



Analisis Perawatan Mesin Bending Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) di PT. XYZ

Ade Ismail Firzatulloh¹, Tarman², Afif Fawa Idul Fata³

¹⁻³ Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukancana Purwakarta, Indonesia.

*Penulis Korespondensi: adeismail1102@gmail.com

Abstract. This study analyzes failures in the bending machine at PT. XYZ and determines maintenance priorities to reduce downtime and improve production efficiency. The company often faces repeated breakdowns, especially in hydraulic and control components, which negatively impact productivity. To address these issues, the research applies Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA). The study employs a descriptive qualitative approach using downtime and repair data from September 2024 to February 2025. FMEA was conducted to identify failure modes, effects, and causes, and to calculate the Risk Priority Number (RPN) as a basis for prioritization. FTA was then applied to trace root causes by mapping logical relationships among contributing factors leading to the top event. Recommendations were formulated with the 5W+1H method to propose preventive maintenance actions. The results indicate that the hydraulic valve is the most critical component, with an RPN value of 504 due to oil contamination. The main causes include damaged filters, improper oil usage, and lack of a cooling system. The hydraulic cylinder seal and back gauge were also found to contribute significantly to machine failures. FTA analysis revealed root causes such as inadequate maintenance procedures, unsuitable materials, and insufficient inspections. The proposed improvements involve regular replacement of oil filters, structured lubrication schedules, installation of oil coolers, and technician training to strengthen compliance with standard procedures. Overall, the integration of FMEA and FTA provides a systematic approach to identify critical components and root causes, enabling PT. XYZ to implement preventive strategies that minimize failures, reduce downtime, and improve bending machine performance sustainably.

Keywords: Bending Machine; Downtime; FMEA; FTA; Hydraulic Valve.

Abstrak. Penelitian ini menganalisis kerusakan yang terjadi pada mesin bending di PT. XYZ serta menentukan prioritas perawatan untuk mengurangi downtime dan meningkatkan efisiensi produksi. Permasalahan utama perusahaan adalah seringnya kerusakan berulang pada komponen hidrolik dan kontrol, yang berdampak langsung pada menurunnya produktivitas. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan data downtime dan perbaikan mesin pada periode September 2024 hingga Februari 2025. FMEA digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan, efek, penyebab, serta menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebagai dasar penentuan prioritas perbaikan. Selanjutnya, FTA digunakan untuk menelusuri akar penyebab dengan memetakan hubungan logis antar faktor penyebab yang mengarah pada *top event*. Usulan perbaikan kemudian dirumuskan menggunakan pendekatan 5W+1H untuk menyusun strategi perawatan preventif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komponen paling kritis adalah katup hidrolik dengan nilai RPN 504 akibat kontaminasi oli. Penyebab utamanya meliputi kerusakan filter, penggunaan oli yang tidak sesuai, serta ketidiana pendingin. Selain itu, Seal Silinder Hidrolik dan Back Gauge juga menjadi penyumbang kerusakan signifikan. Analisis FTA mengungkap akar penyebab berupa lemahnya prosedur perawatan, material yang kurang tepat, dan inspeksi yang tidak rutin. Usulan perbaikan meliputi penggantian filter oli secara berkala, penjadwalan pelumasan, pemasangan pendingin, serta pelatihan teknisi untuk meningkatkan kepatuhan SOP. Integrasi FMEA dan FTA terbukti efektif dalam mengidentifikasi komponen kritis serta akar penyebab, sehingga perusahaan dapat menerapkan strategi preventif yang mampu meminimalkan kerusakan, menekan downtime, dan meningkatkan kinerja mesin bending secara berkelanjutan.

Kata kunci: Downtime; FMEA; FTA; Katup Hidrolik; Mesin Bending.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan industri saat ini berlangsung dengan cepat. Oleh karena itu, banyak bermunculan bisnis-bisnis baru yang siap bersaing. Namun karena jumlah bisnis berkembang lebih cepat daripada jumlah pelanggan, terdapat pasar yang sangat kompetitif di mana bisnis bersaing ketat untuk menarik pelanggan dan memaksimalkan keuntungan. Untuk mencapai

tujuan ini, bisnis menerapkan berbagai strategi, termasuk pemotongan biaya, pemasaran yang efektif, produksi yang cepat dan akurat, dan banyak lagi. peningkatan reputasi perusahaan. Kemampuan mesin manufaktur untuk melakukan tugasnya merupakan salah satu faktor yang berkontribusi terhadap kelancaran operasional bisnis. Sistem pemeliharaan yang efektif diperlukan untuk melakukan hal ini. Oleh karena itu, agar proses produksi dapat berjalan dengan baik, suatu perusahaan harus selalu menjaga fasilitas dan mesinnya dalam kondisi prima.

PT. XYZ sendiri memiliki total sekitar 12 mesin dari seluruh pabrik, termasuk mesin listrik dan instrumen. Beberapa langkah pemrosesan bahan mentah dan penggunaan berbagai mesin dan peralatan terlibat dalam proses produksi itu sendiri. Satu hal sangat penting dan perlu segera dilakukan adalah Kelangsungan produksi pabrik bergantung pada penerapan strategi pemeliharaan yang efektif untuk peralatannya.

Salah satu aspek penting yang mendukung kelancaran proses produksi adalah keandalan mesin dan peralatan produksi. PT. XYZ sebagai perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur logam memiliki berbagai jenis mesin produksi, salah satunya adalah mesin bending. Mesin ini berfungsi untuk membentuk atau menekuk plat logam sesuai desain yang telah ditentukan dan memiliki peranan strategis dalam menunjang kualitas serta produktivitas hasil produksi. Namun dalam praktiknya, PT. XYZ sering menghadapi permasalahan terkait dengan kerusakan mesin bending yang berulang, sehingga berdampak pada meningkatnya waktu henti produksi (downtime) dan menurunnya efisiensi kerja. Kerusakan yang tidak terdeteksi sejak dini serta belum optimalnya sistem perawatan yang diterapkan menjadi faktor penyebab utama dari permasalahan tersebut. Perawatan yang selama ini bersifat korektif (corrective maintenance), yaitu perbaikan yang dilakukan setelah kerusakan terjadi, cenderung menyebabkan biaya operasional yang tinggi dan risiko kerugian yang besar.

2. KAJIAN TEORITIS

Perawatan adalah aktivitas rutin yang bertujuan untuk menangani kerusakan peralatan melalui penggantian atau perbaikan, dengan memanfaatkan sumber daya yang ada. Perawatan dilakukan tidak hanya untuk menjaga agar sistem tetap berjalan normal, tetapi juga untuk memperpanjang umur operasional mesin dan menekan tingkat kegagalan serendah mungkin. Melalui manajemen perawatan, perusahaan dapat menyusun kebijakan perawatan yang efektif dengan mempertimbangkan aspek teknis dan pengendalian manajemen dalam pelaksanaannya. Umumnya, ketika aktivitas perbaikan dalam suatu sistem meningkat, maka pentingnya pengelolaan dan pengendalian perawatan juga ikut bertambah (Safira & Damayanti, 2022).

Jenis – Jenis Perawatan

Tiga metode digunakan untuk melaksanakan pemeliharaan terencana (Planned Maintenance) yaitu: (Safytri et al., 2020).

- a. Preventive Maintenance mengacu pada pemeliharaan dan perbaikan yang dilakukan untuk mengidentifikasi faktor risiko potensial dan menjaga fasilitas manufaktur tetap aman untuk digunakan dalam proses produksi barang.
- b. Corrective Maintenance adalah prosedur pemeliharaan yang dilakukan bila suatu mesin atau peralatan rusak atau disalahgunakan hingga tidak berfungsi lagi.
- c. Predictive maintenance melibatkan pelaksanaan operasi pemeliharaan pada tanggal yang telah ditentukan, bergantung pada hasil analisis dan evaluasi data operasional yang diantisipasi. Data ini dapat mencakup getaran, suhu, laju aliran, dan variabel lainnya. Perencanaan perawatan prediktif dapat disusun dengan mengacu pada data yang diperoleh dari pengamatan operator di lapangan, perencanaan pemeliharaan prediktif dapat dilakukan dan dikirimkan melalui perintah kerja ke departemen pemeliharaan, di mana tindakan yang tepat akan diambil untuk memastikan bahwa hal tersebut tidak akan berdampak negatif terhadap perusahaan.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).

Mode kegagalan mencakup setiap kesalahan atau kegagalan dalam desain, suatu kondisi yang menyimpang dari batas spesifikasi yang ditentukan, atau modifikasi pada mesin yang mengganggu kemampuannya untuk berfungsi. FMEA akan meningkatkan keandalan mesin dengan menghilangkan mode kegagalan, yang akan meningkatkan kepuasan pengguna dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

Risk Priority Number (RPN)

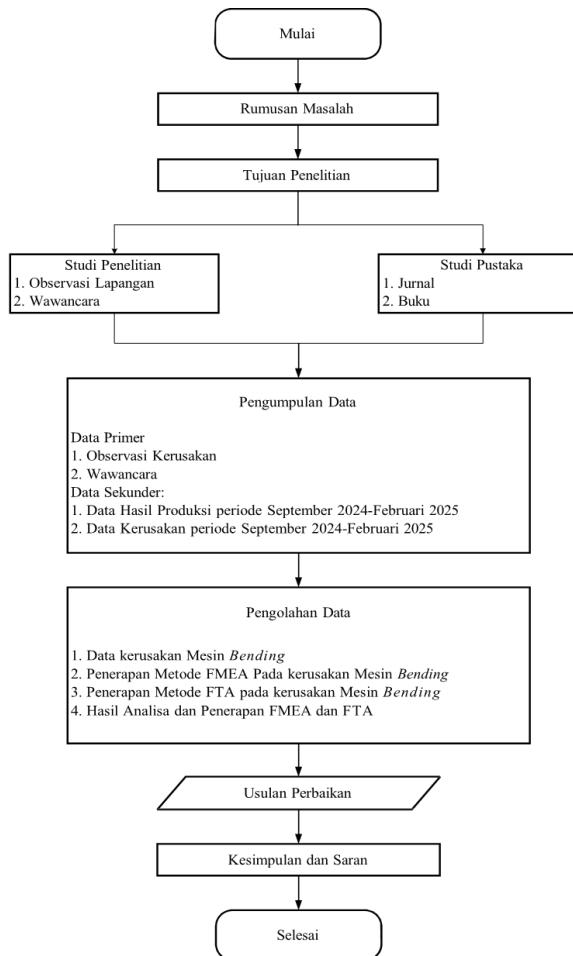
Risk Priority Number (RPN) merupakan indikasi dalam mode kegagalan yang membantu mengidentifikasi tindakan perbaikan yang tepat. Skala prioritas perbaikan, menentukan prioritas perbaikan berdasarkan tingkat urgensi dan tingkat risiko masing-masing masalah bisa langsung diperbaiki, dapat ditentukan oleh RPN. RPN terdiri dari tiga aspek penilaian utama: severity, occurrence, dan detection.

Fault Tree Analysis (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan alat analisis yang dimulai dengan peristiwa puncak, menerjemahkan secara visual kombinasi kesalahan yang menyebabkan kegagalan sistem dan digunakan untuk mengidentifikasi gejala guna mengidentifikasi akar penyebab utama suatu masalah (Sajiwo & Hariastuti, 2021).

3. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian digunakan dengan metode deskriptif kualitatif untuk melakukan penelitian semacam ini. Mengumpulkan informasi untuk mengatasi kekhawatiran mengenai situasi topik penelitian yang ada merupakan komponen penelitian kualitatif. Untuk memberikan gambaran yang jelas tentang keadaan yang terjadi di lapangan, maka tujuan penelitian deskriptif ini adalah untuk mendeskripsikan atau menafsirkan sesuatu sebagaimana adanya.



Sumber : Olahan Data (2025)

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mesin bending merupakan alat yang digunakan untuk menekuk atau membentuk pelat logam menjadi sudut atau bentuk tertentu sesuai kebutuhan desain. Mesin ini bekerja dengan prinsip gaya tekan, di mana logam ditekuk di antara dua alat bantu utama, yaitu punch dan die. Salah satu jenis yang paling banyak digunakan di industri adalah mesin bending hidrolik,

karena memiliki kemampuan menghasilkan tekanan besar dan kontrol sudut teukan yang lebih akurat.

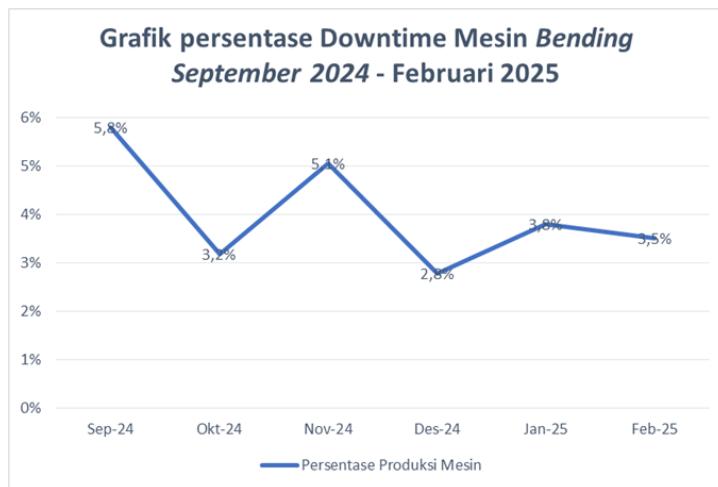
Pengumpulan Data

Downtime adalah periode waktu ketika mesin, peralatan, atau sistem tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya, baik secara total (berhenti) maupun sebagian (tidak optimal). Berikut ini data downtime mesin Bending dari Bulan September 2024 – Februari 2025:

- September 2024 → 24,04 jam (1440 menit)
 - Oktober 2024 → 12,26 jam (720 menit)
 - November 2024 → 20,12 jam (1200 menit)
 - Desember 2024 → 10,05 jam (600 menit)
 - Januari 2025 → 15,24 jam (900 menit)
 - Februari 2025 → 12,25 jam (720 menit)
- Total → 82 jam (5580 menit)

Sumber : PT.XYZ

Berikut ini Grafik Persentase Downtime Mesin Bending dari bulan September 2024 – Februari 2025.



Sumber : PT.XYZ

Gambar 2 Grafik persentase *downtime* mesin bending.

Berdasarkan gambar grafik tersebut terlihat persentase downtime mesin Bending adalah sebagai berikut :

- a. Pada bulan September 2024 memiliki pesentase downtime 5,8%.
- b. Pada bulan Oktober 2024 memiliki persentase downtime 3,2%.
- c. Pada bulan November 2024 memiliki persentase downtime 5,1%.

- d. Pada bulan Dovember 2024 memiliki persentase downtime 2,8%.
- e. Pada bulan Januari 2025 memiliki persentase downtime 3,8%.
- f. Pada bulan Febuari 2025 memiliki persentase downtime 3,5%.

Data Perbaikan Mesin Bending

September 2024

- Katup Hidrolik: 8 kasus, lama perbaikan 120 menit, total 960 menit
 - Seal Silinder Hidrolik: 3 kasus, lama perbaikan 80 menit, total 240 menit
 - Pompa Hidrolik: 2 kasus, lama perbaikan 120 menit, total 240 menit
- Total = 1440 menit

Okttober 2024

- Seal Silinder Hidrolik: 3 kasus, 80 menit, total 240 menit
 - Back Gauge: 2 kasus, 60 menit, total 120 menit
 - Katup Hidrolik: 1 kasus, 150 menit, total 600 menit
 - Sistem Kontrol: 2 kasus, 90 menit, total 180 menit
- Total = 690 menit

November 2024

- Katup Hidrolik: 6 kasus, 120 menit, total 360 menit
 - Sistem Kontrol: 1 kasus, 90 menit, total 90 menit
- Total = 810 menit

Desember 2024

- Back Gauge: 5 kasus, 30 menit, total 150 menit
 - Katup Hidrolik: 3 kasus, 120 menit, total 360 menit
- Total = 510 menit

Januari 2025

- Seal Silinder Hidrolik: 6 kasus, 80 menit, total 480 menit
 - Pompa Hidrolik: 2 kasus, 120 menit, total 240 menit
 - Back Gauge: 1 kasus, 80 menit, total 80 menit
 - Sistem Kontrol: 1 kasus, 90 menit, total 90 menit
- Total = 890 menit

Februari 2025

- Katup Hidrolik: 5 kasus, 120 menit, total 600 menit
 - Sistem Kontrol: 2 kasus, 90 menit, total 180 menit
- Total = 780 menit

Analisis perbaikan yang paling banyak terjadi pada mesin Bending

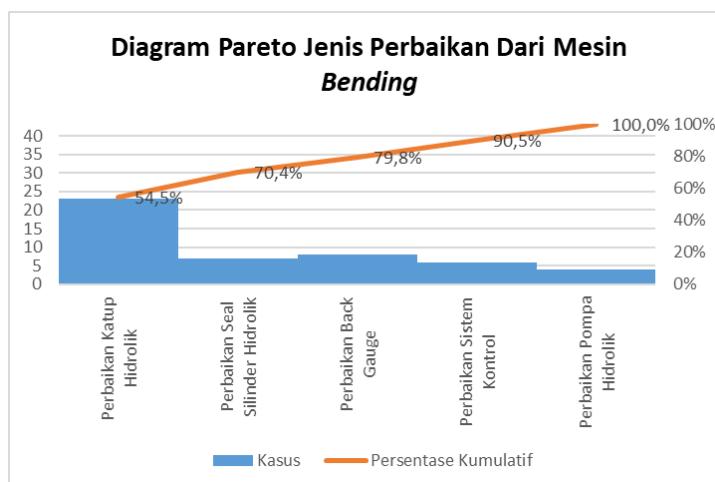
Berikut ini adalah hasil pengolahan data perbaikan pada mesin Bending periode September 2024 – Februari 2025 :

- Katup Hidrolik: 23 kasus, 2760 menit, 54,5%
- Seal Silinder Hidrolik: 7 kasus, 800 menit, 15,8%
- Back Gauge: 8 kasus, 480 menit, 9,5%
- Sistem Kontrol: 6 kasus, 540 menit, 10,7%
- Pompa Hidrolik: 4 kasus, 480 menit, 9,5%

Total = 48 kasus, 5060 menit, 100%

Sumber : Data Olahan (2025)

Diagram Pareto



Sumber : Data Olahan (2025)

Gambar 3 Diagram Pareto.

Berdasarkan prinsip Pareto 80/20, tiga jenis perbaikan utama yang mencakup 80% dari total permasalahan adalah Katup Hidrolik (54,5%), Seal Silinder Hidrolik (15,8%), dan Back Gauge (9,5%). Maka, perbaikan difokuskan pada ketiga komponen tersebut.

Hasil analisis karakteristik kerusakan Mesin Bending

Seal Silinder Hidrolik

- Fungsi: mencegah kebocoran fluida.
- Failure Mode: kebocoran akibat keausan, goresan pada batang piston.

Katup Hidrolik

- Fungsi: mengatur arah, tekanan, dan volume fluida.
- Failure Mode: kontaminasi fluida (debu, serpihan logam), oli mengental karena suhu tinggi.

Back Gauge

- Fungsi: menentukan posisi dan panjang tekanan.
- Failure Mode: salah posisi (sensor rusak), mekanisme penggerak aus.

Setelah dilakukannya pendeskripsi fungsi dan failure mode dari beberapa komponen, selanjutnya dijelaskan Failure effect, Failure cause, dan Current Controls dari Failure mode yang sebelumnya sudah dijelaskan pada tabel 4.4.

Berikut adalah tabel dari analisis Failure mode mesin Bending.

Failure Mode: Kebocoran akibat keausan

- Effect: penurunan tekanan, performa menurun.
- Cause: seal aus karena umur pakai lama.
- Control: pemeriksaan & penggantian berkala.

Failure Mode: Goresan batang piston

- Effect: seal cepat rusak, kebocoran parah.
- Cause: partikel asing masuk, prosedur servis salah.
- Control: pelindung piston, filter berlapis, pelatihan teknisi

Failure Mode: Kontaminasi fluida

- Effect: aliran tidak lancar, katup macet.
- Cause: filter rusak, serpihan logam terbawa fluida.
- Control: filter berkualitas, penggantian rutin, SOP penggunaan oli.

Failure Mode: Oli mengental karena suhu tinggi

- Effect: tekanan tidak stabil, aliran lambat.
- Cause: pendingin rusak/tidak ada, mesin overheat, oli tidak sesuai.
- Control: monitoring suhu, pendinginan tambahan, oli sesuai standar.

Failure Mode: Salah posisi (sensor rusak)

- Effect: hasil tekanan menyimpang, scrap meningkat.
- Cause: sensor aus, kabel longgar.
- Control: kalibrasi periodik, pemeriksaan teknisi.

Failure Mode: Mekanisme penggerak aus

- Effect: pergerakan tersendat, produktivitas turun.
- Cause: kurang pelumasan, akumulasi debu, beban berlebih.
- Control: jadwal pelumasan, pelindung debu, pembersihan rutin

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Mesin Bending

Komponen: Seal Silinder Hidrolik

a. Failure Mode: Kebocoran akibat keausan

- Potential Failure Effect: Penurunan tekanan, ram tidak stabil, performa mesin menurun
- Severity (S): 8
- Potential Causes:
 - Seal aus karena umur pakai panjang
 - Pemilihan material seal tidak sesuai
- Occurrence (O): 7
- Current Controls: Pemeriksaan dan penggantian seal berkala, pemilihan seal sesuai spesifikasi
- Detection (D): 5
- RPN: 280

b. Failure Mode: Goresan pada batang piston

- Potential Failure Effect: Kebocoran parah, seal cepat rusak
- Severity (S): 9
- Potential Causes:
 - Pelindung batang piston aus
 - Pelindung batang piston tidak terpasang dengan baik
- Occurrence (O): 7
- Current Controls: Pelindung piston, pelatihan teknisi saat pemasangan
- Detection (D): 4
- RPN: 252

Komponen Katup Hidrolik

a. Failure Mode: Kontaminasi Oli

- Potential Failure Effect: Katup macet, aliran tidak lancar, proses terganggu
- Severity (S): 9
- Potential Causes:
 - Filter oli rusak
 - Penggunaan oli bekas atau tidak sesuai spesifikasi
- Occurrence (O): 7
- Current Controls: Penggunaan filter berkualitas, SOP penggantian filter & pengisian oli baru

- Detection (D): 8
 - RPN: 504
- b. Failure Mode: Oli mengental karena suhu tinggi
- Potential Failure Effect: Aliran lambat, tekanan tidak stabil, presisi menurun
 - Severity (S): 6
 - Potential Causes:
 - Pendingin oli tidak ada atau rusak
 - Mesin dioperasikan tanpa jeda waktu
 - Occurrence (O): 7
 - Current Controls: Selalu monitoring suhu sistem, pendinginan tambahan, penggunaan oli sesuai suhu kerja
 - Detection (D): 5
 - RPN: 210

Komponen : Back Gauge

- a. Failure Mode: Salah posisi akibat sensor rusak
- Potential Failure Effect: Hasil tekukan melenceng, terjadi scrap dan pemborosan material
 - Severity (S): 8
 - Potential Causes:
 - Sensor gagal karena usia atau getaran mesin
 - Kabel sensor longgar atau rusak
 - Occurrence (O): 5
 - Current Controls: Kalibrasi sensor berkala, pemeriksaan koneksi dan akurasi sensor
 - Detection (D): 6
 - RPN: 240
- b. Failure Mode: Mekanisme penggerak aus
- Potential Failure Effect: Pergerakan macet, akurasi turun, proses bending terhambat
 - Severity (S): 7
 - Potential Causes:
 - Pelumasan tidak rutin
 - Debu dan serpihan logam mengendap di jalur
 - Occurrence (O): 6
 - Current Controls: Jadwal pelumasan rutin, pelindung debu, pembersihan berkala
 - Detection (D): 6

- RPN: 252

Setelah itu, dihitung RPN (Risk Priority Number) dengan mengalikan bobot nilai severity, nilai occurrence, dan nilai detection. Berikut ini adalah perhitungan RPN untuk failure mode “Katup Hidrolik”, failure effect “Kontaminasi fluida”, potential cause kerusakan pada komponen katup hidrolik, “Filter oli rusak atau tidak diganti dan Penggunaan oli bekas atau tidak sesuai spesifikasi”, dan current control “Penggunaan filter berkualitas, SOP penggantian filter & pengisian oli baru”.

$$\text{RPN} = S \times O \times D$$

$$= 9 \times 7 \times 8$$

$$= 504$$

Jadi, nilai RPN dari failure mode “Katup Hidrolik”, failure effect “Kontaminasi fluida”, potential cause “Filter oli rusak dan penggunaan oli bekas atau tidak sesuai spesifikasi”, dan current control “Penggunaan filter berkualitas, SOP penggantian filter & pengisian oli baru” adalah 504.

Analisis Fault Tree Analysis (FTA)

Analisa Pohon Kesalahan (FTA) digunakan untuk menganalisis setiap kerusakan secara khusus untuk menentukan sumber kegagalan.

a. Katup Hidrolik

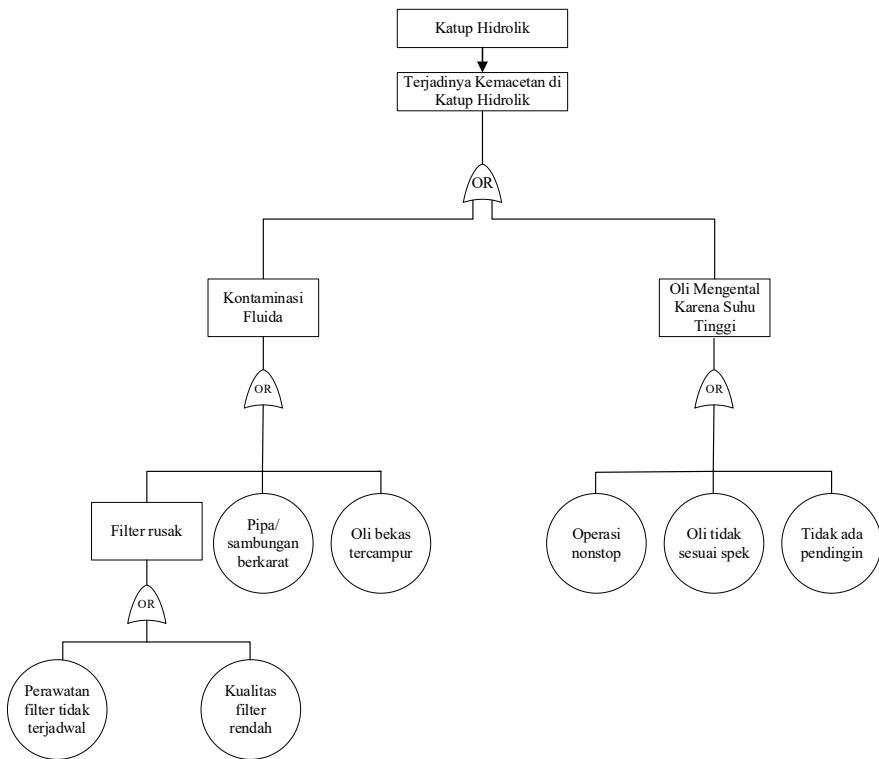
Katup Hidrolik berfungsi sebagai indikator bahwa ada masalah dalam katup dan aliran tidak lancar membuat proses terganggu, yang membutuhkan perhatian segera. Dengan diketahui sebelumnya di Metode FMEA. Katup Hidrolik memiliki beberapa indikator kerusakan yaitu Kontaminasi Oli dan Oli mengental karena suhu tinggi.

Kontaminasi Oli adalah terjadinya ketika zat asing masuk ke dalam sistem hidrolik dan merusak kinerja pada komponen katup hidrolik. Hal ini disebabkan oleh beberapa potensi sebagai berikut :

- Filter tidak berfungsi atau tidak diganti secara berkala.
- Pipa atau sambungan berkarat dari dalam.
- Penggunaan oli bekas atau oli tercampur.

Oli mengental karena suhu tinggi adalah oli yang terlalu panas akan kehilangan sifat pelumasnya dan mulai mengental atau bahkan membentuk luntur.

- Waktu pengoperasian mesin terlalu lama tanpa jeda.
- Oli tidak sesuai spesifikasi suhu kerja.
- Tidak adanya pendingin (cooler).



Sumber : Pengolahan Data (2025)

Gambar 4 Fault Tree Analysis (FTA).

Usulan Perbaikan 5W + 1H

Setelah dilakukannya analisis Fault Tree Analysis (FTA) penulis akan membuat usulan perbaikan untuk mesin Bending dengan akar permasalahan yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi, usulan perbaikan ini dilakukan berdasarkan hasil *Fault Tree Analysis* (FTA) dengan menggunakan metode 5W+1H berdasarkan komponen kerusakan pada mesin Bending.

What (Apa yang harus dilakukan)

- Perbaikan pada Katup Hidrolik dan Back Gauge.

Why (Mengapa dilakukan)

- Katup Hidrolik mengalami kerusakan akibat filter oli rusak, penggunaan oli bekas/tidak sesuai spesifikasi, dan tidak adanya pendingin.
- Back Gauge bermasalah karena pelumasan tidak rutin serta debu/serpihan logam menumpuk.

Where (Di mana dilakukan)

- Pada sistem hidrolik mesin bending (Katup Hidrolik).
- Pada mekanisme penggerak Back Gauge.

When (Kapan dilakukan)

- Dilakukan secara berkala sesuai jadwal preventive maintenance.

Who (Siapa yang melaksanakan)

- Teknisi dan operator mesin.

How (Bagaimana cara melaksanakannya)

- Mengganti filter oli secara rutin, menggunakan oli baru sesuai spesifikasi.
- Menambahkan pendingin (oil cooler) pada sistem hidrolik.
- Menyusun jadwal pelumasan rutin serta membersihkan jalur mekanisme dari debu/serpihan.
- Memberikan pelatihan teknis kepada operator mengenai prosedur pemasangan komponen dan pengecekan sensor.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data pada perawatan mesin Bending dengan menggunakan *metode Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) di PT XYZ yang telah diteliti, maka penulis dapat membuat beberapa kesimpulan :

- a. Terdapat 5 kerusakan pada mesin Bending periode September 2024 Februari 2025 yaitu Kerusakan Seal Silinder Hidrolik, Kerusakan katup Hidrolik, Kerusakan Back gauge, Kerusakan Sistem Kontrol, Kerusakan Pompa Hidrolik.
- b. Hasil dari analisis dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) bisa disimpulkan:
 - Pada komponen Seal Silinder Hidrolik dengan Failure mode “Kebocoran akibat keausan” dan “Goresan pada batang piston”. Mendapatkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi pada “Kebocoran akibat keausan” dengan nilai 280.
 - Pada komponen Katup Hidrolik dengan Failure mode “Kontaminasi oli” dan “Oli mengental karena suhu tinggi”. Mendapatkan nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi pada “Kontaminasi fluida” dengan nilai 504.
 - Pada komponen Back Gauge dengan Failure mode “Salah posisi akibat sensor rusak” dan ” Mekanisme penggerak aus”. Mendapatkan nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi pada ” Salah posisi akibat sensor rusak” dengan nilai 240.
- c. Hasil dari analisis dengan menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) bisa disimpulkan bahwa;
 - Komponen Katup Hidrolik Komponen Katup Hidrolik dengan Failure Mode “Kontaminasi oli” disebabkan oleh penggunaan filter oli yang rusak atau tidak diganti, serta penggunaan oli bekas atau tidak sesuai spesifikasi. Memungkinkan

partikel asing seperti serpihan logam terbawa ke dalam aliran fluida dan menyebabkan katup macet. Sehingga, kondisi tersebut berpotensi besar menimbulkan gangguan pada sistem pengaturan tekanan dan arah fluida, serta menghambat proses kerja mesin Bending secara keseluruhan.

- Komponen Komponen Katup Hidrolik dengan Failure Mode “Oli mengental karena suhu tinggi” disebabkan oleh waktu pengoperasian mesin yang terlalu lama tanpa jeda, penggunaan oli yang tidak sesuai dengan spesifikasi suhu kerja, serta tidak adanya pendingin (cooler) pada sistem hidrolik. Oli yang terlalu panas akan kehilangan sifat pelumasnya, mulai mengental, bahkan dapat membentuk kotoran kental di dalam sistem. Kondisi ini menyebabkan tekanan fluida menjadi tidak stabil dan mengganggu presisi gerakan komponen mesin, sehingga proses penekukan logam tidak berjalan optimal dan risiko kerusakan mesin meningkat.
- d. Usulan perbaikan dengan 5W+1H untuk mengurangi kerusakan Katup Hidrolik pada proses produksi pupuk sebagai berikut:
- Faktor penyebab dari manusia adalah kurang telitinya teknisi atau operator dalam pemasangan pelindung piston dan pengawasan kondisi sensor. Usulan perbaikan dilakukan dengan memberikan pelatihan teknis dan SOP pemeriksaan berkala, agar operator dapat menjalankan prosedur pemasangan dan pengecekan komponen dengan benar dan konsisten.
 - Faktor penyebab dari metode adalah belum adanya jadwal dan prosedur pelumasan yang terstruktur. Usulan perbaikannya adalah dengan menyusun jadwal pelumasan sistem mekanisme penggerak Back Gauge secara rutin, serta memastikan adanya pelindung debu dan kebersihan jalur pergerakan terjaga.
 - Faktor penyebab dari mesin adalah kerusakan pada filter oli dan tidak adanya pendingin. Usulan perbaikannya adalah dengan mengganti filter oli secara berkala, menambah pendingin (cooler) pada sistem hidrolik, serta melakukan monitoring suhu saat mesin beroperasi untuk mencegah oli terlalu panas.
 - Faktor penyebab dari material adalah penggunaan oli bekas atau tidak sesuai viskositasnya terhadap suhu kerja mesin. Usulan perbaikannya adalah dengan menggunakan oli baru yang sesuai standar spesifikasi suhu kerja, dan menghindari penggunaan kembali oli bekas demi menjaga kestabilan tekanan fluida dan memperpanjang umur komponen mesin.

DAFTAR REFERENSI

- Ariyanty, R. (2021). Penerapan metode FMEA dan FTA dalam mengidentifikasi penyebab kerusakan mesin vertical shaft pada PT. Prima Karya Manunggal Pangkep. *Penerapan Metode FMEA Dan FTA Dalam Mengidentifikasi Penyebab Kerusakan Mesin Vertical Shaft Pada PT. Prima Karya Manunggal Pangkep Tugas*, 10.
- Gunawan, C. V., & Tannady, H. (2016). Analisis kinerja proses dan identifikasi cacat dominan pada pembuatan bag dengan metode statistical process control (Studi Kasus: Pabrik Alat Kesehatan PT.XYZ, Serang, Banten). *J@Ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 11(1), 9–14. <https://doi.org/10.12777/jati.11.1.9-14>
- Hakim, A., Pratiwi, A. I., & Prasetyo, A. (2020). Usulan preventive maintenance dengan metode reliability centered maintenance untuk meminimalkan biaya perawatan mesin. *Industry Xplore*, 5(1), 26–33. <https://doi.org/10.36805/teknikindustri.v5i1.901>
- Hardono, J., Pratama, H., & Friyatna, A. (2019). Analisis cacat produk green tyre dengan pendekatan seven tools. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.30656/intech.v5i1.1462>
- Indrawan, R. A., & Al-faritsy, A. Z. (2025). Pengendalian kualitas brownies dengan metode FMEA dan FTA di UMKM Fudgy Brownies. 2(1), 20–26.
- Kurniawan, B. H., Yusuf, M., & Parwati, C. I. (2017). Evaluasi perawatan mesin dengan metode fault tree analysis (FTA) dan failure mode and effect analysis (FMEA) pada CV. Julang Marching. *Jurnal REKAVASI*, 5(2), 80–86. <https://journal.akprind.ac.id/index.php/rekavasi/article/view/267>
- Muhdor, M., Abdillah, H., & Sidik, M. (2023). Analisa pemeliharaan mesin bubut dengan fault tree analysis (FTA) dan failure mode and effect analysis (FMEA) di CV. Maja Teknik, Pandeglang. *Journal of Vocational Education and Automotive Technology*, 5(2), 174. <https://doi.org/10.31331/joveat.v5i2.2670>
- Nur, M. (2018). Analisis kecelakaan kerja dengan menggunakan metode FTA dan 5S di PT. Jingga Perkasa Printing. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 4(1), 55. <https://doi.org/10.24014/jti.v4i1.6038>
- Pasaribu, M. I., Ritonga, D. A. A., & Irwan, A. (2021). Analisis perawatan (maintenance) mesin screw press di pabrik kelapa sawit dengan metode failure mode and effect analysis (FMEA) di PT. XYZ. *JITEKH*, 9(2), 104–110. <https://doi.org/10.35447/jitekh.v9i2.432>
- Safira, S. D., & Damayanti, R. W. (2022). Analisis defect produk dengan menggunakan metode FMEA dan FTA untuk mengurangi defect produk (Studi Kasus: Garment 2 dan Garment 3 PT Sri Rejeki Isman Tbk). *Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC 2022, D03.1-D03.10*.
- Safytri, R., Suryatman Margana, A., & Sukamto, A. P. E. (2020). Analisis perbandingan kinerja mesin pendingin (chiller, cooling tower, dan air handling unit) sebelum dan sesudah maintenance di Transmart Buah Batu. *Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung*, 361–367.
- Sajiw, H. B., & Hariastuti, N. L. P. (2021). Analisis produktivitas menggunakan metode objective matrix (OMAX) dan fault tree analysis (FTA) di PT. Elang Jagad. *Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan I*, 1(1), 292–300.
- Sidik, J., Andalia, W., & Tamalika, T. (2023). 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.v2i2.16629>

Susilo, A., Rohimat, R. I., & Husniah, H. (2020). Analisis kegagalan operasional mesin chiller dengan metoda FTA dan FMEA. *Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 4(2), 19. <https://doi.org/10.32502/js.v4i2.2871>

Yemima, O., Nohe, D. A., & Novia Nasution, Y. (2014). Penerapan peta kendali demerit dan diagram pareto pada pengontrolan kualitas produksi (Studi Kasus: Produksi Botol Sosro di PT. X Surabaya). *Jurnal EKSPONENSIAL*, 5(2), 197–202.

Yolanda, M., Ekawati, Y., & Noya, S. (2023). Penerapan metode fault tree analysis untuk mencegah kegagalan pada departemen interior di PT X. *Jurnal Sains Dan Aplikasi Keilmuan Teknik Industri (SAKTI)*, 3(1), 49–58. <https://doi.org/10.33479/jtiumc.v3i1.49>