

Analisis Defect Hasil Pengelasan Pada Suspensi Belakang Ertiga Di PT. XYZ

Abdul Aziz Khalilurrahman¹, Deri Teguh Santoso², Reza Setiawan³, Aripin⁴

^{1,2,3,4} Prodi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang

Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Kec. Telukjambe Tim., Kabupaten Karawang, Jawa Barat, 41361

Email: deri.teguh@ft.unsika.ac.id

Abstrak: Dari pengamatan pada perusahaan sparepart otomotif diperoleh beberapa cacat pengelesan. Diperoleh beberapa cacat yaitu undercut, overlap, blowhole, tembus, spatter, crack dan crater. Penelitian ini bertujuan untuk menekan masalah defect pada pengelasan dengan metode six sigma DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve dan Control) serta bertujuan menurunkan cost pada perusahaan. Dari ke lima jenis cacat tersebut didapatkan presentase sebesar 10,3 %. Faktor penyebab terjadinya cacat pada hasil pengelasan ditinjau dari aspek mesin, metode, manusia, material dan lingkungan dengan menggunakan fishbone diagram dan FMEA sebagai alat bantu six sigma. Hasil perbaikan terbukti dapat menurunkan cost dari Rp. 3.233.000,- menjadi Rp. 238.300,-.

Kata kunci: Cacat, DMAIC, Fishbone, FMEA, Cost

Abstract: From observations on automotive spare parts, companies obtained some welding defects. Obtained several defects, namely undercut, overlap, blowhole, translucent, spatter, crack, and crater. This study aims to reduce the problem of defects in welding with the six sigma DMAIC method (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control) and aims to reduce costs to the company. It was found that the percentage of the largest to the smallest defects was 9.75% translucent, 0.3% undercut, 0.2% overlap, 0.04% spatter, and 0.01% Blowhole in total, namely 10.3%. Factors causing defects in welding result in terms of machine, method, human, material, and environmental aspects, namely the torch angle is not up to standard, the size of the collar housing is different, less skilled, and dirty. Improvements that can be made are reprogramming the welding robot so that it is adjusted to standards and periodic checks, Establishing the permissible circle standards for collar houses, Training on welding robots regularly and doing regular cleaning The results of the repair proved to be able to reduce costs from Rp. 3,233,000, - to Rp. 238.300,-.

Keywords: Defects, DMAIC, Fishbone, FMEA, Cost

Pola industri di Indonesia masih menerapkan pola industri 4.0 yang menekankan semuanya segala otomatis, bahkan sedikit demi sedikit tahap ini akan mengalami transisi ke society 5.0 yang menonjolkan bagaimana pengoptimalan jam kerja yang merupakan tanggung jawab pegawai atau karyawan dalam profesinya untuk menyelesaikan pekerjaan (Yusoff, 2009). Welding atau pengelasan dalam dunia industri merupakan metode untuk menggabungkan suatu material yang dilakukan secara fleksibel dan praktis (Achmadi, 2019). Jika pekerjaan pengelasan dikerjakan dengan tidak benar atau tidak sesuai prosedur, maka akan terjadi berbagai macam cacat las, sehingga dihasilkanlah kualitas sambungan las yang buruk dan tidak memuaskan pada tampilan struktur pelat yang terlas. Berbagai cacat las dapat terjadi seperti undercut, overlap, crack, blow hole, crater, pin hole, spatter dan penetrasi berlebih (tembus) (Marsudi, 2021).

Prosedur yang digunakan dalam pengelasan adalah WPS (Welding Procedure Specification) merupakan prosedur dalam pengelasan dan spesifikasinya yang terdiri dari berbagai aturan yang digunakan dalam standarisasi proses pengerjaan pengelasan yaitu berisi tentang jenis las, suhu maksimal, spesifikasi ketebalan benda kerja, besar arus listrik, kecepatan pengelasan dan tegangan listrik yang digunakan serta heat input yang digunakan (Warman, 2017).

METODE

Tahapan Persiapan

Landasan Teori

Penelitian ini memiliki beberapa metode untuk dapat menyelesaikan masalah diantaranya yaitu *Six sigma (DMAIC)*, *Diagram fishbone*, *Diagram pareto* dan *FMEA (Failure Mode Effect Analysis)*.

Six sigma

Dalam Menyusun rencana usulan perbaikan ini menggunakan metode penelitian *six sigma* yang dilandaskan dengan kerusakan yang terjadi dan data produksi serta hasil dari *brainstorming* dengan beberapa pihak yang berkaitan dengan berjalannya proses produksi. Beberapa tahapan pada metode *Six Sigma* yang akan diaplikasikan adalah *DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)* dimana memiliki arti dalam Bahasa Indonesia nya yaitu mendefinisikan inti permasalahan pada tahap *define* lalu dilanjutkan pada tahap *measure* yaitu dmengukur proses dengan diperolehnya *CTQ (Critical To Quality)* dan nilai *DPMO (Define Per Million Opportunity)* sebagai alat ukur. Setelah diukur maka pada tahap *analyze* akan segera di analisis data yang telah diperoleh dari perusahaan agar dapat dikembangkan menjadi *pareto diagram* dan *fishbone diagram*. Setelah itu didapati perbaikan-perbaikan yang akan dilakukan demi mencegah masalah terjadi dengan metode *FMEA (Failure Mode Effect Analyze)*, pada fase *control* data dikumpulkan untuk menilai mana perbaikan yang terlebih dahulu untuk di prioritaskan agar bisa menekan masalah yaitu cacat pada pengelasan (*defect*) (Stephan J Silich, 2012).

Tabel 1 Pencapaian tingkat *six sigma* (George, 2002)

Tingkat Pencapaian Sigma	DPMO	Hasil	Keterangan
1-Sigma	691.462	31 %	Sangat Tidak Kompetitif
2-Sigma	308.538	69,2 %	
3-Sigma	66.807	93,32 %	Rata-rata industri USA
4-Sigma	6.210	99,379 %	
5-Sigma	233	99,977 %	Industri kelas dunia
6-Sigma	3,4	99,9997 %	

Fishbone Diagram

Diagram tulang ikan atau *fishbone diagram* merupakan suatu alat visual untuk membantu mengeksplorasi atau menyelidiki yang digambarkan dengan grafik dengan spesifik mengenai penyebab semuanya dan faktor – faktor yang berkaitan dengan masalah. Menurut Scarvada et al (A.J. Scarvada, 2004), konsep dasar dari diagram tulang ikan atau *ishikawa diagram* adalah peletakan masalah dasar di sisi kanan diagram atau di bagian kepala kerangka dari tulang ikan. Penyebab masalah dijelaskan di bagian tulang dan siripnya. Faktor – faktor masalah biasanya dimulai dari *methods* (metode), *equipment* (mesin dan peralatan), material (bahan baku), *machines*, *manpower* (sumber daya manusia), *measurement* (pengukuran) dan *environment* (lingkungan). Dari keenam penyebab faktor kemunculan masalah ini disingkat menjadi 6M. Jika diperlukan penyebab lain diluar dari faktor 6M dapat dimasukkan. Teknik *brainstorming* dapat digunakan untuk menemukan penyebab masalah pada faktor 6M diatas dan kemungkinan penyebab lainnya (SHODIQ, 2015).

Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan singkatan dari (*Failure Mode and Effect Analysis*) yaitu menganalisis akar penyebab permasalahan yang disebabkan oleh *defect* yang ada. FMEA dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi suatu kegagalan dengan rinci sehingga dapat diketahui kegagalan kegagalan kritis yang ada, sehingga perusahaan dapat melakukan antisipasi untuk dapat mengatasi kegagalan kritis tersebut (P.A. Thomas, 2010). Berdasarkan perhitungan nilai *Risk Priority Number (RPN)* di dalam FMEA, didapatkan pemprioritasan akar penyebab *defect* yang memerlukan penanganan perbaikan. Nilai RPN didapatkan dari perkalian nilai *severity* atau tingkat keparahan dari suatu akar permasalahan, *occurance* atau frekuensi terjadinya *defect*, dan *detection* atau tingkat kesulitan dalam mendeteksi *defect*. Kegagalan menggunakan metode FMEA ini ditujukan untuk meningkatkan performa mesin sekaligus mengurangi kegagalan atau cacat pada proses produksi pada suatu mesin yang digunakan sehingga dapat meminimalisir terbuangnya material akibat kegagalan hasil produksi (Saputra, R. & Santoso, D.T., 2021)

Suspensi

Suspensi adalah elemen penting untuk memberikan kenyamanan berkendara. Di mana terdapat berbagai komponen yang saling berinteraksi satu sama lain demi meredam getaran serta guncangan ketika berkendara. Selama berkendara di jalanan berlubang maupun bergelombang, suspensi akan menyerap getaran yang ditimbulkan oleh *body* mobil. Elemen penting bernama suspensi ini biasanya terletak diantara *body* mobil dan keempat rodanya. Sistem tersebut telah dirancang sebagaimana mestinya untuk menyerap getaran serta guncangan dari permukaan jalan. Dengan begitu mobil akan menjadi lebih stabil ketika dikemudikan, dan pengemudi akan merasakan kenyamanan (SHODIQ, 2015).



Gambar 1 Suspensi belakang mobil Suzuki ertiga

HASIL

Define

Dalam tahapan penelitian yang menggunakan metode six sigma, kriteria dan tujuan memilih metode tersebut akan dilakukan dan ditentukan terlebih dahulu. Hal lain diantaranya yang termasuk ke dalam tujuan pelaksanaan metode Six sigma adalah peningkatan kualitas dari hasil pengelasan suspensi belakang mobil Suzuki Ertiga dengan meminimalisir defect yang dihasilkan sampai ke tingkatan terendah (zero) dengan cara pengendalian beberapa faktor yang mengindikasikan sebagai penyebab - penyebab dari kemunculan cacat pada produk.

Pada pemilihan kriteria six sigma yaitu berupa pengendalian jumlah dari cacat produk yang mempunyai presentase terbesar kecacatan yang terjadi dari total seluruh cacat produk yang dihasilkan. Untuk menentukan tipe dari produk yang dijadikan objek dalam penelitian, dilakukan perhitungan untuk mengetahui presentase dari kecacatan untuk produk suspensi belakang mobil ertiga berdasarkan data – data dari bagian produksi pada perusahaan yang telah diperoleh.

Dalam diagram alir proses dari pengerjaan pengelasan suspensi belakang untuk mobil ertiga sudah dituliskan dari mulai proses material yang disiapkan diawal hingga proses pengelasan yang dilakukan oleh robot sampai dengan selesai. Penggambaran dan penulisan alur proses produksi ditujukan untuk dapat dipahami secara terintegrasi dan dapat diidentifikasi penyebab – penyebab utama sumber potensial terjadinya kecacatan maupun kegagalan pada proses produksi yang mengakibatkan munculnya cacat produk (defect). Berdasarkan jenis dan presentase cacat yang terjadi pada periode awal Januari hingga Maret 2021.

Jenis cacat dengan presentase terbesar yaitu Tembus 9,75%, Undercut 0,3%, Overlap 0,2%, Spatter 0,04% dan 0,01% Blowhole. Jika di total dari produksi yang dibuat maka presentasi semuanya adalah 10,3 %. Dengan demikian peneliti berupaya menurunkan presentase defect diatas.

Measure

Pada Tahap ini terdapat pengukuran – pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui jumlah dari CTQ dan DPMO, Adapun perhitungannya sebagai berikut :

Menentukan CTQ (*Critical To Quality*)

Critical To Quality yaitu berisikan tentang berbagai kriteria dari kecacatan atau kegagalan, dengan kata lain dapat didefinisikan terlebih dahulu. Dalam penelitian menggunakan metode *Six sigma*, keterangan dari karakteristik kualitas disebut *Critical To Quality* dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Critical To Quality (Rohimudin Rohimudin, 2016).

Menghitung nilai DPMO dan nilai sigma

No	<i>Critical To Quality</i> (CTQ)	Keterangan
1	<i>Undercut</i>	Terdapat lekukan (penyok) di ujung <i>bead</i> atau pada ujung <i>bead</i> terdapat lubang potongan (<i>cut out</i>).
2	<i>Overlap</i>	Bentuk dimana setelah di las mengalami kecacatan seperti pengelasan tidak sempurna di area ujung karena aliran logam yang mengisi permukaan secara tidak sempurna penyatuannya dengan material awal.
3	<i>Blow Hole</i>	Hasil las menunjukkan adanya cacat las berupa lubang – lubang kecil (seperti void). Hal ini disebabkan oleh udara yang terperangkap di zona las.
4	Tembus	Hasil las berupa tembus dan penetrasi berlebih pada satu sisi yang tidak diperbolehkan adanya perbedaan bentuk sesuai dengan standar yaitu di dalam collar (untuk pemasangan <i>bush</i>).
5	<i>Spatter</i>	Terdapat <i>Spatter</i> nempel pada bagian las yang tidak diperbolehkan adanya <i>spatter</i> sesuai standar.

Dalam menghitung nilai DPMO peneliti akan membedah menjadi 3 kali perhitungan dalam 3 bulan dari data penelitian yaitu pada bulan Januari 2021 sampai dengan bulan Maret 2021. Pengukuran bertujuan untuk mengetahui output akhir pada proses produksi yang dapat memuaskan pelanggan. Informasi yang didapat berguna untuk dijadikan acuan atau pedoman guna mengontrol dan mengukur karakteristik output. Hasil dari pengukuran pada tingkatan output berupa data yang mengevaluasi serta menentukan kinerja dengan menggunakan perhitungan nilai dari DPMO (Defect Per Million Opportunities) dan Kapabilitas nilai six sigma.

Tabel 3 Hasil perhitungan nilai DPMO dan nilai sigma

Bulan	Total Produksi	Total <i>Defect</i>	DPMO	Sigma	CTQ	Deskripsi CTQ
Januari 2021	3190	332	20.752	3,538	5	<i>Undercut, Overlap,</i>
Februari 2021	3294	325	19.611	3,562	5	<i>Blowhole, Tembus</i>
Maret 2021	3214	349	21.717	3,52	5	<i>Spatter.</i>

Dari hasil perhitungan dalam Tabel 4.2 diatas kita dapat mengetahui bahwa dalam proses pengelasan suspensi belakang mobil Suzuki ertiga. Nilai six sigma menunjukkan gambaran dari kinerja proses. Pada Tabel 4.2 dapat dilihat nilai six sigma terendah terletak pada bulan Maret 2021 dengan nilai DPMO (Defect Per Million Opportunities) 21.717 yang dikonversikan ke dalam nilai six sigma sebesar 3,52 sigma. Sedangkan nilai DPMO terendah terletak pada bulan Februari yaitu sebesar 19.611 yang dikonversikan kedalam nilai six sigma sebesar 3,562 sigma.

Analyze

Tahapan ketiga dalam penelitian dengan menggunakan metode six sigma yaitu analisis. Dalam tahap ini bertujuan untuk menentukan dan mencari akar masalah. Dalam hal ini analisis tertuju untuk menganalisis data yang didapatkan. Penganalisisan data diperlukan untuk dapat mengidentifikasi berbagai macam faktor serta akar dari beberapa penyebab yang mengakibatkan ketidak sesuaian terhadap standar produk, penyimpangan atau ketidak sesuaian dalam standar yang berdampak terhadap kecacatan dalam proses pengelasan suspensi belakang mobil Suzuki ertiga. Prosentase jenis cacat / produk NG (*Not Good*) produk suspensi belakang mobil Suzuki ertiga Januari – Maret 2021 seperti pada Tabel 4

Analisis Defect Hasil Pengelasan

Tabel 4 Presentase Jenis cacat atau NG di bulan Januari 2021

No	Jenis Cacat	Jumlah NG	% NG
1	<i>Undercut</i>	18	5,4%
2	<i>Overlap</i>	0	0%
3	<i>Blowhole</i>	1	0,3%
4	Tembus	313	94,3%
5	Spatter	0	0%
Total		332	100%

Berdasarkan Tabel 4 diatas barang cacat atau NG dengan presentase paling besar adalah jenis NG Tembus dengan presentase 94,3 % dan yang kedua adalah undercut yaitu 5,4 % lalu *blowhole* dengan angka 0,3 % sisanya jenis NG *Overlap* dan Spatter yaitu sama pada presentase 0 %.

Tabel 5 Presentase Jenis Cacat atau NG Bulan Februari 2021.

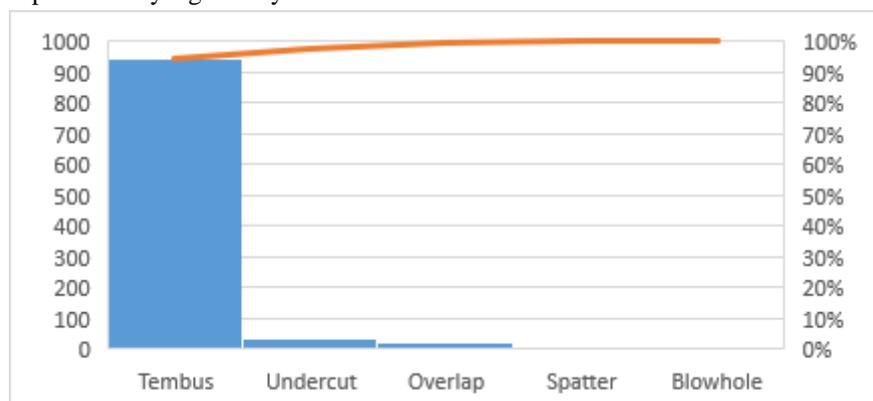
No	Jenis Cacat	Jumlah NG	% NG
1	<i>Undercut</i>	12	3,7%
2	<i>Overlap</i>	1	0,3%
3	<i>Blowhole</i>	0	0%
4	Tembus	306	94,7%
5	Spatter	4	1,3%
Total		323	100%

Berdasarkan Tabel 5 diatas barang cacat atau NG dengan presentase paling besar adalah jenis NG Tembus dengan presentase 94,7 % dan yang kedua adalah *undercut* yaitu 3,7 % lalu spatter dengan angka 1,3 % dilanjut dengan NG *Overlap* sebesar 0,3 % dan *blowhole* yaitu pada presentase 0 %.

Tabel 6 Presentase Jenis Cacat / NG Bulan Maret 2021

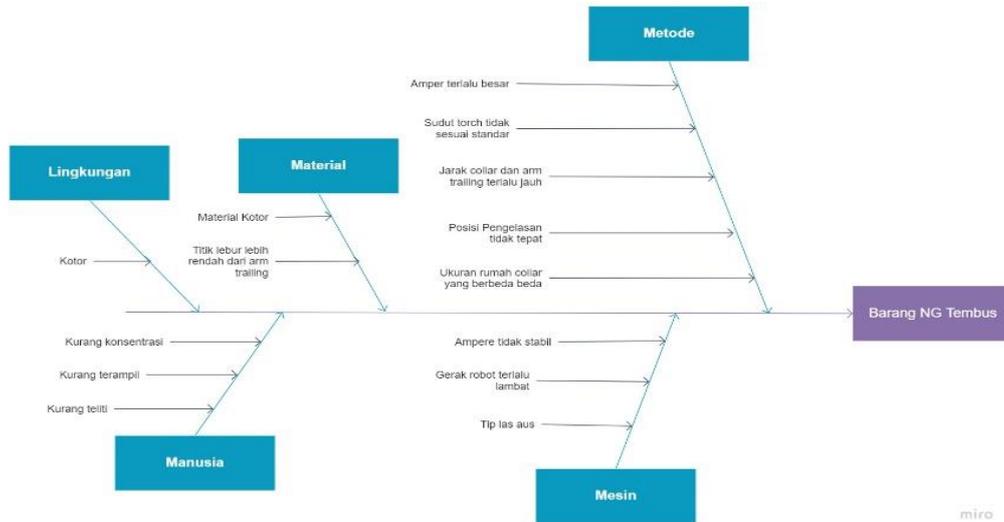
No	Jenis Cacat	Jumlah NG	% NG
1	<i>Undercut</i>	3	0,9%
2	<i>Overlap</i>	20	5,7%
3	<i>Blowhole</i>	0	0%
4	Tembus	326	93,4%
5	Spatter	0	0%
Total		332	100%

Berdasarkan Tabel 6 diatas barang cacat atau NG dengan presentase paling besar adalah jenis NG Tembus dengan presentase 93,4 % dan yang kedua adalah *overlap* yaitu 5,7 % lalu *undercut* dengan angka 0,9 % dilanjut dengan sisanya NG spatter dan *blowhole* pada presentase yang sama yaitu 0 %.



Gambar 2 Diagram Pareto Jenis Cacat pada Bulan Januari – Maret 2021

Dari Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa presentase terbesar untuk jenis cacat diperoleh pada jenis cacat tembus setelahnya ada undercut, dan overlap. Total dari presentase untuk tiga jenis cacat teratas mencapai hampir 100%. Angka ini sama dengan prinsip diagram pareto yaitu 80 - 20, yang mana 20% jenis kecacatan dapat menyebabkan 80% produk cacat. Sehingga, untuk menekan total dari produk yang cacat sampai pada angka 80% cukup dengan mengatasi atau menanggulangi cacat jenis tembus saja. Sebab, jika melakukan upaya untuk menanggulangi semua cacat jenis yang ada menjadi tidak efisien dikarenakan dapat memakan biaya tenaga yang besar dan waktu. Maka disimpulkan beberapa penyebab dan faktor terjadinya jenis cacat tembus dapat dilihat pada fishbone diagram dalam Gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 3 Fishbone Diagram Barang NG Tembus

Dari fishbone diagram diatas dapat dilihat bahwa Barang NG Tembus akibat pengelasan yang terjadi karena beberapa faktor yaitu ; metode, mesin, manusia dan lingkungan. Untuk sebab mengenai pengaruh dari faktor diatas akan dijabarkan sebagai berikut :

Metode : 1) Amper terlalu besar, hal ini disebabkan karena tidak diperhatikannya *range ampere* secara berkala. 2) Sudut *torch* tidak sesuai standar, standarnya sendiri adalah pada sudut 45° . Hal ini disebabkan karena tidak adanya pengecekan sudut pada setiap robot las sehingga penetrasi nya terlalu besar pada sisi yang kurang tepat yaitu lebih banyak penetrasi di *collar* sehingga pengelasan bisa menembus ke area dalam *collar*. 3) Jarak *collar* dan *arm trailing* terlalu jauh, pada faktor ini yang menjadi inti permasalahannya ialah jarak nya yang melebihi standar jarak yaitu 1,0 mm. Hal ini disebabkan pada *collar* yang tidak bisa masuk ke *part arm trailing*. 4) Posisi pengelasan kurang tepat, dalam hal ini faktor penyebabnya ialah dari mulai posisi *wire* sampai posisi robotnya yang kurang *maintenance* dan jika terjadi permasalahan saja baru di *maintenance* – kan. 5) Ukuran rumah *collar* yang berbeda – beda, maksudnya ialah berbeda – beda antar *part* nya dalam hal ukuran rumah *collar* (*tempat collar menempel*). Karena berbentuk lingkaran maka ukuran ini ialah yang menjadi faktor penting dalam besarnya jarak antara *part arm trailing* dengan *collar*. Hal ini karena pada awalnya tidak ada standar untuk toleransi lingkaran yang diizinkan atau tidak diizinkan nya dalam penyatuan *arm trailing* dan *collar*.

Mesin : 1) Amper tidak stabil, dimaksudkan pada *range* amper yang tidak stabil bahkan terkadang lebih dari *range* tersebut yang mengakibatkan panas berlebih. Hal ini karena kurang *maintenance* pada saat *programming* robot. 2) Gerak robot terlalu lambat, gerak terlalu lambat dapat berakibat fatal pada pengelasan, hal ini terjadi karena robot kurang *maintenance* dan juga pada saat *programming* robot *engineer* nya sedang tergesa - gesa menyelesaikan pekerjaannya. 3) Tip las aus, tip dapat menyebabkan hasil las bagus atau tidak, namun tip memiliki *lifetime* nya sendiri. Dalam hal ini sebabnya ialah tidak adanya pergantian tip sebelum habis *lifetime* nya (terjadwal).

Analisis Defect Hasil Pengelasan

Manusia: 1) Kurang teliti, dalam hal ini penyebab yang kerap ditemui ialah *engineer* tergesa – gesa dalam memprogram robot las tersebut. 2) Kurang konsentrasi, penyebab dari faktor ini ialah *engineer* mengantuk pada saat pemrograman robot las. 3) Kurang terampil, dimaksudkan pada tidak semua *engineer* paham betul dengan robot las dikarenakan tidak adanya pelatihan secara berkala untuk menguasai kemampuan memprogram atau pengoperasian robot las.

Material: 1) Titik lebur lebih rendah dari *arm trailing* bermaksud pada collar yang Bersatu dengan *arm trailing* yang rendah jika terkena penetrasi yang tinggi dengan jangka waktu yang lama. 2) Material kotor, disini menyebabkan material yang ada benda – benda semacam spatter atau geram yang menempel pada material kotor.

Lingkungan : 1) Kotor, kotor disini ialah kotor pada *jig* (tempat menempelnya benda kerja pengelasan) yang jarang dibersihkan dengan benar dan terkadang dibersihkan dengan angin saja.

Improve

Dengan melakukan pengerjaan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), *output* yang didapatkan yaitu rencana usulan perbaikan untuk instansi tempat kerja praktek. Penetapan nilai – nilai tingkatan tetinggi yang paling penting akibat kesalahan maupun penyimpangan terhadap konsumen dan proses (*severity*), frekuensi kesalahan yang terjadi (*Occurance*) dan tingkat keseriusan kesalahan yang berakibat terhadap alat control akibat cause potensial (*Detection*) dengan metode *brainstorming*. Dari hasil pengkategorian tersebut maka diperoleh nilai *Risk Priority Number* atau (RPN) yang nilainya diperoleh juga dengan menghasilkan nilai untuk *Severity Occurance Detection* (SOD), seperti pada tabel di bawah ini :

Potensial Failure	Potential Cause	Nilai			RPN	Usulan Tindakan Perbaikan
		S	O	D		
	Ukuran rumah collar yang berbeda-beda	7	7	7	343	Menetapkan standar lingkaran yang diperbolehkan untuk rumah collar
Barang NG Tembus	Sudut torch tidak sesuai standar	6	7	6	252	Program ulang robot las agar dan disesuaikan dengan standarserta pengecekan berkala
	Gerak robot terlalu lambat	4	4	4	64	Maintenance robot secara berkala
	Ampere terlalu besar	3	3	3	27	Perhatikan range ampere secara berkala
	Kurang terampil	3	2	3	18	Pelatihan mengenai robot las secara berkala
	Tip las aus	2	2	2	8	Dibuat jadwal pergantian tip

Skala terbesar dalam FMEA diatas adalah 7 yaitu menunjukkan angka yang faktor kemungkinan banyak terjadinya pada daerah kolom *severity*, *occurance* dan *detection* terbesar. Rencana usulan perbaikan tersebut diperoleh dari pengkombinasian hasil *brainstorming* dari bagian *Quality Assurance* dan pihak produksi dengan kondisi yang ada di lapangan. Penentuan prioritas rencana usulan perbaikan menggunakan alat bantu yaitu FMEA (*Failure mode And Effect Analysis*). Pada setiap mode dalam sebuah kecacatan atau kegagalan memiliki satu point nilai dari (*Risk Priority Number*). Satu point nilai dari RPN yaitu hasil dari perkalian nilai *severity*, *occurance* dan *detection*. Nilai RPN yang diperoleh kemudian di sortir dari yang paling besar sampai yang paling kecil, setelah disortir maka kita dapat mengetahui model atau kegagalan jenis apa yang paling *critical* untuk segera diperbaiki sesuai dengan usulan perbaikan berupa tindakan korektif.

Setelah mendapatkan nilai RPN, rencana perbaikan yang diusulkan dijalankan. Dalam rekomendasi ini, nilai RPN yang lebih tinggi diutamakan daripada nilai yang lebih rendah. Ini berfokus pada masalah potensial dan masalah prioritas tertinggi, nilai RPN tertinggi yang perlu diperbaiki. Kemudian kita dapat mengambil berbagai Langkah untuk mengurangi risiko kegagalan menurut FMEA. Selain itu, prioritas tindakan perbaikan yang diusulkan ditunjukkan pada Tabel 4.3 perbaikan terus menerus dilakukan sesuai dengan klasifikasi dan prioritas yang direkomendasikan. Oleh karena itu, peningkatan kualitas dengan hampir tidak ada cacat diharapkan dalam beberapa tahun kedepan.

Control

Jika tahap *Measure* disebutkan sebagai tahapan fondasi atau pengukuran metode *six sigma*, maka *control* adalah tahapan dimana perbaikan ulang terhadap proses yang tidak diinginkan dilakukan secara berkala serta memperoleh keuntungan dari rencana usulan perbaikan yang dilakukan secara berkala ini.

No	Rencana Perbaikan	Usulan Pengendalian
1	Menentukan standar lingkaran yang diperbolehkan pada rumah <i>collar</i>	Menentukan toleransi lingkaran pada rumah <i>collar</i> yang terletak pada <i>part arm trailing</i> . Dan perketat seleksi
2	Program ulang robot las agar dan disesuaikan dengan standarserta pengecekan berkala	Melakukan inspeksi secara intensif terhadap sudut <i>torch</i> dalam penyatuan <i>collar</i> dengan <i>arm trailing</i> .
3	<i>Maintenance</i> robot secara berkala	Melakukan inspeksi serta pemrograman ulang pada gerak robot yang akan melakukan pengelasan
4	Perhatikan <i>range ampere</i> secara berkala	Selalu perhatikan <i>range ampere</i> secara berkala sebelum memproduksi barang
5	Pelatihan mengenai robot las secara berkala	Menjadwalkan pelatihan mengenai <i>programming</i> robot secara berkala yang diikuti oleh <i>engineer</i>
6	Menjadwalkan pergantian tip sebelum <i>life time</i> habis	Sebelum terjadi nya <i>defect</i> suatu barang maka lebih baik diperkirakan bahwa umur tip akan diganti sebelum habis masa nya.

Dengan menggunakan alat improve FMEA (*Failure Mode Effect Analysis*) diperoleh urutan prioritas dalam usulan perbaikan dalam menurunkan tingkat *defect* pada pengelasan yang terjadi dalam *range* bulan januari – maret 2021, adapun tindakan yang diusulkan sebagai berikut : 1) Menentukan toleransi lingkaran pada rumah *collar* yang terletak pada *part arm trailing*. 2) Melakukan inspeksi secara intensif terhadap sudut *torch* dalam penyatuan *collar* dengan *arm trailing*. 3) Melakukan inspeksi serta pemrograman ulang pada gerak robot yang akan melakukan pengelasan. 4) Selalu perhatikan *range ampere* secara berkala sebelum memproduksi barang. 5) Menjadwalkan pelatihan mengenai *programming* robot secara berkala yang diikuti oleh *engineer*. 6) Sebelum terjadi nya *defect* suatu barang maka lebih baik diperkirakan bahwa umur tip akan diganti sebelum habis masa nya.

Dengan melakukan rencana usulan perbaikan atau tindakan – tindakan upaya dalam melakukan perbaikan secara berkala sesuai dengan skala prioritas yang telah diusulkan dalam rencana perbaikan. Maka, pada beberapa mendatang diharapkan dapat menurunkan *defect* atau cacat pengelasan, hingga mampu mendekati nilai *Six Sigma*.

Penurunan cost

Hasil perbaikan mampumenurunkan nilai DPMO rata - rata dari angka 20.694 menjadi 1.125, dan peningkatan nilai sigma dari sigma awal sebesar 3,5 mejadi 4,5. Sedangkan penurunan *cost* akan dijabarkan dibawah ini :

Gaji karyawan perbulan rata – rata	:	Rp. 5.200.000,- / Rp.32.500,- per jam
Lama waktu <i>reamer manpower</i>	:	1 produk \pm 5 menit
Harga batu <i>reamer</i>	:	Rp. 25.000,-
Lifetime batu <i>reamer</i>	:	\pm 50 produk NG Tembus
NG Tembus total tiga bulan (-/+)	:	1006 produk
Biaya <i>repair</i>	:	$\frac{total\ NG\ Tembus}{60\ (menit) \div 5\ (menit)} \times gaji\ per\ jam + \frac{produk}{lifetime} \times harga\ batu$
Biaya <i>repair</i>	:	$\frac{1006}{12} \times Rp. 32.500,- + \frac{1006}{50} \times Rp. 25.000,-$
Biaya <i>repair</i>	:	Rp. 2.730.000,- + Rp. 503.000,- = Rp. 3.233.000,-
Biaya usulan perbaikan	:	
biaya pelatihan (<i>cost</i> gaji 1 jam, perminggu) + inspeksi intensif robot meliputi sudut <i>torch</i> , <i>programing</i> dan <i>range ampere</i> (10 menit) gaji perhari		
		Rp. 32.500,- x 4 + $\frac{Rp.32.500,-}{60} \times 10\ (menit) \times 20\ hari\ kerja$
		Rp. 130.000,- + Rp. 108.300,- = Rp. 238.300,-
Repair losses	:	repair – usulan perbaikan
	:	Rp. 3.233.000 - Rp. 238.300
	:	Rp. 2.994.700,-

Penurunan *Cost Of Poor Quality* (COPQ) berbanding lurus dari angka awal sebesar Rp. 3.233.000,- menjadi RP. 238.300,- demikian perusahaan dapat menghemat biaya hingga Rp. 2.994.700,- dalam hal *manpower*.

PENUTUP

Hasil dari analisis dan pengolahan data yang telah dikerjakan, maka diperoleh data pada *defect* atau cacat dari hasil proses *welding* berpotensi muncul yakni tembus, *undercut*, *overlap*, spatter dan *blowhole*. Diperoleh cacat dominan pada pengolahan diagram pareto yakni Tembus 94,1%, *Undercut* 3,3%, *Overlap* 2,1%, ketiga jenis *defect* tersebut mencapai 99,4% namun yang soroti paling besar ialah tembus. Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya cacat (*defect*) hasil pengelasan ditinjau dari aspek manusia, mesin, metode dan lingkungan antara lain : ukuran rumah *collar* yang berbeda - beda, sudut *torch* yang tidak sesuai standar, gerak robot terlalu lambat, penyetelan ampere pada pengelasan yang terlalu besar, Kurang terampil dll. Beberapa perbaikan yang dapat dilakukan Menentukan toleransi lingkaran pada rumah *collar* yang terletak pada *part arm trailing*. Dan perketat seleksi, Melakukan inspeksi secara intensif terhadap sudut *torch* dalam penyatuan *collar* dengan *arm trailing*, Melakukan inspeksi serta pemrograman ulang pada gerak robot yang akan melakukan pengelasan Selalu perhatikan *range ampere* secara berkala sebelum memproduksi barang, Menjadwalkan pelatihan mengenai *programming* robot secara berkala yang diikuti oleh *engineer*, Sebelum terjadi nya *defect* suatu barang maka lebih baik diperkirakan bahwa umur tip akan diganti sebelum habis masa nya.

Hasil perbaikan mampumenurunkan nilai DPMO rata - rata dari angka 20.694 menjadi 1.125 serta peningkatan nilai dari sigma semula sebesar 3,5 menurun menjadi 4,5. Dalam hal ini merupakan perbandingan secara lurus beserta penurunan *Cost Of Poor Quality* (COPQ) dari angka semula sebesar Rp. 3.233.000,- menurun menjadi Rp. 238.300,- demikian perusahaan dapat menghemat biaya hingga Rp. 2.994.700,- dalam hal *manpower*.

DAFTAR RUJUKAN

- A.J. Scarvada, T. B.-C. (2004). A Review of the Causal Mapping Practice and Research Literature. *Second World Conference on POM and 15th Annual*. Cancun, Mexico.
- Achmadi. (2019, Januari 30). *Welding Adalah, Beserta Macam Macam Las dan Pengertiannya*. (pengelasan.net) Retrieved Maret 22, 2021, from <https://www.pengelasan.net/welding-adalah/>
- Andikha Kuswardana, N. E. (2018). Analisis Penyebab Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode RCA (Fishbone Diagram Methode and 5 - Why Analysis) di PT.PAL Indonesia. *Conference on Safety Engineering and Its Application, 1(2)*, 141-146.
- George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*. New york : McGraw Hill Professional.
- Marsudi, S. (2021). ANALISA CACAT PENGELASAN DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK PENGELASAN DOWN HAND PADA PELAT LAMBUNG (HULL) KAPAL. *Inovasi Sains dan Teknologi kelautan, 2(1)*, 30-34.
- P.A. Thomas, P. d. (2010). *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*. New york: McGraw-Hill Companies.
- Rohimudin Rohimudin, G. A. (2016). ANALISIS DEFECT PADA HASIL PENGELASAN PLATE KONTRUKSI BAJA DENGAN METODE SIX SIGMA. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya, 2(1)*, 1-10.
- Saputra, R., & Santoso, D. T. (2021). ANALISIS KEGAGALAN PROSES PRODUKSI PLASTIK PADA MESIN CUTTING DI PT. FKP DENGAN PENDEKATAN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS DAN DIAGRAM PARETO. *Barometer, 6(1)*, 322-327.
- SHODIQ, F. J. (2015, Juni 16). ANALISA KINEMATIS DAN KEKUATAN SISTEM SUSPENSII MOBIL LISTRIK ITS BRAJAWAHANA. *Tugas Akhir*, pp. 1-57.
- Stephan J Silich, R. V. (2012). Using Six Sigma methodology to reduce patient transfer times from floor to critical-care beds. *Journal for Healthcare Quality, 34(1)*, 44-54.
- Warman, S. P. (2017). ANALISIS FAKTOR PENYEBAB CACAT PENGELASAN PADA PIPA (Study Kasus pada Pipa Distribusi PDAM Kabupaten Kutai Barat). *Mekanikal, 8(2)*, 730-736.
- Yusoff, a. (2009, September 29). *Industry 4.0 vs Society 5.0*. (IDMETAFORA) Retrieved Maret 22, 2021, from <https://idmetafora.com>