



Tersedia secara online di <http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jatiunik/issue/view/76>

JATI UNIK

Jurnal Ilmiah dan Teknik Industri Universitas Kediri



Penerapan Metode *DMAIC* untuk Mengurangi Cacat Hasil Pengelasan Di PT. X

Suhardi Onny Baktiar^{*1}, Silvi Rushanti Widodo², Afiff Yudha Tripariyanto³

ardhi.bachtiar@gmail.com^{*1}, silvi@unik-kediri.ac.id², affiff@unik-kediri.ac.id³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Kediri

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Received : 11 – Agustus – 2021

Revised : 1 – September – 2021

Accepted : 6 – September – 2021

Kata kunci :

Boiler

DMAIC

Pipe

Welding

Abstract

One of the most important components in the boiler is piping. The piping is the flow of water vapor to the area used for energy conversion. If the piping condition is not good, or in a defective condition will negatively affect the flow of water to be converted into steam. The boiler construction process in general can be completed within 2 years. But a common problem is the occurrence of damaged conditions in piping. This study aims to find out the improvement efforts to reduce the defects of welding results in boiler Machine piping using the DMAIC method. The method identifies problem, follows the occurrence of problems, provides analysis to be developed and Controlled. The results of this study explain the Machine aspect that is monitoring the time of use and using the rules on the welding Machine so that there is no more damage; aspects of methods, man, Measurement and management do the agenda at the end of each month and continuously to Improve the motivation of work; and the material aspect that the supplier sends evidence of materials that are ready to send to Improve the quality of pipes - pipes to be used.

Abstrak

Salah satu komponen dalam boiler paling penting adalah perpipaan. Perpipaan tersebut sebagai jalannya aliran uap air menuju area yang digunakan untuk konversi energi. Jika kondisi perpipaan tidak baik, atau dalam kondisi cacat akan memberikan pengaruh negatif pada jalannya aliran air untuk dikonversi menjadi uap. Proses pembangunan boiler secara umum dapat selesai dalam kurun waktu 2 tahun. Tetapi masalah yang sering dijumpai adalah terjadinya kondisi rusak pada perpipaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui upaya perbaikan untuk mengurangi kecacatan hasil pengelasan pada perpipaan mesin boiler menggunakan metode *DMAIC*. Metode tersebut mengidentifikasi masalah, mengikut kejadian masalah, memberikan analisis untuk dikembangkan dan dikendalikan. Hasil penelitian ini menjelaskan aspek *Machine* yaitu memantau waktu penggunaan dan menggunakan secara aturan pada mesin las agar tidak terjadi kerusakan lagi; aspek *method*, *man*, *Measurement* dan *management* melakukan agenda setiap akhir bulan dan kontinu untuk meningkatkan motivasi kerja; dan aspek material yaitu pihak supplier mengirim bukti material yang siap kirim untuk meningkatkan mutu pipa – pipa yang akan digunakan.

Untuk melakukan sitasi pada penelitian ini dengan format :

N. Izzah and M. F. Rozi, "Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Metode Six Sigma-DMAIC Dalam Upaya Mengurangi Kecacatan Produk Rebana Pada Ukm Alfiya Rebana Gresik," *J. Ilm. Soulmath J. Edukasi Pendidik. Mat.*, vol. 7, no. 1, p. 13, 2019, doi: 10.25139/smj.v7i1.1234.

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai negara berkembang memiliki potensi dalam mengembangkan ketrampilan masyarakatnya. Salah satunya yaitu keterampilan mengelas. Keterampilan mengelas sangat dicari didunia kerja. Keterampilan tersebut salah satunya yang paling umum adalah melakukan penyambungan dua buah logam untuk digunakan sebagai kebutuhan pengguna. Penyambungan tersebut memiliki teknik dan bahan – bahan pendukung, untuk mendapatkan hasil yang maksimal [1].

Menurut [2], terjadinya kesalahan dalam mengelas adalah adanya cacat hasil las. Cacat tersebut banyak jenis dan penyebabnya. Jenis dan penyebab dari kecacatan hasil las terkait dengan bekas elektroda pengelasan yang menempel diarea sambungan dan tidak dapat dibersihkan. Kecacatan tersebut, dapat dijadikan acuan toleransi oleh pengguna dan pengelas. Dominan pengguna selalu menginginkan hasil pengelasan yang terbaik tanpa ada hasil cacat sama sekali. Tetapi, hal tersebut mustahil dapat dilakukan oleh pengelas. Kecacatan hasil las adalah wajar jika masih dalam toleransi kurang dari 15% kecacatannya [3].

Kegiatan pengelasan tersebut merupakan keterampilan yang dibutuhkan dengan konsep pengelasan dalam air dan pengelasan wilayah darat. Penelitian [4], mencakup pengelasan wilayah darat. Konteksnya adalah tentang pengelasan di sebuah perusahaan kontruksi manufaktur. Bidang pengelasan dilakukan pada pipa – pipa mesin boiler. Selama dilaksanakan sebuah proyek pembangunan boiler. Para pengelas ada yang ditugaskan fokus pada pengelasan pipa – pipa boiler. Dengan harapan pipa tersebut nantinya dapat berfungsi dengan baik tanpa ada kebocoran yang terjadi. Sehingga, kejadian cacat pengelasan harus diminimalisir. Karena terjadinya cacat pengelasan pada boiler akan membuat proses pemanasan air di pabrik terganggu [5].

Setiap industri pengolahan baik skala sedang dan skala besar memiliki peralatan yang digunakan sebagai pemanas air. Fungsi pemanas air tersebut adalah melakukan proses pembakaran yang dialirkan ke air sampai membentuk uap. Uap tersebut sebagai alat untuk membantu kegiatan pada proses di industri. Teknologi ini dinamakan proses perebusan air menjadi uap air (*boiling process*) [6]. Secara umum, industri membutuhkan peralatan ini guna konversi energi untuk menghasilkan listrik dan kegiatan lainnya terkait manufaktur. *Boiling process* memiliki alat yang dinamakan boiler sebagai tempat memanaskan air sampai menjadi uap dengan bantuan komponen pendukung lainnya. Uap tersebut masuk pada perpipaian yang sudah diatur agar berfungsi sebagai proses yang dibuat.

Salah satu komponen dalam boiler paling penting adalah perpipaan. Perpipaan tersebut sebagai jalannya aliran uap air menuju area yang digunakan untuk konversi energi [7]. Jika kondisi perpipaan tidak baik, atau dalam kondisi cacat akan memberikan pengaruh negatif pada jalannya aliran air untuk dikonversi menjadi uap. Proses pembangunan boiler secara umum dapat selesai dalam kurun waktu 2 tahun. Tetapi masalah yang sering dijumpai adalah terjadinya kondisi rusak pada perpipaan. Kerusakan yang terjadi yaitu cacat dalam keadaan sambungan las [8]. Cacat sambungan las tersebut adalah hasil las yang menghasilkan lubang meskipun sekecil jarum, akan mengurangi daya laju proses air menjadi uap [9]. Solusi pengendalian hasil cacat pada perpipaan di mesin boiler perlu dilakukan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi hasil cacat pada tahap penyambungan pipa – pipa pada boiler. Kecacatan tersebut perlu dikendalikan dan diidentifikasi untuk mengetahui penyebab masalah yang timbul.

PT.X adalah salah satu penyedia jasa pembangunan boiler untuk industri manufaktur. Perusahaan tersebut menangani bagian boiler terutama pengelasan pada perpipaan. Perpipaan yang berada pada mesin boiler sangat beragam diameter dan panjang untuk setiap jenis pipa. Pipa- pipa tersebut disusun dan disambung menggunakan bantuan teknik pengelasan. Hal yang terjadi secara berturut – turut yaitu kejadian cacat hasil pengelasan sepanjang 1 meter pada 100 meter pipa [8]. Sehingga dalam masalah tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan identifikasi penyebab kecacatan hasil pengelasan pada perpipaan boiler. Jenis kecacatan yang terjadi beragam, mulai dari terjadinya lubang kecil maupun lubang akibat sentuhan api dari percikan pengelasan yang besar. Selain itu juga terjadi hasil pengelasan yang tidak sesuai dengan standar perusahaan. Hasil pengelasan yang tidak sesuai tersebut, jika dibiarkan menimbulkan dampak besar bagi proses penguapan boiler. Dampak tersebut salah satunya adalah penguapan yang tidak sesuai dan proses untuk lanjutan boiler tidak dapat berjalan baik.

Masalah kecacatan tersebut memerlukan pengendalian kualitas, untuk memberikan hasil produk sambungan las yang maksimal. Pengendalian kualitas sangat diperlukan bagi penyedia jasa pembuatan produk. Hal ini, untuk meningkatkan dan mengembangkan produk yang dihasilkan. Salah satu metode untuk mengidentifikasi pengendalian kualitas adalah metode *DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve dan Control)* [10]. Metode tersebut terdiri dari tahapan mengidentifikasi masalah, memahami proses- proses yang dihadapi secara terurai, mengambil keputusan sesuai dasar data, melakukan pengembangan nyata dan melakukan verifikasi serta monitoring.

Penelitian yang dilakukan oleh [11], menyatakan bahwa dengan menerapkan metode *DMAIC* (*Define, Measure, Analyze, Improve dan Control*) dapat mengurangi terjadi kegagalan scrap. Sehingga sumber daya yang bekerja harus menerapkan hasil metode secara berkelanjutan. Dalam hal ini, metode tersebut sangat penting diterapkan secara kontinu.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Pengelasan

Menurut [1], mengelas adalah menyambung logam dalam keadaan cair dengan ikatan kimia. Menurut [12], adalah teknologi panas dan tekanan berdasarkan dasar pengelasan dari *Deutsche Industrie Normen* (DIN). Menurut [9], pengelasan memerlukan adaptasi sebagai pelatihan dan pengetahuan material, peralatan yang digunakan. Menurut [13], sambungan hasil las pasti memiliki fasa yang berbentuk butiran kecil menempel di area hasil las. Dengan demikian, dampak akhir pengelasan adanya kecacatan dengan jenis *undercutting*, *overlap* dan *porosity*.

2.2. Boiler

Boiler memiliki bahan yang berbeda – beda setiap modelnya salah satunya adalah jenis horizontal-section iron boiler [14]. Didalam boiler memproses energi gerak untuk melakukan kegiatan kerja [15]. Proses dilanjutkan dengan hasil uap sebagai tenaga [16]. Uap akan masuk perpipaan api untuk menyuplai energi panas didalam air pada boiler dengan kecepatan sebesar 12.000 kg/jam dan tekanan maksimal sebesar 18kg/cm² [17]. Sedangkan dimensi pipa paling kecil dengan panjang 15 cm dan diameter paling kecil sebesar 6,28 cm [18].

2.3. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas memiliki puncak mutu dalam suatu produk yang diproses sejak awal [19]. Hal ini karena setiap produk memiliki fungsi dan penggunaan di berbeda medan [20], [21]. Kendali ini berfungsi sebagai tolak ukur kinerja pada produk yang akan dihasilkan [22], [23]. Dengan demikian, kegiatan memonitoring tidak secara benar dan peralatan yang digunakan tidak mumpuni akan menyebabkan gagalnya suatu nilai kualitas [24], [25].

2.4. DMAIC

DMAIC adalah identifikasi secara manajemen. Hal ini untuk mengukur tingkat kecacatan suatu produk [26], [27], [28], [11]. Kemudian proses analisis dengan faktor *Machine*, *Method*, *People*, *Measurement* dan *Environment* [29], [30]. Sehingga didapatkan jawaban untuk pengembangan mutu yang berkelanjutan [11], [10], [31].

3. Metode Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di PT. X, PLTU Tanjung Jati Unit #5 dan #6, Desa Tubanan, Jepara, Jawa Tengah, Indonesia. Lingkup penelitian ini adalah obyek yang digunakan adalah untuk mengetahui kecacatan hasil las pada komponen mesin boiler yaitu perpipaan untuk aliran air. *Tools* yang digunakan adalah mengurangi kecacatan hasil las pada komponen mesin boiler yaitu perpipaan untuk aliran air menggunakan metode *DMAIC*. Tidak membahas biaya perbaikan pada implementasi yang dihasilkan oleh metode *DMAIC*. *Seam less* d=6,28 cm adalah pipa yang diteliti kecacatannya. Kecacatan hasil pengelasan dikategorikan sesuai dengan data perusahaan sejak Januari 2020 sampai dengan Desember 2020.

Pada teknik analisis data dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

Tahap 1. Melakukan identifikasi kecacatan bagian tiap kerangka boiler yang dikerjakan untuk mengetahui jumlah cacat pada hasil pengelasan serta membuat diagram SIPOC.

Tahap 2. Tahapan *Measure* untuk melakukan identifikasi prioritas kecacatan hasil pengelasan pada pipa boiler dengan cara membuat perhitungan cacat menggunakan *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) dan menggambarkan hasil kecacatan menggunakan peta kendali P (*P-Chart*).

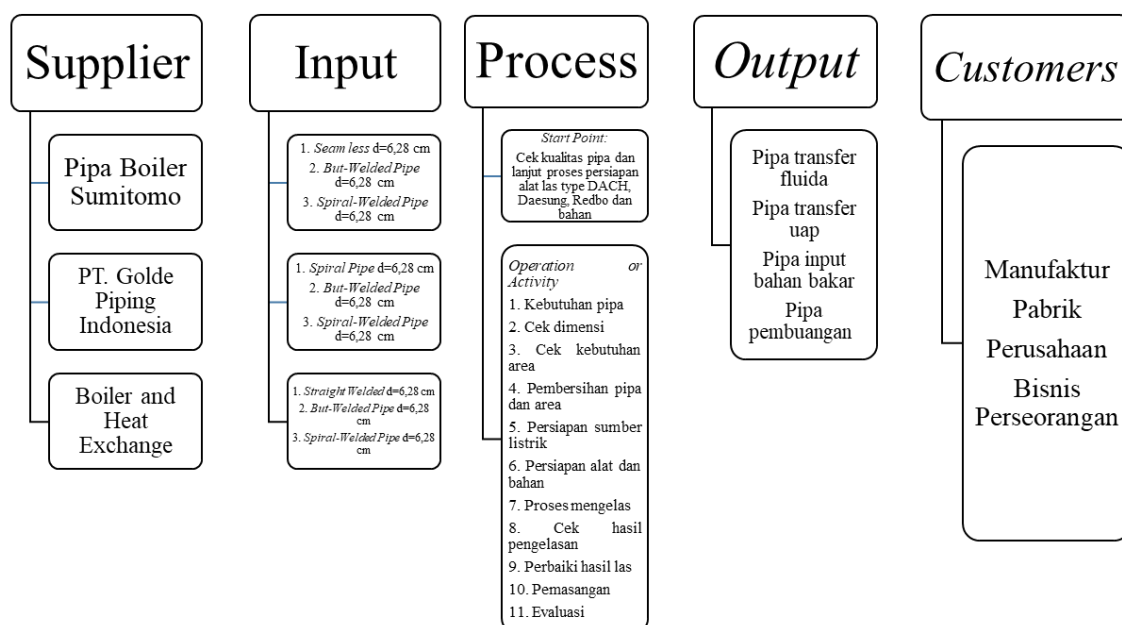
Tahap 3. Tahapan *Analyze* menggunakan *Fishbone Diagram* dan diagram pareto untuk mempermudah identifikasi faktor dan pembacaan prioritas kecacatan hasil pengelasan. Pada *Fishbone Diagram* menggunakan faktor 5M (*Machine, Method, Man, Material, Measurement*).

Tahap 4. Tahapan *Improve* menggunakan teknik 5 W + 1 H untuk mengetahui solusi pada kecacatan hasil pengelasan pipa boiler menggunakan dasar faktor dari *Fishbone Diagram*.

Tahap 5. Tahapan *Control*, sebagai langkah untuk mengendalikan agar terwujud perbaikan hasil pengelasan pipa boiler dapat menuju *zero defect*. Usulan yang diberikan berdasarkan hasil dari proses *Define, Measure, Analyze* dan *Improve*. Sehingga dapat mengurangi terjadinya kecacatan hasil pengelasan dan disetujui oleh pihak *Project Manager*.

4. Hasil dan Pembahasan

Pada diagram SIPOC dengan kondisi pipa setiap 100 m yang digunakan memiliki identifikasi sebagai berikut:



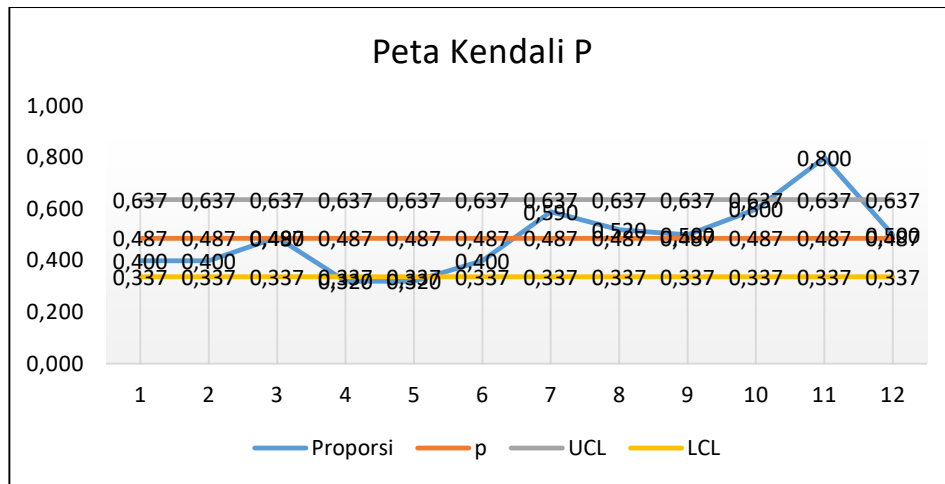
Gambar 1. Diagram SIPOC Pipa Boiler setiap 100 meter
(Sumber: Observasi, 2021)

Tabel 1. Measure: Nilai DPMO

Bulan	Dimensi (m)	Titik Cacat	Proporsi	SD	p	UCL	LCL	DPU	DPMO
1	100	40	0,400	0,0207	0,487	0,637	0,337	0,400	400.000
2	100	40	0,400	0,0207	0,487	0,637	0,337	0,400	400.000
3	100	49	0,490	0,0207	0,487	0,637	0,337	0,490	490.000
4	100	32	0,320	0,0207	0,487	0,637	0,337	0,320	320.000
5	100	32	0,320	0,0207	0,487	0,637	0,337	0,320	320.000
6	100	40	0,400	0,0207	0,487	0,637	0,337	0,400	400.000
7	100	59	0,590	0,0207	0,487	0,637	0,337	0,590	590.000
8	100	52	0,520	0,0207	0,487	0,637	0,337	0,520	520.000
9	100	50	0,500	0,0207	0,487	0,637	0,337	0,500	500.000
10	100	60	0,600	0,0207	0,487	0,637	0,337	0,600	600.000
11	100	80	0,800	0,0207	0,487	0,637	0,337	0,800	800.000
12	100	50	0,500	0,0207	0,487	0,637	0,337	0,500	500.000
Jumlah	1200	584	5,84	0,24819	5,84	7,63936	4,04064	5,84	5.840.000
Rerata	100,0	48,7	0,487	0,021	0,487	0,637	0,337	0,487	486.667

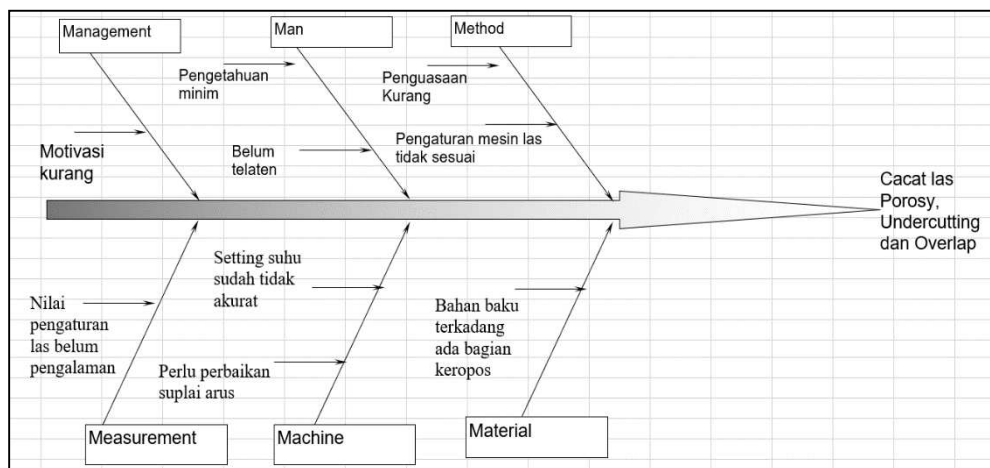
(Sumber: olah data primer, 2021)

Nilai DPMO dari bulan ke bulan selama periode 12 bulan. Nilai Rerata yang didapatkan sebesar 486.667. Untuk titik cacat dari pipa yang digunakan dalam boiler sejumlah 48,7 lokasi titik cacat atau dibulatkan menjadi 49 titik cacat. Sedangkan nilai proporsi cacat sebesar 0,487 atau sebesar 48,7% kejadian cacat yang terjadi pada titik cacat. Nilai batas atas dengan rata – rata sebesar 0,337 dan batas bawah dengan rata – rata sebesar 0,487.



Gambar 2. Peta Kendali P
(Sumber: Olah data penelitian, 2021)

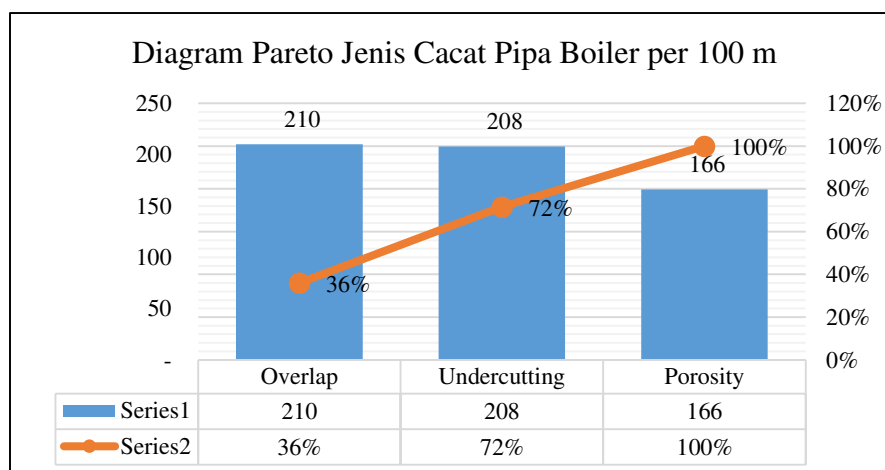
Peta P untuk warna biru adalah proporsi terjadinya cacat. Dengan demikian dapat dilihat bahwa ada proporsi yang masih diambang UCL dan LCL dan ada juga yang melebihi ambang tersebut.



Gambar 3. Fishbone Diagram Porosity, Undercutting dan Overlap
(Sumber: Olah data penelitian, 2021)

Jenis cacat hasil pengelasan tidak memiliki perbedaan masalah. Untuk jenis cacat las pipa *porosity*, *undercutting* dan *overlap* digunakan 6M (*Machine*, *Material*, *Measurement*, *Management*, *Man* dan *Method*). Untuk *Measurement*, kendala yang dihadapi adalah nilai pengaturan yang pekerja lakukan pada mesin las belum pengalaman. *Machine* dengan kendala setting suhu sudah tidak akurat dan memerlukan perbaikan suplai arus listrik. *Material* dengan kendala yang dihadapi adalah bahan baku memiliki dimensi dengan cacat keropos. Oleh sebab itu, pengecekan bahan baku berupa pipa yang akan dilas harus dicek terlebih dahulu. Untuk *management*, memiliki kendala motivasi pihak *management* yang kurang baik. Oleh sebab itu, secara dominan pekerja welder melakukan kegiatan proyek pengelasan pada mesin boiler tidak secara maksimal. *Man* memiliki kendala dalam

pengetahuan tentang mengelas yang minim dan belum telaten. Hal ini juga memberikan pengaruh yang belum bagus dalam kegiatan mengelas yang akhirnya timbul hasil cacat las pada pipa. Method memiliki kendala penguasaan kurang dan pengaturan mesin las tidak sesuai. Dengan demikian dengan terjadinya cacat las jenis porosity, undercutting dan overlap memiliki indikator 6M dan sudah terindikasi penyebabnya masing – masing.



Gambar 4. Diagram Pareto Cacat Hasil Las
(Sumber: Olah data penelitian, 2021)

Berdasarkan hasil diagram pareto, secara signifikan menunjukkan jenis cacat overlap memiliki nilai cacat paling tinggi dengan nilai 210. Kemudian jenis cacat *porosity* sebesar 166 dan undercutting sebesar 208. Dari capaian nilai diagram pareto yang menjadi prioritas utama yaitu mengurangi cacat jenis overlap. Karena nilai tersebut sangat tinggi, kemudian perbaikan hasil cacat pengelasan kedua adalah memperbaiki cacat las dengan jenis undercutting dan ketiga adalah cacat las jenis *porosity*. Identifikasi hasil cacat las setiap pipa dengan Panjang 100 meter dengan diameter 6,28 cm, baik dihitung dalam bentuk tidak lurus maupun dihitung dengan bentuk yang sudah terjadi bentuk sambungan miring.

Tabel 2. Improve : 5W + 1H

Faktor Fishbone Diagram	5W + 1H					
	What	Why	When	Who	Where	How
Machine	Tombol pengaturan	Batas perbaikan	Segera	Manajer	Divisi Maintenance	Identifikasi kerusakan dari Fishbone
	Setting suhu	Batas perbaikan	Segera	Manajer	Divisi Maintenance	Identifikasi kerusakan dari Fishbone
Method	Penguasaan kurang	Kurangnya pemahaman	Segera	Human Resource Development	Human Resource Development	Identifikasi kerusakan dari Fishbone
	Pengaturan mesin tidak sesuai	Kurangnya pemahaman	Segera	Human Resource Development	Human Resource Development	Identifikasi kerusakan dari Fishbone
Man	Pengetahuan minim	Kurangnya pemahaman	Segera	Human Resource Development	Human Resource Development	Identifikasi kerusakan dari Fishbone
	Belum telaten	Kurangnya pemahaman	Segera	Human Resource Development	Human Resource Development	Identifikasi kerusakan dari Fishbone

<i>Material</i>	Keropos material	Tidak mengecek pesanan penyuplai	Segera	Pihak penyuplai dan Checker	Manajer	Identifikasi kerusakan dari <i>Fishbone</i>
<i>Measurement</i>	Setting angka suhu belum paham	Kurangnya pemahaman	Segera	<i>Human Resource Development</i>	<i>Human Resource Development</i>	Identifikasi dari <i>Fishbone</i>
<i>Management</i>	Motivasi kurang	Kurangnya pemahaman	Segera	<i>Human Resource Development</i>	<i>Human Resource Development</i>	Identifikasi dari <i>Fishbone</i>

(Sumber: olah data, 2021)

Tabel 3. Control : Teknis Kendali

Aspek	Perencanaan Perbaikan	Teknis Kendali
<i>Machine</i>	Perbaikan tombol pengaturan dan tombol suhu	Memantau waktu penggunaan dan menggunakan secara aturan
<i>Method</i>	Meningkatkan pemahaman dan motivasi tentang fasilitas dan Teknik las	Agenda setiap akhir bulan dan kontinu
<i>Man</i>	Memberikan motivasi secara terstruktur	Agenda setiap akhir bulan dan kontinu
<i>Material</i>	Mengecek sebelum material dikirim	Pihak supplier mengirim bukti material yang siap kirim
<i>Measurement</i>	Meningkatkan pemahaman dan motivasi tentang fasilitas dan Teknik las	Agenda setiap akhir bulan dan kontinu
<i>Management</i>	Meningkatkan pemahaman dan motivasi tentang fasilitas dan Teknik las	Agenda setiap akhir bulan dan kontinu

(Sumber: olah data, 2021)

Hasil pengendalian berdasarkan perencanaan perbaikan dan teknis kendali yang dilakukan. Aspek pada *Fishbone Diagram* ini menunjukkan kesamaan pada *management*, *Measurement* dan *method* dengan teknis kendali mengenaik agenda setiap akhir bulan dan kontinu. Agenda tersebut berguna memberikan pemahaman, motivasi secara terstruktur. Tujuannya untuk mengetahui fasilitas yang digunakan saat mengelas apa saja dan teknis mengelas yang benar untuk menghindari cacat pengelasan. Kegiatan ini, tidak dapat berlangsung satu kali atau dua kali. Kegiatan ini harus kontinuitas untuk membentuk karakter pekerja agar mengetahui secara detail apa yang dikerjakan.

Menilai aspek *Machine* menggunakan teknis kendali dengan memantau waktu penggunaan dan menggunakan fasilitas kerja terutama mesin las secara aturan yang berlaku. Jika tidak sesuai hal tersebut, kerusakan yang sering terjadi adalah tombol pengaturan dan tombol suhu. Aspek material menunjukkan peran pengecekan yang dilakukan oleh pihak penyuplai dan *Checker* sangat diperlukan untuk menghindari terjadinya penurunan mutu material. Jika ini terjadi, material tidak akan dapat digunakan secara maksimal.

Dalam hal sumber daya manusia lebih dibebankan pada divisi *Human Resource Development*. Hal ini karena divisi tersebut menangani kasus perilaku kerja dan yang

memiliki hubungan dengan manusia sebagai bentuk meningkatkan motivasi kerja agar menurunkan hasil kecacatan dalam mengelas. Sedangkan pihak divisi manajer lebih kepada pengecekan seluruh aspek apakah berjalan sesuai prosedur atau tidak. Dengan demikian, seluruh komponen atau aspek *Fishbone Diagram* memiliki hubungan pada 5W +1 H untuk memberikan perbaikan pada hasil pengelasan berdasarkan metode *DMAIC*.

5. Kesimpulan dan Saran

Upaya perbaikan untuk mengurangi kecacatan hasil pengelasan pada perpipaan mesin boiler menggunakan metode *DMAIC* dengan hasil aspek *method*, *man*, *Measurement* dan manajemen melakukan agenda setiap akhir bulan dan kontinu untuk meningkatkan motivasi kerja; dan aspek material yaitu pihak *supplier* mengirim bukti material yang siap kirim untuk meningkatkan mutu pipa – pipa yang akan digunakan. Penelitian ini berguna bagi perusahaan untuk mengurangi hasil cacat pengelasan dengan aspek *Machine*, *methode*, *Measurement*, *material*, *man* dan *management*. Implementasi secara tepat dapat memberikan peran kinerja yang baik bagi perusahaan. Selain itu, dengan metode *DMAIC* dapat diketahui identifikasi masalah yang terjadi sampai ditemukan pengendalian hasil cacat las yang tepat.

Daftar Pustaka

- [1] R. Siswanto, *Buku Ajar Teknologi Pengelasan*, 1st ed. Banjarbaru, Kalimantan Selatan: Universitas Lambung Mangkurat, 2018.
- [2] Widharto, *Industri Pengelasan*. 2017.
- [3] M. Arsyad, A. H. Razak, Hasyim, and Hasil, “Penerapan K3 Dalam Proses Pengelasan,” *Pros. Semin. Nas. Penelit. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 2019, pp. 31–34, 2019, [Online]. Available: <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/viewFile/1617/1477>.
- [4] S. B. Uyyala and S. Pathri, “Investigation of tensile strength on friction stir welded joints of dissimilar aluminum alloys,” *Mater. Today Proc.*, vol. 23, pp. 469–473, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.04.210>.
- [5] S. Kannan, S. S. Kumaran, and L. A. Kumaraswamidhas, “Optimization of friction welding by taguchi and ANOVA method on commercial aluminium tube to Al 2025 tube plate with backing block using an external tool,” *J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 30, no. 5, pp. 2225–2235, 2016, doi: 10.1007/s12206-016-0432-y.
- [6] F. Alexander, “DMAIC powered by TRIZ – Integration geeigneter TRIZ-Methoden in die einzelnen DMAIC-Phasen Schriftliche Versicherung,” in *Lehrstuhl Fur Fertigungsmesstechnik*, 1st ed., V. von L. Müller, Ed. Holland: FRIEDRICH-ALEXANDER UNIVERSITÄT ERLANGEN-NÜRNBERG TECHNISCHE, 2016.
- [7] P. Paiton, P. T. Ytl, L. Kristianingsih, and A. S. Proses, “Analisis Safety System dan Manajemen Risiko pada Steam Boiler PLTU di Unit 5,” *J. Tek. POMITS*, 2013.

- [8] Api Standard 1104, *Welding of Pipelines and Related Facilities*, 1st ed., no. November 2005. America: American Petroleum Institute, 2013.
- [9] Sumarna Surapranata, *Pengelasan Pipa Menggunakan Proses Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kerja Kependidikan Kemeterian Pendidikan dan Kebudayaan, 2016.
- [10] Y. Yusuf and T. Suteja, "Implementasi Metode Dmaic-Six Sigma Dalam Perbaikan Mutu Di Industri Kecil Menengah : Studi Kasus Perbaikan Mutu Produk Spring Adjuster Di Pt . X," *Semin. Nas. IENACO*, pp. 1–8, 2013.
- [11] M. H. I. N. Asnan, "Penerapan Six Sigma Untuk Minimalisasi Material Scrap Pada Warehouse Packaging Marsho PT. SMART Tbk. Surabaya," *Performa Media Ilm. Tek. Ind.*, vol. 18, no. 1, pp. 1–8, 2019, doi: 10.20961/performa.18.1.21764.
- [12] D. J. Kotecki, *Welding Stainless Steel— Questions and Answers*, 1st ed. America: American Welding Society, 2013.
- [13] P. E. Setyawan, Y. S. Irawan, and W. Suprpto, "Kekuatan Tarik dan Porositas Hasil Sambungan Las Gesek Aluminium 6061 dengan Berbagai Suhu Aging," *J. Rekayasa Mesin Vol.5*, vol. 5, no. 2, pp. 141–148, 2014.
- [14] Sugiharto and Agus, "Tinjauan Teknis pengoperasian dan Pemeliharaan Boiler," *Forum Teknol.*, 2016.
- [15] Anggads, "Boiler sebagai Pemanas Air," *blogspot.com*, 2016. <http://anggadds.blogspot.com/p/pengertian-boiler-boiler-merupakan.html> (accessed Jan. 15, 2020).
- [16] L. Lusiana, F. Citrawati, E. Martides, and G. Gumilar, "Analisis Kegagalan Pipa Boiler Superheater Pada Pabrik Kelapa Sawit," *Din. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, p. 26, 2019, doi: 10.33772/djitm.v11i1.9357.
- [17] ASME International, *Power Piping*, 1st ed., vol. 2016. America: The America Society of Mechanical Engineers, 2016.
- [18] D. Caesaron and S. Y. P. S. Simatupang, "Implementasi Pendekatan DMAIC Untuk Perbaikan Proses Produksi Pipa," *J. Metris*, 16 91-96, vol. 16, pp. 1–6, 2015.
- [19] T. Pyzdek and P. Keller, *The Handbook for Quality Management*, 2nd ed., vol. 7, no. 2. Mexico City: Mc Graw-Hill, 2016.
- [20] H. Tannady, *Pengendalian Kualitas*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2015.
- [21] A. M. Almansur, S. Sukardi, and M. Machfud, "Improving Performance of Biscuit Production Process Through Lean Six-Sigma At Pt Xyz," *Indones. J. Bus. Entrep.*, vol. 3, no. 32, pp. 77–89, 2017, doi: 10.17358/ijbe.3.2.77.
- [22] Didiharyono, Marsal, and Bakhtiar, "Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Dengan Metode Six- Sigma Pada Industri Air Minum PT Asera Tirta Posidonia , Kota Palopo Quality Control Analysis of Production with Six-Sigma Method in," *J. Sainsmat*, vol. VII, no. 2, pp. 163–176, 2018.
- [23] N. L. P. Haristuti, "Analisis Pengendalian Mutu Produk Guna Meminimalisasi Produk Cacat," no. 1, pp. 268–275, 2015.
- [24] N. Izzah and M. F. Rozi, "Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Metode Six Sigma-

- DMAIC Dalam Upaya Mengurangi Kecacatan Produk Rebana Pada Ukm Alfiya Rebana Gresik,” *J. Ilm. Soulmath J. Edukasi Pendidik. Mat.*, vol. 7, no. 1, p. 13, 2019, doi: 10.25139/smj.v7i1.1234.
- [25] J. Antony, A. S. Bhuller, M. Kumar, K. Mendibil, and D. C. Montgomery, “Application of Six Sigma DMAIC methodology in a transactional environment,” *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 29, no. 1, pp. 31–53, 2012.
- [26] S. Kusuma Dewi, “Minimasi Defect Produk Dengan Konsep Six Sigma,” *J. Tek. Ind.*, vol. 13, no. 1, p. 43, 2012, doi: 10.22219/jtiumm.vol13.no1.43-50.
- [27] H. Koblenz, *Six Sigma DMAIC*, 1st ed. Wermelskirchen: HellIng und sTorCH, 2015.
- [28] F. P. S. Surbakti, M. Tukiran, and A. Natalia, “Usulan Penerapan Metodologi Dmaic Untuk Meningkatkan Kualitas Berat Produk Di Lini Produksi Filling: Studi Kasus Pt Java Egg Specialities, Cikupa,” vol. 12, no. 2, pp. 1–8, 2011, doi: 10.21107/rekayasa.
- [29] N. C. Harsoyo and J. Rahardjo, “Upaya Pengurangan Produk Cacat Dengan Metode DMAIC Di PT . X,” *J. Titra*, vol. 07, no. 1, pp. 43–50, 2019.
- [30] A. Ishak, K. Siregar, Asfriyati, and H. Naibaho, “Quality Control with Six Sigma DMAIC and Grey Failure Mode Effect Anaysis (FMEA): A Review,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 505, no. 1, pp. 0–8, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/505/1/012057.
- [31] G. A. Pratiwi, N. W. Setyanto, and L. T. W. N. Kusuma, “Penerapan siklus dmaic dengan metode taguchi untuk meningkatkan kualitas bata merah dengan penambahan serbuk kayu,” *J. Rekayasa dan Manaj. Sist. Ind. Vol. 3 No. 2 Tek. Ind. Univ. Brawijaya*, vol. 3, no. 2, pp. 1–11, 2015.