

***Analisis Repetitive Reject* Komponen Pesawat pada Divisi *Detail Part Manufacturing* melalui Metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) di PT. Dirgantara Indonesia**

¹ Raihan Nabil Ridwan, ²Ali Subhan

¹Teknik Industri, Universitas Suryakencana, Cianjur

²Teknik Industri, Universitas Suryakencana, Cianjur

E-mail: nabilridwan246@gmail.com, alisubhan72@yahoo.com

ABSTRAK

Repetitive reject pada proses *TIG Welding* di Divisi *Detail Part Manufacturing* PT Dirgantara Indonesia masih menjadi isu kualitas yang signifikan dan berpengaruh terhadap keandalan komponen pesawat. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi sumber utama *reject* dan mengevaluasi tingkat risikonya melalui penerapan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Data periode 2020-2025 menunjukkan bahwa *porosity* merupakan jenis *reject* paling dominan. Analisis penyebab melalui Fishbone Diagram mengindikasikan bahwa faktor lingkungan khususnya kondisi suhu dan kelembaban yang tidak stabil memberikan kontribusi paling signifikan terhadap munculnya *reject porosity*. Hasil FMEA menunjukkan beberapa mode kegagalan dengan nilai RPN tinggi, terutama yang berkaitan dengan suhu dan kelembaban yang tidak terkontrol pada area *workcenter TIG Welding*. Analisis FTA kemudian menegaskan bahwa kondisi suhu dan kelembaban yang tidak stabil dan tidak terkelola merupakan akar penyebab utamanya.

Kata kunci : *TIG Welding, Porosity, Repetitive Reject, FMEA, FTA*

ABSTRACT

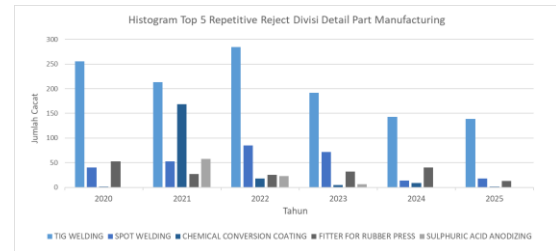
Repetitive rejects in the TIG Welding process at the Detail Part Manufacturing Division of PT Dirgantara Indonesia remain a significant quality issue and impact the reliability of aircraft components. This study was conducted to identify the main sources of rejects and evaluate their risk levels through the application of the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA) methods. Data from 2020-2025 shows that porosity is the most dominant type of reject. Cause analysis using a Fishbone Diagram indicates that environmental factors, especially unstable temperature and humidity conditions, contribute most significantly to the emergence of porosity rejects. The FMEA results show several failure modes with high RPN values, especially those related to uncontrolled temperature and humidity in the TIG Welding workcenter area. The FTA analysis then confirms that unstable and unmanaged temperature and humidity conditions are the main root cause.

Keyword : *TIG Welding, Porosity, Repetitive Reject, FMEA, FTA*

1. PENDAHULUAN

Industri Penerbangan merupakan salah satu sektor manufaktur dengan standar kualitas tertinggi di dunia. Produk yang dihasilkan, seperti pesawat terbang dan komponennya, harus memenuhi persyaratan yang sangat ketat untuk memastikan keselamatan selama operasional. Setiap tahap produksi, harus melalui serangkaian pengujian dan inspeksi yang sangat ketat. Proses manufaktur dalam industri ini tidak hanya menuntut presisi tinggi tetapi juga harus meminimalkan kemungkinan terjadinya reject. Kegagalan sekecil apa pun dalam komponen pesawat dapat berakibat fatal jadi perusahaan yang beroperasi dalam bidang ini wajib menerapkan sistem kontrol kualitas yang sangat ketat dan efisien untuk menjamin keamanan serta memenuhi regulasi penerbangan internasional.

PT. Dirgantara Indonesia, yang didirikan pada 26 April 1976 merupakan salah satu perusahaan kedirgantaraan pertama di Asia dan satu-satunya di Asia Tenggara yang dimiliki oleh Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dengan kompetensi inti dalam desain dan pengembangan pesawat terbang, pembuat struktur pesawat terbang, produksi pesawat terbang dan layanan pesawat terbang baik sipil dan militer, helikopter untuk keperluan komersial dan militer, dengan spesialisasi di bidang aerostruktur. Terdapat banyak divisi pada Perusahaan ini salah satu divisi yang sangat krusial di PT Dirgantara Indonesia adalah divisi *Detail Part Manufacturing*, yang berfokus pada pembuatan berbagai komponen pesawat dengan tingkat presisi yang sangat tinggi, namun dalam proses ini terdapat beberapa masalah *repetitive reject* yang terjadi dan mengakibatkan menurunnya kualitas komponen yang tidak hanya berdampak pada efisiensi produksi, tetapi juga berpotensi mempengaruhi kepuasan pelanggan dan daya saing perusahaan di pasar. Berikut merupakan analisis masalah *repetitive reject* pada divisi *Detail Part Manufacturing* tahun 2020-2025 yang terjadi dengan menggunakan *histogram* dibawah ini:



Gambar I. 1 Grafik Histogram Jumlah Cacat Divisi DPM

Sumber : Data diolah

Berdasarkan hasil analisis dari histogram, dapat diketahui bahwa masalah *repetitive reject* paling banyak merupakan pada area workcenter TIG Welding dalam pembuatan komponen pesawat pada divisi Detail Part Manufacturing yang mengakibatkan menurunnya kualitas dari komponen pesawat dan akan mempengaruhi kefatalan juga kepuasan bagi konsumen. Sehingga penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk meminimasi masalah *repetitive reject* yang paling sering terjadi dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Penggunaan kedua metode ini diharapkan dapat mengidentifikasi akar penyebab reject secara sistematis, mengevaluasi risiko potensial dari setiap mode kegagalan, serta memberikan rekomendasi perbaikan yang tepat. Hasil analisis ini nantinya akan menjadi dasar bagi perusahaan dalam mengembangkan strategi perbaikan yang komprehensif dan berkelanjutan.

2. LANDASAN TEORI

2.1 TIG Welding

Tungsten Inert Gas (TIG) Welding atau yang bisa disebut pengelasan GTAW merupakan suatu proses pengelasan yang menggunakan bahan *tungsten* sebagai elektroda dan gas lindung dengan guna mencegah adanya oksidasi pada logam pada proses pengelasan. Gas pelindung yang biasa digunakan dalam proses pengelasan berupa gas mulia seperti gas Argon (Ar). Daya busur mesin las TIG tidak bergantung pada bahan tambahan dari mesin las, maka dari itu las TIG dimungkinkan dipakai dalam pengelasan berbagai jenis logam. Pengelasan menggunakan sistem TIG memiliki kontrol input panas yang dimiliki dapat berjalan sangat baik, dikarenakan elektroda yang digunakan merupakan elektroda jenis *non-consumable*, pengelasan dapat dilakukan pada

hampir semua logam tanpa membutuhkan penambahan logam pengisi. Pada umumnya, pengelasan ini sangat berguna pada penggabungan aluminium dan magnesium yang memiliki oksida tahan api dan juga logam reaktif. (Noviansyah et al., 2021).

2.2 Non-Conformity

Bagian ini membahas pentingnya *Non-Conformity* dalam memastikan kualitas, keamanan, dan kepatuhan produk terhadap pedoman peraturan di berbagai industri. Penanganan ketidaksesuaian merupakan aspek penting dari sistem manajemen mutu dan mitigasi risiko di berbagai industri. Penanganan ini melibatkan identifikasi, pendokumentasian, dan penyelesaian kasus di mana produk, layanan, atau proses tidak memenuhi standar, spesifikasi, atau persyaratan yang ditetapkan (Dinbil, 2023).

2.3 Kualitas

Kualitas merupakan karakteristik suatu entitas yang meliputi berbagai elemen, seperti produk, layanan, sumber daya manusia, proses, dan lingkungan. Kualitas bukan hanya tentang atribut fisik, tetapi juga mencerminkan upaya yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan yang telah ditentukan. Selain itu, kualitas merupakan hasil dari keputusan dan tindakan manajemen yang memengaruhi semua aspek dalam organisasi. Oleh karena itu, kualitas memiliki hubungan erat dengan proses pemasaran, teknik, manufaktur, dan produksi, yang semuanya berperan dalam menciptakan nilai bagi pelanggan dan mencapai keberhasilan di pasar (Lesmana & Lp, 2021).

2.4 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

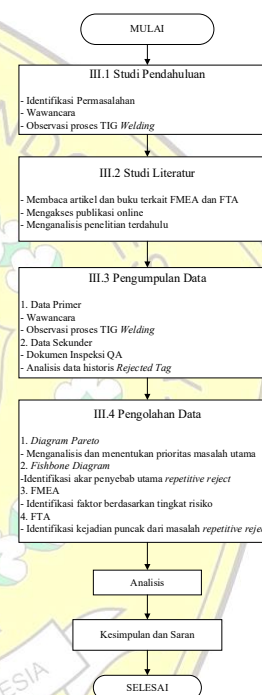
Failure Mode Effect Analysis (FMEA) adalah strategi perbaikan yang dipergunakan dalam pengidentifikasian, penilaian risiko, dan penentuan prioritas risiko yang harus ditangani. Tujuan utama menggunakan FMEA adalah untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dalam unit sistem, mengevaluasi efek selanjutnya pada kinerja sistem, dan akibatnya merekomendasikan strategi untuk menghilangkan atau mengurangi kemungkinan terjadinya atau keparahan dan meningkatkan deteksi mode kegagalan tertentu (Cahaya Mulia & Rochmoeljati, 2021).

2.5 Fault Tree Analysis (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) adalah metode deduktif dan *top-down* untuk menganalisis penyebab kegagalan sistem dengan memodelkan hubungan logis antara peristiwa dasar dan peristiwa puncak dalam kegagalan utama (Pan et al., 2022). Metode ini menerapkan pendekatan *top-down*, dimulai dari identifikasi peristiwa puncak (*Top Event*) sebagai asumsi kegagalan utama, kemudian menelusuri faktor-faktor penyebabnya hingga ditemukan akar permasalahan (*root cause*).

3. METODOLOGI

3.1 Flowchart Penelitian



3.2 Metode Pengumpulan Data

1. Data Primer

Data primer dikumpulkan melalui wawancara dan observasi langsung di lapangan. Pengumpulan data ini dilakukan dengan dua teknik utama. Pertama, wawancara dilakukan dengan tiga kelompok yang berbeda. Kelompok pertama adalah pekerja bagian TIG *Welding*, yang memberikan informasi langsung mengenai pengalaman mereka selama proses serta solusi agar tidak terjadi repetitive reject yang dapat mengganggu kualitas dalam proses pembuatan komponen. Kelompok kedua adalah *supervisor Quality Assurance* (QA), yang memberikan perspektif mengenai repetitive reject yang terjadi pada *Divisi Part Manufacturing* (DPM). Kelompok ketiga

adalah *Quality Control* (QC) pada area *workcenter TIG Welding*, yang memberikan pandangan mengenai seluruh proses *TIG Welding*. Dari wawancara ini, diperoleh data dan informasi penting mengenai proses *TIG Welding* dari awal hingga diserahkan kepada pihak *Quality Assurance* (QA), termasuk informasi mengenai komponen apa saja yang sering mengalami *repetitive reject*, yang nantinya dapat mengakibatkan menurunnya kualitas dalam komponen pesawat.

Kedua, observasi di lapangan ini dilakukan untuk pemahaman secara langsung mengenai proses *TIG Welding* secara langsung. Melalui observasi ini, informasi mengenai penerapan standar operasional prosedur (SOP) dan praktik kerja di lapangan dapat diperoleh. Selain itu, data primer juga mencakup perhitungan jumlah *reject* yang diperiksa oleh QC yang bertujuan untuk memberikan gambaran tentang frekuensi masalah *reject* yang terjadi. Dengan menggabungkan wawancara dan observasi, serta data mengenai tingkat *reject* ini, informasi yang dikumpulkan memberikan gambaran komprehensif tentang proses *TIG Welding* dan tantangan yang dihadapi dalam operasional sehari-hari.

2. Data sekunder

Data sekunder diperoleh dari dokumen dan catatan perusahaan yang relevan dengan analisis *reject* produk. Data *Rejected Tag* tahun 2020-2025 mencakup klasifikasi jenis-jenis *reject* yang terjadi, yang membantu dalam mengidentifikasi pola kegagalan produksi, serta data historis persentase *reject* bulanan yang memungkinkan analisis tren jangka panjang dalam kualitas produk. Selain itu, dokumen proses *TIG welding* memberikan informasi penting seperti alur proses welding yang memberikan pemahaman menyeluruh tentang tahapan pembuatan komponen detail pada pesawat, serta spesifikasi produk dan standar kualitas yang menjadi acuan untuk memastikan produk akhir memenuhi kriteria dan standar yang telah ditetapkan.

3.3 Metode Pengolahan Data

1. Diagram Pareto (*Pareto Chart*)
 - a. Mengelompokkan dan mengurutkan data
 - b. Menghitung persentase dan membuat grafik *Pareto*
 - c. Menganalisis dan menentukan prioritas masalah utama
2. Diagram Sebab Akibat (*Fishbone Diagram*)

- a. Mengidentifikasi masalah utama *repetitive reject* pada area *workcenter TIG Welding*.
 - b. Menentukan kategori penyebab utama
 - c. Mengidentifikasi sub-penyebab
 - d. Menyusun diagram *fishbone*
3. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)
 - a. Mengidentifikasi potensi mode kegagalan dalam proses *welding*
 - b. Menentukan *severity* (tingkat keparahan) dari setiap kegagalan
 - c. Menghitung *occurrence* (frekuensi kejadian) kegagalan
 - d. Menentukan *detection* (kemampuan deteksi) dari sistem kontrol
 - e. Menghitung *Risk Priority Number* (RPN)
 RPN dihitung dengan menggunakan rumus:

$$RPN = Severity (S) \times$$

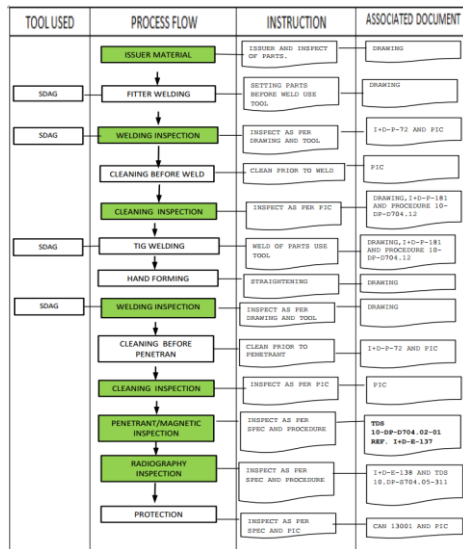
$$Occurrence (O) \times Detection (D) \quad (1)$$

4. *Fault Tree Analysis* (FTA)
 - a. Mengidentifikasi kejadian puncak (*top event*) dari masalah *repetitive reject* pada area *workcenter TIG Welding*
 - b. Mengembangkan pohon kesalahan untuk mencari akar masalah
 - c. Menganalisis hubungan sebab-akibat dari setiap kejadian
 - d. Menentukan *basic event* yang menjadi akar permasalahan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Alur Proses TIG Welding

Flowchart berikut menggambarkan alur proses *TIG welding* yang dilengkapi dengan tahapan inspeksi dan pengendalian kualitas secara berurutan. Setiap proses dilakukan berdasarkan instruksi kerja dan dokumen standar yang berlaku untuk memastikan hasil pengelasan sesuai dengan spesifikasi teknis dan persyaratan mutu. Dengan adanya pemeriksaan pada setiap tahapan kritis, proses ini tidak hanya berfokus pada aktivitas pengelasan, tetapi juga pada pencegahan terjadinya cacat dan ketidaksesuaian produk.



Gambar IV. 1 Flowchart Alur Proses TIG Welding

4.2 Jenis-Jenis dan Jumlah Reject TIG Welding

Terdapat berbagai jenis cacat (*reject*) yang ditemukan pada hasil pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG). Identifikasi dilakukan berdasarkan inspeksi visual terhadap permukaan las yang mengalami ketidaksesuaian dengan standar kualitas yang ditetapkan. Setiap jenis *reject* memiliki karakteristik fisik yang berbeda dan berpotensi menurunkan kekuatan mekanik serta keandalan sambungan las. Berikut contoh *reject* pada TIG Welding:



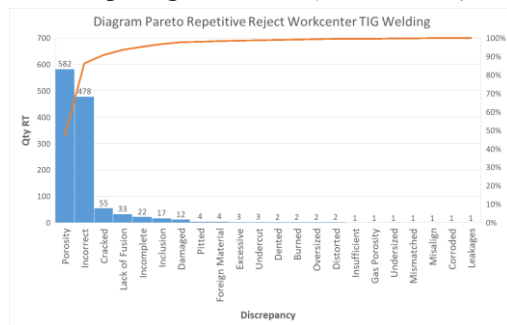
Gambar IV. 2 Contoh Reject TIG Welding

Untuk mengetahui apa saja jenis-jenis *reject* yang sering terjadi pada Divisi *Detail Part Manufacturing Area Workcenter TIG Welding* selama periode tahun 2020-2025, secara detail, maka dilakukan pengambilan data pada komponen-komponen yang diperiksa oleh bagian *Quality Assurance* sehingga dapat diidentifikasi beberapa jenis *reject* yang terjadi:

Tabel IV. 1 Data Jenis-Jenis *Reject Area Workcenter TIG Welding*

Jenis Reject	Deskripsi	Jumlah Reject
Porosity	Rongga/gelembung gas pada logam las	582
Incorrect	Hasil tidak sesuai spesifikasi	478
Cracked	Retakan pada logam las/HAZ	55
Lack of Fusion	Logam las tidak menyatu sempurna	33
Incomplete	Penetrasi/sambungan tidak penuh	22
Inclusion	Material asing terjebak dalam las	17
Damaged	Material rusak (gores, benturan)	12
Pitted	Permukaan berlubang kecil	4
Foreign Material	Benda asing masuk sambungan	4
Excessive	Las/dimensi berlebihan	3
Undercut	Cekungan di tepi sambungan	3
Dented	Permukaan penyok	2
Burned	Material terbakar/meleleh	2
Oversized	Dimensi lebih besar dari standar	2
Distorted	Perubahan bentuk/melengkung	2
Insufficient	Hasil kurang (tebal/penetrasi)	1
Gas Porosity	Porositas karena gas	1
Undersized	Dimensi lebih kecil dari standar	1
Mismatched	Sambungan tidak sejajar	1
Misalign	Posisi sambungan tidak sejajar	1
Corroded	Terjadi karat/oksidasi	1
Leakages	Kebocoran pada sambungan	1

3. Tahap Diagram Pareto (Pareto Chart)

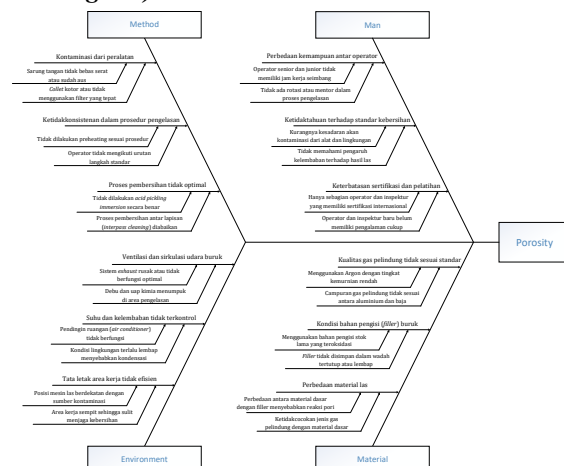


Gambar IV. 3 Diagram Pareto Workcenter TIG Welding Reject

Diagram Pareto digunakan untuk mengidentifikasi jenis cacat yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total reject. Berdasarkan data pada Bab IV, terdapat 22 jenis *reject* pada proses TIG *Welding* selama periode pengamatan. Namun, hasil Diagram Pareto menunjukkan bahwa reject *porosity* mendominasi secara signifikan dengan kontribusi sebesar 47% dari total *reject* yang terjadi.

Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat banyak jenis cacat, masalah *porosity* berdiri sebagai akar utama yang paling sering terjadi dan memberikan dampak terbesar terhadap kualitas produk. Hal ini sejalan dengan prinsip Pareto, yaitu bahwa sebagian besar masalah biasanya berasal dari sebagian kecil sumber penyebab (*the vital few*). Oleh karena itu, langkah pengendalian kualitas tidak perlu difokuskan pada seluruh jenis cacat secara menyeluruh, tetapi lebih tepat diarahkan pada penanganan *reject porosity*.

4. Tahap Diagram Sebab Akibat (Fishbone Diagram)



Gambar IV. 4 Fishbone Diagram Reject Porosity

Dari sisi manusia, perbedaan pengalaman antar operator berperan cukup besar. Operator baru belum sepenuhnya memahami karakteristik proses TIG *Welding* yang sensitif terhadap kontaminasi dan lingkungan. Contohnya, perbedaan kecil dalam sudut *torch*, jarak *nozzle*, hingga kecepatan gerakan las dapat menyebabkan gangguan pada *shielding gas* sehingga udara luar masuk ke area pengelasan dan menghasilkan *porosity*. Selain itu, tidak semua operator memahami standar kebersihan material sebelum pengelasan. Hal-hal sederhana seperti sisa minyak, debu, atau oksidasi tipis yang menempel pada material sering kali diabaikan, padahal kontaminasi tersebut dapat berubah menjadi gas saat proses pengelasan berlangsung, maka dari itu diperlukan monitoring sekaligus pengawasan yg ketat ketika proses pengelasan agar mengurangi kegagalan untuk menghasilkan hasil las yang baik.

Pada faktor metode, ditemukan bahwa prosedur pengelasan yang ada belum diterapkan secara konsisten. Meskipun *Welding Procedure Specification* (WPS) telah ditetapkan, masih terjadi variasi parameter antar operator seperti aliran gas pelindung, teknik interpass cleaning, maupun langkah persiapan sebelum welding. Ketidakkonsistenan inilah yang membuat kualitas hasil welding menjadi fluktuatif.

Faktor material juga memberikan kontribusi besar. Beberapa *filler wire* ditemukan mengalami oksidasi akibat penyimpanan yang tidak sesuai standar. Selain itu, perbedaan jenis gas pelindung yang digunakan pada material aluminium dan steel masih sering terjadi kesalahan sehingga jenis gas tidak sesuai dengan material yang dikerjakan.

Namun, faktor lingkungan merupakan penyebab paling dominan berdasarkan analisis lanjutan. *Area TIG Welding* memiliki kelembapan dan suhu udara yang tidak stabil. Dalam kondisi kelembapan tinggi, permukaan material ataupun *filler wire* dapat mengalami kondensasi mikro. Meskipun sangat tipis dan tidak terlihat, kondensasi tersebut dapat menghasilkan gas yang terperangkap di *molten pool* saat proses *welding* berlangsung dan membentuk *porosity*.

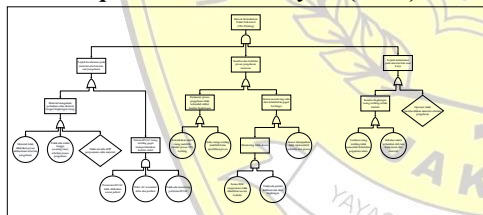
5. Tahap Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)

Dalam analisis FMEA yang dilakukan pada proses TIG *Welding* di PT Dirgantara Indonesia, Mode kegagalan yang teridentifikasi dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi adalah ketidaksesuaian Suhu dan kelembapan tidak terkontrol dengan Potential Failure Effect Pendingin ruangan (*air conditioner*) tidak berfungsi yang memiliki RPN sebesar 720. Angka ini menunjukkan bahwa meskipun dampak dari kegagalan ini dinilai tinggi, frekuensi terjadinya yang tinggi menandakan perlunya perhatian lebih dalam penanganannya untuk mencegah masalah yang lebih besar di kemudian hari. Berikut adalah perhitungan RPN:

- *Severity* (S) = 9
- *Occurrence* (O) = 10
- *Detection* (D) = 8
- $RPN = 9 \times 10 \times 8 = 720$

Dengan skor RPN tersebut, perusahaan harus segera merencanakan langkah-langkah perbaikan yang efektif untuk mengurangi frekuensi terjadinya ketidaksesuaian serta meningkatkan kemampuan deteksi agar masalah serupa tidak terulang di masa depan.

6. Tahap Fault Tree Analysis (FTA)



Gambar IV. 5 Fault Tree Analysis (FTA)
Suhu dan kelembapan tidak terkontrol

Fault Tree Analysis (FTA) memperlihatkan hubungan sebab akibat yang lebih detail terkait terbentuknya *reject porosity*. Berdasarkan FTA, akar penyebab utama terjadinya *porosity* adalah tidak terkontrolnya suhu dan kelembapan area *Welding*. Kondisi ini kemudian memicu serangkaian penyebab lanjutan seperti munculnya kondensasi, kontaminasi permukaan material, gangguan *shielding gas*, serta ketidakstabilan proses pengelasan. Selain itu, ditemukan bahwa beberapa sistem pendukung seperti *exhaust fan*, sensor kelembapan, dan prosedur inspeksi material sebelum *welding* belum berjalan secara optimal. Kondisi inilah yang kemudian membuat *reject porosity* terus berulang

meskipun parameter proses telah mengikuti standar teknis.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis *reject porosity* pada proses TIG *Welding* di PT Dirgantara Indonesia, dapat disimpulkan bahwa permasalahan kualitas yang terjadi bukan disebabkan oleh satu faktor tunggal, melainkan merupakan akumulasi dari beberapa faktor yang saling berkaitan. Berdasarkan hasil pengolahan data dengan Diagram Pareto, Fishbone Diagram, FMEA, serta *Fault Tree Analysis* (FTA), diperoleh beberapa temuan penting sebagai berikut:

1. Dari hasil Diagram Pareto, *porosity* merupakan jenis *reject* dengan tingkat kejadian tertinggi yaitu sebesar 582 kasus atau 47% dari total *reject* yang terjadi selama periode penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa *porosity* adalah *reject* paling dominan dan memerlukan penanganan prioritas dibandingkan jenis *reject* lainnya.
2. Hasil analisis Diagram Fishbone menunjukkan bahwa penyebab *porosity* berasal dari empat faktor utama yaitu manusia, metode, material, dan lingkungan. Namun, faktor lingkungan khususnya kondisi suhu dan kelembapan yang tidak stabil memberikan kontribusi paling signifikan terhadap munculnya *reject porosity*.
3. Melalui analisis FMEA, penyebab dengan nilai risiko tertinggi adalah Suhu dan kelembapan tidak terkontrol dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebesar 720. Nilai ini menunjukkan tingkat *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang tinggi sehingga menjadi faktor penyebab paling kritis yang perlu mendapatkan perhatian utama. Lalu menganalisis menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk memperkuat temuan FMEA dengan menunjukkan bahwa *porosity* terjadi akibat kondisi lingkungan yang tidak stabil dan tidak terkelola.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Suryakencana yang telah menjadi wadah bagi para peneliti untuk mengembangkan penelitian jurnal ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang besar bagi kemajuan ilmu pengetahuan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kartasasmita, A. G. (2022). *Industri Penerbangan dan Dirgantara Indonesia Punya Masa Depan Cerah*. <https://kemenperin.go.id/artikel/23518/Menperin-Industri-Penerbangan-dan-Dirgantara-Indonesia-Punya-Masa-Depan-Cerah>
- [2] Alfie Oktavia. (2021). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Pendekatan Statistical Quality Control (SQC) di PT. Samcon. *Industri Inovatif : Jurnal Teknik Industri*, 11(2), 106–113. <https://doi.org/10.36040/industri.v11i2.3666>
- [3] Aristriyana, E., & Ahmad Fauzi, R. (2023). Analisis Penyebab Kecacatan Produk Dengan Metode Fishbone Diagram Dan Failure Mode Effect Analysis (Fmea) Pada Perusahaan Elang Mas Sindang Kasih Ciamis. *Jurnal Industrial Galuh*, 4(2), 75–85. <https://doi.org/10.25157/jig.v4i2.3021>
- [4] Cahaya Mulia, N. A., & Rochmoeljati, R. (2021). Pengendalian Kualitas Pengelasan Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC) dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) di PT. PAL Indonesia. *JUMINTEN*, 2(6), 60–71. <https://doi.org/10.33005/juminten.v2i6.346>
- [5] Chaniago, H. (2020). Analisis Kualitas Pelayanan, Kualitas Produk, dan Harga pada Loyalitas Konsumen Nano Store. *International Journal Administration, Business and Organization*, 1 (2), 56–69.
- [6] Dinbil, A. (2023). *Developing Non-Conformity Process in Case Company*.
- [7] Hamdani, D. (2022). Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Seven Tools Pada PT X. *Jurnal Ekonomi, Manajemen dan Perbankan (Journal of Economics, Management and Banking)*, 6(3), 139. <https://doi.org/10.35384/jemp.v6i3.237>
- [8] Hanif, M., Shah, A. H., Shah, I., & Mumtaz, J. (2023). Optimization of Bead Geometry during Tungsten Inert Gas Welding Using Grey Relational and Finite Element Analysis. *Materials*, 16(10), 3732. <https://doi.org/10.3390/ma16103732>
- [9] Kartika, R. N., & Hidayah, N. A. (2022). *Penggunaan FMEA Dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Pada Proses Produksi Cetak Blok Kalender (Studi Kasus: PT. XYZ)*. 1(6).
- [10] Lesmana, B., & Lp, P. (2021). *Pengaruh Cost Of Quality Terhadap Tingkat Design Quality Produk (Study Kasus Pada Pt. Unindo Nusantara Perkasa Sentosa Unps, Tangerang – Banten)*.
- [11] Madyantoro, H. I., Adib, A., Yaqin, R. I., & Siahaan, J. P. (2022). *Penerapan Metode Fmea Dalam Perawatan Mesin Pendingin Kapal Penangkap Ikan (Studi Kasus: Km. Sinar Bayu Utama)*. 4.
- [12] Muhtaj, U. (2021). *Kecacatan Produk Kain Batik Pada Umkm Batik Nusa Karya Menggunakan Metode Fmea Dan Fta*.
- [13] Noviansyah, N., Afriany, R., Asmadi, A., & Husni, T. (2021). Analisa Perbandingan Las Tig Dan Las Smaw Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Stainless Steel 304. *Teknika: Jurnal Teknik*, 8(2), 189. <https://doi.org/10.35449/Teknika.V8i2.193>
- [14] Nurjanah, D. A., Kusminah, I. L., Rachmat, A. N., & Nabella, N. (2023). *Analisis Penentuan Komponen Kritis Small Excavator Menggunakan Metode Fmea Dan Diagram Pareto*. 1(1).
- [15] Pan, K., Liu, H., Gou, X., Huang, R., Ye, D., Wang, H., Glowacz, A., & Kong, J. (2022). Towards A Systematic Description Of Fault Tree Analysis Studies Using Informetric Mapping. *Sustainability*, 14(18), 11430. <https://doi.org/10.3390/Su141811430>
- [16] Rizky Dwi Hardianto & Nuriyanto. (2023a). Analisis Penyebab Reject Produk Paving Block Dengan Pendekatan Metode Fmea Dan Fta. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(12), 4635–4648. <https://doi.org/10.53625/Jcijurnalcakrawalailmiah.V2i12.6394>
- [17] Rizky Dwi Hardianto & Nuriyanto. (2023b). Analisis Penyebab Reject Produk Paving Block Dengan Pendekatan Metode Fmea Dan Fta. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(12), 4635–4648. <https://doi.org/10.53625/Jcijurnalcakrawalailmiah.V2i12.6394>