



Department of Digital Business

**Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)**

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 4 No. 4 (2026) pp: 10956-10962

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

---

## Analisis Keandalan Mesin Welding Pallet Berbasis Reliability Centered Maintenance (RCM) dan FMEA

Heri Suroso<sup>1</sup>, Gayuh Lemadi<sup>2</sup>, Dian Eko Adi Prasetyo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam As-Syafiiyah

[herrysuroso509@gmail.com](mailto:herrysuroso509@gmail.com), [gavuhlemadi.fst@uia.ac.id](mailto:gavuhlemadi.fst@uia.ac.id), [dianeko.fst@uia.ac.id](mailto:dianeko.fst@uia.ac.id)

### Abstrak

Mesin Welding Pallet merupakan salah satu fasilitas produksi utama dalam proses pembuatan pallet plastik yang telah beroperasi dalam jangka waktu relatif panjang sehingga berpotensi mengalami penurunan kinerja akibat keausan komponen. Kondisi tersebut berdampak langsung pada penurunan produktivitas, meningkatnya jumlah produk cacat, serta bertambahnya waktu henti produksi (downtime) yang dapat mengganggu kelancaran proses manufaktur. Hingga saat ini, perusahaan belum memiliki pemetaan yang terstruktur mengenai komponen kritis mesin, tingkat keandalan masing-masing komponen, serta mode kegagalan utama yang menjadi penyebab terjadinya breakdown. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen kritis pada Mesin Welding Pallet, menganalisis tingkat keandalan mesin dan komponennya, mengevaluasi mode kegagalan yang berpotensi terjadi, serta merumuskan kebijakan perawatan yang optimal menggunakan pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM). Metode penelitian yang digunakan meliputi analisis diagram Pareto untuk menentukan komponen dominan penyebab kerusakan, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) untuk mengevaluasi risiko kegagalan berdasarkan tingkat keparahan, frekuensi kejadian, dan kemampuan deteksi, serta perhitungan keandalan komponen dan sistem berdasarkan data historis kerusakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen kritis mesin meliputi sensor fiber optic, silinder pneumatik dozing, selang pneumatik, dan selang hidrolik dengan nilai keandalan masing-masing sebesar 3,6%, 3,0%, 2,9%, dan 2,7%. Berdasarkan hasil analisis FMEA dan pendekatan RCM, sensor fiber optic direkomendasikan menggunakan strategi perawatan berbasis waktu (Time Directed), sedangkan silinder pneumatik dozing, selang pneumatik, dan selang hidrolik direkomendasikan menggunakan strategi perawatan berbasis kondisi (Condition Directed). Penerapan kebijakan perawatan berbasis RCM diharapkan mampu meningkatkan keandalan mesin, menurunkan frekuensi breakdown, mengurangi downtime, serta mendukung efisiensi dan keberlanjutan proses produksi pallet plastik.

**Kata kunci:** Reliability Centered Maintenance, Keandalan Mesin, FMEA, Komponen Kritis, Perawatan Mesin.

### 1. Latar Belakang

Dalam dunia industri manufaktur, produk merupakan keluaran utama dari suatu sistem proses produksi yang terdiri atas input, proses operasi, dan output. Keberlangsungan sistem proses produksi sangat bergantung pada keandalan peralatan dan mesin produksi. Oleh karena itu, kegiatan pemeliharaan (maintenance) menjadi faktor penting dalam menjaga kontinuitas dan efisiensi proses produksi. Perawatan didefinisikan sebagai kegiatan pemeliharaan fasilitas produksi yang meliputi perbaikan, penyesuaian, serta penggantian komponen agar kondisi operasi tetap sesuai dengan perencanaan [1].

Pelaksanaan perawatan yang tidak terencana dan bersifat reaktif masih banyak dijumpai di industri, dimana tindakan perawatan baru dilakukan setelah terjadi kerusakan. Kondisi ini menyebabkan meningkatnya downtime, pemborosan waktu kerja, serta menurunnya efisiensi proses produksi. Permasalahan tersebut semakin diperparah oleh penggunaan mesin-mesin produksi yang telah berusia tua, yang menjadi salah satu penyebab utama tingginya intensitas breakdown mesin [2].

PT. Bumimulia Indah Lestari merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi plastik kemasan dengan kapasitas produksi mencapai 13.000 produk per hari. Selama proses produksi berlangsung, perusahaan menghadapi kendala pada mesin Welding Pallet yang sering mengalami breakdown dengan intensitas yang relatif tinggi. Hingga saat ini, perusahaan belum memiliki informasi yang jelas mengenai komponen kritis mesin, tingkat keandalan mesin, serta mode kegagalan komponen, sehingga kejadian breakdown tidak dapat diprediksi. Dampak yang ditimbulkan antara lain meningkatnya produk cacat, waktu kerja terbuang, SDM menganggur, target produksi tidak tercapai, serta meningkatnya biaya perawatan [3]. Oleh karena itu, diperlukan suatu analisis sistematis terhadap mesin Welding Pallet guna mengidentifikasi komponen kritis, mengevaluasi tingkat keandalan mesin,

serta menentukan mode kegagalan yang dominan sebagai dasar perencanaan perawatan yang lebih efektif dan preventif. Data terkait jumlah breakdown mesin Welding Pallet 3 bulan terakhir dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Breakdown Mesin Welding Pallet 3 Bulan Terakhir

Months	Total Breakdown (Hours)	Total Production Efficiency (Hours)	Total Working Hours in One Month
September	49.5	559.4	609
October	51	532.7	609
November	53.9	555.1	609

Dari data pada tabel 1.1 menunjukkan tingkat Breakdown yang cukup tinggi, hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor. Dengan tingginya Breakdown tentu akan mengganggu output yang dihasilkan. Hal ini akan menjadi masalah dan kendala bagi produksi maupun perusahaan.

Penelitian ini akan melakukan penerapan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) secara spesifik pada mesin Welding Pallet di industri plastik kemasan, dengan mengintegrasikan analisis komponen kritis, nilai keandalan mesin, serta mode kegagalan komponen sebagai dasar penentuan kebijakan perawatan yang optimal [4]. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada mesin produksi secara umum, penelitian ini menitikberatkan pada karakteristik operasional mesin Welding Pallet yang memiliki tingkat breakdown tinggi dan berdampak langsung terhadap kualitas produk.

Berdasarkan permasalahan dan kebaruan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen kritis mesin Welding Pallet, menganalisis nilai keandalan serta faktor penyebab kegagalan komponen, dan menentukan kebijakan perawatan mesin yang optimal guna menekan tingkat breakdown serta meningkatkan produktivitas perusahaan.

## 2. Research Methods

Metodologi penelitian disusun dengan menggunakan pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM) yang bertujuan untuk menganalisis keandalan dan perawatan mesin Welding Pallet [4]. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi komponen kritis dan mode kegagalan berdasarkan data kerusakan mesin. Data yang digunakan dianalisis untuk menentukan tingkat keandalan mesin serta menyusun rekomendasi perawatan yang lebih efektif guna mengurangi terjadinya breakdown dan meningkatkan kelancaran proses produksi.

### 2.1. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan langkah awal dalam penelitian ini yang bertujuan untuk memperoleh informasi yang relevan dan akurat sesuai dengan permasalahan yang diteliti. Data yang digunakan diperoleh melalui beberapa teknik pengumpulan data, yaitu sebagai berikut.

#### a. Observasi

Observasi dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung terhadap kondisi aktual di perusahaan yang berkaitan dengan objek penelitian. Pada penelitian ini, observasi difokuskan pada proses pemeliharaan mesin Welding Pallet, meliputi kondisi operasional mesin, frekuensi terjadinya kerusakan, serta prosedur perawatan yang selama ini diterapkan oleh bagian maintenance.

#### b. Dokumentasi

Dokumentasi merupakan teknik pengumpulan data kualitatif yang dilakukan dengan mengumpulkan data tertulis berupa catatan, arsip, dan dokumen resmi perusahaan. Dalam penelitian ini, data dokumentasi yang digunakan meliputi data breakdown mesin Welding Pallet, jenis dan frekuensi kerusakan komponen, serta riwayat perawatan mesin yang diperoleh dari departemen maintenance.

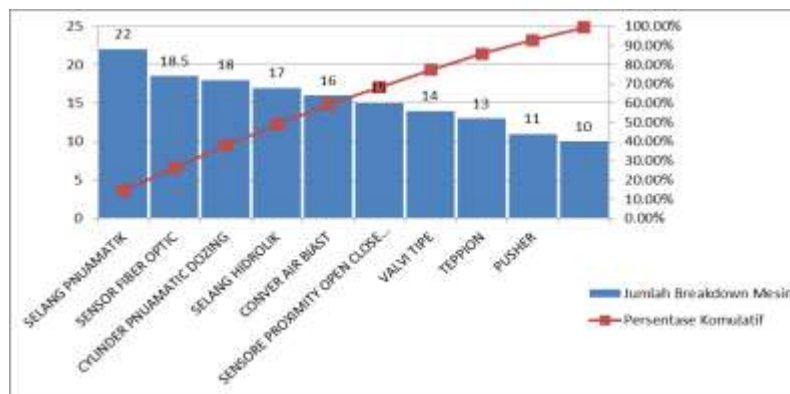
### 2.2. Pengolahan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data kualitatif yang meliputi data fungsi mesin, data kegagalan mesin, data penyebab kegagalan, serta data efek yang ditimbulkan apabila kegagalan terjadi. Data tersebut digunakan untuk menganalisis komponen kritis mesin, mengukur nilai keandalan mesin, serta menentukan kebijakan perawatan pencegahan yang tepat.

Pengolahan data kualitatif dilakukan dengan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi kegagalan pada setiap komponen mesin beserta dampaknya terhadap kinerja sistem. Tahapan dalam penerapan FMEA meliputi identifikasi fungsi mesin

(function), kegagalan fungsi (function failure), mode kegagalan (failure mode), serta dampak kegagalan (failure effect). Selanjutnya dilakukan penilaian terhadap parameter severity (S), occurrence (O), dan detection (D) untuk setiap mode kegagalan. Nilai-nilai tersebut kemudian digunakan untuk menghitung Risk Priority Number (RPN) sebagai dasar penentuan prioritas penanganan kegagalan [5 - 6].

Penentuan komponen kritis mesin dilakukan dengan menggunakan diagram Pareto berdasarkan kriteria total frekuensi breakdown tertinggi yang disebabkan oleh kerusakan pada fungsi dan sistem kerja mesin. Komponen dengan kontribusi frekuensi kerusakan terbesar ditetapkan sebagai komponen kritis yang menjadi fokus analisis lebih lanjut. Hasil identifikasi komponen kritis tersebut disajikan dalam bentuk diagram Pareto komponen kritis mesin,



Gambar 2.1 Diagram Pareto Komponem Kritis

Berdasarkan hasil analisis menggunakan diagram Pareto, dapat diidentifikasi komponen-komponen kritis pada mesin Welding Pallet. Komponen dengan tingkat kegagalan tertinggi adalah silinder pneumatik dengan total waktu kegagalan sebesar 22 jam atau sebesar 14,24% dari total breakdown yang terjadi. Selanjutnya, sensor fiber optic memiliki tingkat kegagalan sebesar 18,5 jam dengan persentase sebesar 11,97%, diikuti oleh silinder pneumatik dozing dengan tingkat kegagalan sebesar 18 jam atau 11,65%, serta selang hidrolik dengan tingkat kegagalan sebesar 17 jam atau 11,00%.

### 2.3. Failure Modes And Effects Analysis Komponem Mesin

Metode Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi function failure, failure mode, serta dampak kegagalan (failure effect) pada komponen mesin. Selanjutnya, tingkat prioritas risiko setiap mode kegagalan ditentukan melalui perhitungan Risk Priority Number (RPN) yang diperoleh dari perkalian nilai severity (S), occurrence (O), dan detection (D) [7].

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan diagram Pareto, ditetapkan empat komponen kritis pada mesin Welding Pallet yang memiliki tingkat kegagalan tertinggi untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan metode FMEA. Komponen tersebut meliputi selang pneumatik, sensor fiber optic, silinder pneumatik dozing, dan selang hidrolik. Analisis FMEA dilakukan untuk mengidentifikasi mode kegagalan yang terjadi pada masing-masing komponen beserta penyebab dan dampaknya terhadap kinerja mesin [6].

Selain itu, hasil perhitungan nilai Risk Priority Number (RPN) pada setiap mode kegagalan digunakan sebagai dasar dalam menentukan tingkat urgensi tindakan perbaikan dan pencegahan. Mode kegagalan dengan nilai RPN tertinggi menunjukkan tingkat risiko yang paling signifikan terhadap keandalan dan kontinuitas operasi mesin, sehingga memerlukan prioritas penanganan yang lebih tinggi. Hasil analisis ini menjadi acuan dalam penyusunan rekomendasi kebijakan perawatan mesin, baik berupa perawatan preventif, prediktif, maupun korektif, dengan tujuan untuk meminimalkan potensi kegagalan berulang serta meningkatkan keandalan dan umur pakai komponen mesin secara keseluruhan [8].

Hasil identifikasi mode kegagalan, penyebab, dampak, serta nilai RPN dari masing-masing komponen kritis mesin Welding Pallet disajikan pada Tabel 2.1 sebagai dasar analisis lanjutan dalam penentuan strategi perawatan mesin yang optimal.

Tabel 2.1 Failure Modes and Effect Analysis komponen mesin welding pallet

No	Function/ Komponem	Functional Failure	Failure Modes (cause of failure)	Failure Effect (What Happen if it failure)	S	O	D	RPN	Persentase (%)
1	Sensor Fiber Optic	sensor fiber optic tidak bisa bergerak atau mati	sensor fiber optic tertutup tumpukan serpihan material part pallet yang diwelding	sensor fiber optic tidak mampu mengukur ketebalan part pallet	6	5	5	150	43.9%
2	Cylinder pnuametik Dozing	Cylinder pnuametik dozing mancet	Cylinder pnuametik dozing tidak berfungsi dengan baik karena usia pakei komponem	gagal dalam melaukan supply udara	6	4	5	120	35.1%
3	selang pnuametik	selang pnuametik mancet tidak mampu melakukan fungsinya	selang pnuametik bocor atau terlepas karena tekanan udara pada kmpresor tinggi	pnuametik terhenti tidak mampu bergerak	3	4	1	12	3.5%
4	selang hidrolik	selang hdrolik terlepas dari connetor	baut pengikat connetor selang hdrolik kendur	hidrolik tidak mampu menaikan meja welding pallet	6	2	5	60	17.5%

#### 2.4. Menghitung Keandalan Komponen Mesin

Untuk mengetahui tingkat keandalan suatu sistem atau mesin, terlebih dahulu akan dianalisis keandalan komponen-komponen penyusun sistem tersebut. Keandalan suatu komponen perlu disesuaikan dengan pola kerusakan yang dialami berdasarkan data historis kejadian kerusakan di masa lalu. Suatu sistem mesin tersusun atas beberapa komponen yang saling berhubungan dan memiliki fungsi yang berbeda-beda [9]. Apabila salah satu komponen mengalami kerusakan akibat berbagai penyebab, maka kinerja sistem secara keseluruhan dapat terganggu atau bahkan berhenti beroperasi.

Dalam pengelolaan keandalan masing-masing komponen, terdapat dua strategi utama yang dapat diterapkan, yaitu melakukan perbaikan secara individual terhadap setiap komponen yang mengalami kerusakan atau melakukan pemeliharaan terhadap komponen cadangan secara berkala. Strategi ini bertujuan untuk menjaga keberlangsungan operasi mesin dan meminimalkan terjadinya downtime [10].

Pada penelitian ini, pengolahan data keandalan komponen mesin dilakukan berdasarkan data kerusakan masa lalu dengan memfokuskan analisis pada komponen-komponen yang memiliki tingkat kegagalan tertinggi. Nilai keandalan masing-masing komponen selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai keandalan mesin secara keseluruhan. Perhitungan keandalan sistem dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R = R_1 * R_2 * R_3 * \dots * R_n \quad (1)$$

Dimana :

R = Keterandalan Sistem

R1 = Keterandalan Komponen 1

R2 = Keterandalan Komponen 2

R3 = Keterandalan Komponen 3

Rn = Keterandalan Komponen n

Tabel 2.2 Data Olahan Keandalan Setiap Komponen Mesin

No	Nama Komponen	Jumlah Kerusakan /Kegagalan (Jam )	Jam Operasi	Keandalan 100%	Reliability komponen(%)
1	SELANG PNUAMATIK	22	609	3.612.479.475	3.6
2	SENSOR FIBER OPTIC	18.5	609	3.037.766.831	3.0
3	CYLINDER PNUAMATIC DOZING	18	609	2.955.665.025	3.0
4	SELANG HIDROLIK	17	609	2.791.461.412	2.8

Berdasarkan hasil pengolahan data keandalan komponen mesin yang disajikan pada tabel sebelumnya, maka nilai keandalan mesin *Welding Pallet* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan keandalan sistem seri. Perhitungan keandalan mesin dilakukan dengan mengalikan nilai keandalan masing-masing komponen kritis, yaitu sebagai berikut:

$$R = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4$$

$$R = 3,6 \times 3,0 \times 3,0 \times 2,8$$

$$R = 90,54129 \approx 91\%$$

Dengan demikian, nilai keandalan mesin *Welding Pallet* diperoleh sebesar **91%**, yang menunjukkan tingkat keandalan mesin berdasarkan komponen kritis yang dianalisis.

Selanjutnya dilakukan perhitungan **Failure Rate (FR)**. Failure Rate dalam bentuk persentase dihitung dengan persamaan:

$$FR(\%) = \frac{\text{Jumlah Kegagalan}}{\text{Jumlah Unit yang Diuji}} \times 100\% \quad (2)$$

$$FR(\%) = \frac{4}{10} \times 100\% = 40\%$$

Failure Rate dalam satuan kegagalan per jam dihitung dengan persamaan:

$$FR(N) = \frac{\text{Jumlah Kegagalan}}{\text{Jumlah Jam Operasi}} \quad (3)$$

$$FR(N) = \frac{4}{6090} = 0,000656814 \text{ kegagalan/jam}$$

Berdasarkan nilai Failure Rate tersebut, maka **Mean Time Between Failure (MTBF)** dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$MTBF = \frac{1}{FR(N)} \quad (4)$$

$$MTBF = \frac{1}{0,000656814} = 1,52 \text{ jam}$$

Nilai MTBF tersebut menunjukkan rata-rata waktu operasi mesin sebelum terjadinya kegagalan berikutnya.

---

## 2.5. Pemilihan Tindakan Pencegahan Breakdown Komponem Kritis

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) serta perhitungan keandalan komponen dan mesin, tahapan selanjutnya dalam penelitian ini adalah pemilihan tindakan pencegahan untuk menghindari terjadinya kegagalan fungsi pada komponen kritis mesin *Welding Pallet*. Pada tahap ini ditentukan jenis tindakan perawatan yang paling tepat untuk setiap mode kegagalan yang telah diidentifikasi [3].

Pemilihan tindakan pencegahan dilakukan dengan mempertimbangkan kelayakan teknis dan dampak kegagalan yang ditimbulkan. Apabila suatu tugas pencegahan secara teknis tidak memungkinkan atau tidak ekonomis untuk diterapkan, maka tindakan yang dipilih disesuaikan dengan konsekuensi kegagalan terhadap keselamatan, operasional, dan produksi [11]. Pendekatan ini mengacu pada konsep Reliability Centered Maintenance (RCM). Adapun kategori tindakan pencegahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Condition Directed (CD)

Merupakan tindakan perawatan yang bertujuan untuk mendeteksi gejala awal kerusakan pada komponen. Apabila hasil pemantauan menunjukkan adanya indikasi kegagalan, maka dilakukan tindakan perbaikan atau penggantian komponen sebelum terjadi breakdown.

- Time Directed (TD)

Merupakan tindakan perawatan yang dilakukan secara berkala berdasarkan interval waktu tertentu, dengan fokus pada aktivitas pembersihan, penyetulan, atau penggantian komponen tanpa menunggu terjadinya kerusakan.

- Finding Failure (FF)

Merupakan tindakan perawatan yang bertujuan untuk menemukan kegagalan tersembunyi (hidden failure) melalui pemeriksaan rutin agar fungsi perlindungan sistem tetap berjalan dengan baik [12].

Rekomendasi tindakan pencegahan yang dihasilkan melalui pendekatan RCM untuk setiap komponen kritis mesin *Welding Pallet* disajikan pada tabel berikut. Tindakan ini diharapkan dapat mencegah terjadinya breakdown mesin selama proses produksi serta memastikan seluruh sistem mesin berfungsi sesuai dengan perannya masing-masing.

Tabel 2.3 Pemilihan Tindakan Pencegahan Kegagalan Komponen

NO	Nama Komponem Kritis	Katagori Tindakan	Deskripsi Tindakan	Persentase (%) Berdasarkan nilai RPN	Reliability komponen(%)
1	Sensor Fiber Optic	<i>Time Directed (T.D)</i>	Periksa komponem sensor fiber optic dari serpihan material part pallet setiap 120 menit untuk menghindari penumpukan material pada sensor fiber	43.86%	3.612.479.475
2	Clinder pneumatik Dozing	<i>Condition Directed (C.D)</i>	Periksa Clinder pneumatik dosing secara berkala dan ganti komponem yang melewati usia pakai	35.09%	3.037.766.831
3	Selang pneumatik	<i>Condition Directed (C.D)</i>	Periksa kondisi tekanan angin pada kompresor untuk menghindari tekanan angin tinggi yang berakibat selang bocor lakukan pergantian komponem selang pneumatik	3.51%	2.955.665.025
4	Selang hidrolik	<i>Condition Directed (C.D)</i>	Periksa kondisi baut pengikat yang ada pada connetor hidrolik lakukan pengencangan baut agar tidak lepas yang berakibat selang hidrolik terlepas	17.54%	2.791.461.412

Adapun rencana perawatan pada kategori tindakan pencegahan dari komponen-komponen kritis diatas dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.4 Diskripsi Tindakan Pencegahan

NO	Nama Komponem Kritis	Katagori Tindakan	Deskripsi Tindakan
1	Sensor Fiber Optic	<i>Time Directed (T.D)</i>	Periksa komponem sensor fiber optic dari serpihan material part pallet setiap 120 menit untuk menghindari penumpukan material pada sensor fiber
2	Clinder pneumatik Dozing	<i>Condition Directed (C.D)</i>	Periksa Clinder pneumatik dosing secara berkala dan ganti komponem yang melewati usia pakai
3	Selang pneumatik	<i>Condition Directed (C.D)</i>	Periksa kondisi tekanan angin pada kompresor untuk menghindari tekanan angin tinggi yang berakibat selang bocor lakukan pergantian komponem selang pneumatik
4	Selang hidrolik	<i>Condition Directed (C.D)</i>	Periksa kondisi baut pengikat yang ada pada connetor hidrolik lakukan pengencangan baut agar tidak lepas yang berakibat selang hidrolik terlepas

### 3. Hasil dan Diskusi

Penentuan komponen kritis mesin *Welding Pallet* dilakukan berdasarkan kriteria total frekuensi *breakdown* tertinggi yang disebabkan oleh kerusakan fungsi dan sistem kerja mesin. Berdasarkan hasil analisis diagram Pareto pada Tabel 2.3, diperoleh empat komponen kritis mesin, yaitu sensor *fiber optic*, silinder pneumatik *dozing*, selang pneumatik, dan selang hidrolik. Keempat komponen tersebut memiliki kontribusi terbesar terhadap terjadinya *breakdown* mesin sehingga dijadikan fokus analisis lanjutan.

Berdasarkan hasil perhitungan keandalan komponen mesin, nilai keandalan mesin *Welding Pallet* dihitung menggunakan model sistem seri dengan persamaan (1):

$$R = R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_4$$

$$R = 3,6 \times 3,0 \times 3,0 \times 2,8 = 90,54129 \approx 91\%$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa mesin *Welding Pallet* memiliki tingkat keandalan sebesar 91%, yang mengindikasikan bahwa mesin tergolong handal namun masih memiliki potensi kegagalan yang perlu dikendalikan melalui kebijakan perawatan yang tepat.

Selanjutnya, analisis mode kegagalan komponen kritis dilakukan menggunakan metode Failure Modes and Effect Analysis (FMEA). Hasil analisis menunjukkan bahwa kegagalan pada sensor *fiber optic* disebabkan oleh tertutupnya sensor akibat penumpukan serpihan material part pallet hasil proses pengelasan. Pada silinder pneumatik *dozing*, kegagalan terjadi akibat penurunan kinerja komponen karena usia pakai. Selang pneumatik mengalami kegagalan berupa kebocoran atau terlepas akibat tekanan udara kompresor yang terlalu tinggi, sedangkan kegagalan pada selang hidrolik disebabkan oleh kendurnya baut pengikat konektor [13].

Berdasarkan hasil FMEA dan pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM), ditetapkan kebijakan pencegahan *breakdown* untuk masing-masing komponen kritis. Sensor *fiber optic* direkomendasikan menggunakan tindakan Time Directed (TD) dengan pemeriksaan dan pembersihan sensor setiap 120 menit untuk mencegah penumpukan material. Silinder pneumatik *dozing*, selang pneumatik, dan selang hidrolik direkomendasikan menggunakan tindakan Condition Directed (CD) melalui pemeriksaan kondisi komponen secara berkala, pengendalian tekanan kompresor, serta pengencangan dan penggantian komponen yang telah

melewati batas usia pakai [14 - 15]. Penerapan kebijakan ini diharapkan mampu menekan frekuensi *breakdown* dan meningkatkan keandalan mesin selama proses produksi.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, penerapan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada mesin Welding Pallet berhasil mengidentifikasi komponen kritis yang berkontribusi dominan terhadap terjadinya *breakdown*, yaitu sensor fiber optic, silinder pneumatik dozing, selang pneumatik, dan selang hidrolis. Hasil Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) menunjukkan bahwa kegagalan komponen disebabkan oleh penumpukan serpihan material pada sensor fiber optic, penurunan kinerja silinder pneumatik dozing akibat usia pakai, kebocoran atau terlepasnya selang pneumatik akibat tekanan kompresor yang tinggi, serta kendurnya baut konektor pada selang hidrolis. Perhitungan keandalan menunjukkan nilai keandalan komponen kritis berada pada kisaran 2,8%–3,6%, dengan keandalan mesin secara keseluruhan sebesar 91%. Berdasarkan hasil tersebut, ditetapkan kebijakan perawatan berupa Time Directed (TD) untuk sensor fiber optic melalui pemeriksaan dan pembersihan berkala setiap 120 menit, serta Condition Directed (CD) untuk komponen lainnya melalui inspeksi kondisi, pengendalian tekanan kompresor, dan penggantian komponen sesuai usia pakai. Implementasi kebijakan ini diharapkan dapat menurunkan frekuensi *breakdown* dan meningkatkan keandalan mesin Welding Pallet.

#### Referensi

- [1] C. E. Ebeling, *An introduction to reliability and maintainability engineering*. Waveland Press, 2019.
- [2] S. Ahmad, R., & Kamaruddin, "An overview of time-based and condition-based maintenance in manufacturing systems. Journal of Manufacturing Systems," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 63, no. 63, pp. 135–149, 2012, doi: 10.1016/j.cie.2012.02.002.
- [3] P. Sharma, R. K., Kumar, D., & Kumar, "Systematic failure mode and effect analysis using FMEA and RCM," *J. Qual. Maint. Eng.*, vol. 27, no. 2, pp. 345–362, 2022, doi: 10.1108/JQME-07-2020-0063.
- [4] J. (2019) Moubray, *Reliability-Centered Maintenance (3rd ed.)*. Industrial Press, 2019.
- [5] E. N. S. Sutrisno, A., Gunawan, I., & Yuliani, "Implementation of Reliability Centered Maintenance to reduce machine downtime in manufacturing industry," *Int. J. Ind. Eng. Oper. Manag.*, vol. 5, no. 1, pp. 15–26, 2023, doi: 10.22441/ijieom.v5i1.19842.
- [6] A. Kumar, S., & Parida, "Maintenance optimization using reliability analysis and FMEA approach," *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 23, no. 1, pp. 109–200, 2023, doi: 10.1016/j.res.2023.108963.
- [7] Y. Wang, J., Zhang, L., & Liu, "Condition-based maintenance strategy using reliability and failure analysis in industrial equipment," *J. Manuf. Process.*, vol. 98, pp. 250–262, 2024, doi: 10.1016/j.jmapro.2023.12.041.
- [8] Y. Zhao, X., Li, H., & Chen, "Reliability assessment and maintenance planning for aging industrial machinery," *J. Loss Prev. Process Ind.*, vol. 86, no. 104965, 2024, doi: 10.1016/j.jlp.2023.104965.
- [9] A. M. Singh, R., & Gohil, "Application of Pareto analysis for identifying critical components in manufacturing systems," *Procedia CIRP*, vol. 107, pp. 512–517, 2022, doi: 10.1016/j.procir.2022.05.087.
- [10] A. H. C. Jardine, A. K. S., & Tsang, *Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications (2nd ed.)*. CRC Press, 2020.
- [11] Z. Li, X., Gao, R. X., & Wang, "Data-driven reliability and maintenance decision-making in smart manufacturing," *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 19, no. 4, pp. 2871–2882, 2023, doi: 10.1109/TII.2022.3202214.
- [12] I. Rahman, A., Prabowo, H., & Santoso, "Penerapan Reliability Centered Maintenance untuk meningkatkan keandalan mesin produksi," *J. Tek. Ind.*, vol. 24, no. 2, pp. 85–94, 2022, doi: 10.22219/JTIUMM.Vol24.No2.85-94.
- [13] J. Kim, S., Lee, J., & Park, "Failure analysis and maintenance policy selection using integrated FMEA–RCM approach," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 156, p. 107310, 2024, doi: 10.1016/j.engfailanal.2023.107310.
- [14] M. Putra, R. D., Hidayat, R., & Siregar, "Analisis keandalan mesin menggunakan metode RCM pada industri manufaktur," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–10, 2023.
- [15] A. W. Firmansyah, M., & Rizqi, "Analisis Perawatan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) terhadap Mesin Bag Inserter (FLEXIM)," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 4, pp. 2514–2521, 2024, doi: 10.70609/gtech.v8i4.5235.