

# Identifikasi Defect Produk Pada Hasil Pengelasan Dengan Metode Failure Mode Effect Analysis

Rudi kurniawan<sup>\*1</sup>, Nurul Laili Arifin, S.ST., M.T.\* and Nurul Ulfah, S.Si., M.T.\*

Politeknik Negeri Batam  
Program Studi Teknik Mesin  
Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam29461, Indonesia  
<sup>1</sup>E-mail: [Vkrudy630@gmail.com](mailto:Vkrudy630@gmail.com)

## Abstrak

Salah satu produk yang mempunyai pangsa pasar yang sangat potensial yaitu pembuatan pagar, kanopi, tralis *rolling door*. Memasuki era globalisasi tingkat persaingan menjadi semakin tinggi dan memberikan tantangan tersendiri bagi seorang pengusaha. Kondisi ini tentu menuntut kesiapan bagi para pengusaha salah satunya Tata Usaha Alumunium yang berlokasi di Tanjung Piayu, Kota Batam untuk meningkatkan kualitas produk pengelasan. Sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas produk maka perlu diketahui faktor apa saja yang dapat mempengaruhi kegagalan atau kecacatan dalam proses produksi. Tujuan dari penelitian ini untuk melakukan identifikasi defect pada hasil pengelasan dengan metode *FMEA (Failure mode effect analysis)* dan mengetahui faktor penyebab terjadinya kecacatan pada proses pengelasan di Tata Usaha Alumunium. Metode penelitian ini dilakukan dengan cara mengambil satu sample produk pengelasan yang diproduksi di Tata Usaha Alumunium yaitu pagar dan memfokuskan pada pengamatan terhadap alur proses produksi dan hasil produksi. Setelah data didapat dari pengisian kuisioner yang di sebarakan kepada seluruh karyawan yang berada di Tata Usaha Alumunium yang berjumlah 4 orang , maka selanjutnya data tersebut diolah menggunakan metode *FMEA (Failure mode effect analysis)*, setelah menemukan *defect* dengan metode tersebut dilakukan pencegahan sesuai dengan *defect* yang di temukan. Berdasarkan data yang ada bahwa kecacatan produk diawali dari *flowchart* produksi dan ditemukan dua *defect*, yakni tembus/bolong , dan *Arc Strike*. Hasil penelitian menunjukan bahwa RPN tertinggi adalah tembusan (cacat las berupa coakan/ lubang di area pengelasan) dengan nilai 432. Faktor penyebab kecatatan tembusan/bolong adalah arus pengelasan yang terlalu besar, dan tempo kecepatan elektroda tidak stabil. Solusi untuk mencegah defect maka disarankan untuk melakukan tempo kecepatan yang setabil dan arus di perhatikan sebagai upaya deteksi awal kecacatan pengelasan, dan melakukan edukasi akibat *defect* kepada para pekerja.

**Kata kunci:** *defect, failure mode effect analysis*

## Abstract

*One product that has a very potential market share is making fences, canopies, rolling door trellises. Entering the era of globalization, the level of competition becomes increasingly higher and presents its own challenges for an entrepreneur. This condition certainly requires readiness for entrepreneurs, one of which is the Aluminum Administration located in Tanjung Piayu, Batam City, to improve the quality of welding products. In an effort to improve product quality, it is necessary to know what factors can influence failure or defects in the production process. The aim of this research is to identify defects in welding results using the FMEA (Failure mode effect analysis) method and determine the factors that cause defects in the welding process in the Aluminum Administration. This research method was carried out by taking a sample of welding products produced at the Aluminum Administration, namely fences and focusing on observing the production process flow and production results. After the data was obtained from filling out the questionnaire which was distributed to all employees in the Aluminum Administration, totaling 4 people, the data was then processed using the FMEA (Failure mode effect analysis) method. After finding defects using this method, prevention was carried out according to the defects. found. Based on existing data, product defects started from the production flowchart and two defects were found, namely penetration, and Arc Strike. The research results show that the highest RPN is a through (welding defect in the form of a hole/hole in the welding area) with a value of 432. Factors causing the through/hole are the welding current that is too large, and the electrode speed tempo is unstable. The solution to prevent defects is that it is recommended to maintain a stable speed tempo and pay attention to the current as an effort to detect early welding defects, and provide education on the effects of defects to workers.*

**Keywords:** *defect, failure mode effect analysis*

## 1. Pendahuluan

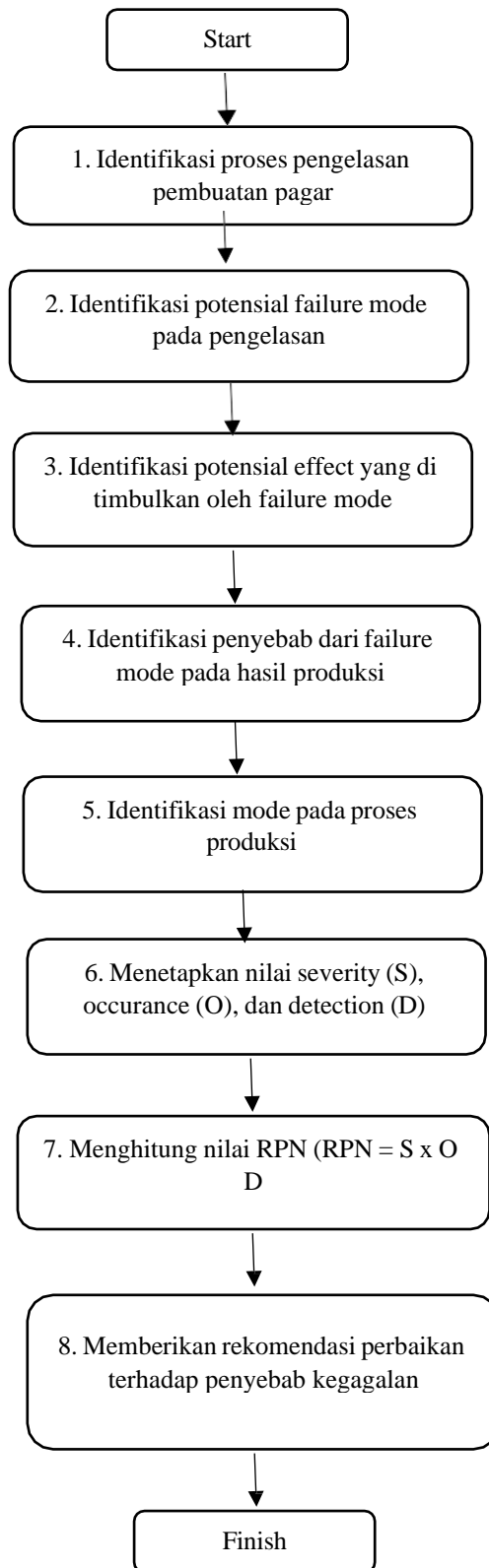
Dunia fabrikasi saat ini berkembang pesat terutama yang bersangkutan dengan peningkatan kualitas produk. Kualitas produk adalah salah satu indikator yang utama di tengah ketatnya persaingan industri, karena kualitas mencakup keseluruhan karakteristik produk dan jasa seperti pemasaran, *manufaktur* dan pemeliharaan. Menurut Goetsch dan Davis (2017), Salah satu permasalahan kualitas yang terjadi dalam kegiatan produksi dalam industri fabrikasi adalah *defect* atau cacat [1]. Hal ini tentunya dapat mengurangi efektivitas dan efisiensi proses produksi. Munculnya *defect* juga dapat menyebabkan ketidaksesuaian produk yang dihasilkan dengan spesifikasi konsumen. Untuk menjaga kualitas produk yang dihasilkan agar sesuai dengan kebutuhan pasar maka perlu dilakukan identifikasi faktor kegagalan atau kecatatan mulai dari proses produksi, bahan baku, mesin, peralatan, manusia dan lingkungan.

Berdasarkan pengamatan awal pada salah satu usaha fabrikasi yang bernama Tata Usaha Alumunium berlokasi di Tanjung Piayu, Kota Batam berfokus pada pengelasan dan pembuatan produk logam seperti pagar, kanopi, tralis, dan *rooling door*. pengendalian kualitas produk yang diterapkan belum maksimal, hal ini dapat dilihat dari hasil observasi awal ditemukan dua *defect* atau kecacatan dalam proses produksi, yakni *tembusan/ bolong* (cacat las berupa coakan/ lubang di area pengelasan), dan *Arc Strike* (ketika stang elektroda menyentuh ke *base metal* ). Hal tersebut tentunya menjadi hambatan karena dengan banyaknya cacat maka semakin banyak pula biaya yang dikeluarkan oleh Tata Usaha Alumunium untuk melakukan perbaikan serta menyita banyak waktu untuk melakukan perbaikan pada hasil pengelasan yang mengalami *defect*. Bilamana tidak segera ditangani dengan metode yang tepat untuk memperoleh perbaikan yang berkesinambungan dimasa mendatang tidak menutup kemungkinan *defect* pengelasan akan terus bertambah.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui permasalahan kualitas produk (pengelasan) adalah dengan melakukan identifikasi *defect* atau kecatatan produk tersebut dengan metode *FMEA (Failure mode effect analysis)*. Dalam penelitian Raynaldhi Yudha Prasetya, Dkk (2021) dengan judul penelitiannya Implementasi FMEA dalam Menganalisis Risiko Kegagalan Proses Produksi Berdasarkan RPN [2]. merujuk pada teori (Stamatis, 1995) bahwa FMEA merupakan sebuah metodologi yang digunakan untuk mengevaluasi kegagalan terjadi dalam sebuah produk, desain, proses, atau pelayanan (service) [3]. Identifikasi kegagalan potensial dilakukan dengan cara pemberian nilai atau skor masing-masing moda kegagalan berdasarkan atas tingkat kejadian (occurrence), tingkat keparahan (severity), dan tingkat deteksi (detection). tujuan dari penelitian ini untuk melakukan identifikasi defect pada hasil pengelasan dengan metode *FMEA (Failure mode effect analysis)* dan mengetahui faktor penyebab terjadinya kecacatan pada proses pengelasan di Tata Usaha Alumunium yang berlokasi di Tanjung Piayu, Kota Batam. Hasil rekomendasi diharapkan mampu mengurangi permasalahan pada proses pengelasan pada Tata Usaha Alumunium.

## 2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini mengambil data dari salah satu objek sample produk yaitu pagar pada unit usaha Tata Usaha Alumunium berlokasi di Tanjung Piayu, Kota Batam yang bergerak di dunia fabrikasi dan pembuatan produk berbahan logam garvanis dengan ketebalan 1.2mm seperti tralis,*rooling door*, pagar dan kanopi. Proses pengerjaan menggunakan mesin las inverter SMAW dengan tegangan 850watt. Metode penelitian dilakukan dengan menyebarkan kuisioner kepada karyawan yang berjumlah empat orang. Responden terdiri dari pegawai dan pemilik Tata Usaha Alumunium. Penyebaran kuesioner yang dilakukan dengan metode FMEA kepada para responden dengan menggunakan diagram *flowchart* FMEA seperti di bawah :



Gambar 1 : Diagram *flowchart* FMEA

Pada penelitian ini tentunya harus didasari dengan konsep *flowchart*, berikut penjelasan langkah pada *flowchart* penelitian ini

1. Identifikasi proses pengelasan pembuatan pagar
 

Langkah penting dalam memastikan bahwa proses pengelasan yang dipilih sesuai dengan kebutuhan spesifik suatu aplikasi. Pengelasan adalah proses penyambungan dua material, biasanya logam, dengan cara melelehkan bagian dari material tersebut dan menambahkan bahan pengisi untuk menciptakan sambungan yang kuat.
2. Potensi failure mode pada proses produksi
 

Langkah selanjutnya untuk memahami konsekuensi atau dampak yang mungkin terjadi jika suatu kegagalan (failure mode) terjadi pada suatu sistem, produk, atau proses. Ini adalah langkah penting dalam analisis kegagalan dan dampaknya (Failure Mode and Effects Analysis - FMEA), yang bertujuan untuk meningkatkan keandalan dan keamanan dengan mengidentifikasi risiko dan merencanakan tindakan pencegahan.
3. Potensial effect yang di timbulkan oleh failure mode
 

Memahami potensial efek dari mode kegagalan adalah langkah penting dalam manajemen risiko dan pengembangan sistem yang andal. Dengan mengidentifikasi dan mengevaluasi efek potensial ini, perusahaan dapat mengambil langkah-langkah untuk mencegah kegagalan atau meminimalkan dampaknya jika terjadi.
4. Penyebab (potential cause) dari failure mode pada proses produksi
 

Dalam mengevaluasi penyebab potensial dari "failure mode" dalam proses produksi, penting untuk melakukan analisis menyeluruh yang mempertimbangkan semua faktor yang relevan dan berpotensi memengaruhi hasil produksi. Dengan mempertimbangkan beberapa hal antara lain faktor manusia, peralatan yang di gunakan.
5. Deteksi mode pada proses produksi
 

Deteksi mode pada proses pengelasan merupakan kemampuan untuk mendeteksi adanya kecacatan las pada produk yang di hasilkan.
6. Menentukan nilai *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*

Untuk menentukan nilai dari *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* diperlukan penyebaran Kuisisioner ke semua karyawan yaitu 4 orang. berikut kriteria *Severity*, *Occurance* dan *Detection*:

**Tabel 1**

**Kriteria severity yang digunakan sebagai langkah pertama dalam menidentifikasi defect hasil pengelasan, dengan menetapkan seberapa sering peristiwa dapat memengaruhi hasil dari suatu proses.**

Peringkat	Tingkat Effect	DAMPAK
10	Sangat tinggi	Mengakibatkan Mesin rusak dan mengancam keselamatan Karyawan
9		Menghentikan pengoperasian mesin las
8	Tinggi	Fungsionalitas mesin las menjadi terganggu tingkat tinggi
7	Moderat	Menyebabkan peralatan menjadi terganggu
6		Produk gagal/rusak
5	Rendah	Perlu pengerjaan ulang
4		Perlu perbaikan ringan
3		Dampak terbatas
2	Tidak ada resiko	Tidak ada dampak langsung
1		Bentuk Kegagalan ini tidak ada efek samping

Sumber: [4]

Tabel 2

kriteria occurrence yang digunakan untuk mencari potensi kecacatan dengan menentukan rating 1 sampai 10 penyebab kecacatan produk pengelasan.

RATING	DESKRIPSI	DAMPAK
10 dan 9	Sangat tinggi	Setiap produksi cacat selalu terjadi
8 dan 7	Tinggi	Setiap produksi cacat Sering terjadi
6 dan 5	Sedang	Setiap produksi cacat Pernah terjadi
4,3 dan 2	Rendah	Setiap produksi cacat Jarang terjadi

Sumber: [5]

Tabel 3

Detection adalah seberapa jauh penyebab kegagalan dapat di deteksi. Terdiri dari rating 1-5, semakin sulit mendeteksi penyebab kegagalan yang terjadi maka tinggi nilai rating yang di berikan

Tingkat Resiko	Diskripsi	Kemungkinan Terdeteksi
1	Sangat mudah terdeteksi	1 sampai 2
2	Mudah terdeteksi	3 sampai 4
3	Sedang untuk terdeteksi	5 sampai 6
4	Sulit terdeteksi	7 sampai 8
5	Sangat sulit terdeteksi	9 sampai 10

Sumber: [6]

- Rumus menentukan nilai RPN.

RPN merupakan perkalian dari rating Occurrence (O), Severity (S) dan Detectability (D).Rumus RPN:

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

Sumber: [6]

- Memberikan rekomendasi perbaikan penyebab kegagalan

Setelah mengidentifikasi potensi mode kegagalan dan penyebabnya, langkah berikutnya adalah memberikan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi atau menghilangkan penyebab kegagalan tersebut

tabel 4.

Kuisisioner untuk menentukan penilaian *Severity, Occurance* dan *Detection* :

Nama cacat	Effect pada produk	S	Cause	O	Control	D
1. Lasan tembus/ bolong	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasil pengelasan produk tidak sempurna dan material tidak bisa di las</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arus pengelasan tinggi (70-120 Ampere)</li> <li>• Pergerakan las yang lambat</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atur tinggi busur kurang lebih 1,5 x diameter kawat las</li> <li>• Travel Speed dalam mengayunkan elektroda harus stabil</li> <li>• Gunakan arus (30-60 Ampere). Sumber: (Doni suhendra, 2022)</li> </ul>	
2. Arc Strike	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melakukan pengerjaan tambahan (gerinda)</li> <li>• Ketahanan dan ketebalan logam garvanis tidak maksimal</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan ampere yang rendah (20A)</li> <li>• Tidak di lakukan pemanasan di awal atau preheat</li> <li>• Grounding alat pengelasan buruk</li> <li>• Elektroda terkena base metal</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sebelum mengelas pastikan ampere sudah benar (30-60A)</li> <li>• Perbaiki grounding</li> <li>• Lindungi elektroda</li> </ul>	

### 3. Analisa data dan pembahasan

#### 1. Identifikasi proses pengelasan pembuatan pagar

langkah penting dalam memastikan bahwa proses pengelasan yang dipilih sesuai dengan kebutuhan spesifik suatu aplikasi. Pengelasan adalah proses penyambungan dua material, biasanya logam, dengan cara melelehkan bagian dari material tersebut dan menambahkan bahan pengisi untuk menciptakan sambungan yang kuat. Beberapa kelengkapan yang digunakan pada langkah ini sebagai berikut :

Tabel 5  
Identifikasi Alat, Material yang di gunakan, dan APD

Penjelasan	Alat yang digunakan
Struktur Alat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesin gerindra</li> <li>• las listrik Converter SMAW 850watt</li> <li>• Meteran</li> <li>• Marker</li> <li>• mesin bor</li> <li>• mesin pemotong besi</li> <li>• palu</li> <li>• penyiku</li> <li>• amplas</li> </ul>
Material	Besi hollow garvanis dengan ketebalan 1.2mm
APD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kaca mata hitam</li> <li>• sarung tangan tebal</li> <li>• celana panjang</li> <li>• sepatu safety</li> </ul>

2. Potensi failure mode pada proses produksi

Langkah selanjutnya untuk memahami konsekuensi atau dampak yang mungkin terjadi jika suatu kegagalan (*failure mode*) terjadi pada suatu sistem, produk, atau proses. Ini adalah langkah penting dalam analisis kegagalan dan dampaknya (*Failure Mode and Effects Analysis - FMEA*), yang bertujuan untuk meningkatkan keandalan dan keamanan dengan mengidentifikasi risiko dan merencanakan tindakan pencegahan

**Tabel. 6**  
**Potensi Failure mode pada proses produksi**

Proses Pengelasan	Alat yang digunakan	Potensi kecacatan
Pemotongan material	Mesin potong besi NLG C355 P	Pemotongan yang tidak sesuai ukuran
Pengelasan atau perakitan	Mesin las listrik Converter SMAW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lasan tembus/ bolong</li> <li>• Arc strike</li> </ul>

3. *Potensial effect* yang di timbulkan oleh *failure mode*

Memahami potensial efek dari mode kegagalan adalah langkah penting dalam manajemen risiko dan pengembangan sistem yang andal. Dengan mengidentifikasi dan mengevaluasi efek potensial ini, dapat mengambil langkah-langkah untuk mencegah kegagalan atau meminimalkan dampaknya jika terjadi. Berikut jika terjadinya kegagalan pada proses pengelasan :

1. Diperlukan pengelasan ulang untuk menyambung bagian yang terjadi cacat
  2. Sambungan akan patah sehingga perlu dilakukan pengelasan ulang
  3. Diperbaiki menggunakan bahan dempul untuk menyambung bagian yang terjadi cacat
4. Penyebab (potential cause) dari failure mode pada proses produksi:
1. Pergerakan pengelasan yang lambat
  2. Arus yang di gunakan terlalu besar
5. Deteksi mode pada proses produksi

Tata Usaha Alumunium menggunakan Inspeksi visual dengan indra pengelihatian langsung untuk mengetahui defect las yang terjadi pada produk yang di hasilkan.

6. Menentukan nilai Hasil kuesioner SOD, *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*


**Tabel 7**

**Hasil Kuesioner SOD**

Defect	Respon					Nilai tertinggi
		1	2	3	4	
Tembusan/ bolong		1	2	3	4	
	S	5	6	6	5	6
	O	8	7	6	6	8
Arc strike	D	9	9	8	8	9
	S	4	4	4	4	4
	O	6	7	8	8	8
	D	7	7	8	8	8


Tabel 8

Analisis FMEA pada Defect Tembusan/bolong

Defect	Failure effect pada produk	S	Failure cause	O	Control	D	RPN	Gambar defect
Tembusan/Bolong	Hasil pengelasan produk tidak sempurna dan material tidak bisa di las	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Arus pengelasan tinggi (70-120 Ampere)</li> <li>Pergerakan las yang lambat</li> </ul>	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atur tinggi busur kurang lebih 1,5 x diameter kawat las</li> <li>Travel Speed dalam mengayunkan elektroda harus stabil</li> <li>Gunakan arus (30-60 Ampere). Sumber: (Doni suhendra, 2022)</li> </ul>	9	432	

Tabel 9

Analiss FMEA pada Defect Arc strike

Defect	Failure effect pada produk	S	Failure cause	O	Control	D	RPN	Gambar defect
Arc strike	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melakukan pengerjaan tambahan(gerinda)</li> <li>Ketahanan dan ketebalan logam garvanis tidak maksimal</li> </ul>	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Penggunaan ampere yang rendah (20A)</li> <li>Tidak di lakukan pemanasan di awal atau preheat</li> <li>Grounding alat pengelasan buruk</li> </ul>	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sebelum mengelas pastikan ampere sudah benar (30-60A)</li> <li>Perbaiki grounding yang setabil</li> </ul>	8	256	

7. Rumus menentukan nilai RPN.

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

Severity X Occurance X Detecction dan hasil dari perkalian tersebut adalah nilai dari RPN

Tabel 10  
Nilai RPN

No	Defect	Severity	Occurance	Detection	RPN	Priority
1	Tembusan/Bolong	6	8	9	432	1
2	Arc Strike	4	8	8	256	2

Pada **Tabel 10** adalah nilai RPN terhadap dua defect. Dalam melakukan perbaikan untuk menanggulangi dampak yang terjadi ini didasarkan pada pada jenis cacat yang memiliki nilai RPN tertinggi. Agar tidak mengganggu proses operasional dan budget pada usaha tersebut. Tindakan perbaikan terhadap cacat dengan urutan skor RPN terringgi sampai sampai terendah yaitu Tembusan/ bolong dengan skor 432 kedua Arc strike dengan nilai 256. Berdasarkan analisis dan penilaian pada cacat tembusan/bolong,*arc strike* dan menentukan nilai RPN maka langkah selanjutnya memberi rekomendasi perbaikan guna meminimalisir jenis cacat.

Pada jenis cacat yang memiliki nilai RPN tertinggi menjadi prioritas yang di berikan beberapa usulan perbaikan untuk meminimalisir kegagalan. Rekomendasi perbaikan bisa di lihat pada **tabel 11**.

8. Memberikan rekomendasi perbaikan penyebab kegagalan

**Tabel 11**

**Rekomendasi perbaikan pada jenis defect**

Jenis cacat pada produk	Failure cause	perbaikan
Tembusan/Bolong.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arus pengelasan tinggi (70-120Ampere)</li> <li>• Pergerakan las yang lambat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atur tinggi busur kurang lebih 1,5 x diameter kawat las.</li> <li>• Travel Speed dalam mengayunkan elektroda harus stabil.</li> <li>• Gunakan arus (30-60 Ampere).</li> </ul>
Arc Strike.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan ampere yang rendah (20A)</li> <li>• Tidak di lakukan pemanasan di awal atau preheat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sebelum mengelas pastikan ampere sudah benar (30-60A)</li> <li>• Perbaiki grounding</li> <li>• Pastikan sebelum mengelas di lakukan pemanasan awal atau preheat</li> </ul>

**4. Kesimpulan dan Saran**

Berdasarkan hasil dari penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut . Pertama, mengenali 2 cacat yang terjadi di Tata Usaha Alumunium yaitu tembusan/ bolong, dan *Arc strike*. Kedua, didapatkan hasil bahwa jenis cacat tembusan/bolong menjadi prioritas dalam melakukan perbaikan karena memiliki nilai RPN tertinggi yaitu 432, faktor penyebab kecatatan *Tembusan* adalah arus pengelasan yang terlalu besar, dan tempo kecepatan elektroda tidak stabil.

Saran perbaikan untuk usaha ini antara lain menambah fasilitas yang tersedia, memberikan dukungan untuk kenyamanan pegawai saat bekerja, melakukan tempo kecepatan yang setabil pada saat pengeelasan, dan arus di perhatikan sebagai upaya deteksi awal kecacatan pengelasan, melakukan edukasi dan pengawasan terhadap tenaga kerja agar selalu fokus dalam tahap produksi, dan bagi Pemilik diharapkan segera melakukan perbaikan pada masalah yang terjadi agar usaha tersebut dapat maju dan meningkatkan kualitas produk.

## 5. Daftar Pustaka

- [1]. Goetsch, D.L., Davis, S.L (2017). "Quality Management : Introduction to Total Quality Management for Production Processing and Services. Introduction to Quality", 2, 1–22
- [2]. Prasetya, R. Y., Suhermanto, S., & Muryanto, M. (2021). "Implementasi FMEA dalam Menganalisis Risiko Kegagalan Proses Produksi Berdasarkan RPN." *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 20(2), 133.
- [3]. Stamatis, D.H. 1995. *Failure Mode and Effect Analysis : FMEA from Theory to Execution*
- [4]. W. A. S. Putra, E. M. Saputra, M. Miftakhurrohman, and W. D. Lestari,. (2024) "Analisa Kecacatan pada Produk Hasil Pengelasan dengan Metode FMEA dan Diagram Pareto Studi Kasus di Perusahaan PT. Aneka Jasa Teknik Gresik," *J. Tek. Mesin*, vol. 21, no. 1, pp. 21–28,doi: 10.9744/jtm.21.1.21-28.
- [5]. Santoso, Muhamad Wijoyo. (2018, 27 Desember). "PENERAPAN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DAN DIAGRAM FISHBONE PADA PERCETAKAN PT. PANDJI MEDIA GEMILANG" Diakses pada 7 Juni 2024,dari <https://bbs.binus.ac.id/management/2018/12/penerapan-failure-mode-and-effect-analysis-fmea-dan-diagram-fishbone-pada-percetakan-pt-pandji-media-gemilang/>
- [6]. Alijoyo, A., Wijaya, Q. B., & Jacob, I. (2020). "Failure Mode Effect Analysis Analisis Modus Kegagalan dan Dampak RISK EVALUATION RISK ANALYSIS." *Consequences Probability Level of Risk. Crms*, 19.