



Analisis Kerusakan Mesin Welding MIG Menggunakan Metode Failures Mode And Effect Analysis (FMEA) dan Logic Tree Analysis (LTA)

Rafly Ramadhani Putra¹, Bobie Suhendra², Aa Santosa³

^{1,2,3} Universitas Singaperbagsa Karawang

Abstract

Received: 07 September 2024
Revised: 17 September 2024
Accepted: 27 September 2024

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi Mesin Welding MIG di PT XYZ. Karena data historis perbaikan mesin belum terdokumentasikan dan diterapkan dengan efektif serta efisien, sehingga mesin welding MIG memiliki waktu henti (downtime) paling banyak sehingga mengakibatkan kinerja mesin kurang optimal.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menerapkan teori yang digunakan untuk mengatasi permasalahan yang diidentifikasi dalam penelitian ini, yaitu Maintenance pada Mesin Welding MIG dengan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), dan Logic Tree Analysis (LTA). FMEA adalah alat yang efektif untuk mencegah atau meminimalkan kerusakan mesin. Risk Priority Number (RPN) digunakan untuk menunjukkan tingkat risiko kerusakan, dan dihasilkan dari tingkat keparahan (Severity), kejadian (Occurrence), dan deteksi (Detection). Serta metode LTA yang membagi kegagalan komponen menjadi empat kategori: Safety Problem, Outage Problem, Economic Problem, dan Hidden Failure.

Nilai RPN Welding Torch sebesar 116, dan nilai RPN Mesin Trafo sebesar 120, keduanya mempunyai nilai RPN (<200). Diketahui juga bahwa komponen kipas, kontrol PCB, dan gas CO² sulit dideteksi kerusakannya, dan kerusakan tersebut dapat menghentikan operasional pabrik atau mengganggu proses produksi. Oleh karena itu, langkah maintenance yang disarankan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan jadwal perawatan mesin, dan checksheet perawatan mesin.

Keywords: Welding, FMEA, LTA, RPN, Maintenance

(*) Corresponding Author: raflyramadhaniputra28@gmail.com

How to Cite: Putra, R., Suhendra, B., & Santosa, A. (2024). Analisis Kerusakan Mesin Welding MIG Menggunakan Metode Failures Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Logic Tree Analysis (LTA). *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(18), 840-851. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13983511>

PENDAHULUAN

Perusahaan harus meningkatkan efisiensi dalam organisasinya di era persaingan industri global yang ketat saat ini agar tetap kompetitif. Meningkatkan produktivitas mesin produksi merupakan sebuah ide yang cemerlang, terutama bagi pelaku usaha di industri manufaktur. Tingkat keandalan peralatan mesin manufaktur suatu perusahaan merupakan salah satu faktor yang menunjukkan peningkatan produktivitas. Perusahaan perlu memiliki komposisi pemeliharaan (*maintenance*) yang memadai, efektif, dan efisien untuk mengukur peningkatan keandalan suatu mesin manufaktur.

Perawatan (*maintenance*) adalah teknik yang digunakan untuk menjaga mesin dari gangguan dan kerugian yang disebabkan oleh situasi yang ambigu, sekaligus memperbaiki dan meningkatkan kemampuan kinerja dari suatu mesin. Salah satu tanggung jawab utama perusahaan adalah memelihara fasilitas dan peralatan agar tetap dapat digunakan setiap saat [4]. Untuk menghasilkan produk

yang berkualitas diperlukannya kelancaran dalam proses produksi, hal tersebut juga dipengaruhi oleh kesinambungan sistem operasi produksi pada suatu industri. Dan juga proses tersebut bergantung kepada kualitas sumber daya yang dimiliki, seperti salah satunya yaitu kondisi peralatan atau mesin apakah dalam keadaan siap digunakan atau tidak. Dengan adanya maintenance ini diharapkan sebagai langkah pencegahan agar tidak terjadi breakdown pada mesin.

Untuk memastikan bahwa tindakan perbaikan sesuai dengan jenis kerusakan, studi kerusakan mesin harus dilakukan sebelum melakukan prosedur perawatan. Untuk memeriksa kerusakan dan mengidentifikasi sumber dan penyebab yang mendasarinya [5]. FMEA dan LTA akan menjadi 2 metode pilihan pada penelitian ini untuk melakukan identifikasi resiko pada mesin sebelum dilakukannya usulan perawatan terbaik.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah alat yang banyak digunakan dan efektif untuk mencegah atau meminimalkan masalah kerusakan mesin. Risiko direpresentasikan dengan menggunakan formulir *Risk Priority Number* (RPN), yang diturunkan dari perkalian antara tingkat keparahan (*Severity*), kejadian (*Occurrence*), dan deteksi (*Detection*). Ini memperhitungkan mode kegagalan yang potensial, penyebab mode kegagalan, dan dampak dari kegagalan. Langkah selanjutnya setelah menyelesaikan penilaian risiko adalah mengidentifikasi tindakan perbaikan atau pencegahan untuk mengatasi mode kegagalan atau penyebab kegagalan. RPN kemudian akan dihitung ulang setelah itu [6].

Memprioritaskan setiap mode kegagalan, melacak kinerja dan kegagalan komponen adalah dua tujuan dari *Logic Tree Analysis* (LTA). Setelah melakukan analisis LTA, akan didapatkan penetapan prioritas dari suatu jenis atau jenis kerusakan tertentu. LTA mencakup perincian tentang nomor dan nama malfungsi, nomor dan metode kegagalannya, analisis kekritisannya, dan informasi lebih lanjut yang diperlukan. Setiap metode kerusakan merujuk ke salah satu dari empat kelompok melalui analisis kritis[2].

Penelitian dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dan *Logic Tree Analysis* (LTA) pernah dilakukan sebelumnya oleh Jenal Sodiki, dan Unggul Satria Jati[2] dari Politeknik Negeri Cilacap yang meneliti tentang kerusakan transmisi otomatis konvensional pada Nissan Serena C24. Dalam penelitiannya dengan metode FMEA ditemukan Subsistem *Planetary Gear Unit* dengan komponen *Culth Pack* memiliki RPN 360, *Piston Seal* dengan RPN 450, dan Subsistem *Hydrolic Control Unit* dengan komponen bagian *Solenoid Valve* memiliki RPN sebesar 324 ditentukan memiliki komponen dengan nilai RPN tertinggi. Pada komponen ini, sering ditemukan masalah setelah kendaraan dikendarai lebih dari 15 tahun atau 100.000 kilometer[2].

Kemudian untuk penelitian metode LTA yang mengkategorikan kerusakan komponen ke dalam empat kelompok— *Safety Problem Category*, *Outage Problem*, *Economic Problem*, dan *Hidden Failure*—terbukti bahwa hampir semua bagian atau komponen pada sub sistem transmisi otomatis termasuk dalam kelompok *Outage Problem*, yang menyebabkan kegagalan sistem transmisi otomatis secara keseluruhan atau sebagian. Sebenarnya masih banyak bagian atau komponen lain, selain komponen transmisi otomatis yang dipelajari, yang membentuk transmisi otomatis secara keseluruhan, namun peneliti sebelumnya

fokus pada bagian yang sering tidak berfungsinya pengoperasian transmisi otomatis karena keausan atau faktor lainnya[2].

PT XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang fabrikasi, permesinan, dan perdagangan umum. Didirikan pada tahun 2022, perusahaan ini mulai beroperasi dengan tujuan menjadi perusahaan engineering terkemuka dan terpercaya yang menawarkan layanan *manufacturing* dan *machining*. Untuk keperluan industri, PT XYZ memproduksi berbagai jenis palet, kereta dorong, meja stainless, serta rak dan mesin industri lainnya. PT XYZ memberikan layanan pemesanan produksi *Made by Order* guna menciptakan barang dengan kualitas terbaik dan memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen dengan kualitas material terpilih.

Penelitian ini dilakukan untuk melakukan identifikasi pada mesin di PT XYZ dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi akar penyebab kerusakan mesin serta kegagalan mesin produksi yang berdampak paling besar, dan *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk mengklasifikasikan setiap kegagalan berdasarkan komponen prioritasnya, memastikan bahwa penanganan dilakukan sesuai dengan kondisi, waktu, dan hasil kegagalan masing-masing kategori [7].

Berdasarkan hasil identifikasi peneliti di PT XYZ, historical data untuk perbaikan dan perawatan mesin belum terdokumentasi dan terkendali dengan baik. Penelitian ini diharapkan dapat membantu PT XYZ dalam melakukan dokumentasi sekaligus identifikasi kegagalan pada mesin dan memberikan usulan *maintenance* yang tepat, efektif dan efisien terhadap PT XYZ.

METODE

Tujuan pengumpulan data adalah untuk mengumpulkan informasi yang diperlukan untuk mencapai tujuan penelitian. Saat ini sedang dilakukan pendataan dengan fokus mendapatkan informasi dan data dari perusahaan yang akan digunakan untuk mengatasi permasalahan yang telah diidentifikasi sebelumnya.

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Observasi, yaitu kegiatan pengamatan yang dilakukan langsung saat proses produksi di PT XYZ, untuk mengetahui dan mengidentifikasi data setiap komponen mesin, frekuensi kerusakan, potensial kerusakan, dan penyebab kerusakan mesin selama proses produksi berjalan.
2. Wawancara, yaitu melakukan wawancara dengan pihak perusahaan untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan mengenai mesin yang digunakan guna tercapainya tujuan penelitian ini.
3. Studi Kepustakaan, peneliti melakukan kajian pustaka dengan membaca buku atau jurnal yang berkaitan dengan masalah yang sedang diteliti oleh peneliti, baik dari segi teknik maupun metode.

Adapun sumber data yang diperoleh sebagai bahan dalam melakukan analisa dan perhitungan diantaranya:

1. Data primer yang dapat dikumpulkan oleh peneliti adalah melalui observasi secara langsung di tempat penelitian atau melalui narasumber yang ahli dibidangnya. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan wawancara langsung dengan seseorang yang sudah *expert*. Selain itu, data komponen mesin yang digunakan selama proses produksi diperoleh melalui

pengamatan langsung di lokasi penelitian. Pengumpulan data primer sangat penting untuk menentukan bagaimana proses pembuatan produk menyebabkan kerusakan mesin di lapangan. Sehingga kedepannya dapat memberikan solusi yang tepat sesuai dengan kondisi di lapangan.

2. Data sekunder dapat diperoleh dengan meninjau data historis sebelumnya yang berasal dari dokumen perusahaan. Dan juga dengan membaca dan memahami referensi atau literatur dari penelitian sebelumnya. Pengambilan data sekunder juga penting karena dapat dijadikan referensi atau bahkan lebih baik dari penelitian sebelumnya dalam memberikan solusi dengan melihat referensi sebelumnya. Kesimpulan analisis didasarkan pada hasil pengolahan data yang mengacu pada teori yang diterapkan berupa analisis data kuantitatif dengan metode FMEA untuk mengidentifikasi potensi bahaya pada komponen instrumentasi mesin *welding* MIG serta jenis kerusakan yang diakibatkannya. Mesin *welding* MIG untuk mengidentifikasi perawatan yang tepat. Selain itu juga dengan meninjau fitur dan kesalahan serta menetapkan prioritas pada setiap mode kerusakan mesin *welding* MIG dengan menggunakan pendekatan LTA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Perbaikan Mesin

Dalam melakukan pembuatan pemesanan barang yang dilakukan oleh klien PT XYZ terdapat mesin yang digunakan secara aktif dioperasikan dalam proses produksi, yaitu Mesin *Welding* MIG. Dan intensitas perawatan mesin yang dilakukan hanya setiap kali ada kerusakan terdeteksi. Perawatan yang dilakukan hanya sebatas pembersihan pada unit mesin dikarenakan belum adanya jadwal perawatan rutin untuk setiap mesin. Data diambil dimulai pada bulan Agustus 2022 sampai dengan Februari 2023. Data tersebut dapat dilihat pada table 4.2.

Tabel 4. 1 Data Perbaikan Mesin *Welding* MIG [15]

No	Tanggal	Deskripsi Historis	Action	Durasi (Menit)	Durasi (Jam)	Mulai	Selesai
1	3/8/2022	Keluar kawat tidak stabil	Setting ulang roller	00:05	0,083	08:50	08:55
2	26/08/2022	<i>Inner Tub</i>	Pembersihan pada <i>Inner Tub</i>	00:23	0,383	13:37	14:00
3	14/09/2022	Kotor Kipas	menggunakan WD 40	00:35	0,583	13:03	13:38
4	28/09/2022	Keluar kawat tidak stabil	Pembersihan pada <i>Nozzel</i>	00:02	0,033	11:09	11:11
5	7/10/2022	Aliran kawat tersendat	Pembersihan pada <i>coil liner</i>	00:23	0,383	11:58	12:21
6	20/10/2022	Keluar kawat tidak stabil	Setting ulang roller	00:05	0,083	11:39	11:44
7	5/11/2022	Mesin las konsletting CO ²	Perbaikan PCB kontrol	00:34	0,567	08:18	08:52
8	9/11/2022	keluarnya tidak stabil	Perbaikan pada orifice	00:12	0,200	09:25	09:37
9	27/11/2022	Kipas kotor	Pembersihan pada kipas dan PCB	00:38	0,633	08:48	09:26
10	27/12/2022	<i>Insulating bush</i> konsletting	Pembersihan dan Perbaikan pada <i>Insulating Bush</i>	00:19	0,317	08:47	09:06
11	10/1/2023	Mesin las konsletting	Perbaikan PCB kontrol	00:35	0,583	11:53	12:28
12	28/01/2023	Keluar kawat tidak stabil	Setting ulang roller	00:04	0,067	08:55	08:59
13	16/02/2023	Keluar kawat tidak stabil	Pembersihan pada <i>contact tip</i>	00:09	0,150	11:25	11:34
14	28/02/2023	Kipas kotor	Pembersihan pada kipas dan PCB	00:27	0,450	09:05	09:32
Total				04:31	4,517		

Deskripsi Mesin

Mesin *welding* MIG memanfaatkan busur listrik untuk memanaskan logam melalui busur nyala listrik. Proses ini juga disebut sebagai pemelasan kawat padat (*solid wire*), yang berkontribusi terhadap penambahan lebih banyak logam. Gas yang digunakan untuk tujuan pelindung meliputi gas inert, karbon dioksida (CO²), dan Arcal 21. Selain itu, kawat umpan (*feeder*) bertanggung jawab untuk meneruskan elektroda selama operasi pengelasan.

Meskipun CO₂ biasanya digunakan sebagai gas pelindung selama pengelasan MIG untuk menyambung besi atau baja, kawat mesin *welding* MIG bertindak sebagai elektroda yang dimasukkan secara konstan saat menyambung logam mulia. Akibatnya, busur listrik terbentuk antara logam dasar dan kawat pengisi, dan gas pelindungnya berupa argon atau helium. Dalam keadaan tertentu, campuran gas yang mengandung 2% hingga 5% oksigen (O²) atau 5% hingga 20% CO² digunakan untuk menstabilkan busur. Hasil yang dicapai melalui pengelasan MIG secara konsisten mengesankan, menjadikannya metode yang banyak digunakan dan berharga.

1. Mesin *welding* arus bolak-balik (AC) dan arus searah (DC) adalah dua sistem pembangkit listrik berbeda yang digunakan oleh mesin transformator dan mesin *welding* MIG.
2. *Wire feeder* adalah perangkat yang digunakan untuk mengendalikan kawat elektroda dan biasanya ditempatkan di sekitar area pengelasan, bukan sebagai bagian dari mesin las itu sendiri.
3. *Welding Torch* adalah peralatan yang menghubungkan aliran listrik (*Ampere*) dari mesin las ke bahan yang akan dilas.
4. *Regulator*, salah satu fungsi utama regulator adalah mengontrol penggunaan gas dan memberikan perlindungan terhadap penggunaan gas dalam jangka waktu yang cukup lama.
5. Kabel Las atau Saklar Kontrol, Mesin las memiliki dua jenis kabel, yaitu kabel primer yang menghubungkan mesin las ke sumber daya, dan kabel sekunder yang digunakan dalam proses pengelasan, termasuk kabel yang terhubung ke senapan las dan komponen lainnya.

Analisis dan Pembahasan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Perhitungan metode ini mencirikan prioritas gangguan mesin yang terjadi sepanjang tahap produksi dengan menggunakan penilaian nilai. Total Angka Prioritas Risiko (RPN), yang memperhitungkan tingkat keparahan, kejadian, dan deteksi, dihitung menggunakan evaluasi nilai ini dan ditunjukkan pada Tabel 4.3 hingga 4.5 di bawah.

Tabel 4. 2 Kategori dan Ranking untuk Severity [1]

<i>Severity</i>	<i>Rank</i>	<i>Keterangan</i>
Berbahaya tanpa ada	10	Tingkat keseriusan operator maintenance dan keselamatan tidak sesuai dengan peraturan pemerintah yang tidak disertai peringatan.
Berbahaya dan ada peringatan	9	Tingkat operator maintenance dan keselamatan tidak sesuai dengan peraturan pemerintah yang disertai peringatan.
Sangat Tinggi	8	Downtime lebih dari 8 jam
Tinggi	7	Downtime diantara 4 - 8 jam
Sedang	6	Downtime diantara 1 - 4 jam
Rendah	5	Downtime diantara 0,5 - 1 jam
Sangat Rendah	4	Downtime diantara 10 - 30 menit
Kecil	3	Downtime terjadi hingga 10 menit
Sangat Kecil	2	Variasi parameter proses tidak didalam batas spesifikasi. Pengaturan atau pengendalian proses lainnya dibutuhkan selama produksi. Tidak terdapat downtime
Tidak Ada	1	Variasi parameter proses didalam batas spesifikasi. Pengaturan atau pengendalian proses dapat dilakukan selama maintenance rutin.

Tabel 4. 3 Kategori dan Ranking untuk Occurrence [14]

Peringkat	Deskripsi	Definisi
10	Kegagalan Sangat Tinggi	Lebih dari satu kejadian perhari atau probabilitas lebih dari tiga kejadian dalam 10 hampir tidak dapat dihindari kejadian (Cpk < 0,33)
9	Kegagalan Berulang Tinggi	Satu kejadian setiap tiga hari hingga empat hari atau kemungkinan tiga kejadian dalam 10 kejadian (Cpk sekitar 0,33)
8		Satu kejadian per minggu atau probabilitas 5 kejadian dalam 100 kejadian (Cpk sekitar 0,67)
7	Kegagalan Sedang atau Kadang-kadang	Satu kejadian setiap bulan atau satu kejadian dalam 100 kejadian (Cpk sekitar 0,83)
6		Satu kejadian setiap tiga bulan atau tiga kejadian dalam 1000 kejadian (Cpk sekitar 1,00)
5		Satu kejadian setiap enam bulan hingga satu tahun atau satu kejadian dalam 10.000 kejadian (Cpk sekitar 1,17)
4	Kegagalan yang Relatif Sedikit	Satu kejadian per tahun atau enam kejadian dalam 10.000 kejadian (Cpk sekitar 1,33)
3		Satu kejadian setiap satu hingga tiga tahun atau enam kejadian dalam 10 juta kejadian (Cpk sekitar 1,67)
2	Kegagalan jarak jauh tidak mungkin terjadi	Satu kejadian setiap tiga hingga lima tahun atau 2 kejadian dalam 1 miliar kejadian (Cpk sekitar 2,00)
1		Satu kejadian dalam waktu lebih dari lima tahun atau kurang dari dua kejadian dalam 1 miliar kejadian (Cpk sekitar 2,00)

Tabel 4. 4 Kategori dan Ranking untuk Detection [1]

Rank	Detection Design Control
10	Tidak mampu terdeteksi
9	Kesempatan yang sangat rendah dan sangat sulit
8	Kesempatan yang sangat rendah dan sulit untuk terdeteksi
7	Kesempatan yang sangat rendah untuk terdeteksi
6	Kesempatan yang rendah untuk terdeteksi
5	Kesempatan yang sedang untuk terdeteksi
4	Kesempatan yang cukup tinggi untuk terdeteksi
3	Kesempatan yang tinggi untuk terdeteksi
2	Kesempatan yang sangat tinggi untuk terdeteksi
1	Pasti terdeteksi

Metode FMEA mengenali dan mengklasifikasikan risiko dengan menggunakan Angka Prioritas Risiko (RPN). Pendekatan ini berfokus pada usaha perbaikan untuk risiko dengan RPN yang lebih tinggi, yang mungkin tidak seberat risiko lain yang memiliki RPN lebih rendah. Selain itu, dalam FMEA hanya tiga indeks yang dipertimbangkan, yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Berikut adalah contoh perhitungan nilai RPN yang dihitung dari Mesin *Welding* MIG.

Dimana :

S = *severity* dengan nilai berkisar 1-10

O = *occurrence* dengan nilai berkisar 1-10

D = *detection* dengan nilai berkisar 1-10

Hasil yang terlampir pada Tabel 4. 6 FMEA menunjukkan bahwa terdapat dua komponen yang memiliki rentang nilai RPN terbesar yang diantaranya adalah *Welding Torch* (RPN=116), dan Mesin Trafo (RPN=120). Pada *Welding Torch*, komponen *Nozzle* dan *Contact Tip* menjadi komponen dengan nilai RPN tinggi yaitu 42, yang didapatkan dari nilai 3 pada *Severity*, nilai 7 pada *Occurrence*, dan nilai 2 pada *Detection*. Hal ini terjadi dikarenakan pada komponen tersebut sering kotor sehingga berdampak kepada keluaran kawat yang tidak stabil. Sedangkan pada Mesin Trafo, komponen kipas menjadi salah satu komponen yang memiliki nilai RPN tinggi yaitu 90, yang didapatkan dari nilai 5 pada *Severity*, nilai 6 pada *Occurrence*, dan nilai 3 pada *Detection*. Hal ini terjadi tidak jauh berbeda dengan komponen *Nozzle* dan *Contact Tip* yaitu dikarenakan komponen yang kotor, namun yang membedakan pada dampaknya yang cukup signifikan yaitu dapat menyebabkan konsleting.

Tabel 4. 5 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)									
Worksheet									
Sistem : Operasi Mesin Welding MIG									
Sub Sistem : Mesin Welding MIG									
Part/process	Function	Potential Failure Mode	Potential Cause of Failure	Potential Effect of Failure	Severity (1-10)	Occurrence (1-10)	Detection (1-10)	Current Controls	RPN
Wire Feeder	Mesin las arus bolak balik (Alternating Current/AC) dan Mesin las arus searah (Direct Current/DC)	Roller kurang kencang	Kawat kurang kencang	Keluar kawat tidak stabil	3	7	2	Pengecekan roller secara rutin	42
Total									42
Welding Torch	Sumbu yang menghantarkan arus untuk mengarahkan api/percikan dari las	Inner tub kotor	Pemakaian secara kontinu	Inner Tub kotor	4	1	5	Pengecekan inner tub secara berkala	20
		Nozzle kotor	Lapsan kran nozzle kurang kencang	Keluar kawat tidak stabil	3	7	2	Pengecekan nozzle secara rutin	42
		Coil liner kotor	Pemakaian kurang halus	Aliran kawat tersendat	4	1	1	Pengecekan coil liner secara berkala	4
		Insulating bush longgar	Insulating bush aus	Insulating bush konsleting	4	1	2	Pengecekan insulating bush secara rutin	8
		Contact tip kotor	Tembaga pada inner tub rusak karena terkena panas	Keluar kawat tidak stabil	3	7	2	Pengecekan contact tip secara berkala	42
Total									116
Mesin Trafo	Alat pengontrol kawat elektroda	Kipas kotor	Pemakaian secara kontinu	Konsleting pada kipas	5	6	3	Pengecekan kipas secara berkala	90
		Mesin las konsleting	Pemakaian secara kontinu	Mesin las konsleting	5	6	1	Pengecekan PCB control secara rutin	30
Total									120
Regulator	Mengatur pemakaian gas, dan pelindung untuk pemakaian jangka panjang	Konsleting pada regulator	Regulator atau celenoid macet	Keluaran Gas CO ² tidak stabil	4	1	2	Pengecekan regulator dan celenoid secara berkala	8
Total									8
Total									286

Analisis dan Pembahasan Logic Tree Analysis (LTA)

Penerapan *Logic Tree Analysis (LTA)* bertujuan untuk mengelompokkan penyebab kegagalan ke dalam beragam kategori dengan tujuan menentukan tingkat prioritas penanganan untuk setiap kategori tersebut. Dalam konteks analisis menggunakan *Logic Tree Analysis (LTA)*, fokusnya adalah pada penentuan prioritas setiap mode kegagalan sambil memeriksa fungsi dan kegagalan komponen. Setiap mode kerusakan dikategorikan ke dalam salah satu dari empat kategori berdasarkan evaluasi tingkat kritisnya. Dalam melaksanakan analisis kritis ini, terdapat empat aspek penting yang perlu diperhatikan dan setiap pertanyaan menerima jawaban “Yes” atau “No”.

1. *Evident*, yaitu apakah operator memiliki kesadaran bahwa terjadi gangguan pada sistem dalam kondisi operasional normal?
2. *Safety*, yaitu apakah mode kegagalan tersebut menimbulkan risiko bagi keselamatan?
3. *Outage*, yaitu apakah mode kerusakan tersebut menyebabkan berhentinya mesin secara keseluruhan atau sebagian?

4. *Category*, yaitu pengklasifikasian yang diperoleh setelah menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut.

Terdapat empat jenis kategori, termasuk:

- 1) Kategori A (*Safety Problem*), jika mode kegagalan berdampak pada lingkungan dan keselamatan operator. Berdasarkan hasil temuan, kategori ini tidak mengandung ataupun meliputi komponen apapun.
- 2) Kategori B (*Outage Problem*), ketika mode kegagalan mempengaruhi operasi pabrik, sehingga mempengaruhi jumlah atau kualitas output, hal ini dapat menyebabkan kerugian finansial yang besar dan bahkan kegagalan sistem secara keseluruhan atau sebagian.

Komponen yang termasuk kategori ini meliputi:

- a. *Roller*
 - b. *Inner Tub*
 - c. *Nozzel*
 - d. *Coil Liner*
 - e. *Insulating Bush*
 - f. *Contact Tip*
 - g. Kipas
 - h. PCB Kontrol
 - i. Gas CO²
- 3) Kategori C (*Economy Problem*), jika mode kegagalan hanya mengakibatkan kerugian finansial yang relatif kecil untuk perbaikan dan tidak berdampak pada keselamatan atau pengoperasian instalasi. Hal ini juga tidak menyebabkan sistem gagal total. Kategori ini tidak meliputi apapun berdasarkan hasil temuan.
 - 4) Kategori D (*Hidden Failure*), klasifikasi kegagalan ini dibagi lagi menjadi D/A, D/B, dan D/C jika operator tidak dapat mengidentifikasi mode kegagalan atau kesulitan melakukannya karena sifat komponen yang tersembunyi. Komponen yang masuk kategori ini diantaranya:
 - a. Kipas
 - b. PCB Kontrol
 - c. Gas CO²

Tabel 4. 6 *Logic Tree Analysis (LTA)*

Component	Failure Mode	Failure Effect	E	S	O	Category
<i>Roller</i>	<i>Roller</i> kurang kencang	Keluar kawat tidak stabil	Y	N	Y	B
<i>Inner Tub</i>	<i>Inner tub</i> kotor	<i>Inner Tub</i> kotor	Y	N	Y	B
<i>Nozzel</i>	<i>Nozzel</i> kotor	Keluar kawat tidak stabil	Y	N	Y	B
<i>Coil Liner</i>	<i>Coil liner</i> kotor	Aliran kawat tersendat	Y	N	Y	B
<i>Insulating Bush</i>	<i>Insulating bush</i> longgar	<i>Insulating bush</i> konsleting	Y	N	Y	B
<i>Contact Tip</i>	<i>Contact tip</i> kotor	Keluar kawat tidak stabil	Y	N	Y	B
Kipas	Kipas kotor	Konsleting pada kipas	Y	N	Y	D/B
PCB Kontrol	Mesin las konsleting	Mesin las konsleting	Y	N	Y	D/B
Gas CO ²	Konsleting pada regulator	Keluaran Gas CO ² tidak stabil	Y	N	Y	D/B

Usulan Tindakan

Usulan Jadwal Perawatan Mesin *Welding* MIG

Berdasarkan hasil perhitungan FMEA dan LTA, didapatkan bahwa komponen *Welding Torch*, dan Mesin Trafo memiliki nilai *ranking RPN* (<200) yang berarti untuk usulan tindakan perawatan yang tepat yaitu menggunakan *Corrective Maintenance*. Pemeliharaan korektif meliputi pelaksanaan kegiatan pemeliharaan setelah terjadi kerusakan atau kegagalan, dengan tujuan memulihkan atau mengganti objek agar memenuhi kondisi yang diperlukan sesuai dengan fungsinya. Maka dari itu untuk setiap komponen diberikan beberapa usulan perbaikan seperti terlampir pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 9 Usulan Perbaikan Komponen Mesin Welding MIG

<i>Part</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Cause of Failure</i>	<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>RPN</i>	<i>Usulan Perbaikan</i>
<i>Wire Feeder</i>	<i>Roller</i> kurang kencang	Kawat kurang kencang	Keluar kawat tidak stabil	42	Melakukan setup pada komponen <i>roller</i> secara akurat sesuai dengan jadwal perawatan
	<i>Inner tub</i> kotor	Pemakaian secara kontinu	<i>Inner Tub</i> kotor	20	Melakukan pembersihan komponen <i>inner tub</i> secara rutin sesuai dengan jadwal perawatan
	<i>Nozzel</i> kotor	Lapisan kran <i>nozzle</i> kurang kencang	Keluar kawat tidak stabil	42	Melakukan setup akurat dan pembersihan komponen <i>nozzle</i> sesuai dengan jadwal perawatan
<i>Welding Torch</i>	<i>Coil liner</i> kotor	Pemukaan kurang halus	Aliran kawat tersendat	4	Melakukan pembersihan dan pelumasan pada komponen <i>coil liner</i>
	<i>Insulating bush</i> longgar	<i>Insulating bush</i> aus	<i>Insulating bush</i> konsleting	8	Mengganti komponen secara berkala sesuai dan rutin melakukan pengecekan sesuai jadwal perawatan
	<i>Contact tip</i> kotor	Tembaga pada <i>inner tub</i> rusak karena terkena panas	Keluar kawat tidak stabil	42	Melakukan pergantian komponen jika diperlukan dan rutin melakukan pembersihan
	Kipas kotor	Pemakaian secara kontinu	Konsleting pada kipas	90	Melakukan pergantian komponen dan pembersihan pada kipas secara rutin sesuai dengan jadwal perawatan
Mesin Trafo	Mesin las konsleting	Pemakaian secara kontinu	Mesin las konsleting	30	Melakukan pergantian komponen pada PCB kontrol dan rutin melakukan pengecekan kelistrikan pada mesin sesuai dengan jadwal perawatan
Regulator	Konsleting pada regulator	Regulator atau <i>celenoid</i> macet	Keluaran Gas CO ² tidak stabil	8	Melakukan pergantian komponen pada <i>celenoid</i> dan rutin melakukan pengecekan kelistrikan pada regulator mesin sesuai dengan jadwal perawatan

KESIMPULAN

- Setelah identifikasi dan analisis data terkait kegagalan mesin *welding MIG*, terungkap bahwa berbagai mode kegagalan secara signifikan berkontribusi terhadap sumber permasalahan dalam proses produksi yang menggunakan mesin pengelasan MIG. Mode kegagalan ini melibatkan masalah mulai dari rol yang tidak kencang dengan baik hingga keberadaan kontaminan pada komponen seperti *Inner tub*, *Nozzle*, *Coil Liner*, *Insulating Bush*, *Contact Tip*, dan *Fan*. Di antara mode kegagalan tersebut, yang paling kritis adalah terjadinya korsleting pada mesin. Mode kegagalan yang diakui tersebut membentuk dasar untuk menilai kriteria *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* pada tiap tahap FMEA, yang mengarah pada penentuan *Risk Priority Number* (RPN). Secara bersamaan, proses kategorisasi dilakukan untuk memenuhi kriteria dari *Evident*, *Safety*, dan *Outage* selama tahap LTA.
- Berdasarkan hasil analisis FMEA dan LTA, yang berasal dari data yang dikumpulkan melalui wawancara dengan *owner* dan *operator*, serta riwayat perbaikan mesin mulai dari Agustus 2022 hingga Februari 2023, dapat dipastikan bahwa komponen *Welding Torch* memiliki nilai RPN sebesar 116, sedangkan Mesin Trafo memiliki nilai RPN sebesar 120. Kedua komponen tersebut memiliki peringkat RPN kurang dari 200. Setelah mengidentifikasi RPN

tertinggi, penentuan prioritas perawatan dan perbaikan dapat dilakukan untuk komponen mesin dengan mempertimbangkan kategorisasi melalui metode LTA. Komponen Kipas, PCB Kontrol, dan Gas CO₂ diidentifikasi termasuk dalam kategori D/B, menandakan komponen dengan tingkat kesulitan deteksi kerusakan yang tinggi, dan kerusakan yang terjadi berpotensi menghentikan operasional pabrik atau menghambat proses produksi.

Mempertimbangkan kondisi saat ini perusahaan, di mana tidak adanya jadwal perawatan terjadwal untuk pemeliharaan rutin, langkah tepat perawatan yang disarankan saat ini adalah menggunakan metode *Corrective Maintenance*. Pendekatan pemeliharaan ini didasarkan pada penanganan masalah seiring timbulnya, dengan menggunakan jadwal pemeliharaan periodik yang direkomendasikan dan *checksheet* yang secara khusus disesuaikan untuk pemeliharaan mesin *welding* MIG. Selain itu, mengingat komponen *Welding Torch* dan Mesin Trafo memiliki nilai RPN tertinggi, menjadi sangat penting untuk melakukan inspeksi rutin setiap minggu guna menjaga kondisi mesin pada tingkat optimal. Usulan inspeksi ini melibatkan tugas-tugas rutin seperti membersihkan komponen, mengganti bagian yang sudah habis umur pakai, serta memberikan

1. pelumas pada komponen yang mungkin tersendat. Harapannya adalah bahwa rekomendasi ini dapat memberikan wawasan berharga serta masukkan bagi perusahaan dalam mengelola mesin produksi untuk memastikan pendekatan sistematis terhadap pemeliharaan peralatan produksi. Pelaksanaan perawatan periodik ini bertujuan untuk memproyeksikan umur mesin dan mencegah gangguan pada produksi operasional, dengan demikian mempercepat proses produksi secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- D. I. Situngkir, "Pengaplikasian FMEA untuk Mendukung Pemilihan Strategi Pemeliharaan pada Paper Machine," *FLYWHEEL J. Tek. Mesin Untirta*, vol. 1, no. 1, p. 39, 2019, doi: 10.36055/fwl.v1i1.5489.
- [2] J. Sodikin and U. S. Jati, "Analisa Kerusakan Transmisi Otomatis dengan Metode Failures Mode and Effects Analysis (FMEA) dan Logic Tree Anaysis (LTA)," *Accurate J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 03, no. 01, pp. 13–21, 2022, doi: 10.35970/accurate.v3i1.1273.
- [3] A. Daryus, "Manajemen Perawatan Mesin," *Univ. Darma Persada*, p. 115, 2008.
- [4] R. F. Prabowo, H. Hariyono, and E. Rimawan, "Total Productive Maintenance (TPM) pada Perawatan Mesin Grinding Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE)," *J. Ind. Serv.*, vol. 5, no. 2, 2020, doi: 10.36055/jiss.v5i2.8001.
- [5] S. S. Islam, T. Lestari, A. Fitriani, and D. A. Wardani, "Analisis Preventive Maintenance Pada Mesin Produksi dengan Metode Fuzzy FMEA," 2020.
- [6] S. Wannawiset and S. Tangjitsitcharoen, "Paper Machine Breakdown Reduction by FMEA and Preventive Maintenance Improvement: A Case Study," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 530, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/530/1/012051.
- [7] D. Febriyanti and E. Fatma, "Analisis Efektivitas Mesin Produksi Menggunakan Pendekatan Failure and Mode Effect Analysis dan Logic

- Tree Analysis,” *JIEMS (Journal Ind. Eng. Manag. Syst.*, vol. 11, no. 1, pp. 39–47, 2018, doi: 10.30813/jiems.v11i1.1015.
- [8] Y. Rosa, “Perencanaan Dan Penerapan Preventivemaintenance Peralatan Laboratorium,” *J. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 106–119, 2005.
- [9] PERENCANAAN PERAWATAN MESIN DENGAN METODE MARKOV CHAIN GUNU MENURUNKAN BIAYA PERAWATAN, “M. Eartono’ . Ilvas Mas’udin’,” *Unibraw Malang*, vol. 3, no. 2, pp. 174–184, 2002.
- [10] A. Wicaksana and T. Rachman, “濟無No Title No Title No Title,” *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., vol. 3, no. 1, pp. 10–27, 2018, [Online]. Available: <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- [11] H. Munawir and D. Yunanto, “Analisa Penyebab Kerusakan Mesin Sizing Baba Sangyo Kikai Dengan Metode Fmea Dan Lta (Studi Kasus Di Pt Primatexco Indonesia),” *Semin. Nas. IENACO*, pp. 296–302, 2014.
- [12] M. Villacourt, “Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): A Guide for Continous Improvement for the Semiconductor Equipment Industry,” *Sematech.Org*, p. 36, 1992, [Online]. Available: <http://www.sematech.org/docubase/document/0963beng.pdf%5Cnpapers2://publication/uuid/D6EFA3E1-8D84-4CFB-A745-6A9BDF84A381>
- [13] B. Purwanggono and J. R. Ibana, “Implementation of Preventive Maintenance on CNC Milling Tape Drill Machine at PT XYZ Using FMEA Method and Age Replacement,” *Ieomsociety*, pp. 3110–3116, 2021, [Online]. Available: <http://ieomsociety.org/proceedings/2021indonesia/566.pdf>
- [14] B. McDermott, Mikulak, “The Basic of FMEA,” *Basics Fmea*, no. 2nd edition, pp. 45–63, 2008, [Online]. Available: http://wrs.search.yahoo.co.jp/FOR=eT_atdhV3igP1Mfmjh479iN56aCo9zaOjLkhsS9xFa2vYyB8hKtOykPbUrxIUb04NzSPAwGBtCC.PM1e6kzM8oTiH3QliAn421bYcYnID9sjOmefUcMmVdLgi6RTrgdY.DySURgkOC4yiRSeYqzcDP1IUPfU4xk15juK9FhJxN8rEjqbz1KPRTzRz0x0jhAvSTpzxNHvWksIkBLzJy37F7DeMhS_i
- [15] Admin, “PT XYZ,” *March*, 2022. <https://www.saranabst.com/>