

PENERAPAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) UNTUK MENGENDALIKAN KUALITAS HASIL PENGELASAN: STUDI KASUS PADA PROJECT BOOSTER COMPRESSOR DI PT. YWK

Zulfikri Naufaldi¹, Ir. Achmad Muhazir^{1*}, Andi Turseno¹

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara, Kota Bekasi, Indonesia

*Penulis korespondensi: eko.prastio@dsn.uhharajaya.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengendalikan potensi kegagalan hasil pengelasan pada *project Booster Compressor* di PT. YWK dengan menerapkan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Pengelasan merupakan proses kritis dalam fabrikasi baja yang berperan penting dalam kekuatan struktur. Namun, ditemukan tiga jenis cacat dominan yaitu *Incomplete Penetration*, *Porosity*, dan *Undercut* yang dapat mempengaruhi kualitas sambungan las. Penelitian ini menggunakan pendekatan *kuantitatif deskriptif* dengan teknik pengumpulan data melalui *observasi*, wawancara, dan dokumentasi lapangan. Data cacat las dianalisis dengan metode FMEA untuk menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN), yang membantu menetapkan prioritas tindakan perbaikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cacat *Incomplete Penetration* dan *Porosity* memiliki nilai RPN tertinggi, yang menandakan risiko kegagalan paling *signifikan*. Penyebab utama dari cacat tersebut antara lain adalah pengaturan arus listrik yang tidak tepat, penggunaan wire yang tidak tepat posisi, serta tidak adanya standar baku pengaturan gas *shielding*. Berdasarkan temuan tersebut, dilakukan analisis akar masalah menggunakan diagram *fishbone* dan pendekatan 5W+1H untuk merancang usulan perbaikan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan metode FMEA secara efektif dapat mengidentifikasi dan mengurangi risiko cacat pengelasan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi perusahaan dalam meningkatkan kualitas hasil pengelasan serta mencegah kegagalan struktur di masa mendatang.

Kata kunci: Cacat Las, Diagram *Fishbone*, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Incomplete Penetration*, *Porosity*, *Risk Priority Number* (RPN).

Abstract

This study aims to identify and control potential welding failures in the Booster Compressor project at PT. YWK by applying the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method. Welding is a critical process in steel fabrication that plays a vital role in determining structural strength. However, three dominant types of welding defects were found: Incomplete Penetration, Porosity, and Undercut, which may affect weld joint quality. This research adopts a descriptive quantitative approach, with data collection techniques including observation, interviews, and field documentation. Welding defect data were analyzed using the FMEA method to calculate the Risk Priority Number (RPN), which helps prioritize corrective actions. The results indicate that Incomplete Penetration and Porosity have the highest RPN values, indicating the most significant failure risks. The primary causes of these defects include improper electrical current settings, incorrect welding wire positioning, and the absence of standard procedures for shielding gas regulation. Based on these findings, root cause analysis was conducted using the fishbone diagram and the 5W+1H approach to formulate improvement recommendations. This study concludes that the implementation of the FMEA method is effective in identifying and reducing the risk of welding defects. The findings are expected to serve as a reference for the company in improving welding quality and preventing future structural failures.

Keywords: *Welding Defects, Fishbone Diagram, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Incomplete Penetration, Porosity, Risk Priority Number (RPN).*

1. Pendahuluan

Industri konstruksi baja saat ini salah satu sektor paling penting dalam upaya mendukung infrastruktur di Indonesia. Salah satu proses utama dalam kegiatan konstruksi baja adalah proses pengelasan, yang berfungsi sebagai metode penyambungan material logam agar menghasilkan struktur yang kuat dan aman.

PT. YWK adalah perusahaan yang bergerak dibidang jasa konstruksi layanan terkait, khususnya dalam konstruksi baja, pemeliharaan bangunan dan konstruksi sipil. Usaha yang dilakukan adalah fabrikasi konstruksi baja meliputi proses pengelasan dan pengecatan pada baja. Baja H-Beam dan WF-Beam adalah jenis baja profil struktural berbentuk I atau H yang digunakan sebagai elemen struktur bangunan dan konstruksi industri karena kekuatan tekan dan lentur yang tinggi dengan spesifikasi standar JIS G3101 SS400.

Proses pengelasan merupakan salah satu tahapan dari proses fabrikasi yang bertujuan untuk membuat sambungan permanen dengan kekuatan tinggi. Proses pengelasan di PT. YWK dilakukan dengan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) dan *Shield Metal Arc Welding* (SMAW).

Project Booster Compressor merupakan salah satu *project* strategis di sektor migas. Dalam *project* ini PT. YWK dipercaya sebagai kontraktor fabrikasi yang mengerjakan bagian konstruksi baja. *Project Booster Compressor* di bagi menjadi tiga (3) bagian *part*, yaitu *Colomn*, *Beam*, dan *Rafter*.

Pada proses pengelasan nya dapat terjadi cacat, yaitu cacat las *Incomplete Penetration*, *Porosity*, dan *Undercut*. Beberapa cacat tersebut ada cacat yang dapat di perbaiki pada proses berikutnya serta tidak mempengaruhi kekuatan atau kegagalan struktur bangunan, dari data proses pengelasan tersebut dapat dilihat pada tabel 1.1. dibawah ini:

Tabel 1. *Data Cacat Pengelasan Pada Part Material Project Booster Compressor di PT. YWK (1 April 2025 – 30 Juni 2025)*

| Material | Part Material | Jumlah Welding | Jenis Cacat | | | | | | Toleransi (%) |
|----------|---------------|----------------|------------------------|------|----------|------|----------|------|---------------|
| | | | Incomplete Penetration | % | Porosity | % | Undercut | % | |
| Colomn | BcL 1 | 75 | 2 | 2,67 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 1 |
| | BcL 2 | 75 | 0 | 0,00 | 1 | 1,33 | 0 | 0,00 | 1 |
| | BcL 3 | 86 | 1 | 1,16 | 2 | 2,33 | 1 | 1,16 | 1 |
| | BcL 4 | 75 | 0 | 0,00 | 1 | 1,33 | 1 | 1,33 | 1 |
| | BcL 5 | 86 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 2 | 2,33 | 1 |
| | BcL 6 | 85 | 2 | 2,35 | 2 | 2,35 | 0 | 0,00 | 1 |
| | BcL 7 | 72 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 1 | 1,39 | 1 |
| | BcL 8 | 85 | 2 | 2,35 | 2 | 2,35 | 2 | 2,35 | 1 |
| Beam | BbM 2 | 78 | 1 | 1,28 | 2 | 2,56 | 0 | 0,00 | 1 |
| | BbM 3 | 96 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 1 |
| | BbM 4 | 87 | 1 | 1,15 | 2 | 2,30 | 1 | 1,15 | 1 |
| | BbM 5 | 86 | 1 | 1,16 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 1 |
| | BbM 6 | 87 | 2 | 2,30 | 2 | 2,30 | 0 | 0,00 | 1 |
| | BbM 7 | 83 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 2 | 2,41 | 1 |
| | Rafter | BrF 1 | 109 | 3 | 2,75 | 3 | 2,75 | 3 | 2,75 |
| BrF 2 | | 89 | 0 | 0,00 | 1 | 1,12 | 2 | 2,25 | 1 |

| Materi al | Part Materia l | Jumla h Weldi ng | Jenis Cacat | | | | | | Tolerans i (%) |
|--------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------------|
| | | | Incomp lete Penetra tion | % | Porosit y | % | Unde rcut | % | |
| | BrF 3 | 192 | 5 | 2,60 | 4 | 2,08 | 3 | 1,56 | 1 |
| | BrF 4 | 88 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 1 |
| Total | | 1634 | 20 | 1,22 | 22 | 1,35 | 18 | 1,10 | |

Pengendalian kualitas yang diterapkan oleh perusahaan dengan kebijakan mutu untuk memastikan bahwa proses pengelasan berjalan sesuai prosedur perusahaan. Tujuan adanya pengendalian kualitas agar identifikasi terhadap proses atau tindakan perbaikan fabrikasi yang tidak sesuai dapat segera dilaksanakan sebelum terlalu banyak menghasilkan produk (Artha et al., 2021).

Upaya yang dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengendalikan potensi kegagalan tersebut, membutuhkan metode analisis risiko yang sistematis untuk mengidentifikasi jenis kegagalan, penyebab, dampak, serta menentukan tindakan pencegahan yang tepat. Salah satu metode yang dapat diterapkan yaitu *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode ini efektif dalam mengurangi potensi mode kegagalan pada tiap tahapan proses, mengukur tingkat risiko melalui nilai *Risk Priority Number* (RPN), dan menyusun prioritas perbaikan berdasarkan hasil analisis (Wahyu A.S & Joumil A.S, 2024).

2. Metode

Penelitian yang dilakukan termasuk dalam jenis penelitian *deskriptif kuantitatif*, dengan mencari informasi atau data dari sumber primer dan sumber sekunder yang didapat dari wilayah penelitian di PT. YWK.

2.1 Definisi *Failure Mode and Effect analysis* (FMEA)

Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah metode yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara penyebab dan dampak dari cacat produk, serta mencari solusi dengan menentukan tindakan yang paling tepat (Suherman et al., 2022). FMEA dapat dimanfaatkan untuk mendefinisikan, mengidentifikasi, dan mengatasi potensi kegagalan (Ardiansyah & Wahyuni, 2022). Selain itu, metode ini merupakan prosedur sistematis yang bertujuan mencegah kegagalan pada mesin melalui penetapan langkah-langkah perbaikan yang dibutuhkan guna mencegah atau mengurangi kemungkinan serta dampak kegagalan terhadap jalannya sistem (Ismail & Pusakaningwati, 2023).

FMEA berperan dalam membantu perusahaan menekan biaya. Dampak dari perbaikan yang diterapkan tersebut adalah menurunnya frekuensi dan tingkat keparahan kesalahan dalam proses produksi, beberapa tujuan dari penerapan FMEA antara lain:

1. Menentukan faktor-faktor yang dapat menghambat terpenuhinya kebutuhan pelanggan.
2. Melakukan penilaian terhadap potensi kegagalan yang mungkin muncul akibat faktor tertentu.
3. Menguji sistem pengaman untuk memastikan fungsinya berjalan sebagaimana mestinya.
4. Melaksanakan tindakan yang diperlukan agar proses produksi tetap berjalan dengan baik.

Tahapan dalam pembuatan FMEA meliputi sepuluh tahapan sebagai berikut:

1. Kebutuhan terhadap fungsi proses

Langkah awal yang perlu dilakukan adalah menjelaskan prosedur yang akan dianalisis secara rinci dan sederhana. Tujuan utamanya yaitu untuk menentukan kemungkinan terjadinya kegagalan. Dalam metode FMEA, hal ini melibatkan proses identifikasi terhadap salah satu dari tiga jenis kesalahan yang mungkin terjadi. Yang paling utama adalah mengidentifikasi potensi penyebab terjadinya kegagalan dalam proses. Selain itu, dua jenis kesalahan lainnya yang perlu diperhatikan adalah kesalahan potensial di tahap proses berikutnya serta dampaknya terhadap kelangsungan operasi.

2. Menentukan dampak dari tiap poin kegagalan (*potential effect of failure*)
 Setiap kesalahan yang muncul harus dipahami baik dari sisi dampak lokal selama proses produksi maupun dampak global yang memengaruhi keseluruhan sistem. Produk cacat atau hasil yang rusak merupakan salah satu akibat dari kegagalan tertentu, seperti pemasangan mesin yang tidak sesuai. Selain itu, kerusakan alat produksi juga sering kali disebabkan oleh malfungsi, yang bisa berujung pada masalah kualitas produk di masa mendatang akibat cacat yang tidak langsung terlihat.
3. Menentukan nilai *Severity*
Severity merupakan besarnya kerugian yang berkaitan dengan dampak negatif yang akan dirasakan oleh konsumen maupun terhadap prosedur selanjutnya. Nilai *severity* ini dinyatakan dalam skala peringkat mulai dari 1 hingga 10. Kriteria penilaian *severity* tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Skala *Severity*

| <i>Severity</i> (S) | | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Kriteria <i>Severity</i> (Dampak Kegagalan) | Keterangan | Nilai <i>Severity</i> |
| Tinggi Berbahaya | Kegagalan dapat menyebabkan kerusakan total, atau proyek gagal sepenuhnya. | 10 |
| Terlalu Tinggi | Kegagalan dapat menyebabkan kerusakan besar, penghentian operasi, atau rework besar. | 9 |
| Sangat Tinggi | Kegagalan dapat menyebabkan material tidak dapat diperbaiki. | 8 |
| Tinggi | Kegagalan dapat menyebabkan kerusakan tinggi secara signifikan. | 7 |
| Sedang | Kegagalan dapat menyebabkan kerusakan pada material. | 6 |
| Rendah | Kegagalan mempengaruhi kualitas material sehingga dapat memperlambat proses selanjutnya | 5 |
| Sangat Rendah | Kegagalan dapat menimbulkan minor performance | 4 |
| Kecil | Kegagalan merupakan gangguan kecil, namun tidak menyebabkan penurunan performance | 3 |
| Sangat Kecil | Kegagalan sedikit mengganggu pada proses, operasi atau operator | 2 |
| Tidak Ada | Tidak ada efek apapun | 1 |

4. Klasifikasi (*class*)
 Komponen atau fitur tertentu dari subsistem maupun sistem yang memerlukan pengendalian proses lebih ketat perlu dimasukkan ke dalam kolom klasifikasi ini untuk dipantau secara khusus.
5. Menentukan penyebab potensial (*potential cause*)
 Akar dari setiap permasalahan perlu diidentifikasi dengan jelas, yaitu dengan menjelaskan bagaimana kesalahan bisa terjadi, serta mempertimbangkan semua faktor yang mungkin dapat diubah atau dikendalikan. Diperlukan uraian yang lengkap dan terbuka mengenai potensi penyebab yang mungkin timbul dari setiap kesalahan yang ditemukan.
6. Menentukan *Occurrence*
Occurrence merupakan taksiran atau perkiraan tentang seberapa besar kemungkinan suatu penyebab akan memengaruhi titik kegagalan dalam beberapa tahapan proses tertentu. Tabel 3 menyajikan ringkasan kriteria penilaian untuk masing-masing nilai peringkat.

Tabel 3. Skala *Occurence*

| Kriteria Occurrence (Tingkat Kejadian Kegagalan) | Keterangan | Nilai |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------|
| Tidak ada | Tidak pernah ada kegagalan (Kegagalan yang mustahil) | 1-2 |
| Rendah | Kegagalan yang kadang terjadi, berkaitan dengan proses | 3-4 |
| Sedang | Kegagalan yang terjadi dalam jumlah yang tidak terlalu besar | 5-6 |
| Tinggi | Sering menyebabkan kegagalan | 7-8 |
| Sangat Tinggi | Kegagalan yang hampir selalu terjadi / tidak bisa dihindari | 9-10 |

7. Menentukan nilai *Detection*.

Detection merupakan proses untuk mengidentifikasi kemungkinan terjadinya penyebab kegagalan maupun kegagalan itu sendiri, serta melakukan langkah-langkah pencegahan agar material baja yang dihasilkan sesuai dengan keinginan pelanggan. Proses ini dilakukan dengan mengevaluasi sistem pengendalian yang tersedia, baik dari sisi desain maupun saat proses berlangsung. Penulis yang menyusun laporan FMEA akan menentukan metode deteksi yang paling tepat untuk sistem tersebut guna mengidentifikasi dan mencegah masalah dalam proses pengelasan. Tabel 4 menyajikan ringkasan kriteria penilaian untuk masing-masing nilai peringkat.

Tabel 4. Skala *Detection*

| <i>Detection (D)</i> | | |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Kriteria <i>Detection</i> (Deteksi Kegagalan) | Keterangan | Nilai <i>Detection</i> |
| Hampir Tidak Mungkin | Tidak ada kendali untuk mendeteksi kegagalan karena tidak dapat dideteksi dan dianalisis. | 10 |
| Sangat Kecil | Kegagalan sangat tidak mudah untuk dideteksi. | 9 |
| Kecil | Kegagalan dideteksi setelah proses pengelasan oleh QC secara visual. | 8 |
| Sangat Rendah | Kegagalan dideteksi setelah proses pengelasan oleh Quality Control secara visual dengan pengukuran atribut. | 7 |
| Rendah | Kegagalan dideteksi setelah proses pengelasan oleh Quality Control secara visual dengan pengukuran variable. | 6 |
| Sedang | Kegagalan dideteksi in-stasion oleh Quality Control melalui penggunaan pengukuran variabel atau alat pengujian yang akan mendeteksi material setelah dilas. | 5 |
| Cukup Tinggi | Kegagalan dideteksi setelah proses secara kontrol yang akan mendeteksi material yang defect dan memberi tanda untuk mencegah pengelasan lebih lanjut. | 4 |
| Tinggi | Kegagalan dideteksi in-stasion secara kontrol yang akan mendeteksi material yang defect untuk mencegah pengelasan lebih lanjut. | 3 |
| Sangat Tinggi | Kegagalan dideteksi in-stasion oleh Quality Control yang akan mendeteksi kerusakan dan mencegah pengelasan lebih lanjut. | 2 |
| Hampir Pasti | Pencegahan kegagalan sebagai akibat dari mesin las, welder, dan metode nya. Material yang mengalami defect tidak dapat dicat, maka digerinda dahulu sebelum lanjut ke proses | 1 |

| <i>Detection (D)</i> | | |
|----------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Kriteria <i>Detection</i> (Deteksi Kegagalan) | Keterangan | Nilai <i>Detection</i> |
| | pengecatan. | |

8. Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN).

Risk Priority Number (RPN) merupakan suatu perhitungan yang digunakan untuk menentukan daftar efek dari sebuah kesalahan yang sesuai dengan tingkat keparahannya, kemungkinan terjadinya (*occurrence*), serta kemampuan sistem mendeteksi kesalahan sebelum berdampak kepada pelanggan (sebagai langkah pencegahan). Nilai RPN diperoleh melalui rumus khusus.

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$$

Semakin kecil nilai RPN, maka kondisi dinilai semakin baik. Sebaliknya, apabila nilai RPN melebihi angka sekitar seribu, hal tersebut menandakan adanya masalah serius yang perlu segera ditindaklanjuti. Oleh karena itu, perhatian harus diberikan terhadap bagaimana keputusan tersebut dapat memengaruhi hasil akhir produk dan efisiensi dalam proses produksi. Nilai RPN yang paling tinggi menjadi prioritas utama untuk ditangani lebih dahulu karena mewakili risiko kesalahan yang paling berbahaya. Perlu dicatat bahwa nilai ini bukan sekadar angka, tetapi berfungsi untuk menentukan urutan prioritas tindakan perbaikan yang harus dilakukan.

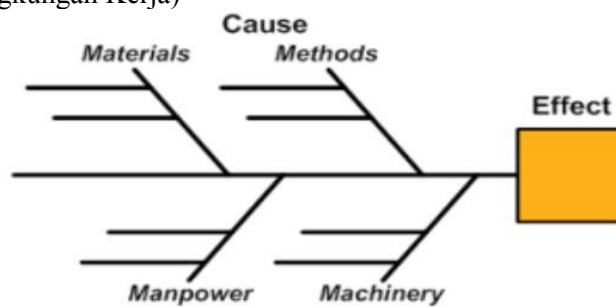
9. Tentukan urutan kepentingan untuk mengoreksi jenis kegagalan menggunakan nilai RPN.

2.2 Diagram *Fishbone*

Diagram *Fishbone* merupakan salah satu metode analisis yang digunakan untuk menafsirkan hubungan antar variabel serta mengukur seberapa kuat kaitan antara variabel-variabel tersebut, apakah bersifat positif, negatif, atau tidak memiliki hubungan. Diagram ini berfungsi untuk menggambarkan pola hubungan antar dua faktor yang kemungkinan dipengaruhi oleh karakteristik tertentu maupun faktor-faktor penyebab lain.

Faktor-faktor utama yang biasa dianalisis dalam diagram ini meliputi:

1. *Man* (Tenaga Kerja)
2. *Material* (Bahan Baku)
3. *Machine* (Mesin)
4. *Method* (Metode)
5. *Environment* (Lingkungan Kerja)



Gambar 1. Diagram *Fishbone*

2.3 Metode 5W+1H

Metode 5W+1H merupakan metode sistematis yang digunakan untuk mengumpulkan informasi secara menyeluruh guna mendukung proses investigasi atau penyusunan penelitian terkait suatu permasalahan yang sedang dihadapi (Doni All Sadam Husein, 2024). Proses perencanaan perbaikan menjadi tahapan penting dalam merancang tindakan penanggulangan yang efektif untuk mengatasi akar penyebab permasalahan utama.

Dalam pelaksanaan proses produksi, pendekatan metode 5W+1H dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi informasi penting dan mengevaluasi permasalahan yang terjadi, sehingga solusi yang tepat dan relevan dapat ditetapkan. Perencanaan tindakan perbaikan memanfaatkan alat bantu 5W+1H, yang berisikan:

Tabel 5. 5W+1H

| Jenis | 5W+1H | Deskripsi |
|------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tujuan Utama | <i>What</i> | Apa yang menjadi sasaran utama dari tindakan perbaikan hasil las? |
| Alasan | <i>Why</i> | Mengapa perbaikan diperlukan? Apa dampak bila tidak dilakukan? |
| Lokasi | <i>Where</i> | Di mana area atau titik pengelasan yang sering ditemukan cacat? Apakah lokasi tersebut sulit dijangkau? |
| Sekuens (Urutan) | <i>When</i> | Kapan tindakan perbaikan paling efektif dilakukan? Apakah setelah proses atau selama pengelasan berlangsung? |
| Orang | <i>Who</i> | Siapa yang bertanggung jawab melakukan perbaikan atau inspeksi hasil las? |
| Metode | <i>How</i> | Bagaimana cara efektif memperbaiki <i>defect</i> pengelasan? Apakah metode saat ini paling efisien? |

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengolahan Data

Pada tahap ini, data yang telah diperoleh dari kegiatan pengamatan dan dokumentasi di lapangan diolah untuk dianalisis lebih lanjut. Proses pengolahan data dilakukan secara sistematis dengan tujuan untuk menyajikan data dalam bentuk yang lebih mudah dipahami dan siap untuk dianalisis sesuai dengan tujuan penelitian.

3.2 Jenis Cacat Las

Berdasarkan observasi dilapangan, hasil identifikasi dari pengelasan Assembly Material Column, Beam, dan Rafter terdapat 3 jenis cacat las pengelasan yaitu:

1. *Incomplete Penetration*

Cacat las *Incomplete Penetration* (IP) atau penetrasi tidak sempurna disebabkan oleh beberapa faktor, terutama kurangnya panas atau energi las yang cukup untuk melelehkan logam dasar pada akar las, sehingga logam las tidak menembus sepenuhnya sambungan las.



Gambar 2. Cacat Las *Incomplete Penetration*

2. Porosity

Cacat las *Porosity* berupa lubang-lubang (pori) di dalam atau di permukaan hasil las akibat gas terjebak saat logam cair membeku.



Gambar 4. Cacat Las *Porosity*

3. Undercut

Cacat las *Undercut* berupa lekukan atau alur di sepanjang tepi sambungan las, akibat logam dasar meleleh tapi tidak terisi sempurna oleh logam las.



Gambar 5. Cacat Las *Undercut*

3.3 Brainstorming

Pada tahap *brainstorming* ini, akan dilakukan seputar pertanyaan penyebab cacat (*defect*) las pada *Spatter* dan *Porosity* pada karyawan yang ada di departemen dan *welder* lapangan. Sebelum membuat diagram *fishbone* untuk mengetahui dahulu akar penyebab utama kegagalan yang terjadi dari sebuah cacat pada pengelasan, maka perlu dibuat pertemuan untuk membahas *brainstorming* ini. Team yang berkontribusi dalam tahap *brainstorming* ini diantaranya.

Tabel 6. Team *Brainstorming*

| Nama | Jabatan |
|------------|-------------------------------------|
| Mas Reza | <i>Assisten Supervisor Lapangan</i> |
| Mas Alfian | <i>Supervisor Lapangan</i> |
| Mas Yuda | <i>Assisten Quality Control</i> |
| Mang Erik | <i>Welder</i> |
| Mas Sulis | <i>Operasional Logistik</i> |

Tabel 7. Hasil *Brainstorming* Untuk Menentukan Akar Penyebab Utama

| No | Jenis Defect | Faktor | Akar Penyebab Utama Kegagalan |
|----|-----------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Cacat Las <i>Incomplete Penetration</i> | Man | Kurangnya pelatihan prosedur pengelasan. |
| | | | <i>Welder</i> kurang disiplin dalam prosedur pengecekan peralatan sebelum kerja. |
| | | Machine | Tidak adanya pengecekan tooling sebelum proses pengelasan. |
| | | | Tidak adanya <i>maintenance</i> secara berkala pada mesin las. |
| | | Method | <i>Welder</i> tidak mengikuti SOP pengelasan dengan baik dan benar. |
| | | | Tidak adanya penetapan standar <i>ampere</i> (A). |
| 2. | Cacat Las <i>Porosity</i> | Man | <i>Welder</i> mengalami kelelahan akibat jam kerja terlalu panjang. |
| | | | Kurangnya ketelitian operator saat persiapan area las. |
| | | Machine | Tidak ada pemeriksaan rutin kondisi regulator gas sebelum pengelasan. |
| | | | Tidak ada prosedur pembersihan <i>nozzle</i> setelah setiap pengelasan. |
| | | Method | Belum dibuat <i>checklist setting</i> mesin dan parameter pengelasan. |
| | | | Tidak ada standar pengaturan <i>flow meter</i> gas <i>shielding</i> . |
| | | Environment | Kurangnya penerangan disekitar area pengelasan. |
| | | | <i>Ventilasi</i> udara di sekitar area kerja buruk |

3.4 Identifikasi Penyebab Kegagalan dengan Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Berikut adalah tahap-tahap proses identifikasi penyebab kegagalan dengan menggunakan FMEA:

3.4.1 Identifikasi potensi kegagalan (*Potential Failure Mode*)

Tujuan dari analisis kegagalan merupakan untuk mengungkap metode yang mungkin tidak sesuai dengan standar proses pengelasan. Tabel 3.4 merinci prosedur yang berpotensi salah.

Tabel 8. Potensial Kegagalan

| Proses | Potensial Kegagalan |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Pengelasan pada part <i>Material Column, Beam, dan Rafter</i> | Cacat Las <i>Incomplete Penetration</i> |
| | Cacat Las <i>Porosity</i> |

3.4.2 Identifikasi efek kegagalan (*Failure Effect*)

Setelah diketahui adanya kemungkinan terjadinya kegagalan (*potential failure mode*) dalam proses pengelasan, langkah berikutnya adalah menentukan dampak dari kegagalan tersebut (*failure effect*). Langkah ini bertujuan untuk memahami tingkat keparahan akibat yang ditimbulkan. Efek dari kegagalan ini bisa berdampak pada tahapan proses selanjutnya, misalnya kerusakan material. Untuk mengetahui dampaknya, setiap kesalahan proses perlu dianalisis berdasarkan akibat yang ditimbulkan. Rincian dampak kegagalan ini dapat dilihat dalam Tabel 9 dibawah ini

Tabel 9. Hasil *Brainstorming* Menentukan Efek Kegagalan

| Proses | Potensial Kegagalan | Efek Kegagalan |
|----------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pengelasan pada Part | Cacat Las <i>Incomplete Penetration</i> | Permukaan <i>material</i> menjadi kasar atau tidak rata sehingga menyebabkan kesulitan dalam proses lanjutan seperti pengecatan atau pemasangan. |

| Proses | Potensial Kegagalan | Efek Kegagalan |
|------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Material Colomn, Beam, dan Rafter</i> | Cacat Las <i>Porosity</i> | Menurunkan kekuatan sambungan las, berpotensi menimbulkan kebocoran atau retakan, serta menyebabkan hasil pengelasan tidak lolos uji inspeksi dan harus di <i>repair</i> . |

Hasil *Brainstorming* untuk efek kegagalan yang sudah ditetapkan pada Tabel 3.5 akan ditentukan nilai *severity* nya dengan pendapat team *brainstorming* yang menilai efek kegagalan diambil dengan nilai sama yang terbanyak.

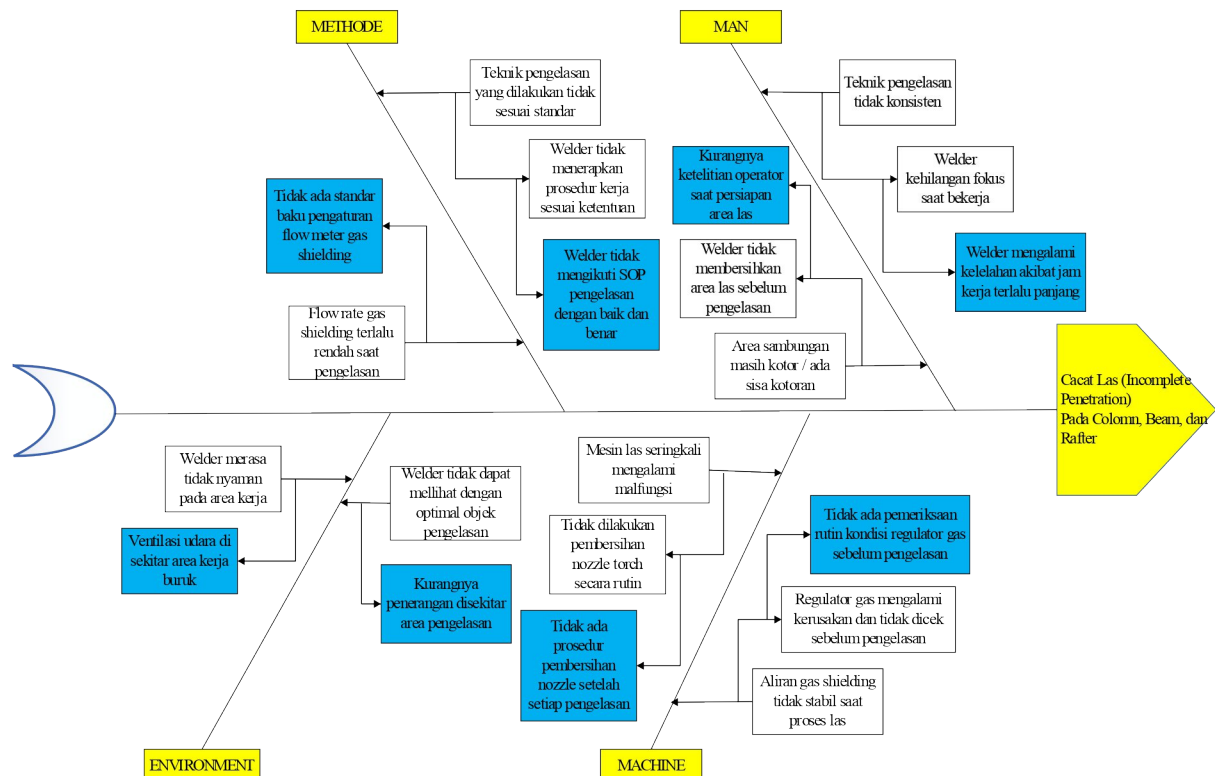
3.4.3 Menentukan nilai severity

Tabel 10. Menentukan Nilai *Severity* Pada Efek Kegagalan

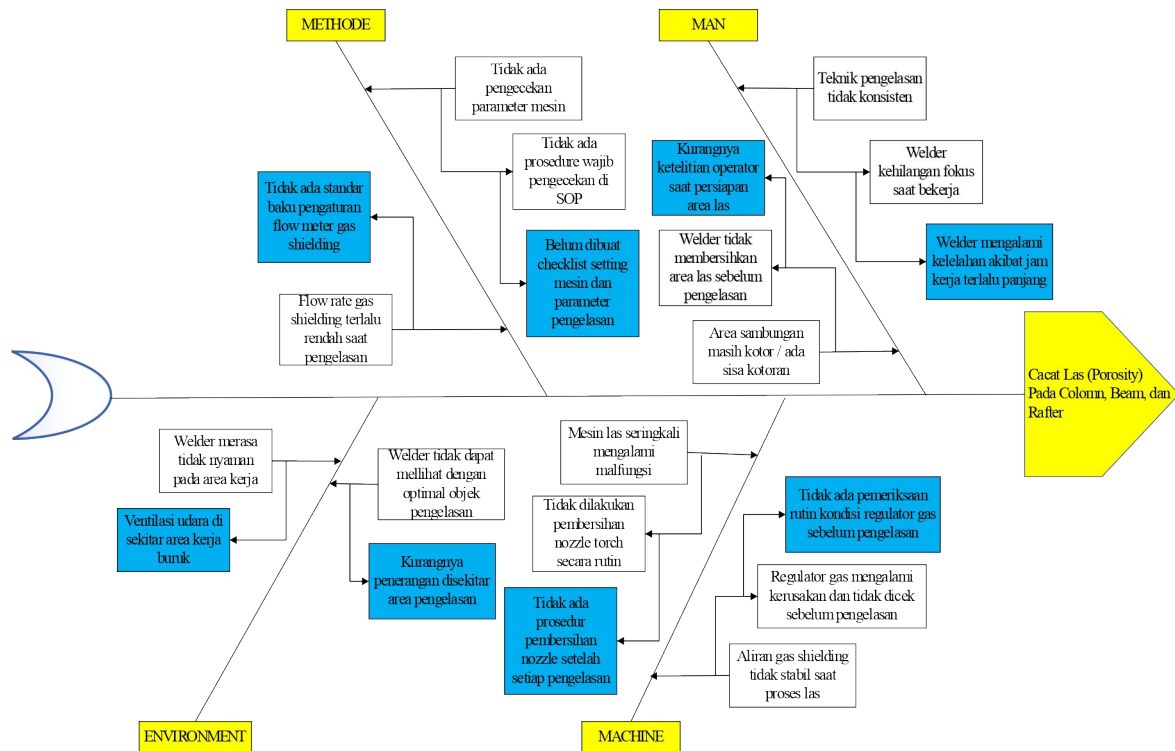
| Efek Kegagalan | Nilai Severity |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Permukaan material menjadi kasar atau tidak rata sehingga menyebabkan kesulitan dalam proses lanjutan seperti pengecatan atau pemasangan. | 3 |
| Menurunkan kekuatan sambungan las, berpotensi menimbulkan kebocoran atau retakan, serta menyebabkan hasil pengelasan tidak lolos uji inspeksi dan harus di <i>repair</i> . | 2 |

3.4.4 Identifikasi Penyebab kegagalan

Setelah penilaian *severity* dilakukan, tahap berikutnya adalah mengidentifikasi penyebab utama dari kegagalan yang terjadi. Untuk menentukan akar penyebab utama kegagalan tersebut, digunakan alat bantu berupa diagram *Fishbone*. Jenis kegagalan yang akan dianalisis penyebabnya adalah cacat las *Incomplete Penetration* dan *Porosity* pada pengelasan *part material Colomn, Beam, dan Rafter*.



Gambar 6. Diagram *Fishbone* Cacat Las *Incomplete Penetration*



Gambar 7. Diagram Fishbone Cacat Las Porosity

Berdasarkan diagram *fishbone* yang sudah di analisa pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6 di atas, dapat di simpulkan terdapat beberapa akar penyebab utama kegagalan yang ditandai warna merah dari masing-masing faktor yang menyebabkan cacat las *Incomplete Penetration* dan *Porosity*. Maka dilanjutkan *brainstorming* dari akar penyebab utama kegagalan yang sudah didapat untuk menentukan nilai *Occurrence*.

3.4.5 Menentukan nilai *occurrence* pada akar penyebab utama kegagalan

Nilai *occurrence* menggambarkan seberapa sering suatu kesalahan mendasar terjadi dalam proses. Untuk mengetahui asal dari masing-masing kesalahan, perlu dilakukan penilaian tingkat kejadian berdasarkan analisis diagram sebab-akibat. Penentuan nilai *occurrence* ini diperoleh melalui kegiatan *brainstorming* dari setiap akar penyebab utama kegagalan terjadinya cacat las *Incomplete Penetration* dan *Porosity* tersebut, dapat dilihat pada Tabel 4.11 dibawah ini.

Tabel 11. Menentukan Nilai *Occurrence* Pada Akar Penyebab Utama Kegagalan

| Potensial Kegagalan | Faktor | Akar Penyebab Utama Kegagalan | Frekuensi Terjadi | Nilai Occurrence |
|-----------------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------|
| Cacat Las <i>Incomplete Penetration</i> | Man | Kurangnya pelatihan prosedur pengelasan. | Kadang terjadi pada operator. | 4 |
| | | Welder kurang disiplin dalam prosedur pengecekan peralatan sebelum kerja. | Kadang terjadi pada welder. | 3 |
| | Machine | Tidak adanya pengecekan <i>tooling</i> sebelum proses pengelasan. | Kadang dilakukan, tergantung operator. | 4 |
| | | Tidak adanya <i>maintenance</i> berkala pada mesin las. | Kadang diabaikan. | 4 |

| Potensial Kegagalan | Faktor | Akar Penyebab Utama Kegagalan | Frekuensi Terjadi | Nilai Occurrence |
|---------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------|
| | <i>Method</i> | <i>Welder</i> tidak mengikuti SOP pengelasan dengan baik dan benar. | Kadang terjadi di beberapa <i>project</i> . | 5 |
| | | Tidak adanya penetapan standar <i>ampere</i> (A). | Kadang menyebabkan kesalahan pengaturan. | 3 |
| Cacat Las Porosity | <i>Man</i> | <i>Welder</i> mengalami kelelahan akibat jam kerja terlalu panjang. | Kadang terjadi di beberapa <i>welder</i> . | 3 |
| | | Kurangnya ketelitian operator saat persiapan area las. | Kadang terjadi di area pengelasan. | 3 |
| | <i>Machine</i> | Tidak ada pemeriksaan rutin kondisi regulator gas sebelum pengelasan. | Kadang terjadi, tergantung <i>welder</i> . | 4 |
| | | Tidak ada prosedur pembersihan <i>nozzle</i> setelah setiap pengelasan. | Kadang diabaikan oleh beberapa <i>welder</i> . | 4 |
| | <i>Method</i> | Belum dibuat <i>checklist setting</i> mesin dan parameter pengelasan. | Kadang terjadi di beberapa <i>project</i> . | 3 |
| | | Tidak ada standar baku pengaturan <i>flow</i> meter gas <i>shielding</i> . | Kadang terjadi di lapangan. | 5 |
| | <i>Environment</i> | Kurangnya penerangan di area pengelasan. | Kadang, terutama di area pengelasan. | 4 |
| | | <i>Ventilasi</i> udara sekitar area kerja buruk. | Kadang, terutama di area pengelasan. | 3 |

3.4.6 Menentukan nilai *detection* pada kontrol saat ini

Penilaian *detection* berdasarkan seberapa jauh penyebab kegagalan dapat dideteksi. Setelah melakukan *brainstorming* maka akan ditentukan nilai *detection* dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Menentukan Nilai *Detection* Pada Kontrol Saat Ini

| Potensial Kegagalan | Akar Penyebab Utama Kegagalan | Kontrol saat ini | Nilai Detection |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| | Kurangnya pelatihan prosedur pengelasan | Pelatihan dilakukan terbatas dan belum menyeluruh | 3 |
| | <i>Welder</i> kurang disiplin dalam prosedur pengecekan peralatan sebelum kerja | Tidak ada pengawasan khusus, hanya berdasarkan kesadaran masing-masing | 3 |
| | Tidak adanya pengecekan <i>tooling</i> sebelum pengelasan | Pemeriksaan alat hanya dilakukan saat terjadi kegangguan | 2 |
| | Tidak adanya <i>maintenance</i> | Perawatan mesin dilakukan jika ada | 4 |

| Potensial Kegagalan | Akar Penyebab Utama Kegagalan | Kontrol saat ini | Nilai Detection |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Cacat las <i>Incomplete Penetration</i> | berkala pada mesin las | kerusakan | |
| | <i>Welder</i> tidak mengikuti SOP pengelasan dengan baik dan benar. | SOP pengelasan sudah tersedia, namun tidak ada sistem pengawasan atau evaluasi rutin terhadap penerapannya di lapangan. | 5 |
| | Tidak adanya penetapan standar <i>ampere</i> | Pengaturan arus dilakukan berdasarkan kebiasaan operator | 3 |
| Cacat Las <i>Porosity</i> | <i>Welder</i> mengalami kelelahan akibat jam kerja terlalu panjang | Tidak ada pengaturan jam kerja khusus, hanya mengikuti <i>shift</i> | 4 |
| | Kurangnya ketelitian operator saat persiapan area las | Hanya dilakukan <i>visual check</i> sederhana sebelum pengelasan | 3 |
| | Tidak ada pemeriksaan rutin kondisi regulator gas sebelum pengelasan | Pemeriksaan dilakukan jika ada keluhan atau kerusakan | 4 |
| | Tidak ada prosedur pembersihan <i>nozzle</i> setelah setiap pengelasan | Pembersihan <i>nozzle</i> dilakukan jika ada sumbatan terlihat | 4 |
| | Belum dibuat <i>checklist</i> setting mesin dan parameter pengelasan | Pengaturan dilakukan sesuai pengalaman operator | 2 |
| | Tidak ada standar baku pengaturan <i>flow meter</i> gas <i>shielding</i> | <i>Flow meter</i> disesuaikan berdasarkan perkiraan operator | 5 |
| | Kurangnya penerangan di area pengelasan | Mengandalkan pencahayaan umum tanpa pencahayaan tambahan | 3 |
| | <i>Ventilasi</i> di area kerja buruk | Tidak tersedia <i>ventilasi</i> khusus | 2 |

3.4.7 Menentukan nilai risk priority number (RPN)

Dalam menentukan RPN dapat diketahui dengan mempertimbangkan tingkat keparahan, frekuensi kejadian, dan nilai deteksi untuk setiap kemungkinan skenario kegagalan. RPN merupakan indikator numerik dari prioritas risiko kualitas yang digunakan untuk menentukan pelaksanaan inisiatif perbaikan. Dengan demikian, RPN dengan nilai tertinggi adalah target dari setiap penyesuaian yang diperlukan. Saat penulis mencari tingkat keparahan dengan frekuensi pendeteksiannya, maka penulis akan mendapatkan nilai RPN.

Tabel 13. Menentukan Nilai RPN Pada Cacat Las *Incomplete Penetration*

| Mode Kegagalan Potensial | Efek Kegagalan Potensial | Severit y (S) | Akar Penyebab Utama Kegagalan | Occurenc e (O) | Kontrol Saat Ini | Detectio n (D) | RPN (SxOxD) <i>Incomplete Penetratio n</i> |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------|
| Cacat Las <i>Incomplete Penetratio</i> | Kegagalan mempengaruhi kualitas <i>material</i> sehingga | 3 | Kurangnya pelatihan prosedur pengelasan | 4 | Pelatihan dilakukan terbatas dan belum menyeluruh | 3 | 36 |
| | | | <i>Welder</i> kurang disiplin dalam prosedur pengecekan peralatan | 3 | Tidak ada pengawasan khusus, hanya berdasarkan kesadaran masing- | 3 | 27 |

| Mode Kegagalan Potensial | Efek Kegagalan Potensial | Severity (S) | Akar Penyebab Utama Kegagalan | Occurrence (O) | Kontrol Saat Ini | Detection (D) | RPN (SxOxD) Incomplete Penetration |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------|
| n | dapat menyebabkan <i>complain</i> . | | sebelum kerja | | masing | | |
| | | | Tidak adanya pengecekan tooling sebelum proses pengelasan | 4 | Pemeriksaan alat hanya dilakukan saat terjadi kegangguan | 2 | 24 |
| | | | Tidak adanya <i>maintenance</i> berkala pada mesin las | 4 | Perawatan mesin dilakukan jika ada kerusakan | 4 | 48 |
| | | | <i>Welder</i> tidak mengikuti SOP pengelasan dengan baik dan benar | 5 | SOP pengelasan sudah tersedia, namun tidak ada sistem pengawasan atau evaluasi rutin terhadap penerapannya di lapangan. | 5 | 75 |
| | | | Tidak adanya penetapan standar <i>ampere</i> (A) | 3 | Pengaturan arus dilakukan berdasarkan kebiasaan operator | 3 | 27 |

Tabel 14. Menentukan Nilai RPN Pada Cacat Las *Porosity*

| Mode Kegagalan Potensial | Efek Kegagalan Potensial | Severity (S) | Akar Penyebab Utama Kegagalan | Occurrence (O) | Kontrol Saat Ini | Detection (D) | RPN (SxOxD) <i>Porosity</i> |
|---------------------------|-----------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------|
| Cacat Las <i>Porosity</i> | Menurunkan kekuatan sambungan las, berpotensi | 2 | <i>Welder</i> mengalami kelelahan akibat jam kerja terlalu panjang | 3 | Tidak ada pengaturan jam kerja khusus, hanya mengikuti <i>shift</i> | 4 | 24 |
| | | | Kurangnya ketelitian operator saat persiapan | 3 | Hanya dilakukan <i>visual check</i> sederhana sebelum | 3 | 18 |

| Mode Kegagalan Potensial | Efek Kegagalan Potensial | Severity (S) | Akar Penyebab Utama Kegagalan | Occurrence (O) | Kontrol Saat Ini | Detection (D) | RPN (SxOxD) Porosity |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------|---------------|----------------------|
| | menimbulkan kebocoran atau retakan, serta menyebabkan hasil pengelasan tidak lolos uji inspeksi dan harus di <i>repair</i> . | | area las | | pengelasan | | |
| | | | Tidak ada pemeriksaan rutin kondisi regulator gas sebelum pengelasan | 4 | Pemeriksaan dilakukan jika ada keluhan atau kerusakan | 4 | 32 |
| | | | Tidak ada prosedur pembersihan <i>nozzle</i> setelah setiap pengelasan | 4 | Pembersihan <i>nozzle</i> dilakukan jika ada sumbatan terlihat | 4 | 32 |
| | | | Belum dibuat <i>checklist setting</i> mesin dan parameter pengelasan | 3 | Pengaturan dilakukan sesuai pengalaman operator | 2 | 12 |
| | | | Tidak ada standar baku pengaturan <i>flow meter gas shielding</i> | 5 | <i>Flow meter</i> disesuaikan berdasarkan perkiraan operator | 5 | 50 |
| | | | Kurangnya penerangan di area pengelasan | 4 | Mengandalkan pencahayaan umum tanpa pencahayaan tambahan | 3 | 24 |
| | | | <i>Ventilasi</i> udara sekitar area kerja buruk | 3 | Tidak tersedia <i>ventilasi</i> khusus | 2 | 12 |

Pada perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dari masing-masing akibat potensial kegagalan dapat dilihat pada Tabel 15 dan 16, hasil perhitungan RPN nya ada pada Tabel 17 dan Tabel 18 dibawah ini.

Tabel 15. Hasil Penilaian RPN Cacat Las *Incomplete Penetration*

| Proses | Potensial Kegagalan | Faktor Kegagalan | Akar Penyebab Utama Kegagalan | RPN (SxOxD) <i>Incomplete Penetration</i> |
|-----------------------------|---------------------|------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Pengelasan pada <i>Part</i> | | <i>Man</i> | Kurangnya pelatihan prosedur pengelasan | 36 |
| | | | <i>Welder</i> kurang disiplin dalam prosedur pengecekan | 27 |

| Proses | Potensial Kegagalan | Faktor Kegagalan | Akar Penyebab Utama Kegagalan | RPN (SxOxD) <i>Incomplete Penetration</i> |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <i>Material Colomn, Beam, dan Rafter</i> | <i>Cacat Las Incomplete Penetration</i> | | peralatan sebelum kerja | |
| | | <i>Machine</i> | Tidak adanya pengecekan <i>tooling</i> sebelum proses pengelasan | 24 |
| | | | Tidak adanya <i>maintenance</i> berkala pada mesin las | 48 |
| | | <i>Method</i> | <i>Welder</i> tidak mengikuti SOP pengelasan dengan baik dan benar | 75 |
| | | | Tidak adanya penetapan standar <i>ampere</i> (A) | 27 |

Tabel 16. Hasil Penilaian RPN Cacat Las *Porosity*

| Proses | Potensial Kegagalan | Faktor Kegagalan | Akar Penyebab Utama Kegagalan | RPN (SxOxD) <i>Porosity</i> |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| <i>Pengelasan pada Part Material Colomn, Beam, dan Rafter</i> | <i>Cacat Las Porosity</i> | <i>Man</i> | <i>Welder</i> mengalami kelelahan akibat jam kerja terlalu panjang | 24 |
| | | | Kurangnya ketelitian operator saat persiapan area las | 18 |
| | | <i>Machine</i> | Tidak ada pemeriksaan rutin kondisi regulator gas sebelum pengelasan | 32 |
| | | | Tidak ada prosedur pembersihan <i>nozzle</i> setelah setiap pengelasan | 32 |
| | | <i>Method</i> | Belum dibuat <i>checklist setting</i> mesin dan parameter pengelasan | 12 |
| | | | Tidak ada standar baku pengaturan <i>flow meter gas shielding</i> | 50 |
| | | <i>Environment</i> | Kurangnya penerangan di area pengelasan | 24 |
| | | | <i>Ventilasi</i> udara sekitar area kerja buruk | 12 |

Dalam perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) yang sudah dilakukan dapat diketahui bahwa nilai RPN yang tertinggi pada cacat las *Incomplete Penetration* adalah sebesar 75 dari faktor *Method* dan untuk akar penyebab utama kegagalannya karena *welder* tidak mengikuti SOP pengelasan dengan baik dan benar. Sedangkan nilai RPN tertinggi pada cacat las *Porosity* adalah sebesar 50 dari faktor *Method* dan untuk akar penyebab utama kegagalannya karena tidak ada standar baku pengaturan *flow meter gas shielding*.

Nilai RPN terendah pada cacat las *Incomplete Penetration* adalah sebesar 24 dari faktor *Machine* dan untuk akar penyebab utama kegagalannya karena tidak adanya pengecekan *tooling* sebelum proses pengelasan. Sedangkan nilai RPN terendah pada cacat las *Porosity* adalah sebesar 12 dari faktor *Environment* dan untuk akar penyebab utama kegagalannya karena *ventilasi* udara sekitar area kerja buruk.

Maka nilai RPN tertinggi yang sudah di dapatkan yaitu, pada cacat las *Incomplete Penetration* sebesar 75 karena *welder* tidak mengikuti SOP pengelasan dengan baik dan benar dan pada cacat las *Porosity* sebesar 50 karena tidak ada standar baku pengaturan *flow meter gas welding* yang akan menjadi fokus perbaikan dengan pendekatan 5W+1H.

Tabel 17. Tindakan Perbaikan Cacat Las *Incomplete Penetration*

| Jenis Cacat Las | Faktor | What | Why | Where | When | Who | How |
|-------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Incomplete Penetration</i> | <i>Method</i> | Menurunkan kekuatan sambungan las akibat penetrasi yang tidak tembus sempurna, sehingga meningkatkan risiko retak, kebocoran, dan tidak lolos uji inspeksi pengelasan. | Karena parameter pengelasan seperti arus dan kecepatan tidak disesuaikan dengan ketebalan material, serta tidak ada prosedur pemeriksaan kelayakan sambungan sebelum pengelasan. | Terjadi pada area pengelasan <i>material Column, Beam, dan Rafter</i> , terutama di bagian akar sambungan (<i>root pass</i>) dan posisi las yang sulit dijangkau. | Umumnya terjadi saat proses pengelasan dimulai tanpa persiapan dan pengecekan parameter yang tepat, serta ketika operator mengejar target waktu tanpa fokus pada kualitas. | Operator las, <i>Quality Control (QC)</i> , dan <i>Supervisor Lapangan</i> , yang bertanggung jawab dalam pengaturan parameter, pengecekan awal sambungan, serta <i>monitoring</i> hasil las. | Tetapkan dan sosialisasikan standar parameter pengelasan (arus, tegangan, kecepatan, posisi), lakukan pengecekan kelayakan sambungan dan <i>root gap</i> sebelum proses dimulai, serta berikan pelatihan teknik pengelasan untuk posisi sulit dan sambungan tebal. |

Tabel 18. Tindakan Perbaikan Cacat Las *Porosity*

| Jenis cacat las | Faktor | What | Why | Where | When | Who | How |
|-----------------|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Porosity</i> | <i>Method</i> | Mengurangi jumlah <i>defect Porosity</i> yang terjadi pada hasil pengelasan <i>part material Column, Beam, dan Rafter</i> . | Karena <i>Porosity</i> menyebabkan rongga-rongga udara dalam lasan, menurunkan kekuatan sambungan, mempercepat keropos, dan berisiko bocor bila digunakan pada baja. | Ditemukan di area pengelasan <i>Column, Beam, dan Rafter</i> , khususnya di titik-titik sambungan yang sulit dijangkau, area dalam <i>material</i> . | Dilakukan sebelum proses pengelasan dengan pengecekan <i>flow</i> gas pelindung, kebersihan area las, dan parameter mesin, serta saat proses pengelasan untuk kontrol <i>visual</i> adanya porositas. | Operator Las, <i>Quality Control (QC)</i> , dan <i>Supervisor Lapangan</i> yang memastikan kondisi las dan gas pelindung sesuai standar. | Lakukan pengecekan tekanan dan aliran gas pelindung, bersihkan area sambungan sebelum proses, pastikan parameter mesin sesuai standar, serta lakukan pelatihan operator terkait cara menghindari <i>porosity</i> , termasuk teknik menjaga <i>shielding</i> |

| Jenis cacat las | Faktor | What | Why | Where | When | Who | How |
|-----------------|--------|------|-----|-------|------|-----|----------------------|
| | | | | | | | gas saat proses las. |

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di PT. YWK pada *project Booster Compressor*, serta berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data yang telah diuraikan pada Bab IV, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil identifikasi, jenis-jenis cacat las yang ditemukan pada proses pengelasan *project Booster Compressor* di PT. PWK meliputi *Incomplete Penetration*, *Porosity* dan *Undercut*, dengan cacat *Incomplete Penetration* dan *Porosity* sebagai cacat yang paling dominan dan melebihi batas toleransi perusahaan namun tidak terlalu besar.
2. Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) berhasil diterapkan untuk menganalisis risiko potensi kegagalan dari setiap jenis cacat. Hasil perhitungan nilai RPN menunjukkan bahwa penyebab kegagalan tertinggi berasal dari faktor *method*, yaitu welder tidak mengikuti SOP pengelasan dengan baik dan benar, sehingga perlu menjadi prioritas perbaikan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada dosen pembimbing 1 dan 2 saya yang sudah membimbing saya sampai bisa menyelesaikan penelitian ini. Semoga sehat selalu dan panjang rezekinya. Saya ucapkan terima kasih banyak atas bimbingannya.

Daftar Pustaka

- Ardiansyah, N., & Wahyuni, H. C. (2022). Analisis Kualitas Produk Dengan Menggunakan Metode FMEA dan Fault Tree Analisis (FTA) Di Exotic UKM Intako. *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, 2(2), 58–63. <https://doi.org/10.21070/prozima.v2i2.2200>
- Artha, N., Mulia, C., & Rochmoeljati, R. (2021). PENGENDALIAN KUALITAS PENGELASAN MENGGUNAKAN METODE STATISTICAL QUALITY CONTROL (SQC) DAN FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS (FMEA) DI PT. PAL INDONESIA. In *Juminten: Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi* (Vol. 02, Issue 06).
- Basuki, A., dan I. C. (2021). Identifikasi Resiko Kegagalan Proses Penyebab Terjadinya Cacat Produk Dengan Metode FMEA-SAW. *Jurnal Manajemen dan Teknik Industri-Produksi*, 22(1), 37-44.
- Budi Santoso, T., Tri Hutomo, P., & Kuat Arus Listrik, P. (2022). PENGARUH KUAT ARUS LISTRIK PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO LAS SMAW DENGAN ELEKTRODA E7016.
- Doni All Sadam Husein, W. (2024). Penerapan Lean Manufacturing dan Analisis 5WH1 Dal (1).
- Ismail, O., & Pusakaningwati, A. (2023). MANAJEMEN PERAWATAN PANEL DISTRIBUTION CONTROL DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DI PT. TUNG CIA TEKHNOLGY INDONESIA. In *JCI Jurnal Cakrawala Ilmiah* (Vol. 2, Issue 12).
- Erwin Renaldy. (2020). USULAN PERBAIKAN KUALITAS KUALITAS PRODUK PLATE ASSY DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DI. PT NUSA INDAH JAYA UTAMA.
- Kambu, F. S., Tjakra, J., & Walangitan, D. R. O. (2020). METODE PELAKSANAAN KONSTRUKSI BAJA PADA PEKERJAAN PROYEK PEMBANGUNAN KANTOR DISTRIBUSI OFFICE CENTER AIRMADIDI MINAHASA UTARA. *Jurnal Sipil Statik*, 8(5), 823–826.
- Karmawan, W., Adja, H. B., Alvindo, N. V, Handoko, K. T., Pradana, J., Zakkaria, L. N., Zuhron, M., Jaya, H. T. S., & Subardi, A. (2020). Analisa Kekuatan Variasi Arus Las SMAW Dengan Elektroda E 7018 Bahan Baja ST 42 Terhadap Sifat Mekanis. In *Oktober 2020 Jurnal JMMME* (Vol. 1, Issue 2).
- Mak, S. /, Kementerian, K. X., Teknologi, D., Susanta, K., & Syauqi, K. (2023). DASAR-DASAR TEKNIK PENGELASAN DAN FABRIKASI LOGAM.
- Munawir, A., & Zulfadli, T. (2021). Kajian Eksperimental Proses Las Smaw Pada Logam Baja Jis S45C Dengan Variasi Elektroda Terhadap Sifat Mekanis (Vol. 2, Issue 2).

- Nahidul, S., Shrabon, I., Sheikh, B., & Rahman, M. (2024). *Welding Defects & its Prevention*.
- Purwanto, A. , & W. R. (2023). (2023). *Analisis sambungan las GMAW dengan variasi kampuh pada baja SS 304. Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Industri, 5(1), 45–52..*
- Purwanto, A., & Fajar Riyadin, A. (2023). *Jurnal Teknik Indonesia PENGARUH POLARITAS MESIN LAS PADA PENGELASAN SMAW (Shielded Metal Arc Welding) TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK BAJA KARBON RENDAH.*
- Sarifudin, M., & Harmi Tjahjanti, P. (2024). Karakteristik Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) dan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) pada Plat Stainless Steel 201 di Tabung Air Minum. *Innovative Technologica: Methodical Research Journal, 3(1)*.
- Suherman, A., Cahyana, B. J., Al-Kamal, D. T., Barat, J., Raya, J., Kedoya, A.-K., & Dki, S. (2022). *Pengendalian Kualitas Dengan Metode Failure Mode Effect and Analysis (Vol. 16)*.
- SUMANTRI, R. (2023). *PENGARUH ARUS PENGELASAN SMAW MENGGUNAKAN ELEKTRODA E 7018 PADA BAJA AISI 1050 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KETANGGUHAN. Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara.*
- Supmana, S., & Rian Prasetyo. (2024). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Karung di PT XYZ Menggunakan Metode Seven Tools. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik , 2(1), 299–309.*
- Syarifah Nazia et all. (2020). *PERANAN STATISTICAL QUALITY CONTROL (SQC) DALAM PENGENDALIAN KUALITAS: STUDI LITERATUR (Vol. 4, Issue 3)*.
- Wahyu A.S & Joumil A.S. (2024). Pengendalian Kualitas dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Pada Pembongkaran Bahan Baku Impor di PT X. *Sammajiva: Jurnal Penelitian Bisnis Dan Manajemen, 2(1), 30–38. <https://doi.org/10.47861/sammajiva.v2i1.752>*