

PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK STEEL STRUCTURE DENGAN METODE FMEA DAN FTA GUNA MEMINIMALKAN CACAT VISUAL WELDING

Assyifa¹, Eka Lailita Eti Varina², Yolla Sukma Handayani³

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bina Bangsa

E-mail: assyifasipa18@gmail.com¹⁾, ekalailita00@gmail.com²⁾, yollasukmahanayani2@gmail.com³⁾

ABSTRAK

Penelitian ini berujuan untuk menganalisis dan mengendalikan cacat *visual welding* pada produk *steel structure* di PT IHI Power Service Indonesia dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Data cacat dieproleh dari observasi, wawancara, kuesioner, dan dokumen produk periode April 2024 – Maret 2025, yang mencapai 571 cacat visual welding dari total 108.344 pcs. Hasil analisis FMEA menunjukkan bahwa faktor penyebab utama adalah gas pelindung tidak stabil dengan nilai RPN sebesar 320, diikuti lingkungan lembab dengan RPN 210. Melalui FTA didefinisikan akar penyebab dari kedua faktor tersebut, meliputi aspek manusia, mesin, dan lingkungan, seperti penyimpanan material yang tidak sesuai. Rekomendasi perbaikan disusun menggunakan pendekatan 5W+2H, antara lain kalibrasi peralatan setiap minggu, pelatihan teknik pengelasan dua kali setahun, inspeksi lima kali peritem, penyimpanan material pada area tertutup bersuhu 23°C-26°C dengan kelembapan 40% - 60%, serta memanaskan material yang lembab menggunakan *preheating*.

Kata kunci : Steel Structure, Visual Welding, FMEA, FTA

ABSTRACT

This study aims to analyze and control visual welding defects in steel structure products at PT IHI Power Service Indonesia by using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA) methods. Data on defects was obtained from observations, interviews, questionnaires, and product documents for the period April 2024 – March 2025, which reached 571 welding visual defects out of a total of 108,344 pcs. The results of the FMEA analysis showed that the main causative factor was unstable protective gas with an RPN value of 320, followed by a humid environment with an RPN of 210. Through FTA, the root causes of both factors are defined, including human, machine, and environmental aspects, such as inappropriate material storage. Repair recommendations are prepared using the 5W+2H approach, including weekly equipment calibration, welding technique training twice a year, inspection of items five times, storage of materials in a closed area with a temperature of 23°C-26°C with a humidity of 40% - 60%, and heating humid materials using preheating.

Keyword : Steel Structure, Visual Welding, FMEA, FTA

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi, informasi, dan komunikasi secara global mendorong industri fabrikasi untuk terus menjaga dan meningkatkan

kualitas produk di tengah persaingan yang semakin ketat. Permintaan konsumen terhadap produk berkualitas tinggi memaksa Perusahaan untuk menjaga standar mutu pada setiap tahap produksi [1]. Industri fabrikasi yang meliputi

proses rekayasa, pemotongan, pembentukan, penyambungan, sehingga perakitan akhir, kerap menghadapi tantangan dalam memastikan kualitas sambungan, terutama pada proses pengelasan. PT IHI Power Service Indonesia bagian dari IHI Corporation merupakan Perusahaan manufaktur yang memproduksi berbagai peralatan, termasuk *steel structure* yang banyak digunakan dalam Pembangunan infrastruktur seperti gedung bertingkat, jembatan, stadion, dan pabrik. Produk ini dipilih karena kekuatan yang tinggi, ketahanan terhadap beban berat, serta efisiensi kontruksi [2]. Namun pada tahap fabrikasi masih terdapat cacat pengelasan (*welding defect*) seperti *porosity*, *undercut*, dan *spatter*. Kecacatan ini dapat mengurangi kekuatan sambungan, menurunkan kualitas produk, dan membahayakan integritas struktur [3].

Berdasarkan data periode April 2024 – maret 2025, tercatat 571 kasus cacat *visual welding* dengan Tingkat kerusakan bulanan mencapai 1,46%, melebihi target Perusahaan sebesar 1,0%. Faktor penyebab meliputi aspek manusia, mesin, metode, material, pengukuran, serta lingkungan merupakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya kegagalan. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode analisis yang mampu mengidentifikasi potensi kegagalan secara sistematis dan menelusuri akar penyebab. Salah satu metode yang sering diterapkan adalah *failure mode and effect analysis* (FMEA), yang berfungsi mengidentifikasi *failure mode*, menilai Tingkat keparahan (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*), dan kemampuan deteksi (*detection*), lalu menghitung *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan prioritas perbaikan [4]. Selain itu, *Fault Tree Analysis* (FTA) dapat digunakan untuk memetakan penyebab kegagalan secara herarkis dari kejadian puncak (*top event*) hingga ke akar (*root cause*), sehingga mempermudah penentuan langkah perbaikan yang tepat [5].

Kombinasi FMEA dan FTA memungkinkan analisis yang saling melengkapi. Secara bertahap, yaitu dengan menerapkan FMEA terlebih dahulu untuk mengidentifikasi dan menentukan prioritas risiko yang paling signifikan, kemudian dilanjutkan dengan menggunakan FTA untuk menganalisis akar penyebab utama dari risiko-risiko prioritas [6]. Penelitian ini memfokuskan pada analisis cacat *visual welding steel structure* di PT IHI Power Service Indonesia dengan pendekatan FMA dan FTA, untuk mengidentifikasi *failure mode*, menelusuri akar penyebabnya, dan Menyusun rekomendasi perbaikan dengan menggunakan 5W+2H. berdasarkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas dan pengurangan cacat produk.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kualitas

Kualitas dianggap sebagai aspek yang sangat penting dan harus diperhatikan dalam proses pembuatan suatu produk. Tingkat kualitas, baik maupun buruk, dipahami berpengaruh terhadap jumlah permintaan serta tingkat keselamatan produk tersebut. Oleh karena itu, kualitas produk perlu dikendalikan dan diawasi agar tetap sesuai dengan standar yang diharapkan [7].

Kualitas diartikan sebagai ukuran relative terhadap Tingkat kebaikan suatu produk. Suatu produk akan dianggap berkualitas apabila harapan pelanggan berhasil dipenuhi. Secara umum, konsep kualitas dibedakan menjadi dua, yaitu kualitas desain (*quality of design*) dan kualitas kesesuaian (*quality of conformance*). Kualitas desain dipahami sebagai fungsi spesifik yang dimiliki produk, sedangkan kualitas kesesuaian ditunjukkan oleh sejauh mana produk memenuhi persyaratan atau spesifikasi kualitas yang telah ditetapkan.

Kualitas merupakan fokus utama yang perlu diperhatikan oleh sebuah Perusahaan. Kualitas dipandang sebagai salah satu kebijakan penting

yang harus dipertimbangkan dalam Upaya peningkatan daya saing produk, karena dalam setiap pemilihan produk yang akan dikonsumsi, kualitas seringkali dijadikan pertimbangan oleh konsumen. Suatu produk dikategorikan berkualitas apabila kebutuhan dan harapan pelanggan terpenuhi, pemanfaatannya dapat dilakukan secara maksimal, serta proses pembuatannya mengikuti standar yang berlaku [8].

2.2 Pengelasan

Pengelasan (*welding*) merupakan salah satu teknik penyambungan logam, kedua material yang akan disambung dicairkan dengan energi panas dan pencairan ini diikuti oleh material pengisi. Secara umum, sambungan setempat dari beberapa batang logam dapat diartikan sebagai las, yang dilakukan dengan memanfaatkan energi panas dalam kondisi lumer dan cair [9].

Non Destructive Test (NDT) merupakan metode pengujian yang dilakukan pada material atau sambungan las tanpa merusak maupun menghancurkan objek uji. Melalui tahapan ini, tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mendeteksi adanya ketidakaturan atau cacat (*defect*) pada sambungan hasil pengelasan. Beberapa pengujian NDT umum digunakan untuk memastikan kualitas pengelasan agar tetap sesuai dengan standar yaitu [10]

- a. *Visual Test* (VT) digunakan sebagai metode inspeksi visual untuk menjaga kualitas atau mutu hasil pengelasan, dimana cacat atau *defect* yang timbul setelah proses pengelasan dapat dideteksi.
- b. *Magnetic Particle Test* (MT) digunakan dalam pengujian tidak merusak NDT untuk mendeteksi cacat permukaan maupun cacat dekat permukaan pada material feromagnetik melalui mengamati kebocoran medan magnet.
- c. *Ultrasonic Testing* (UT) dilakukan dengan cara memancarkan gelombang

ultrasonic pada sambungan las, kemudian waktu pantulan gelombang dari permukaan las dan cacat didalam las diukur.

- d. *Tensile test* merupakan metode pengujian yang digunakan untuk memberikan beban gaya secara sesumbu pada material. Melalui uji tarik, diperoleh data mengenai kekuatan maksimum, tingkat regangan, dan kemampuan lentur sambungan las.

2.3 Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

FMEA didefinisikan sebagai metode penilaian terstruktur yang berfungsi untuk mengidentifikasi potensi bahaya pada kualitas produk maupun layanan, sekaligus menelusuri akar penyebab permasalahan. Pendekatan ini bertujuan untuk menemukan sebanyak mungkin kemungkinan terjadinya mode kegagalan (*failure mode*) serta menentukan langkah penanganan yang tepat. Secara umum, terdapat dua jenis penerapan FMEA, yaitu FMEA desain, yang digunakan untuk menghilangkan kegagalan akibat kesalahan dalam perancangan, serta FMEA proses, yang digunakan untuk mencegah kegagalan yang disebabkan oleh perubahan variabel dalam produksi[11].

FMEA merupakan suatu pendekatan yang diterapkan untuk menganalisis dampak dari setiap potensi kegagalan yang dapat terjadi pada suatu proses, sekaligus menentukan prioritas dalam melakukan tindakan pencegahan maupun perbaikan. Tujuan dari analisis ini adalah memastikan produk yang dihasilkan pada proses produksi berikutnya dapat memenuhi kebutuhan dan harapan klien. Dalam proses analisis FMEA, terdapat tiga variable yang digunakan untuk menentukan masalah antara lain adalah tingkat kerusakan (*severity*), frekuensi (*occurrence*), dan tingkat deteksi (*detection*) [12].

Risk Priority Number (RPN) atau angka prioritas risiko merupakan konsekuensi

matematis yang dihitung berdasarkan tiga faktor, yaitu Tingkat keparahan efek kegagalan (*severity*), kemungkinan terjadi penyebab kegagalan (*occurrence*), dan kemampuan mendeteksi kegagalan sebelum memengaruhi hasil (*detection*). Persamaan berikut menggambarkan RPN:

$$RPN = S \times O \times D$$

Dalam analisis cacat pengelasan, perhitungan RPN digunakan untuk menentukan Tingkat prioritas risiko dari berbagai jenis cacat. Cacat dengan nilai RPN tertinggi harus diprioritaskan dalam penanganan. Tindakan korektif maupun preventif perlu segera dilakukan guna meminimalkan risiko yang muncul [13].

2.4 Fault Tree Analysis (FTA)

FTA suatu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor risiko yang menjadi penyebab kegagalan. Pendekatan dalam metode ini bersifat *top-down* yakni diawali dengan asumsi terjadinya kegagalan pada kejadian puncak (*top event*), kemudian ditelusuri hingga ke akar penyebabnya. Analisis pohon kesalahan bertujuan untuk menunjukkan hubungan antara faktor-faktor penyebab dalam bentuk pohon. Diantaranya pendekatan yang dapat dimanfaatkan untuk menyelidiki penyebab utama kecelakaan atau kegagalan kerja adalah dengan menggunakan FTA [14].

FTA bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya enam kerugian utama dalam proses produksi, sehingga kualitas produk dapat ditingkatkan melalui pengendalian yang lebih efektif. FTA dipahami sebagai salah satu alat analisis yang digunakan untuk menelusuri faktor penyebab dari suatu kegagalan. Pendekatan *top down* lebih diutamakan dalam metode ini karena analisis diawali dari sistem yang disebut *top level* kemudian diturunkan hingga ke penyebab dasar.

Kesalahan yang terjadi dalam suatu sistem dianalisis menggunakan metode analisis sistem, dan FTA dimasukkan sebagai salah satu model bagan yang bersifat logis. Melalui metode ini, berbagai kombinasi kegagalan perlatan maupun kesalahan manusia (*human error*) dapat ditampilkan sekaligus diidentifikasi.

Dalam perancangan bagan FTA, beberapa langkah perlu dilakukan, yaitu dengan mengidentifikasi kecelakaan, mempelajari sistem beserta spesifikasi perlatan, lingkungan kerja, serta prosedur operasi, dan memperbarui pohon kesalahan. Dengan penerapan FTA, penyebab dasar suatu permasalahan dapat dianalisis melalui bagan pohon kesalahan yang diperoleh dari kondisi maupun tindakan tidak aman. Metode ini juga dimanfaatkan untuk menilai reliabilitas suatu produk dengan cara menampilkan hubungan sebab-akibat antara satu kejadian dengan kejadian lainnya. Pembuat model FTA dilakukan melalui kegiatan wawancara terhadap pekerja yang terlibat dalam proses produksi. Selain itu, observasi secara langsung terhadap jelannya produksi juga dilakukan agar penyebab kegagalan dapat diidentifikasi secara lebih akurat.

Dalam penyusunan bagan FTA terdapat beberapa langkah yang perlu dilakukan agar terbentuk pohon kesalahan yang terstruktur. Pertama tentukan *top event* sebagai kondisi kegagalan utama yang akan diteliti. Selanjutnya, pohon kesalahan dirancang dan disusun melalui pembentukan hierarki awal dengan mempertimbangkan seluruh faktor yang relevan. Setelah itu, analisis dilakukan terhadap pohon kesalahan yang telah dibuat. Terakhir, simbol-simbol standar digunakan karena setiap symbol memiliki arti yang berbeda dan berfungsi dalam pengembangan pohon kesalahan [15].

3. METODE PENELITIAN

Pengolahan data bisa dilakukan dengan menggunakan metode *Failure mode and Effect Analysis* (FMEA) serta *Fault Tree Analysis*

(FTA) berdasarkan hasil observasi yang diperoleh. Selanjutnya, data diolah melalui pendekatan tersebut untuk mendukung proses analisis. Data yang di kumpulkan dengan cara sebagai berikut:

1. Observasi

Observasi dilakukan di departemen *Quality Control SS* dengan melakukan pengamatan serta pencatatan secara struktur terhadap berbagai gejala atau fenomena yang muncul seperti proses produksi, pemantauan langsung terhadap penerapan pengendalian kualitas dan pengamatan produk cacat (*defect*).

2. Wawancara

Wawancara dilakukan secara langsung melalui tatap muka. Guna memperoleh informasi secara langsung dari sumbernya.

3. Kuesioner

Kuesiner dikumpulkan meliputi tiga aspek utama *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Dengan melibatkan tiga responden dari divisi berbeda yaitu dua *QC Engineer*.

4. Dokumen

Dokumen yang diambil dokumen produksi, *Defect*, dan jenis *defect* periode April 2024 – Maret 2025

Berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan, tahap berikutnya adalah melakukan proses pengolahan dan perhitungan untuk mendukung dan memperkuat hasil penelitian.

3.1.FMEA

Langkah-langkah menggunakan metode FMEA, yaitu: Langkah pertama mengidentifikasi jenis dan penyebab *defect visual welding* melalui observasi langsung, kedua penilaian *severity*, *occurrence*, dan *detection* (SOD) menggunakan kuesioner, dan yang terakhir perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dengan rumus:

$$RPN = S \times O \times D$$

3.2.FTA

FTA digunakan untuk menganalisis akar penyebab dari mode kegagalan prioritas hasil FMEA, dengan *top event* berupa cacat *porosity*, *undercut*, dan *spatter*. Setiap *basic event* diidentifikasi dan disusun dalam diagram pohon kesalahan untuk memetakan hubungan logis penyebab. Hasil analisis digunakan sebagai dasar perumusan tindakan perbaikan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan observasi lapangan dan wawancara dengan *QC Engineer* di PT IHI Power Service Indonesia, teridentifikasi beberapa cacat *visual welding* yang sering muncul pada produk *steel structure*. Cacat tersebut mencerminkan permasalahan teknik proses pengelasan yang memerlukan perhatian khusus untuk menjaga kualitas produk.

Tabel 1. Data Cacat Produk *Steel Structure*

No.	Periode	Jumlah Produk (Pcs)	Jenis Cacat			Total	Persentase
			Porosity	Undercut	Spatter		
1	April	5.994	23	35	29	87	1,45%
2	Mei	12.050	18	17	49	84	0,70%
3	Juni	6.995	20	30	46	96	1,37%
4	Juli	8.106	14	15	32	61	0,75%
5	Agust	9.260	5	16	25	46	0,50%
6	Sept	9.518	4	17	18	39	0,41%
7	Okt	12.916	12	15	14	41	0,32%
8	Nov	7.631	13	14	15	42	0,55%
9	Des	14.582	8	5	16	29	0,20%
10	Jan	13.719	10	7	20	37	0,27%
11	Feb	4.497	1	3	0	4	0,09%
12	Mar	3076	4	1	0	5	0,16%
Total		108.344	132	175	264	571	0,53%

Berdasarkan Tabel 1. Data cacat produk April 2024 – Maret 2025, tercatat total 108.344 pcs dengan 571 cacat *visual welding*. Jenis cacat terbanyak *spatter* 264, *undercut* 175, dan *porosity* 132. Persentase cacat tertinggi terjadi pada bulan April 2024 1,46%, sedangkan cacat terendah pada bulan Februari 2025 dengan 0,09%.

Dokumentasi *visual* disajikan untuk menunjukkan beberapa jenis cacat pengelasan yang teridentifikasi, yaitu *porosity*, *undercut*,

dan *spatter*. Dokumentasi tersebut berfungsi sebagai bukti empiris yang menggambarkan terjadinya cacat *visual welding*.

Berikut ini tabel yang menampilkan jenis-jenis cacat *visual welding*.

Tabel 2. Jenis Cacat *Visual Welding*

Jenis cacat	Keterangan	Gambar
<i>Porosity</i>	Cacat las yang terdapat ronggarongga besar maupun kecil	
<i>Undercut</i>	Cacat las yang terlihat cekungan memanjang di sepanjang sisi sambungan las	
<i>Spatter</i>	Cacat las berupa bintik-bintik	

4.1 FMEA

Langkah pengolahan selanjutnya dilakukan dengan menggunakan FMEA yang dimana datanya diambil dari hasil kuesioner yang telah dikumpulkan. Berikut ini identifikasi penyebab cacat *visual welding* pada produk *steel structure* di PT IHI Power Service Indonesia.

Tabel 3. Nilai RPN

Jenis Kecacatan	Efek Kegagalan (Effect)	Penyebab Kecacatan	S	O	D	RPN
<i>Porosity</i>	1. Rongga kecil pada sambungan	Teknik Pengelasan tidak sesuai	9	8	2	144
	2. Dapat berpotensi menjadi inisiator keretakan	Material lembab atau kotor, tingkat pengerasan terlalu tinggi	8	7	3	168
	3. akan terjadinya korosi karena ada air yang terperangkap	Gas pelindung tidak stabil	8	8	5	320
		Lingkungan lembab	7	6	5	210
<i>Undercut</i>	1. Melemahnya sambungan	Kecepatan ayunan tangan pengelasan tidak stabil	7	7	4	196
	2. Sudut tajam pada undercut akan menjadi konsentrasi tegangan	Arus terlalu tinggi	8	8	2	128
		Tidak ada pemeriksaan fit-up	7	7	3	147
<i>Spatter</i>	1. Visual hasil pengelasan menjadi tidak seragama	Material kurang bersih atau lembab	9	9	2	162
	2. Akan terjadi korosi	Arus terlalu tinggi	7	7	3	147
		Angin kuat di area kerja, lingkungan lembab	5	5	6	150

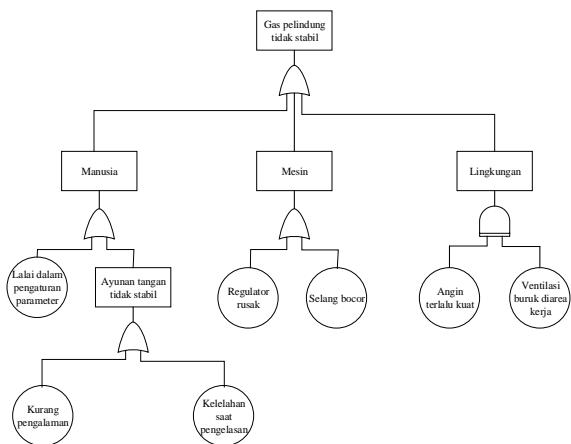
Berdasarkan Tabel 3 diketahui penyebab cacat *visual welding* tertinggi adalah gas pelindung tidak stabil dengan nilai RPN 320, yang menunjukkan tingginya risiko pengaruh faktor tersebut terhadap kualitas sambungan las. Selain itu, lingkungan lembab dengan nilai RPN 210, yang berpotensi menimbulkan cacat pada sambungan akibat adanya kelembaban masuk ke dalam material. Kedua faktor tersebut menjadi prioritas utama yang harus dikendalikan agar kualitas hasil pengelasan tetap terjaga.

4.2 FTA

Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) berfungsi untuk menganalisis dan mengidentifikasi faktor pemicu cacat *visual welding* pada *steel structure*. Berdasarkan hasil perhitungan nilai RPN, teridentifikasi dua faktor utama dengan nilai tertinggi, yaitu gas pelindung tidak stabil dan kondisi lingkungan

yang lembab. Selanjutnya, dibuat diagram pohon kesalahan (*Fault Tree Analysis*) untuk menelusuri jalur penyebab dari *top event* hingga *basic event* yang berkontribusi terhadap terjadinya cacat tersebut.

Berikut ini ditampilkan diagram pohon kesalahan untuk faktor gas pelindung yang tidak stabil.



Gambar 1. Analisa FTA Gas Pelindung Tidak Stabil

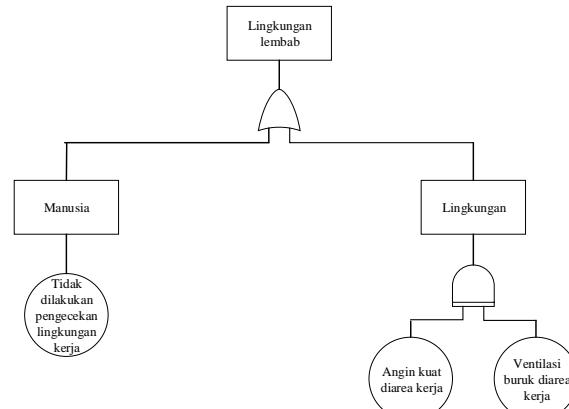
Tabel 4. Keterangan Urutan Pada Bagan FTA Gas Pelindung Tidak Stabil

No	Keterangan
1	Gas pelindung tidak stabil
2	Manusia
3	Mesin
4	Lingkungan
5	Lalai dalam pengaturan parameter
6	Ayunan tangan tidak stabil
7	Regulator rusak
8	Selang bocor
9	Angin terlalu kuat
10	Ventilasi buruk di area kerja
11	Kurang pengalaman
12	Kelelahan saat pengelasan

Langkah selanjutnya menentukan minimal *cut set* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Top Level} &= 1 \\
 &= 2 + 3 + 4 \\
 &= [5+6] + 7 + 8 + (9 \times 10) \\
 &= 5+11+12+7+8+9+10
 \end{aligned}$$

Berikut ini diagram pohon kesalahan lingkungan lembab.



Gambar 2. Analisa FTA Lingkungan Lembab

Tabel 5. Keterangan Urutan Pada Bagan FTA Lingkungan Lembab:

No	Keterangan
1	Lingkungan lembab
2	Manusia
3	Lingkungan
4	Tidak melakukan pengencekan lingkungan kerja
5	Angin terlalu kuat di area kerja
6	Ventilasi buruk di area kerja

Langkah selanjutnya menentukan minimal *cut set* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Top Level} &= 1 \\
 &= 2 + 3 \\
 &= 4 + 5 + 6
 \end{aligned}$$

4.3 Usulan Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis cacat *visual welding*, usulan perbaikan menggunakan 5W+2H untuk mengatasi produk cacat *visual welding*. Faktor utama adalah gas pelindung tidak stabil akibat arus pengelasan terlalu rendah dan hembusan angin kuat, khusunya pada area sambungan las (*root/fill pass*) saat cuaca lembab. Perbaikan dilakukan melalui kalibrasi pengaturan gas pelindung setiap minggu dan pelatihan teknik pengelasan minimal dua kali setahun bagi *welder*, QC, serta pengawasan produksi. Selain itu, lingkungan lembab yang

disebabkan oleh penyimpanan material yang tidak sesuai diatas dengan memindahkan material ke area tertutup dengan suhu 23°C-26°C dengan kelembapan 40% - 60%.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengendalian kualitas produk *steel structure* menggunakan metode FMEA dan FTA di PT IHI Power Service Indonesia, diperoleh Kesimpulan sebagai berikut:

- a. Cacat las yang paling sering terjadi *spatter, undercut, dan porosity*. Berdasarkan hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) menunjukkan bahwa faktor Penyebab utama terjadi kecacatan adalah gas pelindung tidak stabil dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) paling tinggi sebesar 320 dan kedua lingkungan lembab dengan nilai RPN 210.
- b. Akar permasalahan yang menyebabkan gas pelindung tidak stabil yaitu kurang pengalaman *welder* atau operator, kelelahan saat proses pengelasan, kelalaian dalam pengaturan parameter, regulator rusak, selang gas bocor, angin terlalu kuat di area kerja, dan ventilasi buruk di area kerja. Sementara untuk lingkungan lembab akar masalahnya yaitu tidak ada pemeriksaan lingkungan kerja, angin kuat di area kerja, dan ventilasi yang buruk
- c. Usulan perbaikan yang dilakukan adalah pelatihan teknik pengelasan setahun 1 kali oleh perusahaan sebaiknya dilaksanakan menjadi 2 kali dalam setahun, kalibrasi secara berkala seminggu sekali sebagai langkah pencegahan bukan setelah kerusakan terjadi, memindahkan material ke area tertutup dengan suhu 23-26 *derajar celcius* dan kelembapannya 40% - 60%, inspeksi 5 kali per item untuk setiap produk, Keringkan material yang lembab menggunakan pemanasan (*preheating*),

dan bersihkan material pembersihan sebelum proses.

5.1 Saran

Berdasarkan hasil analisis penelitian memberikan saran sebagai berikut:

1. Menjaga kestabilan sistem gas pelindung melalui inspeksi dan aliran gas setiap minggu.
2. Melaksanakan pelatihan ulang teknik pengelasan bagi operator untuk memastikan kesesuaian dengan standar WPS.
3. Meningkatkan pengawasan dan inspeksi pada setiap tahap proses.
4. Melakukan evaluasi berkala terhadap hasil pengendalian kualitas untuk menilai efektivitas perbaikan secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyuni, H. C., & Sulistiyowati, W. (2020). *BUKU AJAR PENGENDALIAN KUALITAS INDUSTRI MANUFAKTUR DAN JASA* (A. S. Cahyana (ed.); 1st ed.). Sidoarjo: UMSIDA Press.
- [2] Zega, B. C., Prasetyono, P. N., Nadiar, F., & Triarso, A. (2022). Desain Struktur Bangunan Baja Tahan Gempa Menggunakan SNI 1729:2020. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(2), 108–113.
<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n2.p108-113>
- [3] Maulindah, R. L., Priyana, E. D., & Hidayat. (2023). Analysis of Quality Control Using the Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Method in the Welding Process in the Feed Drum Project. *Jurnal Sains Dan Teknologi Industri*, 20(2), 588. <https://doi.org/10.24014/sitekin.v20i2.21731>
- [4] Zakaria, T., Dyah Juniarti, A., Bima, D., & Budi, S. (2023). Analisis Pengendalian

- Kualitas Cacat Dimensi Pada Header Boiler Menggunakan Metode FMEA Dan FTA. *Jurnal InTent*, 6(1), 24–36.
- [5] Yolanda, M., Ekawati, Y., & Noya, S. (2023). Penerapan Metode Fault Tree Analysis Untuk Mencegah Kegagalan Pada Departemen Interior di PT X. *Jurnal Sains Dan Aplikasi Keilmuan Teknik Industri (SAKTI)*, 3(1), 49–58. <https://doi.org/10.33479/jtiumc.v3i1.49>
- [6] Anwar, S., Bachrul Ulum, R., Widarman, A., Teknik, F., Teknik Industri, J., & Wastukancana Purwakarta, S. (2023). Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode FTA (Fault Tree Analysis) Dan FMEA (Failure Mode And Effect Analysis) Pada Proses Produksi Pita Cukai Berperekat Di Perusahaan Percetakan Dokumen Sekuriti Karawang Corresponding author*. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(4), 114–128. <https://doi.org/10.56127/juki>
- [7] Lawi, A., Methalina Afma, V., Laila, W., Nasirly, R., Budiarto, D., Alfian, A., Hastarina, M., Fajrah, N., Pasmawati, Y., Melliana, Mesra, T., Desi Kusmindari, C., Sunarni, T., Arsi, F., Wahyudi, B., & Harits, D. (2024). *PENGENDALIAN KUALITAS* (A. Lawi (ed.); 1st ed.). Widina Media Utama. www.freepik.com
- [8] Putri, N. T. (2018). *Manajemen Kualitas Terpadu: Konsep, Alat dan Teknik, Aplikasi* (1st ed.). Indomedia Pustaka. books.google.co.id (diakses pada: 26 Mei 2025, 21.00 WIB)
- [9] Ryadin, A. U., Ohara, W., & Hakim, A. R. (2020). ANALISA KUALITAS PENGEELASAN FLUX CORED ARC WELDING (FCAW) PADA PABRIKASI TUGBOAT 23 M, HULL 302. *Sigma Teknika*, 3(1), 39–49.
- [10] Prakoso, M. Y. W., Aisyah, I. S., & Kurniawati, D. (2024). PENGARUH VARIASI TRAVEL SPEED TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN WELD DEFECT PADA PENGEELASAN MATERIAL SS400 DENGAN METODE PENGEELASAN GMAW. *SENASTITAN IV*.
- [11] Khrisdamara, B., & Andesta, D. (2022). Analisis Penyebab Kerusakan Head Truck-B44 Menggunakan Metode FMEA dan FTA (Studi Kasus : PT. Bima, Site Pelabuhan Berlian). *Serambi Engineering*, 7. <http://eprints.ung.ac.id/id/eprint/9570>
- [12] Ismarialdi, Harahap, B., & Hernawati, T. (2023). Analisis Pengendalian Kualitas Jerrycan Plastik Dengan Metode FTA Dan FMEA Pada Departement Moulding Di PT. PHPO. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 7(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.37090/indstrk.v7i1.897>
- [13] Suseno, O., & Kalid, S. I. (2022). Pengendalian Kualitas Cacat Produk Tas Kulit Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA) Di Pt Mandiri Jogja Internasional. *JCI Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(6). <http://bajangjournal.com/index.php/JCI>
- [14] Hardianto, R. D., & Nuriyanto. (2023). Analisis Penyebab Reject Produk Paving Block Dengan Pendekatan Metode FMEA dan FTA. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2.
- [15] Kurniawan, M. R., & Cahyana, A. S. (2023). Packaging Quality Control Analysis Using Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) And Fault Tree Analysis (FTA) [Analisis Pengendalian Kualitas Packaging Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA)]. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21070/up.3388>