



# Identifikasi Perawatan Mesin Press Hidrolik dengan Menggunakan Metode FMEA dan FTA (Studi Kasus di Bengkel Cahaya Ilahi)

Jakpar Sidik<sup>\*‡</sup>, Winny Andalia<sup>\*\*</sup>, Tolu Tamalika<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>,<sup>\*\*</sup>,<sup>\*\*\*</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti, Palembang

(jakparsidik.js@gmail.com, winnyandalia@univ-tridinanti.ac.id, tolut@gmail.com)

<sup>‡</sup> Corresponding Author; Jakpar Sidik, Jl. Kapten Marzuki No. 2446 Kamboja, Palembang, Sumatera Selatan,

Tel: +62 895 224 2376, jakparsidik.js@gmail.com

*Diterima: 12.09.2022 Disetujui: 26.09.2022 Publikasi: 27.11.2022*

**Abstrak-** Selama ini bengkel cahaya ilahi belum mempunyai sistem perawatan sehingga membutuhkan waktu untuk mencari sumber masalah yang menjadi penyebab berkurangnya tekanan pada mesin Press. Penelitian ini membahas tentang identifikasi perawatan mesin hidrolik dengan menerapkan metode Failure Mode And Effect (FMEA) dan metode Fault Tree Analysis (FTA) sebagai pelengkap dalam penelitian ini. Karena dalam operasionalnya mesin sering mengalami kendala kurangnya tenaga pada mesin Press, kebocoran oli, bahkan mesin tidak berfungsi. Berdasarkan hasil yang diperoleh menggunakan metode FMEA, dapat diketahui bahwa komponen mesin Press yang memiliki RPN tertinggi yaitu Pompa yang mempunyai nilai RPN sebesar 192 dan Katup Kendali mempunyai nilai RPN sebesar 245, dan kemudian hasil pencarian akar masalah menggunakan metode FTA didapatkan 4 akar masalah yang dimana disebabkan oleh faktor yang sama yaitu Oli tidak diganti dan kelalaian pekerja. Kesimpulan yang diperoleh yaitu nilai RPN tertinggi terdapat pada pompa dan katup kendali, sehingga komponen tersebut yang menjadi prioritas dalam tindakan perbaikan. Berdasarkan analisa metode FTA penyebab sering terjadinya kerusakan pada mesin Press disebabkan oleh 2 faktor, yaitu Oli tidak diganti dan kelalaian pekerja.

**Kata Kunci :** tindakan perawatan, metode failure mode and effect analysis, penyebab dan akibat, metode fault tree analysis

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Perawatan atau maintenance pada sebuah mesin merupakan kegiatan yang sangat penting, karena setiap mesin atau peralatan diharapkan dapat bekerja secara maksimal. Perawatan pada merupakan kegiatan menjaga atau memelihara suatu komponen pada mesin dan melakukan perbaikan atau penggantian komponen mesin dengan tujuan agar mesin dapat bekerjasecara optimal. Bengkel Cahaya Ilahi bergerak di bidang jasa, yaitu pengelasan dan pembuatan mesin Press hidrolik. Mesin Press hidrolik adalah sebuah mesin penekan yang bekerja dengan cara memanfaatkan tekanan yang diberikan pada cairan untuk menekan dan membentuk.

Karena seringkali terjadi kerusakan pada mesin Press hidrolik akibat kelalaian pengguna dan faktor usia yang mengakibatkan keausan pada part-part mesin tersebut. Perawatan dibutuhkan untuk menjaga performa mesin agar tetap berfungsi dengan baik, serta memperkecil resiko kerusakan yang akan terjadi pada mesin. Oleh sebab itu perawatan atau penggantian part-part yang rusak sangat diperlukan.

### 1.2 Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan ialah kumpulan aktifitas yang bertujuan untuk menjaga dan memelihara fasilitas dan peralatan agar selalu dalam kondisi siap pakai, untuk melaksanakan pemakaian secara efektif dan efisien

sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan dan Yunani adalah istilah dari perawatan atau maintenance yang artinya ialah memelihara, merawat, dan menjaga. Perawatan adalah sebuah sistem yang terdiri dari beberapa elemen berupa perencanaan perawatan (*method*) komponen atau sparepart (*material*) pelaku pemeliharaan (*man power*) fasilitas (*machine*).

Menurut [1] tujuan perawatan yaitu:

- Pemperpanjang umur pakai fasilitas.
- Menjaga ketersediaan dari fasilitas.
- Menjaga keselamatan pekerja dan fasilitas.
- Menjaga mesin agar dapat sesuai dengan fungsinya.

Menurut [2] perawatan terbagi menjadi dua jenis yaitu:

- (*Planned Maintenance*) Perawatan yang telah direncanakan.
- (*Unplanned maintenance*) Perawatan yang tidak direncanakan atau mendadak.

### 1.3 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA adalah metode yang sering digunakan untuk mengidentifikasi, mengklasifikasikan, dan menganalisis sebuah risiko yang akan muncul [3]. Sebagai salah satu teknik analisis, standar internasional merekomendasikan pemakaian metode FMEA. Dengan memakai metode ini, perusahaan dapat mengidentifikasi risiko kegagalan yang dapat mempengaruhi fungsi, serta mencari penyebab kegagalan agar dapat mencegah kegagalan terjadi, serta mencari efek dari kegagalan tersebut [4].

Untuk meningkatkan keamanan dan keandalan sistem pemakaian metode FMEA menjadi salah satu metode yang efektif dan banyak digunakan oleh berbagai bidang [5]. Dalam metode FMEA secara umum mengidentifikasi tiga hal yaitu:

- Penyebab kegagalan
- Efek atau dampak yang ditimbulkan
- Tingkat kekritisan efek kegagalan [6]

Ada tiga hal yang dapat membantu dalam menentukan nilai prioritas pada FMEA yaitu:

- Frekuensi (*Occurrence*)
- Tingkat kerusakan (*Severity*)
- Tingkat deteksi (*Detection*)

Dalam FMEA, dapat dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). RPN merupakan hasil dari keparahan (S), seberapa sering (O), dan deteksi (D) dan dihitung menggunakan rumus [7] untuk menentukan tingkat prioritas dari suatu kegagalan.

Rumus perhitungan pada FMEA ini yaitu:

$$RPN = S \times O \times D \quad (1)$$

Keterangan:

S = *Severity* (Keparahan)

berdasarkan (fungsi dan kualitas). Tersebut dalam bahasa O = *Occurance* (Seberapa sering)D = *Detection* (Tingkat deteksi)

RPN = *Risk Priority Number* (Nilai risiko prioritas)

### 1.4 Fault Tree Analysis

*Fault tree analysis* atau FTA dapat diartikan sebagai metode analisis, yang bertujuan untuk menganalisis lingkungan dan operasi sehingga dapat menemukan solusi dari masalah-masalah yang muncul. FTA merupakan sebuah metode yang bertujuan untuk menganalisa kegagalan dari suatu sistem, kegagalan dari gabungan beberapa sub-sistem dan juga kegagalan komponen [8]. FTA juga merupakan sebuah model grafis yang terdiri dari beberapa gabungan kesalahan (*fault*) secara berurutan dan paralel yang mungkin menjadi penyebab awal dari *failure event* [9].

Menurut [10] langkah-langkah untuk menggunakan FTA adalah sebagai berikut:

- Menentukan sebuah kejadian paling awal.
- Menetapkan batasan-batasan pada FTA.
- Periksa sistem untuk mengetahui hubungan berbagai elemen pada satu dengan yang lainnya dan kejadian paling awal.
- Buat pohon kesalahan dan mulai dari kejadian paling awal dan bekerja ke arah bawah.
- Analisis pada pohon kesalahan untuk mengidentifikasi cara dalam mengatasi kejadian yang mengarah pada kegagalan.
- Untuk mencegah kegagalan persiapkan rencana tindakan perbaikan.

Menurut [11] simbol – simbol yang digunakan dalam FTA adalah sebagai berikut:

**Tabel 1.** Simbol Dalam FTA

Simbol	Arti
	Gerbang AND Gerbang logika yang dimana <i>output event</i> akan munculnya hanya saat semua <i>input event</i> telah muncul.
	Gerbang OR Gerbang logika yang di mana <i>output event</i> akan muncul jika salah satu ada <i>input event</i> telah muncul.
	Resultan event Event kegagalanyang berasal dari <i>output gerbang</i> logika.
	Basic event Event yang paling dasar dan independe di mana mewakili kegagalan dasar dari komponen.
	Incomplete event Sebuah event yang belum selesai dikembangkan atau oleh karena kurang pentingnya dalam proses analisis.
	Transfer-in dan transfer-out Digunakan sebagai penghubung di lembaran yang berbeda.
	Conditional event Sebuah kondisi atau pembatasan pada gate logika.
	Normal event Event yang bukan merupakan sebuah kegagalan.

1.5 Cause and Effect Diagram (Fishbone Diagram)

Diagram *Fishbone* atau biasa disebut sebagai diagram tulang ikan adalah diagram yang sering digunakan untuk *menampilkan* hubungan antara sebab dan akibat, sehingga sering juga disebut sebagai diagram sebab dan akibat. Berikut adalah beberapa manfaat menggunakan diagram *fishbone* antara lain:

1. Bisa menggambarkan kondisi yang sesungguhnya dalam perbaikan kualitas jasa atau produk, dan juga menjadi lebih efisien dalam penggunaan sumber daya, serta dapat mengurangi biaya.
2. Bisa menghilangkan atau mengurangi kondisi yang dapat menjadi penyebab ketidaksesuaian pada produk atau jasa serta keluhan pelanggan.
3. Bisa membuat suatu standarisasi operasi yang sudah ada maupun yang telah direncanakan.
4. Bisa memberikan pelatihan atau pendidikan bagi karyawan dalam menentukan kegiatan pembuatan keputusan dan melakukan tindakan perbaikan.

1. Metode

2.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Bengkel Cahaya Ilahi beralamat Jl. Husin Basri Lr.Tritunggal RT.02 RW. 01 Kel. Sukamulya Kec. Sematang Borang.

2.2 Teknik Pengumpulan data

- Wawancara
- Study Pustaka

2.3 Metode analisa data

Pada tahap ini, peneliti melakukan pengolahan data berupa informasi-informasi yang telah didapat mengenai kerusakan pada mesin *Press*. Dalam penelitian ini menggunakan metode FMEA dan FTA.

2.4 Langkah-Langkah Penelitian

1. Studi Literatur

3.3 Data Historis Perbaikan Pada Mesin *Press*

Data di bawah ini merupakan data perbaikan dari komponen mesin *press*.

**Tabel 4.** Data Historis Perbaikan Komponen Mesin *Press*

No Mesin	Komponen Pompa	Selang	Katup Kendali	Hidrolik
----------	----------------	--------	---------------	----------

1. Analisa Fungsi Dan Kegagalan Fungsi

Analisa terhadap komponen yang terkendala, penjelasan fungsi serta efek/dampak dari kegagalan fungsi dari komponen-komponen tersebut.

**Tabel 5.** Analisa Fungsi dan Kegagalan Fungsi

2. Studi Lapangan
3. Identifikasi Masalah dan Perumusan Masalah.
4. Pengumpulan data
5. Analisis menggunakan metode FMEA dan FTA
6. Analisa hasil dan pembahasan
7. Kesimpulan dan Saran

2. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Spesifikasi Mesin *Press*

Berikut ini merupakan data spesifikasi dari mesin *Press* yang merupakan mesin yang akan diteliti.

**Tabel 2.** Data Spesifikasi Mesin *Press*

No Mesin	Tipe Mesin	Tekanan Max	Tahun Pembelian
1	<i>Press</i> Kaleng Hidrolik	3000 psi	2013
2	<i>Press</i> Kaleng Hidrolik	3000 psi	2014
3	<i>Press</i> Kaleng Hidrolik	3000 psi	2016
4	<i>Press</i> Kaleng hidrolik	3000 psi	2017

3.2 Komponen Mesin *Press*

Berikut ini adalah komponen yang menyusun mesin *press*. Komponen di bawah ini yang akan dicari penyebab dan akibat dari kerusakan yang terjadi.

**Tabel 3.** Komponen Mesin *Press*

No	Komponen
1	Pompa
2	Selang
3	Katup Kendali
4	Hidrolik

1	1	-	1	4
2	-	-	1	3
3	-	-	1	3
4	-	-	-	1
Total	1	0	3	11

3.4 Hasil Analisis Data

No	Nama Komponen	Fungsi	Kegagalan Fungsi
1	Pompa	Menyedot dan menyalurkan oli	Oli tidak tersalurkan secara maksimal
2	Selang	Tempat saluran oli	Oli tidak tersalurkan

3	Katup Kendali	Mengatur arah saluran oli	Oli tidak dapat diarahkan
4	Hidrolik	Sebagai penekan saat terjadi pengepressan	Berkurangnya tekanan

## 2. Analisa Karakteristik Kegagalan

Analisa karakteristik kegagalan komponen pada mesin Press serta akibat yang dapat ditimbulkan dari kegagalan tersebut.

No	Nama Komponen	Karakteristik Kegagalan	Akibat Yang Ditimbulkan
1	Pompa	Pompa lemah atau rusak	Oli tidak dapat tersalurkan secara maksimal
2	Selang	Selang bocor atau pecah	Oli tidak tersalurkan
3	Katup Kendali	Katup kendali rusak	Oli tidak dapat diarahkan
4	Hidrolik	Hidrolik bocor	Kurangnya tekanan

## 3. Analisa Causes Atau Penyebab

Kegagalan Berikut ini merupakan penyebab dari kegagalan fungsi dari komponen-komponen tersebut.

**Tabel 7.** Analisa Causes atau Penyebab Kegagalan

No	Nama Komponen	Causes/Penyebab
1	Pompa	Oli kotor
2	Selang	Tekanan berlebih
3	Katup kendali	Oli kotor
4	Hidrolik	Tekanan berlebih

## 4. Analisa Tingkat Severity

Analisa tingkatan seberapa serius kondisi akibat keparahan/severity yang terjadi menurut karakteristik kerusakan. Nilai/ Skala yang digunakan adalah nilai 1 (kondisi terbaik) sampai 10 (kondisi terburuk) [12].

**Tabel 8.** Tingkatan Severity

Tingkatan	Kriteria
-----------	----------

1	Dampak yang timbul tidak berpengaruh dan bisa diabaikan.
3	Menimbulkan dampak yang sangat kecil.
5	Kegagalan yang sedikit mengganggu.
6	Kegagalan yang mempengaruhi kualitas produk.
7	Kegagalan yang memerlukan sedikit perbaikan.
8	Kegagalan mempunyai dampak yang tinggi.
9	Kegagalan mempunyai dampak yang dapat berpengaruh pada kegunaan dan fungsi produk.
10	Kegagalan mempunyai dampak yang bisa menyebabkan kerusakan total.

Dari penilaian kriteria severity sesuai tabel 8 kita dapat menentukan nilai severity dari kegagalan fungsi mesin Press adalah sebagai berikut:

**Tabel 9.** Tingkat Severity Komponen Mesin Press

No	Nama Komponen	Mode Kerusakan	Tingkatan
1	Pompa	Pompa rusak atau lemah	8
2	Selang	Selang bocor atau pecah	9
3	Katup Kendali	Katup Kendali rusak	7
4	Hidrolik	Hidrolik bocor	6

## 5. Analisa Tingkat Occurance

Analisa tingkatan occurrence atau seberapa sering kegagalan terjadi pada mesin Press dengan nilai 1 (permasalahan yang jarang terjadi) sampai 10 (permasalahan yang sering terjadi).

**Tabel 10.** Tingkatan Occurance

Tingkat	Kriteria Occurance	No. Dari kegagalan
1	Tidak mungkin terjadinya kegagalan	<1 per 1.000
2		1 per 900
3	Sangat jarang terjadi kegagalan	1 per 800
4		1 per 700
5	Kegagalan hanya terjadi sesekali	1 per 600
6		1 per 500
7	Kegagalan yang terjadi secara berulang di area yang sama	1 per 300
8		1 per 150
9	Kegagalan yang berulang	1 per 50
10		1 per 5

Dari tingkatan occurance seperti pada tabel 10, maka kita dapat menentukan tingkat occurance atau seberapa sering terjadinya kegagalan pada komponen mesin Press.

**Tabel 11.** Analisa Tingkat Occurance Komponen Mesin Press

No	Nama Komponen	Tingkat Occurance
1	Pompa	4
2	Selang	3
3	Katup Kendali	5
4	Hidrolik	7

#### 6. Analisa Tingkat *Detection*

Analisa terhadap tingkatan deteksi penyebab suatu kesalahan yang terjadi. Pada tahap ini nilai yang digunakan adalah 1 (sistem dengan cepat dan akurat bisa menunjukkan kegagalan yang terjadi) sampai 10 (tidak ada alat kontrol yang bisa mendeteksi kegagalan).

**Tabel 12.** Tingkatan *Detection*

Deteksi	Kriteria	Tingkat
Hampir pasti	Kegagalan tidak akan terjadi karena di cegah oleh sistem melalui desainsolusi	1
Sangat tinggi	Sangat tinggi dalam Mendeteksi kegagalan	2
Tinggi	Kemampuan dalam mendeteksi tinggi	3
Agak tinggi	Kemampuan dalam mendeteksi agak tinggi	4
Sedang	Kemampuan dalam mendeteksi sedang	5
Rendah	Kemampuan dalam mendeteksi rendah	6

Sangat rendah	Kemampuan dalam mendeteksi sangat rendah	7
Sulit	Sulit untuk mendeteksi kegagalan	8
Sangat sulit	Sangat sulit untuk Mendeteksi kegagalan	9
Hampir tidak mungkin	Kegagalan tidak dapat dideteksi dengan cara apapun	10

Dari tingkatan deteksi seperti pada tabel 12 kita dapat menuntukan tingkatan deteksi kerusakan pada komponen mesin Press.

**Tabel 13.** Tingkat *Detection* Komponen Mesin Press

No	Nama Komponen	Tingkat Deteksi
1	Pompa	6
2	Selang	3
3	Katup Kendali	7
4	Hidrolik	3

#### 7. Identifikasi Nilai Risiko Prioritas

Dan dari tahap ini dapat teridentifikasi suatu nilai risiko prioritas (RPN). Rumus perhitungan pada FMEA ini diambil dari Persamaan (1).

$$\text{Pompa} = 8 \times 4 \times 6 = 192$$

$$\text{Selang} = 9 \times 3 \times 3 = 81$$

$$\text{Katup Kendali} = 7 \times 5 \times 7 = 245$$

$$\text{Hidrolik} = 6 \times 7 \times 3 = 126$$

**Tabel 14.** FMEA Worksheet Pada Komponen Mesin Press

N	komponen	Mode kerusakan (Failure Mode)	S	Penyebab (Causes)	O	Kegagalan Fungsi	D	RP N
1	Pompa	Pompa rusak atau lemah	8	Oli kotor	4	Oli tidak tersalurkan secara maksimal	6	192
2	Selang	Selang bocor atau pecah	9	Tekan berlebih	3	Oli tidak tersalurkan	3	81
3	Katup Kendali	Katup rusak	7	Oli kotor	5	Oli tidak dapat diarahkan	7	245

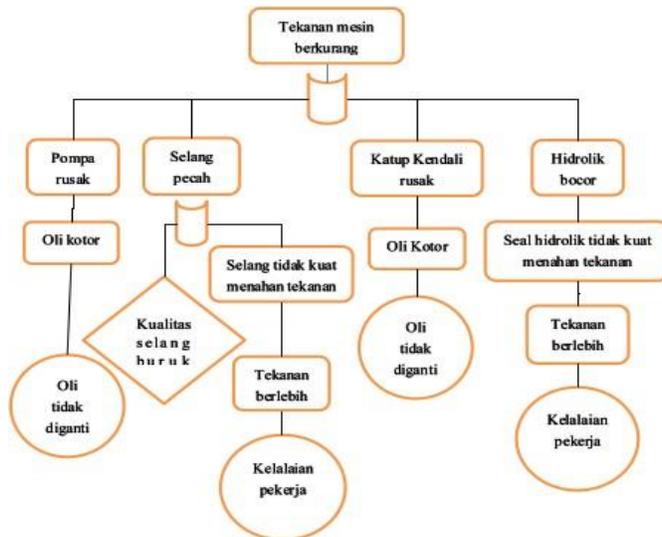
4	Hidrolik	Hidrolik Bocor	6	Tekananan berlebih	7	Berkurangnya tekanan	3	126
---	----------	----------------	---	--------------------	---	----------------------	---	-----

Berdasarkan data pada tabel 14 maka dapat dilihat bahwa kerusakan yang harus mendapatkan perhatian khusus atau komponen kritis dari mesin Press berdasarkan nilai RPN tertinggi yaitu kerusakan Pompa dan Katup Kendali. Komponen kritis ini di prioritaskan dalam tindakan perbaikan.

### 3.5 Fault Tree Analysis

Fault Tree Analysis digunakan untuk mengenali akar dari penyebab permasalahan sehingga menyebabkan kerusakan pada komponen mesin Press.

Berdasarkan hasil pencarian akar masalah seperti pada gambar 1 didapatkan 4 akar masalah yang dimana disebabkan oleh faktor yang sama yaitu:



**Gambar 1.** FTA Pada Mesin Press

1. Oli tidak diganti.
2. Kelalaian pekerja.

Dari akar permasalahan di atas maka dapat kita buat solusi pencegahannya yaitu:

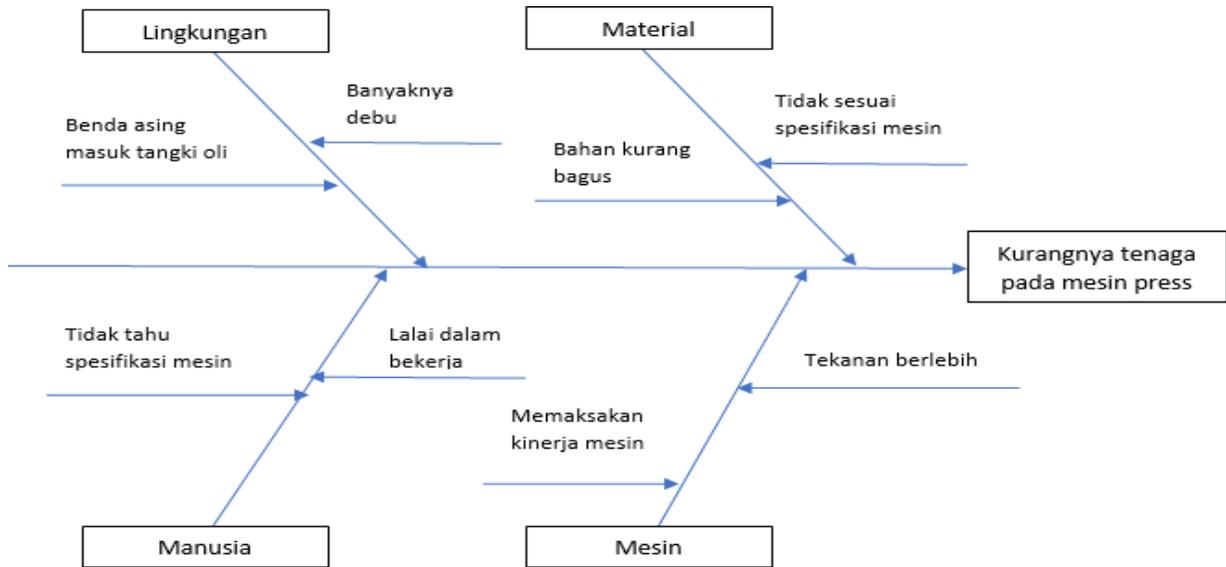
1. Selalu cek kualitas oli minimal 2 bulan sekali, jika kualitas oli sudah memburuk segera lakukan pergantian.
2. Pastikan terus para pekerja untuk melihat pengukur tekanan saat sedang menggunakan mesin.

### 3.6 Diagram Fishbone

Analisa dengan menggunakan Diagram Fishbone digunakan untuk mengidentifikasi apa saja faktor yang dapat memicu terjadinya kerusakan terhadap komponen-komponen mesin Press. Dari Diagram Fishbone diatas dapat diketahui faktor penyebab yang mempengaruhi terjadinya kerusakan pada mesin Press

adalah sebagai berikut :

1. Lingkungan menjadi salah satu faktor penyebab kerusakan karena dapat mempengaruhi kondisi pekerja.
2. Material dapat menjadi penyebab kerusakan apabila bahan yang digunakan tidak sesuai dengan spesifikasi mesin atau bahan yang digunakan kurang bagus.
3. Manusia dapat menjadi penyebab kerusakan karena menjalankan mesin secara berlebih dan tidaksesuai spesifikasi mesin.
4. Mesin bisa menjadi penyebab kerusakan karna pemakaian secara terus menerus atau karena usia mesin.



**Gambar 2.** Diagram *Fishbone* Pada Mesin Press

### 3. Kesimpulan

1. Berdasarkan analisa metode FMEA yang berpacu pada angka nilai *Risk Priority Number* (RPN) sehingga dapat ditentukan komponen yang paling kritis atau yang perlu dan diprioritaskan dilakukannya tindakan perbaikan. Berdasarkan perhitungan nilai RPN tertinggi maka komponen yang menjadi prioritas dalam tindakan perbaikan yaitu komponen Pompa yang mempunyai nilai RPN sebesar 192 dan Katup Kendali mempunyai nilai RPN sebesar 245.
2. Berdasarkan analisa metode FTA penyebab sering terjadinya kerusakan pada mesin Press disebabkan oleh 2 faktor, yaitu :
  1. Oli kotor tidak diganti
  2. Pekerja menjalankan mesin melebihi batas tekanan yang dianjurkan

#### Daftar Pustaka

- [1] Dyadem Press, Guidelines for Failure Mode and Effects Analysis for Automotive, Aerospace and General Manufacturing Industries Or Otherwise Use These Guidelines And Return It With To The Place Of Purchase Within 15 Days Of Delivery For A Full Refund, Vol. 1. 2003.
- [2] H. Bakhtiar, A., Sembiring, J. I., & Suliantoro, "Analisis Penyebab Kecacatan Dengan

Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Dan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Di PT . Alam Daya Sakti Semarang," J. Ilm. Tek. Ind., vol. 6, no. 2, pp. 95– 170, 2018.

- [3] H. Munawir and D. Yunanto, "Analisa Penyebab Kerusakan Mesin Sizing Baba Sangyo Kikai Dengan Metode Fmea Dan Lta (Studi Kasus Di Pt Primatexco Indonesia)," Semin. Nas. IENACO, pp. 296–302, 2014.
- [4] J. Piątkowski and P. Kamiński, "Risk assessment of defect occurrences in engine piston castings by FMEA method," Arch. Foundry Eng., vol. 17, no. 3, pp. 107–110, 2017, doi: 10.1515/afe-2017-0100.
- [5] N. Ansori and M. I. Mustajib, "Sistem perawatan terpadu," Yogyakarta Graha Ilmu, pp. 24–32, 2013.
- [6] N.A. Wessiani and S.O. Sarwoko, "Risk Analysis Of Poultry Feed production Using Fuzzy FMEA,"

Industrial Engineering and Service Science, pp.270-281, 2015.

- [7] R. A. Valencia, "Penentuan Keputusan Pemeliharaan Mesin Gulung di PT. E-T-A dengan Reliability Centered Maintenance (RCM)," Bachelor thesis, Petra Christian University, 2010.
- [8] R. Y. Hanif, H. S. Rukmi, and S. Susanty, "Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury di PT.X dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA)," J. Online Inst. Teknol. Nas. Juli, vol. 03, no. 03, pp. 137–147, 2015.
- [9] S. H. Mirghafouri, F. A. Ardakani and F. Azizi, "Developing a Method For Risk Analysis In Tile And Ceramic Industri Using Failure Mode And Effect Analysis by data Envelopment Analysis," Irian Journal of Management Studies (IJMS), pp. 329-349, 2014.
- [10] S. Prawirosentono, "Buku Manajemen Operasi," Jakarta Bumi Aksara, 2009.
- [11] T. T. Pyzdek, "The Six Sigma Handbook Panduan Lengkap Untuk Green Belts dan Manager Pada Semua Tingkat," Jakarta Salemba Empat, 2002.
- [12] W. Wang, X. Liu, Y. Qin, and Y. Fu, "A Risk Evaluation and Prioritization Method for FMEA with Prospect Theory and Choquet Integral," Safety Science, 110, 152-163, 2018.