

Metode Analisis Risiko Kerusakan Mesin Produksi di Indonesia: *Literature Review*

Iing Pamungkas^{1*}, Heri Tri Irawan¹, Mahmud Basuki¹, Arrazy Elba Ridha¹, Adib¹, Rizki Agam Syahputra¹,
Fajar Okta Widarta¹

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar

*Email Korespondensi: iingpamungkas@utu.ac.id

Abstrak - Mesin produksi dirancang khusus untuk melakukan berbagai tugas seperti pemrosesan, perakitan, pengemasan, dan lainnya, tergantung pada jenis produksi dan industri yang terlibat. Namun, kerusakan mesin produksi tidak dapat dihindari dengan tugas yang sedemikian rupa tersebut. Kerusakan mesin dapat terjadi karena berbagai faktor, seperti penggunaan yang berlebihan, perawatan yang tidak memadai, komponen yang aus, kesalahan desain, dan banyak lagi. Kerusakan mesin tersebut tentunya menimbulkan risiko, baik itu risiko yang terukur maupun tidak terukur. Risiko kerusakan mesin dapat memiliki dampak serius pada produktivitas, keandalan, dan biaya operasional suatu bisnis. Penggunaan dan penerapan metode atau pendekatan analisis risiko dapat digunakan untuk meminimalisir terjadinya risiko yang berlebihan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui berbagai metode analisis risiko kerusakan mesin produksi pada berbagai industri yang ada di Indonesia. Penelitian ini menggunakan metode sistematik kajian literatur dari berbagai artikel yang telah terbit yang kemudian diidentifikasi dan di analisis yang berfokus pada berbagai metode risiko kerusakan mesin produksi yang digunakan pada berbagai industri di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat beberapa metode analisis risiko kerusakan mesin produksi di Indonesia yang umum digunakan seperti failure mode and effect analysis (FMEA, FMECA, fuzzy FMEA), risk based maintenance (RBM), fault tree analysis (FTA), fishbone diagram, enterprise risk management (ERM), failure tracking matrix (FTM), total quality control (TQM), logic tree analysis (LTA), overall equipment effectiveness (OEE), Hazard operability (Hazop), dan certainty factor and forward chaining. Beberapa metode tersebut umumnya diintegrasikan dengan berbagai metode atau pendekatan lainnya untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Kata kunci: mesin produksi; risiko kerusakan; analisis risiko

Abstract - Production machines are specially designed to perform various tasks such as processing, assembly, packaging and more depending on the type of production and the industry involved. However, damage to production machines is unavoidable with such a task. Machine damage can occur due to various factors, such as excessive use, inadequate maintenance, worn components, design errors and many more. Damage to the machine certainly raises risks, both measurable risks and immeasurable risks. The risk of machine failure can have a serious impact on the productivity, reliability and operating costs of a business. The use and application of risk analysis methods or approaches can be used to minimize the occurrence of excessive risk. The purpose of this research is to find out various methods of risk analysis of production machine damage in various industries in Indonesia. This research uses a systematic method by reviewing the literature from various published articles which are then identified and analyzed which focus on various production machine damage risk methods used in various industries in Indonesia. The results of the study show that there are several methods of analyzing the risk of damage to production machines that are commonly used in Indonesia, such as failure mode and effect analysis (FMEA, FMECA, fuzzy FMEA), risk based maintenance (RBM), fault tree analysis (FTA), fishbone diagram, enterprise risk management (ERM), failure tracking matrix (FTM), total quality control (TQM), logic tree analysis (LTA), overall equipment effectiveness (OEE), Hazard operability (Hazop), and certainty factor and forward chaining. Some of these methods are generally integrated with various other methods or approaches to obtain optimal results.

Keywords: production machine; risk of damage; risk analysis

PENDAHULUAN

Mesin produksi adalah perangkat atau peralatan yang digunakan dalam proses manufaktur atau produksi barang dan produk. Mesin produksi dirancang khusus untuk melakukan berbagai tugas seperti pemrosesan, perakitan, pengemasan, dan lainnya, tergantung pada jenis produksi dan industri yang terlibat ([Septifani dkk, 2018](#)). Jenis dan kompleksitas mesin produksi dapat sangat bervariasi tergantung pada jenis produk yang dihasilkan dan teknologi yang digunakan dalam proses produksi. Mesin produksi umumnya dirancang untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya produksi, dan memastikan konsistensi dalam kualitas produk ([Irawan dkk, 2019](#)). Namun, kerusakan mesin produksi tidak dapat dihindari dengan tugas yang sedemikian rupa tersebut.

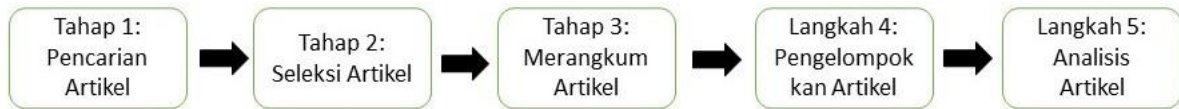
Kerusakan mesin dapat terjadi karena berbagai faktor, seperti penggunaan yang berlebihan, perawatan yang tidak memadai, komponen yang aus, kesalahan desain, dan banyak lagi. Beberapa contoh umum dari kerusakan mesin seperti kerusakan mekanis, elektrik atau elektronik, akibat panas, korosi, kelelahan material, keausan, sistem pelumasan, *human error*, desain dan umur pakai ([Sidik dkk, 2022](#)). Penting untuk melakukan tindakan perawatan mesin dengan baik, menjalankan perawatan rutin, mengikuti panduan produsen, dan mengambil tindakan pencegahan untuk mencegah kerusakan yang tidak perlu dan tidak terprediksi. Jika terjadi kerusakan, perbaikan yang tepat waktu dan profesional akan membantu memperpanjang umur mesin dan meminimalkan waktu henti produksi ([Putro dkk, 2020](#)). Kerusakan mesin tersebut tentunya menimbulkan risiko, baik itu risiko yang terukur maupun tidak terukur.

Risiko kerusakan mesin dapat memiliki dampak serius pada produktivitas, keandalan, dan biaya operasional suatu bisnis ([Pamungkas dkk, 2020](#)). Beberapa risiko yang terkait dengan kerusakan mesin seperti gangguan produksi, biaya perbaikan meningkat, waktu henti produksi tinggi, biaya produksi lebih tinggi, kehilangan pelanggan dan reputasi, meningkatnya risiko keamanan dan keselamatan, dan menurunkan produktivitas mesin ([Darma dkk, 2020](#)). Untuk mengurangi risiko kerusakan mesin, penting untuk memiliki program perawatan preventif yang baik, mengikuti panduan produsen, memberikan pelatihan yang memadai kepada staf, dan memiliki rencana darurat untuk mengatasi situasi kerusakan yang tidak terduga ([Pamungkas dkk, 2019](#)). Selain itu, penggunaan dan penerapan metode atau pendekatan analisis risiko dapat digunakan untuk meminimalisir terjadinya risiko yang berlebihan. Telah banyak metode analisis risiko kerusakan mesin produksi digunakan dalam berbagai industri di Indonesia. Beberapa metode penilaian risiko kerusakan mesin yang umum dan banyak digunakan seperti metode *failure mode and effect analysis* (FMEA), *risk based maintenance* (RBM), *logic tree analysis* (LTA), *fault tree analysis* (FTA), dan masih banyak lagi metode lainnya. Untuk mengetahui hal tersebut, maka akan dilakukan *literature review*. *Literature review* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan kegiatan penelitian dan sebagai pembuktian secara hirarki (*hierarchy of evidence*) yang populer ([Setiawan dkk, 2022](#)). *Literature review* menunjukkan bahwa teknik untuk melakukan pembuktian melalui pendekatan masalah tertentu secara proses ilmiah sehingga menghasilkan luaran berupa artikel yang dimaksudkan untuk melakukan pencarian kembali secara ilmiah atau dalam sebuah studi ([Kurnia, 2021](#)). Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui berbagai metode analisis risiko kerusakan mesin produksi pada berbagai industri yang ada di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *systematic literature review* yang dilakukan dalam lima tahapan. Penelitian ini seluruhnya menggunakan data sekunder dalam pelaksanaannya. Tahap pertama melakukan pencarian artikel, dimana artikel dicari menggunakan bantuan mesin pencarian artikel yaitu *Google Scholar*. Artikel dikumpulkan dari tahun 2017 hingga tahun 2023 dengan topik spesifik terkait metode analisis risiko kerusakan mesin produksi di Indonesia. Pencarian menggunakan kata kunci "Risiko Kerusakan Mesin" dan kata kunci lainnya terkait metode kerusakan pada mesin. Tahap kedua yaitu melakukan seleksi artikel, dimana tahap seleksi ini berguna untuk memisahkan artikel yang tidak terkait dengan metode risiko pada kerusakan mesin. Tahap ketiga adalah merangkum artikel, dimana artikel dirangkum berdasarkan metode yang digunakan dan hasil penelitian yang diperoleh pada setiap

artikel. Tahap keempat yaitu pengelompokan artikel. Artikel dikelompokkan berdasarkan tahun terbit dan metode risiko kerusakan yang digunakan. Tahap terakhir adalah melakukan analisis artikel berdasarkan tahun terbit dan metode risiko yang banyak digunakan. Selain itu, metode risiko yang digunakan akan dibahas secara rinci dan arah pengembangannya dimasa depan sesuai dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Adapun tahapan penelitian ditampilkan pada [Gambar 1](#) berikut.



Gambar 1. Tahapan sistematis pelaksanaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas hasil dan diskusi tentang pengumpulan, pengolahan, dan analisis data. Selain itu, bagian ini juga membahas artikel yang dihasilkan dari temuan penyaringan. Tahap awal pengumpulan artikel didasarkan pada judul yaitu metode analisis risiko kerusakan mesin produksi di Indonesia. Setelah melalui tahap pengumpulan data, diperoleh 35 artikel yang telah dikumpulkan, namun yang sesuai topik penelitian yaitu sebanyak 25 artikel. Adapun hasil pengumpulan artikel ditampilkan pada [Tabel 1](#).

Tabel 1. Klasifikasi artikel berdasarkan tahun penelitian, metode yang digunakan, dan hasil dari penelitian

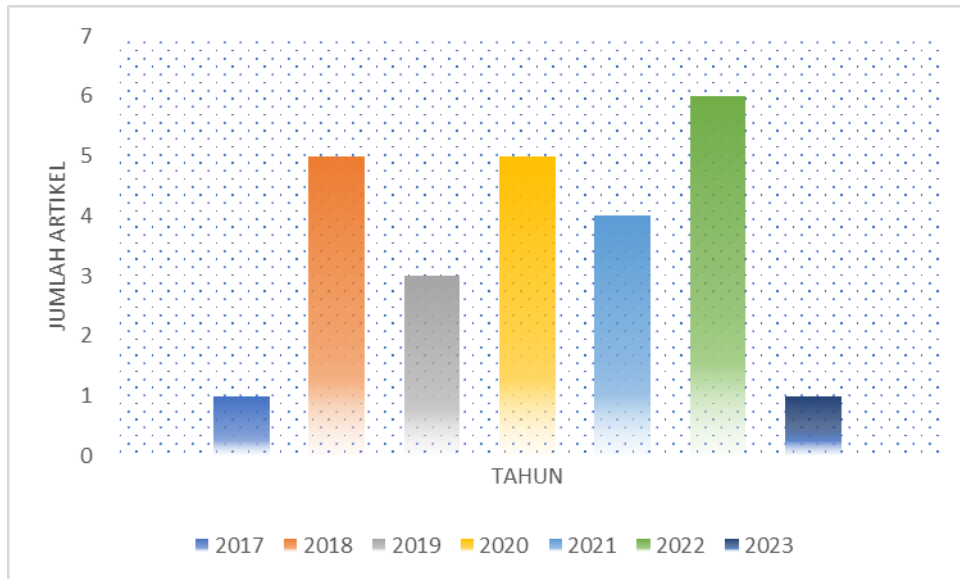
No.	Pengarang	Metode	Hasil penelitian
1	Yaqin, Zamri, Siahaan, Priharanto, Airejo & Umar, 2020.	<i>Failure mode and effect analysis</i> (FMEA)	Pengecekan bahan bakar kotor adalah jenis perawatan yang diterapkan pada komponen injektor, yang dapat menyebabkan injektor bekerja kurang efisien. sementara bagian fuel filter membersihkan endapan pada <i>cartridge fuel filter</i> .
2	Marpaung, Ritonga & Irwan, 2021.	<i>Failure mode and effect analysis</i> (FMEA)	Nilai terendah ditemukan pada mesin perontok pada bagian rantai transmisi longgar, dengan tingkat perbaikan 0,5 jam, dan nilai 0,999737189.
3	Darma, Laila & Zulfikar, 2020.	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) dan <i>Reliability Block Diagram</i>	Perhitungan menunjukkan bahwa mesin <i>digester</i> harus dirawat setidaknya setiap 650 jam untuk mempertahankan keandalan. sedangkan, mesin <i>screwpress</i> harus dirawat setidaknya setiap 210 jam.
4	Wahyuli, Maharani, Nalhadi & Supriyadi, 2023.	<i>Risk based maintenance</i>	<i>Abration</i> dan <i>dent</i> merupakan dua jenis kegagalan yang menjadi prioritas dan termasuk kategori <i>catastrophic</i> dengan nilai RPN sebesar 648 dan 512. Hasil identifikasi menggunakan FTA diketahui bahwa penyebab <i>defect abrasion</i> adalah pada proses <i>pickling section</i> dan <i>tin plating section</i> . Penyebab <i>defect dent</i> yaitu pada mesin yaitu pada proses <i>exit section</i> dan <i>exit loop tower</i> .

5	Maharani, Wahyu, Supriyadi, Nalhadi & Fathurohman, 2022.	<i>Risk based maintenance dan cost of unreliability</i>	Konsekuensi dan risiko yang dihasilkan oleh sistem pneumatik yang menggunakan perawatan berdasarkan risiko (RBM) adalah Rp 2.416.875.500.783.
6	Sukanta, Herwanto & Yulian, 2018.	<i>Failure mode and effect analysis (FMEA) dan fault tree analysis (FTA)</i>	Nilai FMEA menunjukkan bahwa ada empat RPN penting, yaitu 294, 224, 180, dan 168, dimana komponen tersebut sangat penting untuk dilakukan analisis FTA. Hasil FTA didapat: <i>valve distilasi 1/2</i> tidak berfungsi, terdapat 4 <i>cut set</i> dan 5 <i>basic event</i> ; <i>maximum level distilate tank</i> , terdapat 3 <i>cut set</i> dan 5 <i>basic event</i> ; <i>valve konsentrat 1</i> tidak berfungsi, terdapat 2 <i>cut set</i> dan 4 <i>basic event</i> ; dan <i>concentrate pump short</i> memiliki 5 <i>cut set</i> dan 7 <i>basic event</i> .
7	Setiawan, Budiasih & Pamoso, 2018.	<i>Risk based maintenance (RBM) dan cost of unreliability (CoUR)</i>	Mesin <i>weaving shuttle</i> memiliki risiko sebesar 5.441.055.159 rupiah, atau 22.36% dari kapasitas produksi total. Biaya yang disebabkan oleh ketidakmampuan perawatan mesin dihitung dengan metode CoUR, yang menghasilkan Rp 172.316.806 berdasarkan waktu perbaikan aktif dan Rp 187.784.793 berdasarkan <i>downtime</i> .
8	Yusuf & Juniani, 2017.	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Functional Block Diagram (FBD).</i>	Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai keandalan pada T=2312 jam dari periode waktu tahun 2017 diberikan untuk tiap komponen mesin <i>mechanical press shearing</i> : 49% tuas kopling macet, 55% spring kendur, 98% rotor rusak, 60% roda gigi rusak, 39% <i>blade aus</i> , 49% <i>setting height</i> yang tidak tepat, 39% <i>spring</i> renggang, 18% <i>valve macet</i> , dan 62% <i>magnetic contactor</i> .
9	Imanuell & Lutfi, 2019.	<i>Failure Mode Effect and Critically Analysis (FMECA) dan Fault Tree Analysis (FTA)</i>	Nilai MTTF <i>filter</i> 194 jam, <i>separator</i> 502 jam, dan pipa 2508 jam. <i>Filter</i> dan <i>separator</i> memiliki tingkat risiko tertinggi, sedangkan <i>mainframe</i> , <i>daily tray</i> , <i>transfer pump</i> , <i>feed pump</i> , <i>injection pump</i> , dan <i>injector service tank</i> memiliki tingkat risiko sedang.
10	Sidik, Andalia & Tamalika, 2022.	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA)</i>	Komponen prioritas perbaikan yaitu komponen pompa (192) dan katup kendali (245). Dua hal yang sering menyebabkan kerusakan pada mesin <i>press</i> : oli kotor yang tidak diganti dan pekerja menggunakan mesin melebihi batas tekanan yang disarankan.
11	Shiami, Atmaji & Pamoso, 2021.	<i>Risk based maintenance</i>	Dengan presentasi risiko sebesar 0,059%, nilai risiko mesin <i>splitting</i> adalah Rp 4,890,817.09, atau melebihi batas toleransi. Akibatnya, interval waktu pemeliharaan mesin disarankan untuk subsistem meja 702.1 jam dan roller bearing 1381.95 jam.

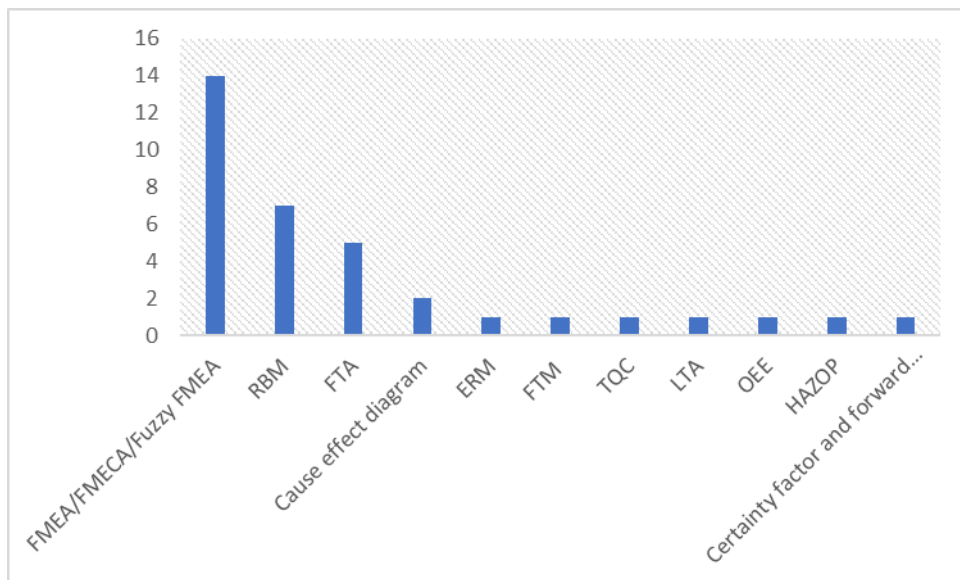
12	Tajudin, Alhilman & Budiasih, 2020.	<i>Risk based maintenance</i>	Menurut analisis penggantian, RBM memperoleh nilai risiko sebesar Rp 439,219,486, dan kebijakan waktu penggantian dan sisa umur hidup mesin injeksi plastik adalah 7 tahun lagi.
13	Putro & Aziz, 2020.	<i>Fault tree analysis (FTA) dan Failure mode and effect analysis (FMEA)</i>	Menggunakan pembobotan kerusakan mesin untuk mendapatkan akar pohon kesalahan dan nilai RPN. Tata kelola dan standar operasional prosedur (SOP) yang diperbarui
14	Septifani, Santoso & Pahlevi, 2018.	<i>Fuzzy FMEA dan Fuzzy AHP</i>	Hasil <i>fuzzy FMEA</i> menunjukkan bahwa pencetakan botol plastik bermasalah memiliki risiko tertinggi dengan nilai FRPN 7,525. Berdasarkan 13 risiko produksi menggunakan fuzzy Analytical Hierarchy Process (AHP), kriteria mesin memiliki nilai tertinggi dengan nilai 0,505.
15	Bastian, Atmaji & Pamoso, 2019.	<i>Risk based maintenance (RBM), Fault Tree Analysis (FTA), Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	Sebagai subsistem yang paling penting, FTA mendapatkan hasil dari <i>dryer part</i> . RPN mendapatkan hasil dari tiga komponen penting: selang fleksibel, <i>bearing</i> , dan <i>belt vant</i> .
16	Shania, Andryani, Jesselyn & Nugraha, 2022.	<i>Total quality control (TQC)</i>	Pengawasan terus dilakukan untuk menjaga kualitas produk dengan mengawasi kinerja karyawan dan memberikan instruksi yang jelas kepada karyawan sehingga metode dan faktor manusia dapat terlaksana dengan baik. Faktor lingkungan termasuk mengawasi dan membersihkan gudang, dan faktor mesin termasuk merawat mesin agar tetap berfungsi dengan baik.
17	Fatma & Febriyanti, 2018.	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Logic Tree Analysis (LTA)</i>	Menurut penilaian FMEA dan RPN, kegagalan berikut harus menjadi prioritas perbaikan: <i>parisson tidak center</i> , <i>chiller</i> tersumbat, <i>hot cutting</i> putus, pisau tumpul, <i>cooling</i> kurang dingin, <i>neck</i> cepat panas, blowpin dan origa tersumbat. Manajemen sebaiknya berkonsentrasi pada kegagalan kategori B/D, yaitu <i>origa</i> tersumbat dan <i>cooling</i> kurang dingin.
18	Inderawibowo & Syahrullah, 2019.	<i>Overall Equipment Effectiveness dan Six Big Losses</i>	OEE pada <i>machining center</i> 2 dan 3 belum cukup ideal dikarenakan bernilai antara 33.05 hingga 59.55 persen, dan hasil dari <i>six big losses</i> perusahaan mempunyai kerugian yang terbesar yaitu <i>setup and adjustment</i> 26.6 persen, <i>defect losses</i> 20.6 persen, dan <i>breakdown losses</i> 0.36 persen.

19	Sulistianingtyas & Putrianto, 2021.	<i>Hazard and Operability (HAZOP)</i>	Menurut analisis lembar kerja HAZOP, ada 17 bahaya yang mungkin terjadi, terdiri dari 15 bahaya berisiko rendah dan 2 bahaya berisiko tinggi. Berdasarkan potensi risikonya, disarankan untuk membuat rekomendasi pengamanan untuk setiap bahaya dan untuk membuat checklist harian untuk memeriksa komponen mesin setiap bulan untuk mencegah terjadinya bahaya.
20	Samagaha, Atmaji & Pamoso, 2020.	<i>Risk Based Maintenance (RBM) dan Bayesian Network</i>	MTTF dari <i>vant belt</i> B110 yaitu 92%, <i>kontaktor</i> TOR LRD 21 yaitu 90%, dan <i>kontaktor</i> LCD1D32M7 yaitu 89%. Risiko yang diperoleh perusahaan yaitu sebesar 1.19% dengan biaya Rp 1.544.702.478. Usulan interval waktu perawatan yaitu setiap 2.200 jam dengan persentase risiko 0.99% dengan biaya Rp 1.285.163.144.
21	Setiawan & Puspitasari, 2018.	<i>Failure mode and effect analysis (FMEA) dan cause effect diagram</i>	Penelitian ini memanfaatkan kedua alat untuk membangun rekomendasi kebijakan perawatan dan untuk menentukan komponen mesin yang memerlukan perhatian khusus. Hasilnya adalah rekomendasi untuk pengambilan kebijakan perawatan untuk setiap komponen mesin AMP.
22	Wibowo, 2022.	<i>Certainty factor and forward chaining</i>	Sebuah aplikasi berbasis web dikembangkan untuk mendiagnosa kerusakan pada mesin motor matic. Ini memungkinkan pengguna melakukan perbaikan yang direkomendasikan oleh sistem, dan jika tidak dapat melakukannya, maka harus pergi ke tempat <i>service</i> terdekat. Jika kerusakan kecil diabaikan secara berkala, itu dapat berbahaya bagi keselamatan berkendara.
23	Ishak & Abdillah, 2021.	<i>Enterprise risk management (ERM)</i>	Setelah risiko yang mungkin terjadi di area Fly Ash Silo diidentifikasi, evaluasi risiko dilakukan. Ditemukan bahwa ada enam risiko yang dapat terjadi di area Fly Ash Silo.
24	Kurnianto, Kusnadi & Azizah, 2022.	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan fishbone diagram.</i>	Jenis kecelakaan kerja jari tangan terjepit mesin memiliki RPN tertinggi sebesar 43,8. Penanganan yang tepat, yang mencakup pengawasan yang ketat, penerapan prosedur kerja yang sesuai, dan pengingat pentingnya menggunakan Alat Pelindung Diri (APD), dapat membantu mengurangi tingkat kecelakaan kerja.
25	Wahid & Tjahjaningsih, 2022.	<i>Failure Tracking Matrix (FTM) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	Pada mesin <i>pulverizer</i> , analisis FTM menemukan 19 mode kerusakan (FM) dan 19 komponen kerusakan fungsional (FC). Analisis FMEA memberikan sepuluh prioritas perbaikan RPN, dengan yang terbesar pada mode kerusakan <i>cold air damper</i> macet dan yang terendah pada <i>roller</i> penggilingan karet yang rusak.

Artikel ini mengidentifikasi beberapa atribut yang terkandung dalam tinjauan literatur untuk memberikan wawasan yang lebih komprehensif dalam penggunaan serta manfaat yaitu metode analisis risiko kerusakan mesin produksi di Indonesia. Sebaran artikel menurut tahun dan metode risiko yang digunakan ditampilkan pada [Gambar 2](#) dan [Gambar 3](#).



Gambar 2. Terbitan artikel berdasarkan Tahun



Gambar 3. Terbitan artikel berdasarkan metode risiko yang digunakan

Berdasarkan [Gambar 2](#), metode analisis risiko kerusakan mesin produksi pada berbagai industri di Indonesia cukup banyak dilakukan pada tahun 2018 hingga tahun 2022, dan pada tahun 2023 mengalami penurunan dikarenakan tahun 2023 saat ini merupakan tahun berjalan. Selain itu, pada tahun 2017 terhitung sedikit ditemui dikarenakan belum menjadi salah satu perhatian penting bagi peneliti maupun industri atau perusahaan.

Berdasarkan [Gambar 3](#), diperoleh beberapa metode atau pendekatan yang umum digunakan dalam menganalisis kerusakan mesin produksi diberbagai industri di Indonesia, diantaranya adalah metode atau pendekatan *failure mode and effect analysis (FMEA) /critically analysis (FMECA)/ Fuzzy-FMEA, risk based maintenance (RBM), fault tree analysis (FTA), cause effect diagram/fishbone diagram, enterprise risk management (ERM), failure tracking matrix (FTM), total quality control (TQC),*

logic tree analysis (LTA), overall equipment effectiveness (OEE), hazard operability (Hazop), dan certainty factor and forward chaining.

Setelah diketahui beberapa metode atau pendekatan yang digunakan dalam menganalisis kerusakan mesin produksi pada beberapa industri di Indonesia, maka perlu dilakukan pembahasan atau rangkuman dari metode risiko kerusakan mesin produksi di Indonesia yang telah diperoleh, antara lain sebagai berikut.

1. *Failure mode and effect analysis (FMEA)* merupakan metode sistematis untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi kegagalan dalam suatu produk atau proses. FMEA dapat digunakan untuk mencegah kegagalan sebelum terjadi, atau untuk mengurangi efek kegagalan jika memang terjadi ([Marpaung dkk, 2021](#)). Sedangkan *failure mode, effect, and critically analysis (FMECA)* adalah perluasan FMEA yang mencakup penilaian kepentingan setiap mode kegagalan. Penilaian ini didasarkan pada tingkat keparahan mode kegagalan, kejadian mode kegagalan, dan deteksi mode kegagalan. Penilaian kepentingan digunakan untuk memprioritaskan mode kegagalan untuk tindakan korektif ([Imanuell dkk, 2019](#)). Mode kegagalan dengan peringkat kepentingan tertinggi harus diprioritaskan untuk tindakan korektif ([Pamungkas dkk, 2022](#)). *Fuzzy-FMEA* adalah variasi dari FMEA yang menggunakan logika *fuzzy* untuk menilai tingkat keparahan, kejadian, dan deteksi mode kegagalan. Ini memungkinkan untuk penilaian risiko yang lebih halus, karena memperhitungkan ketidakpastian yang sering hadir dalam estimasi ini ([Septifani dkk, 2018](#)). Secara keseluruhan, *fuzzy-FMEA* adalah alat yang berharga untuk meningkatkan akurasi FMEA. Namun, penting untuk menyadari tantangan menggunakan *fuzzy-FMEA* sebelum menggunakannya.
2. *Risk based maintenance (RBM)* adalah strategi pemeliharaan yang memprioritaskan sumber daya pemeliharaan untuk aset yang membawa risiko paling besar jika terjadi kegagalan. Ini adalah metodologi untuk menentukan penggunaan sumber daya pemeliharaan yang paling ekonomis. RBM adalah pendekatan pemeliharaan yang lebih proaktif daripada metode pemeliharaan pencegahan tradisional (PM). Dengan PM, pemeliharaan dilakukan sesuai jadwal tetap, terlepas dari kondisi aset. Dengan RBM, pemeliharaan dilakukan berdasarkan risiko kegagalan aset. Ini berarti bahwa aset yang lebih mungkin gagal atau yang memiliki konsekuensi kegagalan yang lebih serius diprioritaskan untuk pemeliharaan. RBM dapat menjadi cara yang lebih efektif dan efisien untuk mengelola pemeliharaan daripada metode PM tradisional. Ini dapat membantu mengurangi risiko kegagalan, meningkatkan keandalan aset, dan menghemat uang ([Maharani dkk, 2022](#)).
3. *Fault tree analysis (FTA)* adalah metode *top-down*, grafis, dan berbasis logika untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab peristiwa yang tidak diinginkan (juga dikenal sebagai peristiwa puncak) dengan menguraikannya menjadi penyebab komponennya. Ini adalah pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi semua penyebab potensial dari kegagalan sistem, termasuk kegagalan penyebab umum ([Sukanta dkk, 2018](#)).
4. Diagram sebab-akibat (*cause effect diagram*), juga dikenal sebagai diagram tulang ikan (*fishbone diagram*) atau diagram Ishikawa, adalah alat grafis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab suatu masalah. Ini adalah cara sistematis untuk mengorganisir penyebab potensial untuk masalah atau efek spesifik dengan menampilkannya secara grafis dalam detail yang meningkat, menunjukkan hubungan sebab-akibat di antara teori ([Kurnianto dkk, 2022](#)).
5. *Enterprise risk management (ERM)* digunakan untuk mengevaluasi risiko dominan yang ada dan menghasilkan skala prioritas dalam penanganan risiko yang ada ([Ishak dkk, 2021](#)).
6. *Failure tracking matrix (FTM)* adalah alat pengendalian mutu yang digunakan untuk melacak dan menganalisis penyebab kegagalan dalam suatu sistem. Ini adalah alat grafis yang menunjukkan hubungan antara kegagalan, penyebabnya, dan tindakan korektif yang telah diambil. FTM dapat digunakan untuk melacak kegagalan dari waktu ke waktu untuk mengidentifikasi tren. Informasi ini dapat digunakan untuk memprioritaskan tindakan korektif dan meningkatkan keandalan sistem

([Wahid dkk, 2022](#)).

7. *Total quality control* (TQC) adalah suatu sistem manajemen yang berfokus pada kepuasan pelanggan dengan melibatkan semua karyawan dalam organisasi dalam proses peningkatan mutu secara terus-menerus. TQC adalah pendekatan holistik yang melibatkan semua aspek organisasi, mulai dari desain produk dan proses hingga pengiriman produk dan layanan kepada pelanggan. TQC bertujuan untuk mencapai kepuasan pelanggan dengan memberikan produk dan layanan yang berkualitas tinggi, tepat waktu, dan harga yang kompetitif. TQC juga bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas organisasi, serta menciptakan budaya kerja yang berorientasi pada kualitas ([Shania dkk, 2022](#)). Dengan menerapkan TQC, dapat meningkatkan kualitas produk dan layanan, kepuasan pelanggan, dan kinerja organisasi secara keseluruhan.
8. *Logic tree analysis* (LTA) adalah metode untuk memvisualisasikan dan menganalisis hubungan sebab-akibat dari sistem yang kompleks. Ini adalah jenis pohon keputusan, dan sering digunakan dalam analisis akar penyebab atau *root cause analysis* (RCA) untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan. LTA adalah diagram hirarkis yang menunjukkan berbagai penyebab yang mungkin dari suatu peristiwa. Setiap penyebab diwakili oleh simpul, dan simpul dihubungkan oleh panah untuk menunjukkan hubungan di antara mereka ([Fatma dkk, 2018](#)). Panah bisa berupa AND atau OR, yang menunjukkan apakah kedua atau salah satu penyebab harus ada agar peristiwa terjadi.
9. *Overall equipment effectiveness* (OEE) adalah ukuran seberapa baik peralatan dimanfaatkan. Ini dihitung dengan mengalikan tiga faktor yaitu ketersediaan, performa dan kualitas. OEE adalah alat yang berharga bagi perusahaan manufaktur dan produksi. Ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan area yang perlu ditingkatkan, seperti mengurangi waktu henti, meningkatkan hasil, dan mendeteksi cacat sejak dini ([Inderawibowo dkk, 2019](#)).
10. *Hazard operability* (Hazop), adalah teknik untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyimpangan dalam pengoperasian proses mesin. Ini adalah pendekatan sistematis dan terstruktur yang menggunakan tim ahli untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan masalah kelayakan. Hazop dapat digunakan untuk menganalisis data kerusakan mesin, data pemeliharaan mesin, diagram pipa dan instrumen, dan diagram aliran proses. Hazop digunakan untuk mengidentifikasi berbagai penyebab yang mungkin dari kerusakan mesin, dan mereka menggunakan informasi ini untuk mengembangkan rekomendasi untuk meningkatkan keandalan mesin ([Sulistianingtyas dkk, 2021](#)).
11. *Forward chaining* adalah teknik penelusuran yang memulai dengan fakta-fakta yang diketahui dan kemudian mengarahkan fakta-fakta tersebut dengan bagian IF dari peraturan IF-THEN ([Hayadi dkk, 2017](#)). *Certainty factor* adalah sistem pakar yang sering menggunakan faktor keyakinan untuk menangani ketidakpastian yang dilandasi oleh aturan. Nilai parameter ditunjukkan sebagai tingkat kepercayaan ([Saddhono dkk, 2020](#)). Dua faktor kepastian yang digunakan dalam pendekatan ini adalah faktor pakar dan faktor *user*.

KESIMPULAN

Mesin produksi adalah perangkat atau peralatan yang digunakan dalam proses manufaktur atau produksi produk. Kerusakan mesin dapat terjadi karena berbagai faktor, seperti penggunaan yang berlebihan, *maintenance*, kerusakan komponen mesin. Kerusakan mesin tersebut tentunya menimbulkan risiko. Risiko kerusakan mesin dapat memiliki dampak serius pada produktivitas, keandalan, dan biaya operasional suatu bisnis. Penggunaan dan penerapan metode atau pendekatan analisis risiko dapat digunakan untuk meminimalisir terjadinya risiko yang berlebihan. Telah banyak metode analisis risiko kerusakan mesin produksi digunakan dalam berbagai industri di Indonesia. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat beberapa metode analisis risiko kerusakan mesin produksi di Indonesia yang umum digunakan seperti *failure mode and effect analysis* (FMEA, FMECA, *fuzzy FMEA*), *risk based maintenance* (RBM), *fault tree analysis* (FTA), *fishbone diagram*, *enterprise risk management* (ERM), *failure tracking matrix* (FTM), *total quality control* (TQM), *logic tree analysis* (LTA),

overall equipment effectiveness (OEE), Hazard operability (Hazop), dan certainty factor and forward chaining. Beberapa metode tersebut umumnya diintegrasikan dengan berbagai metode atau pendekatan lainnya untuk mendapatkan hasil yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Bastian, A., Atmaji, F. T. D., & Pamoso, A. (2019). Usulan Kebijakan Perawatan Berdasarkan Risiko Dan Evaluasi Keandalan Untuk Penjadwalan Perawatan Pada Mesin Escher Wyss Di PT. Kertas Padalarang. *eProceedings of Engineering*, 6(2).
- Darma, A. Y., Laila, L., & Zulfikar, G. (2020, December). Menentukan Keandalan Mesin Digester dan Screw Press Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis dan Reliability Block Diagram. In *Prosiding Seminar Nasional NCIET* (Vol. 1, No. 1, pp. 143-159). <https://doi.org/10.32497/nciet.v1i1.139>
- Fatma, E., & Febriyanti, D. (2018). Analisis efektivitas mesin produksi menggunakan pendekatan Failure and Mode Effect Analysis dan Logic Tree analysis. *Journal of Industrial Engineering and Management Systems*, 11(1), 39-47. <http://dx.doi.org/10.30813/jiems.v11i1.1015>
- Hayadi, B. H. (2017). Visualisasi Konsep Umum Sistem Pakar Berbasis Multimedia. *Riau Journal Of Computer Science*, 3(1), 17-22.
- Hayadi, B. H., Bastian, A., Rukun, K., Jalius, N., Lizar, Y., & Guci, A. (2018). Expert system in the application of learning models with Forward Chaining Method. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(2.29), 845-848.
- Imanuell, R., & Lutfi, M. (2019). Analisa Perawatan Berbasis Keandalan Pada Sistem Bahan Bakar Mesin Utama KMP. Bontoharu. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 5(1), 36-43. <s://doi.org/10.32487/jst.v5i1.540>
- Inderawibowo, Z. A., & Syahrullah, Y. (2019). Analisis Overall Equipment Effectiveness Dan Six Big Losses Dengan Identifikasi Risiko Dan Peluang Berbasis Iso 9001: 2015 Pada Machining Center Pt. Surya Toto Indonesia. SURYA TOTO INDONESIA, TBK. *CIEHIS Prosiding*, 1(1), 275-282.
- Irawan, H. T., Pamungkas, I., & Muzakir, M. (2019). Analisis Risiko Rantai Pasok Komoditas Cengkeh di Kecamatan Salang Kabupaten Simeulue. *Jurnal Optimalisasi*, 5(2), 72-81. <https://doi.org/10.35308/jopt.v5i2.1256>
- Ishak, A., & Abdillah, F. (2021, October). Analisis Risiko Pada Bagian Mesin Fly Ash Silo dengan Metode Enterprise Risk Management (ERM). In *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)* (Vol. 4, No. 1). <https://doi.org/10.32734/ee.v4i1.1252>
- Kurnia, H. (2021). A Systematic Literature Review of Performance Pyramids System Implementation in the Manufacture Industries. *Indonesian Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 2(2), 115-126.
- Kurnianto, M. F., Kusnadi, K., & Azizah, F. N. (2022). Usulan Perbaikan Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (Fmea) Dan Fishbone diagram. *Selarapang: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 6(1), 18-23.
- Maharani, A., Wahyuli, I., Supriyadi, S., Nalhadi, A., & Fathurohman, F. (2022). Analisa Biaya Perawatan Sistem Pneumatic dengan Menggunakan Metode Risk Based Maintenance dan Cost of Unreliability. *Jurnal Inovasi dan Kreativitas (JIKA)*, 2(1), 10-19. <https://doi.org/10.30656/jika.v2i1.4722>
- Marpaung, S. B., Ritonga, D. A. A., & Irwan, A. (2021). Analisa Risk Priority Number (RPN) Terhadap Keandalan Komponen Mesin Thresher dengan Menggunakan Metode FMEA di PT. XYZ. *JITEKH*, 9(2), 74-81. <https://doi.org/10.35447/jitekh.v9i2.427>
- Pamungkas, I., & Iskandar, I. (2022). Defect Analysis for Quality Improvement in Fishing Boat Manufacturing Processes through the Integration of FMECA and Fishbone: A Case Study. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 7(7), 181-188. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6902249>
- Pamungkas, I., & Irawan, H. T. (2020). Strategi Pengurangan Risiko Kerusakan Pada Komponen Kritis Boiler di Industri Pembangkit Listrik. *Jurnal Optimalisasi*, 6(1), 86-95. <https://doi.org/10.35308/jopt.v6i1.2197>
- Pamungkas, I., Irawan, H. T., Arkanullah, L., Dirhamsyah, M., & Iqbal, M. (2019). Penentuan Tingkat Risiko pada Proses Produksi Garam Tradisional di Desa le Leubeu Kabupaten Pidie. *Jurnal Optimalisasi*, 5(2), 107-120. <https://doi.org/10.35308/jopt.v5i2.1307>
- Putro, B. E., & Aziz, M. Y. A. (2020). Analisis penyebab kerusakan mesin produksi kayu lapis. *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, 19(2). <https://doi.org/10.20961/performa.19.2.45381>

- Samagaha, V., Atmaji, F. T. D., & Pamoso, A. (2020). Usulan Kebijakan Perawatan Untuk Mesin Centrifuge Cf-alk-01 Dengan Metode Risk Based Maintenance (rbm) Dan Bayesian Network Pada Pt Sinkona Indonesia Lestari Tugas Akhir. *eProceedings of Engineering*, 7(2).
- Septifani, R., Santoso, I., & Pahlevi, Z. (2018, October). Analisis Risiko Produksi Frestea Menggunakan Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (Fuzzy FMEA) dan Fuzzy Analytical Hierarchy Process (Fuzzy AHP)(Studi Kasus Di PT. Coca-Cola Bottling Indonesia Bandung Plant). *In Proceeding of National Colloquium Research and Community Service* (Vol. 2).
- Setiawan, E. P., & Puspitasari, N. B. (2018). Analisis Kerusakan Mesin Asphalt Mixing Plant Dengan Metode Fmea Dan Cause Effect Diagram (Studi Kasus: Pt Puri Sakti Perkasa). *Industrial Engineering Online Journal*, 7(1).
- Setiawan, I., & Purba, H. H. (2020). A Systematic Literature Review of Key Performance Indicators (KPIs) Implementation. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, 1(3), 200-208. <https://doi.org/10.7777/jiemar.v1i3.79>
- Setiawan, L., Budiasih, E., & Pamoso, A. (2018). Usulan Jadwal Maintenance Mesin Untuk Mengurangi Opportunity Lost Akibat Terjadinya Unreliability Pada Mesin Weaving Shuttle Dengan Menggunakan Metode Risk Based Maintenance (rbm) Dan Cost Of Unreliability (cour). *eProceedings of Engineering*, 5(2).
- Saddhono, K., Sueca, I. N., Sentana, G. D. D., Santosa, W. H., & Rachman, R. S. (2020, July). The application of STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics)-based Learning in Elementary School Surakarta District. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1573, No. 1, p. 012003). IOP Publishing. [DOI: 10.1088/1742-6596/1573/1/012003](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1573/1/012003)
- Shania, M., Andryani, R. J., Jesselyn, C., & Nugraha, I. (2022). Analisis total quality control sebagai upaya meminimalisasi resiko kerusakan produk otomotif pada PT. XYZ. *Waluyo Jatmiko Proceeding*, 15(1), 146-152.
- Shiami, R. N., Atmaji, F. T. D., & Pamoso, A. (2021). Usulan Kebijakan Pemeliharaan Mesin Dan Estimasi Risiko Kegagalan Mesin Splitting Dengan Menggunakan Metode Risk Based Maintenance Di Pt. Garut Makmur Perkasa. *eProceedings of Engineering*, 8(2).
- Sidik, J., Andalia, W., & Tamalika, T. (2022). Identifikasi Perawatan Mesin Press Hidrolik Dengan Menggunakan Metode FMEA dan FTA (Studi Kasus di Bengkel Cahaya Ilahi). *Jambura Industrial Review (JIREV)*, 2(2), 57-64. <https://doi.org/10.37905/jirev.2.2.%25p>
- Sukanta, S., Herwanto, D., & Yulian, Y. (2018, October). Analisis Kegagalan Sistem Pada Perawatan Mesin Evaporator Menggunakan Metode FMEA Dan FTA. *In Proceeding of National Colloquium Research and Community Service* (Vol. 2). <https://doi.org/10.33019/snppm.v2i0.640>
- Sulistianingtyas, D. A., & Putrianto, N. K. (2021). Analisis Kerusakan Mesin Batching Plant di PT Duta Borneo Abadi Menggunakan Metode Hazard and Operability Study (HAZOP). *Jurnal Sains dan Aplikasi Keilmuan Teknik Industri (SAKTI)*, 1(2), 89-98. <https://doi.org/10.33479/jtiumc.v1i2.12>
- Tajudin, M., Alhilman, J., & Budiasih, E. (2020). Analisis Kebijakan Perawatan dan Penentuan Sisa Umur Hidup Mesin Injeksi Plastik dengan Menggunakan Metode Risk Based Maintenance (RBM) dan Replacement Analysis di CV XYZ. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 7(2), 155-161. <https://doi.org/10.24853/jisi.7.2.155-161>
- Wahid, A., & Tjahjaningsih, Y. S. (2022). Integrasi Failure Tracking Matrix (FTM) dan Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) untuk Perbaikan Sistem Perawatan Mesin Pulverizer. *Jurnal Flywheel*, 13(1), 9-20. <https://doi.org/10.36040/flywheel.v13i1.4743>
- Wahyuli, I., Maharani, A., Nalhadi, A., & Supriyadi, S. (2023). Perencanaan Perawatan Mesin Electrolytic Tinning Line Menggunakan Metode Risk Based Maintenance. *JITEKH*, 11(1), 10-16. <https://doi.org/10.35447/jitekh.v11i1.694>
- Wibowo, A. T. (2022). Implementasi Metode Certainty Factor dan Forward Chaining untuk Mendeteksi Kerusakan Mesin Motor Matic Injeksi Berbasis Website. *Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)*, 6(1), 27-33. <https://doi.org/10.35870/jtik.v6i1.387>
- Yaqin, R. I., Zamri, Z. Z., Siahaan, J. P., Priharanto, Y. E., Alirejo, M. S., & Umar, M. L. (2020). Pendekatan FMEA dalam Analisa Risiko Perawatan Sistem Bahan Bakar Mesin Induk: Studi Kasus di KM. Sidomulyo. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 9(3), 189-200. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v9i3.4075.189-200>
- Yusuf, A., & Juniani, A. I. (2017). Analisis Keandalan Mechanical Press Shearing Machine di Perusahaan Manufaktur Industri Otomotif. *In Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application* (Vol. 1, No. 1, pp. 324-329).