

## Penilaian Risiko Kegagalan *Gantry Crane* Menggunakan *Failure Mode Effect and Analysis (FMEA)* dan *Fishbone Diagram*

Nurul Faridah Qurratuláini<sup>1</sup>, Mades Darul Khairansyah<sup>1\*</sup> dan Haidar Natsir Amrullah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

\*E-mail: [mades@ppns.ac.id](mailto:mades@ppns.ac.id)

### Abstrak

*Gantry crane* adalah alat bantu utama untuk mengangkat dan memindahkan beton pada proses produksi beton di perusahaan manufaktur yang beroperasi selama 24 jam per hari. Penggunaan alat bantu *gantry crane* secara terus-menerus dapat menyebabkan kegagalan komponen sehingga menghambat proses produktivitas. Menurut data kegagalan komponen yang dimiliki perusahaan diketahui bahwa *gantry crane* mengalami kegagalan sebanyak 73 kali dari tahun 2021 hingga 2023. Tujuan penelitian ini melakukan analisis kegagalan pada *gantry crane* untuk mengurangi risiko bahaya apabila terjadi kegagalan beroperasi. Maka dari itu, diperlukan analisis kegagalan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan *Fishbone Diagram*. Metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan dan mengetahui nilai *Risk Priority Number (RPN)* pada komponen *gantry crane* sedangkan *fishbone diagram* untuk menemukan kemungkinan penyebab masalah atau faktor-faktor berdasarkan komponen dengan RPN tertinggi yang dapat mempengaruhi masalah dan mempermudah dalam menentukan rekomendasi. Penyusunan metode FMEA didapat bahwa komponen pada *gantry crane* yang memiliki nilai RPN tertinggi adalah *motor hoist* dengan mode kegagalan *bearing aus* diperoleh nilai RPN sebesar 120. Setelah itu, berdasarkan komponen dengan RPN tertinggi tersebut dianalisis lebih lanjut menggunakan *fishbone diagram* dan ditemukan 8 faktor yang menjadi akar penyebab *bearing aus* pada *motor hoist*. Faktor-faktor tersebut adalah *man, method, machine, materials, measurements, management, maintenance, dan environment*.

**Kata Kunci:** *Failure Mode and Effect Analysis, Fishbone Diagram, Gantry crane, RPN*

### Abstract

*Gantry crane is the primary tool for lifting and moving concrete in the concrete production process at a manufacturing company that operates 24 hours per day. Continuous use of gantry crane can lead to component failures, thereby hindering productivity. Based on the component failure data owned by company it is known that gantry crane has failed 73 times from 2021-2023. This research aims to analyse failures in gantry crane to reduce the risk of operational failures. Therefore, a failure analysis is needed using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fishbone Diagram methods. The FMEA method is used to identify failures and calculate the Risk Priority Number (RPN) for gantry crane components, while the fishbone diagram is used to find potential causes or factors based on components with the highest RPN that could affect issues and facilitate recommendations. According to the FMEA method, the component of the gantry crane with the highest RPN is the hoist motor, specifically due to the failure mode of worn bearings, which obtained an RPN value of 120. After that, based on this component with the highest RPN, further analysis was conducted using a fishbone diagram, revealing 8 factors that are root causes of bearing wear in the hoist motor. These factors are man, method, machine, materials, measurements, management, maintenance, and environment.*

**Keywords:** *Failure Mode and Effect Analysis, Fishbone Diagram, Gantry Crane, RPN*

## 1. PENDAHULUAN

Perusahaan beton adalah salah satu perusahaan yang bergerak pada sektor industri manufaktur pembuatan beton. Perusahaan manufaktur ini menghasilkan produk beton *pre-cast* yang dibagi menjadi 2 yaitu produk *pre-cast* putar dan non putar. Dalam kegiatan produksi beton, perusahaan ini beroperasi selama 24 jam untuk memenuhi target pemesanan konsumen. Hal tersebut mengakibatkan alat dan mesin yang digunakan dalam proses produksi rentan terjadi kegagalan komponen yang dapat menghambat proses produksi. Penyebab penurunan kinerja mesin disebabkan oleh kondisi pengoperasian yang dilakukan secara terus-menerus (Syarifuddin & Putra, 2021).

Dalam proses produksi beton, salah satu alat dan mesin yang digunakan adalah *gantry crane*. *Gantry crane* adalah salah satu jenis *crane* portal berkaki tegak untuk mengangkat benda dengan menggunakan *hoist* yang dipasang di sebuah troli *hoist* dan dapat bergerak secara horizontal pada rel atau sepasang rel yang dipasang di bawah balok (Razaq & Hamzah, 2018). Sistem kerja dilengkapi dengan *trolley* yang membawa barang dimana beban dihubungkan ke *trolley* melalui *wire rope* (Aulia, 2018). *Gantry crane* merupakan salah satu alat bantu utama proses produksi beton yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan cetakan beton *pre-cast* maupun material lain seperti besi dan *bucket*.

Alat berat ini telah dilakukan upaya perawatan oleh perusahaan dengan menerapkan sistem pemeliharaan yang bersifat preventif atau terjadwal (*preventive maintenance*) dan korektif (*corrective maintenance*), tetapi berdasarkan data perusahaan dari tahun 2021 hingga 2023 dan kenyataan di lapangan ditemukan 73 kerusakan atau kegagalan pada fungsi komponen *gantry crane*. Kegagalan atau kerusakan pada komponen *gantry crane* berpeluang menjadi potensi bahaya bagi pekerja yang berada di sekitar area produksi. Potensi bahaya yang tidak dapat dikendalikan dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja.

Dari permasalahan di atas perlu dilakukan analisis kegagalan komponen pada *gantry crane* menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *fishbone diagram* agar proses produksi tidak terhambat dan mengurangi bahaya dari kegagalan komponen yang berisiko kecelakaan kerja (Putri dkk., 2023). Penggabungan kedua metode tersebut juga telah diterapkan Tanuwijaya dan Sukania (2021) membahas terkait mengenai identifikasi kegagalan fungsi, penyebab dan akibat kerusakan mesin produksi *steel* di bidang manufaktur. Terdapat perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini yaitu terletak dari objek dan lokasi penelitian. Hasil observasi dan wawancara menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian terdapat berbagai faktor yang menyebabkan permasalahan terjadi, diantaranya adanya faktor dari tenaga kerja, metode, material, manajemen, dan lingkungan kerja.

Menurut Soler, A et al (2020), untuk mengetahui tingkat keparahan, kejadian, dan deteksi munculnya kegagalan komponen maka dapat menggunakan metode FMEA. Tujuan penggunaan FMEA pada penelitian ini memudahkan dalam mengidentifikasi mode kegagalan dari *gantry crane* dan mengetahui tingkat risiko kegagalan (Situngkir dkk., 2019). Hasil dari metode FMEA yang memiliki RPN tertinggi akan dianalisis lebih lanjut menggunakan *fishbone diagram* untuk mencari penyebab dasar kegagalan komponen. *Fishbone diagram* adalah salah satu metode analisis akar penyebab yang dapat mengorganisir dan memisahkan akar penyebab berdasarkan faktor (Monoarfa dkk., 2021). Diagram ini akan menguraikan faktor yang menjadi penyebab dari konsekuensi masalah (Felia & Wiwik, 2022). Penggunaan metode *fishbone diagram* akan membantu peneliti dalam mengidentifikasi penyebab masalah atau faktor-faktor yang mempengaruhi kegagalan komponen sehingga mempermudah dalam menentukan rekomendasi yang tepat sesuai dengan hierarki pengendalian.

## 2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *fishbone diagram*, dimana dimulai dengan pembuatan *Functional Block Diagram* (FBD) untuk mempermudah penyusunan FMEA. *Functional Block Diagram* (FBD) adalah suatu diagram yang menggambarkan hubungan dan aliran kerja antar fungsi komponen sehingga dapat memperjelas tahapan proses kerja dari suatu sistem atau peralatan (Marimin & Zulna, 2022). Kemudian dapat dilanjutkan dengan penyusunan FMEA untuk menentukan prioritas kegagalan komponen. Penelitian ini dilakukan dengan bantuan *expert judgement* yang terdiri dari *inspector* HSE, supervisor mekanik, dan operator *gantry crane*. Menurut Sari dkk. (2022), penilaian *expert judgement* adalah suatu penilaian dari pertimbangan atau pendapat kepada ahli untuk membantu memperkuat dalam menentukan hasil penelitian. Pemilihan *expert judgement* dalam penelitian ini telah memenuhi kriteria berdasarkan pengalaman dan pengetahuan dalam menerangkan tentang komponen *gantry crane* serta membantu memeriksa penilaian risiko kegagalan *gantry crane*.

### 2.1 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

FMEA adalah teknik analisa identifikasi bentuk kegagalan potensi yang mungkin menyebabkan kegagalan fungsi dan menentukan tingkat prioritas risiko kegagalan (Sukania & Wijaya, 2022). Tujuan penggunaan FMEA adalah mengevaluasi penyebab dari mode kegagalan dimana dampak mode kegagalan juga dievaluasi untuk menentukan tindakan dalam mengurangi risiko kegagalan komponen. Dari FMEA akan ditemukan *function*, *function failure*, *failure mode*, dan *failure effect* (Moubray, 1997). FMEA menggunakan 3 faktor seperti tingkat keparahan atau kerusakan (*severity*), frekuensi kegagalan yang terjadi (*occurrence*), dan tingkat deteksi (*detection*) dalam menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN) (Ericson, 2005).

Rumus RPN:

$$RPN = S \times O \times D$$

Dalam penentuan nilai SOD dapat melihat Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

**Severity**

**Tabel 1.** Tingkat *Severity*

Nilai	<i>Criteria of Severity Effect</i>
1	Tidak ada efek
2	Tidak terdapat efek dan pekerja tidak menyadari adanya masalah
3	Tidak terdapat efek dan pekerja menyadari adanya masalah
4	Perubahan fungsi dan banyak pekerja menyadari adanya masalah
5	Mengurangi kenyamanan fungsi penggunaan
6	Kehilangan kenyamanan fungsi penggunaan
7	Pengurangan fungsi utama
8	Kehilangan fungsi utama
9	Masalah keamanan pada fitur utama dan peringatan dipicu
10	Masalah keamanan dan mesin tidak bekerja sama sekali

Sumber: Wang, 2009

**Occurrence**

**Tabel 2.** Tingkat *Occurrence*

Nilai	<i>Probability of Occurrence</i>
1	1 kali dalam > 10000 jam operasi mesin
2	1 kali dalam 10000 jam operasi mesin
3	1 kali dalam 6000 jam operasi mesin
4	1 kali dalam 3000 jam operasi mesin
5	1 kali dalam 2000 jam operasi mesin
6	1 kali dalam 1000 jam operasi mesin
7	1 kali dalam 400 jam operasi mesin
8	1 kali dalam 100 jam operasi mesin
9	1 kali dalam 10 jam operasi mesin
10	1 kali dalam 2 jam operasi mesin

Sumber: Wang, 2009

**Detection**

**Table 3.** Tingkat *Detection*

Nilai	<i>Detection Design Control</i>
1	Pasti terdeteksi
2	Sangat mungkin dideteksi
3	Kemungkinan dapat dideteksi
4	Besar kemungkinan akan ditemukan
5	Peluang sedang untuk ditemukan
6	Kecil kemungkinannya untuk terdeteksi
7	Sangat tidak mungkin terdeteksi
8	Probabilitas rendah dan sulit dideteksi
9	Probabilitas sangat rendah dan sangat sulit untuk dideteksi
10	Tidak mampu terdeteksi

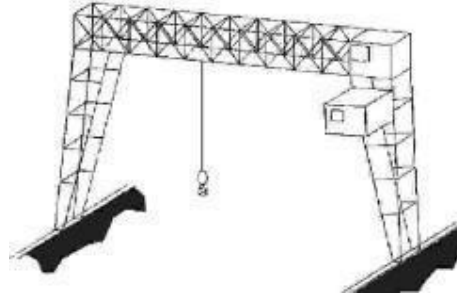
Sumber: Wang, 2009

**2.2 Fishbone Diagram**

*Fishbone diagram* atau bisa disebut diagram tulang ikan (bentuknya mirip dengan kerangka ikan) adalah suatu instrumen yang digunakan untuk analisa sebab-akibat dan mengidentifikasi keterkaitan dari penyebab masalah. Menurut Iriani dkk. (2020), pembuatan *fishbone diagram* sebagai instrumen analisis bertujuan untuk mengidentifikasi sejumlah potensi penyebab dari suatu efek atau masalah. Apabila masalah dan akar penyebab sudah diketahui, maka dapat mempermudah dalam merumuskan strategi atau tindakan. Mengidentifikasi faktor-faktor utama dalam menemukan sebab-akibat terjadinya penyimpangan dapat dilakukan. Faktor-faktor utama yang terlibat yaitu *people or man power, method, machine, materials, measurements, environment, maintenance* dan *management* (Pušnik dkk., 2019).

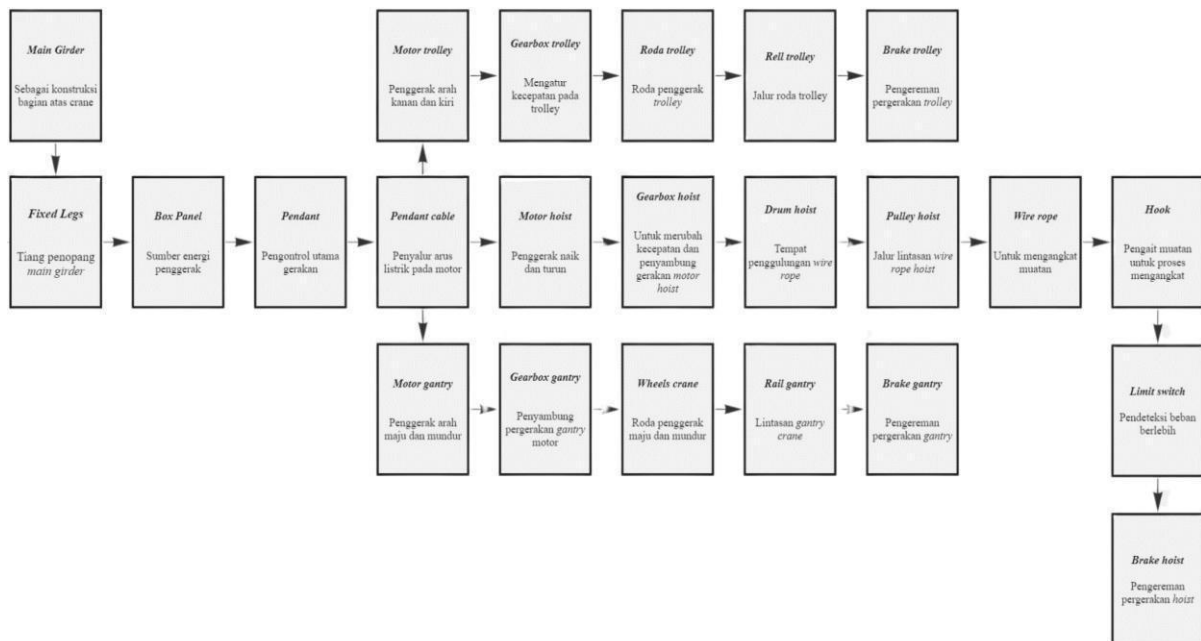
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

*Gantry crane* pada objek penelitian ini adalah salah satu jenis *crane* yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan material ataupun hasil produksi yang tidak mungkin diangkat oleh tenaga manusia seperti beton dan kontainer. Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data komponen dan fungsi *gantry crane* yang diperoleh dari data sekunder perusahaan.



Gambar 1. *Gantry Crane*

Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa *gantry crane* memiliki ujung balok pendukung bertumpu pada kaki tegak yang berjalan pada rel di atas pondasi atau dinding sisi paralel dari bangunan industri yang sama besar. Pembuatan *Functional Block Diagram* (FBD) pada komponen *gantry crane* digunakan untuk memberikan informasi mengenai proses kerja *gantry crane*. Dimana simbol persegi menunjukkan fungsi dari komponen dan anak panah menjelaskan aliran proses sistem. Hasil FBD dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2. *Functional Block Diagram Gantry Crane*

Pada Gambar 2 merupakan hubungan fungsi komponen yang menunjukkan proses cara kerja *gantry crane*. Jika terjadi kegagalan pada salah satu komponen akan mengganggu kinerja *gantry crane*. Dari komponen yang terdapat di FBD akan dicantumkan ke dalam lembar FMEA.

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



Setelah pembuatan *Functional Block Diagram* (FBD), dilanjutkan untuk mengidentifikasi mode kegagalan, dampak, dan menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN) menggunakan metode FMEA. Dampak dari *failure mode* (mode kegagalan) memiliki nilai berupa angka yang menggambarkan tingkat keparahan (*severity*), tingkat terjadi kegagalan (*occurrence*), dan tingkat dalam mendeteksi keberadaan mode kegagalan (*detection*). Penentuan nilai-nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* serta aspek-aspek FMEA berdasarkan hasil *brainstorming* peneliti dengan *expert judgement* pada perusahaan terkait. Tabel 4. menunjukkan hasil perkalian *severity*, *occurrence*, dan *detection* sehingga didapatkan nilai RPN pada setiap *failure mode* komponen *gantry crane*.

Tabel 4. Nilai RPN Komponen Gantry Crane

No	Komponen	Failure Mode	S	O	D	RPN
1	Pendant	Tombol rusak	8	4	2	64
		Selectorswitch patah	6	3	2	36
		Cross button error	8	4	2	64
		Circuit board rusak	8	4	3	96
2	Pendant cable	Kabel putus	9	2	2	36
		Kabel rusak/terkelupas	10	4	2	80
3	Main Girder	Konstruksi main girder miring	8	3	2	48
		Konstruksi main girder retak	9	2	2	36
4	Fixed Legs	Tiang penopang bagian bawah bengkok	8	3	2	48
		Tiang penopang bagian bawah retak	9	2	2	36
5	Box Panel	Short circuit	9	2	3	54
		Kontaktor rusak	8	3	3	72
		Kabel putus	9	3	2	54
		Unit lock pintu rusak	5	2	4	40
6	Wheels crane	Roda crane aus	6	4	3	72
		Bearing roda aus	7	3	3	63
7	Motor Gantry	Bearing rusak	8	2	3	48
		Kampas brake gantry	8	2	3	48
		Terbakar	10	3	3	90
8	Gear box gantry	Gear patah	8	3	3	72
		Gear aus	7	2	3	42
9	Rail gantry	Rel lepas	8	2	2	32
		Rel aus	7	3	2	42
10	Hook	Safety Latch penyok	9	3	2	54
		Hook retak	8	4	2	64
11	Wire rope	Diameter wire rope menyusut	9	2	4	72
		Lock wire rope lepas	9	3	3	81
		Wire rope clamp rusak	9	2	3	54
		Wire rope rantas	8	4	2	64
12	Brake gantry	Pen kampas lepas	8	2	3	48
		Kampas rem aus	8	4	2	64
13	Roda trolley	Bearing roda rusak	9	3	3	81
		Roda aus	8	3	3	72
14	Rel Trolley	Rel berkarat	7	2	2	28
		Rel patah	7	2	4	56
15	Gear box trolley	Pinion aus	8	2	3	48
		Gear aus	8	3	2	48
		Gear patah	8	3	2	48
16	Brake trolley	Pen kampas patah	10	2	3	60
		Kampas rem aus	8	3	2	48
17	Motor trolley	Terbakar	10	3	3	90
		Bearing rusak	8	3	3	72
18	Motor hoist	Bearing aus	8	5	3	120
		Motor hoist terbakar	10	3	2	60
		Aux kontaktor hoist tidak bisa up	8	4	2	64
		Kontaktor hoist tidak bisa down	8	4	2	64
		Hanger kabel motor hoist lepas	9	2	4	72
19	Gear box hoist	Drum tidak dapat berputar	8	2	2	32
		Gearbox patah	8	2	2	32
		Gear aus	7	2	3	42
20	Brake hoist	Kampas pecah	10	2	2	40
		Kampas rem aus	8	4	2	64
21	Drum hoist	Gear aus	9	3	2	54
		Ring lepas	8	2	4	64
		Rusak	10	2	3	60
22	Pulley hoist	Pulley rusak	9	2	3	54
		Pulley aus	7	2	4	56
23	Limit switch	Gagal mendeteksi beban berlebih	9	3	3	81
		Salah deteksi	9	2	4	72

Hasil identifikasi risiko kegagalan pada *gantry crane* menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) didapatkan *output* berupa nilai RPN (*Risk Priority Number*) dari hasil penentuan nilai *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D). Penentuan nilai SOD berdasarkan pendapat dan persetujuan dari pihak supervisor mekanik, HSE inspektur, dan operator *gantry crane* dengan didukung oleh data kegagalan perusahaan. Perbedaan pendapat dari hasil penentuan nilai SOD diambil keputusan dari salah satu *expert judgement* yang lebih memahami (*expertise*) dan berpengalaman terhadap komponen alat berat tersebut. Nilai RPN yang diperoleh menunjukkan tingkat prioritas pengendalian risiko yang diberikan pada komponen-komponen *gantry crane*. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa *motor hoist* dengan mode kegagalan *bearing aus* adalah komponen dengan nilai RPN tertinggi. Tabel 6 adalah cuplikan uraian dari hasil *worksheet* FMEA komponen *motor hoist* dengan nilai RPN tertinggi.

**Tabel 5.** Cuplikan Hasil FMEA Komponen *Gantry Crane* dengan Nilai RPN Tertinggi

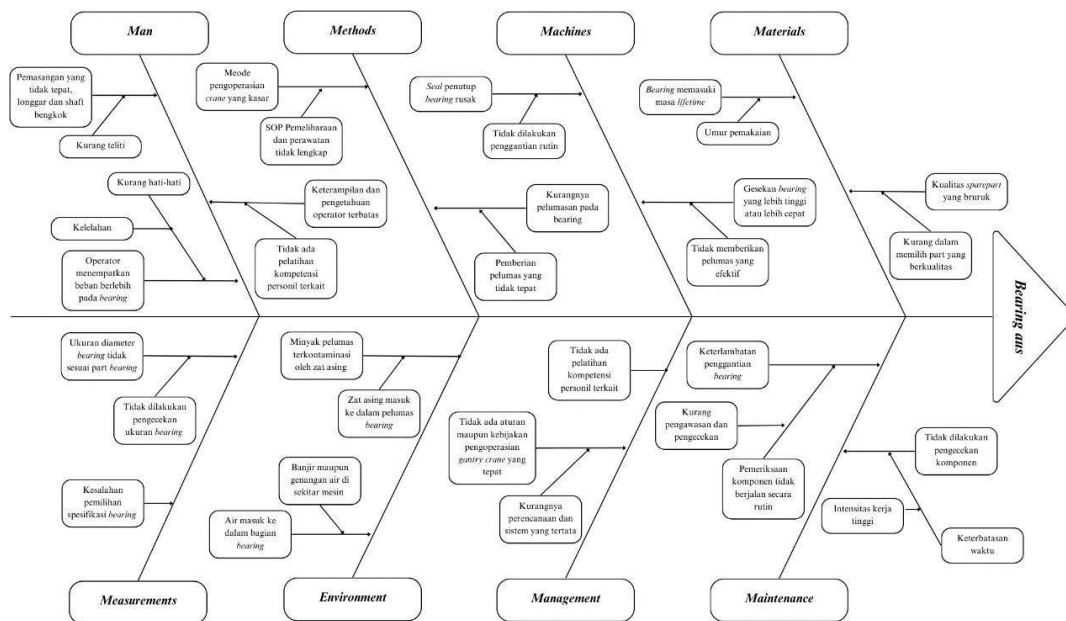
Komponen	Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
	Penggerak naik dan turun	Sulit untuk mengontrol gerakan naik dan turun	 <i>Bearing aus</i>	Motor mengalami <i>overheating</i>	8	5	3	120

Dapat diketahui dari Tabel 5 cuplikan hasil FMEA pada komponen *motor hoist* yang berfungsi sebagai penggerak naik dan turun. Kegagalan yang terjadi pada *motor hoist* berupa *bearing aus*. Mode kegagalan pada komponen ini memiliki nilai RPN sebesar 120 menyebabkan motor mengalami *overheating*.

Penilaian terhadap *severity* (keparahan) pada *bearing aus* diberikan nilai 8 karena saat *bearing* mengalami keausan menyebabkan kenaikan suhu pada motor atau mengalami *overheating*. Kondisi *overheating* menyebabkan motor mati secara tiba-tiba (kehilangan fungsi utama). Pemberian nilai sesuai pada kriteria *severity* nilai 8 yang artinya kehilangan fungsi utama. Penilaian terhadap *occurrence* (keserangan) terjadinya *bearing aus* diberikan nilai 5 karena kegagalan terjadi 1 kali dalam jangka penggunaan selama 2000 jam berdasarkan data kegagalan *gantry crane* perusahaan. Penilaian terhadap *detection* (pendeteksian kegagalan) yang dialami oleh *bearing aus* berupa sulit dalam mengerem dan terdengar suara bising (*noise*) sehingga diberikan nilai 3 yang artinya kemungkinan dapat dideteksi karena ada perubahan indikasi saat pengoperasian.

**Fishbone Diagram**

Mode kegagalan dengan RPN tertinggi hasil dari FMEA dilakukan analisa untuk mencari akar penyebab kegagalan menggunakan *fishbone diagram* agar mempermudah dalam menentukan pengendalian. Tujuan metode ini sebagai representasi visual dalam identifikasi beberapa faktor penyebab dan hubungan antar faktor tersebut. Faktor-faktor yang terlibat dalam penyebab kegagalan diantara lain, *man, method, machine, materials, measurements, environment, maintenance* dan *management*.



**Gambar 3.** Hasil *Fishbone Diagram*

Pada Gambar 3 beserta penjelasan yang tercantum menyimpulkan bahwa terdapat 8 faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya *bearing aus* pada *motor hoist*. Salah satu penyebab *bearing aus* yaitu pemasangan *bearing* yang tidak sesuai cincin berputar sehingga menyebabkan *misalignment* (penyimpangan pada titik pusat antara dua poros yang dihubungkan). Hal ini diakibatkan karena tim mekanik kelelahan sehingga kurang teliti saat pemasangan *bearing*. Selain itu kurang dalam pemberian pelumas pada *bearing* dapat menyebabkan peningkatan suhu dan suara bising pada motor. Dari hasil ini dapat ditentukan rekomendasi berdasarkan akar penyebabnya. Tindakan pengendalian dapat dilakukan, diantaranya:

1. Eliminasi: Pengendalian tidak dapat dilakukan karena pengoperasian memerlukan *bearing* untuk menggerakkan sistem *rotating*.
2. Substitusi:
  - a. Mengganti *seal bearing* yang rusak dengan *seal* baru agar mencegah kebocoran pelumas.
  - b. Mengganti *bearing* yang aus ke *bearing* baru yang sesuai spesifikasi.
3. Rekayasa teknik:
  - a. Penggunaan *grease* untuk pelumasan agar mencegah masuknya kotoran ke *bearing*.
  - b. Pembuatan biopori di sekitar pabrik agar mengurangi genangan air yang masuk dalam komponen mesin.
4. Pengendalian administratif:
  - a. Menambah personil yang bertugas menjadi *helper* operator dan memastikan seluruh operator memiliki SIO.
  - b. Pembaharuan prosedur pemeliharaan dan perawatan peralatan.
  - c. Memberikan pelatihan kompetensi dan memastikan operator mengikuti pelatihan dengan baik agar dapat memahami materi kompetensi
  - d. Membuat jadwal pengecekan rutin dengan menentukan frekuensi dan disesuaikan kondisi kerja.
  - e. Membuat dan memasang *safety tools* terkait kelayakan alat berat.
  - f. Supervisor dan HSE *inspector* mengawasi pekerjaan di lokasi pengoperasian *gantry crane*
5. Alat Pelindung Diri (APD): Penggunaan APD seperti *safety shoes*, *safety helmet*, *safety gloves*, *wearpack*, dan *ear plug*

#### 4. KESIMPULAN

Hasil analisis identifikasi kegagalan *gantry crane* menggunakan metode FMEA diperoleh bahwa komponen yang memiliki nilai RPN tertinggi adalah *motor hoist* dengan mode kegagalan *bearing aus* (nilai RPN sebesar 120). Dari komponen dengan nilai RPN tertinggi ditentukan penyebab dasar menggunakan *fishbone diagram*, ditemukan 8 faktor yang menjadi penyebab *bearing aus* pada *motor hoist*. Faktor tersebut berupa *man*, *method*, *machine*, *materials*, *measurements*, *environment*, *maintenance* dan *management*. Maka dari itu diberikan rekomendasi pengendalian dari akar penyebab berdasarkan hierarki pengendalian. Fungsi dari pengendalian yaitu untuk meminimalisir terjadinya kegagalan komponen yang dapat mempengaruhi kinerja *gantry crane*. Rekomendasi pengendalian yang telah diberikan dapat dipertimbangkan dan dimanfaatkan untuk mengurangi adanya kegagalan pada komponen *gantry crane*.

#### 5. DAFTAR NOTASI

S = Nilai *Severity*

O = Nilai *Occurrence*

D = Nilai *Detection*

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, Iqlima., 2018. Analisis Risiko Kegagalan Mesin Produksi Spunpile Dengan Metode FMEA dan FTA pada PT. Adhi Persada Beton. Malang, 26 Dec 2018. Malang: Universitas Brawijaya.
- Ericson, Clifton A., 2005. *Hazard Analysis Techniques For System Safety*. Canada: John Wiley & Sons, Inc. Felia, A dan Wiwik, H., 2022. Minimasi Waste Melalui Pendekatan *Lean Manufacturing* pada Proses Produksi di UMKM Nafa Cahya. 4(4), pp.1199–1208.
- Iriani, Yani et al., 2020. *Quality Control Analysis Of Stamping Product With Stratification, Pareto Diagram, Control Diagram, And Ishikawa Diagram At PT. X*. 32(3), pp.6208–14.
- Marimin dan Zulna, N. F., 2022. Analisis Interval Pemeliharaan Komponen Kritis Unit *Fuel Conveyor* Dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 32 (1), pp.12-20.
- Monoarfa, M., dkk., 2021. Analisis Penyebab *Bottleneck* pada Aliran Produksi *Briquette Charcoal* dengan Menggunakan Diagram *Fishbone* di PT. Saraswati Coconut *Product*. Jambura Industrial Review, 1(1), pp.15–21.

- Moubray, J., 1997. *Reliability Centered Maintenance 2nd Edition*. New York: Industrial Press Inc Madison Avenue.
- Pušnik, M., et al., 2019. *Process Evaluation and Improvement: A Case Study of The Loan Approval Process*. Proceedings of the SQAMIA, pp.1-12.
- Putri, G., dkk., 2023. Analisis Risiko Kegagalan Mesin Wet Sandblasting Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis dan Fishbone Diagram. *7 Th Conference On Safety Engineering And It's Application*, pp.393-398.
- Razaq, A., dan Hamzah, F., 2018. *Perancangan dan Analisa Konstruksi Gantry SWL 35 Ton di PT F1 Perkasa*. *Proceeding Conference on Design Manufacture Engineering and Its Application*, 1(1), pp.077-083.
- Sari, N., dkk. 2022. Kontribusi Pengetahuan K3 dan Sikap Siswa SMK terhadap Kesadaran Berperilaku K3. *IJCEE*, 8(1).
- Situngkir, Dejoi., dkk., 2019. Pengaplikasian FMEA untuk Mendukung Pemilihan Strategi Pemeliharaan pada *Paper Machine*. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 5(2).
- Soler, A., et al., 2020. *Analytical performance Assessment and Improvement by Means of the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. *Biochemia Medica*, 30(2), pp.250–256.
- Sukania, I., dan Wijaya, C., 2022. Analisis Sistem Perawatan Mesin Produksi Menggunakan Metode FMEA di PT. X. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 15(20), pp.103-111.
- Syariffudin dan Putra., 2021. Analisa Risiko Kegagalan Komponen Pada Excavator Komatsu 150lc Dengan Metode FTA Dan FMEA Di PT. XY. *Jurnal InTent*, 4(2).
- Tanuwijaya, M., dan Sukania, I., 2021. Analisis Sistem Maintenance Mesin Produksi Steel Pada PT. XYZ. *ICMIEE, SNKTK*.
- Wang et al., 2009. *Risk Evaluation In Failure Mode And Effects Analysis Using Fuzzy Weighted Geometric Mean*. *Expert Systems with Applications* 36, pp.1195–1207.