

Implementasi Metode FMEA dan Diagram Pareto Untuk Penentuan Komponen Kritis Pada *Batching Plant*

Meyco Putra Herwanto^{1*}, Mey Rohma Dhani² dan Mades Darul Khairansyah³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: meyrohmadhani@ppns.ac.id

Abstrak

Abstrak— *Batching Plant* berperan krusial dalam proses produksi beton pracetak yang beroperasi selama 24 jam untuk memastikan kualitas, performa, dan kontinuitas produksi dengan potensi risiko yang ada, diperlukan analisis risiko terhadap *batching plant* dengan menggunakan metode yang mampu mengidentifikasi potensi bahaya melalui proses penilaian risiko, guna mengetahui tingkat risiko yang ada serta menentukan langkah pengendalian yang tepat untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja. Penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menilai tingkat risiko berdasarkan tiga parameter, yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection*, yang kemudian dikalkulasi menjadi nilai *Risk Priority Number* (RPN). Selanjutnya, digunakan diagram Pareto untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan komponen paling kritis berdasarkan prinsip 80/20. Hasil analisis menunjukkan lima komponen kritis yakni komponen *mixing blade* dengan persentase 5% dan persentase kumulatif 5%, komponen *belt conveyor* dengan persentase 4% dan persentase kumulatif 9%, komponen motor screw conveyor dengan persentase 4% dan persentase kumulatif 13%, komponen *pressure relief valve* dengan persentase 4% dan persentase kumulatif 17%, komponen motor penggerak *belt conveyor* dengan persentase 4% dan persentase kumulatif 21%.

Kata Kunci: *Batching Plant*, Diagram Pareto, FMEA, RPN

Abstract

Abstract— *The Batching Plant plays a crucial role in the precast concrete production process, operating 24 hours a day to ensure product quality, performance, and production continuity. Given the inherent risks, a risk analysis is necessary to identify potential hazards through a structured risk assessment process, in order to determine the level of risk and establish appropriate control measures to prevent workplace accidents. This study employs the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method to assess risk levels based on three parameters: severity, occurrence, and detection, which are then calculated into a Risk Priority Number (RPN). Furthermore, the Pareto diagram is used to identify and prioritize the most critical components based on the 80/20 principle. The analysis results identified five critical components: the mixing blade with a percentage of 5% and a cumulative percentage of 5%, the belt conveyor (4%, cumulative 9%), the motor screw conveyor (4%, cumulative 13%), the pressure relief valve (4%, cumulative 17%), and the belt conveyor drive motor (4%, cumulative 21%).*

Keywords: *Batching Plant*, Pareto Diagram, FMEA, RPN

1. PENDAHULUAN

Batching plant menjadi salah satu peralatan yang beroperasi selama 24 jam dalam proses produksi beton pracetak yang berfungsi untuk mencampur atau memproduksi beton siap pakai dalam jumlah besar. Alat ini dimanfaatkan dalam produksi beton skala besar guna memastikan mutu, performa, dan keberlangsungan proses produksi tetap terjaga sesuai dengan standar yang telah ditentukan (Sultan Abdillah 2022). Berdasarkan data sepanjang periode 2020–2022, tercatat sebanyak 11 kasus kecelakaan kerja yang terjadi di berbagai area pada *Batching Plant* ini, dengan klasifikasi kecelakaan ringan hingga berat yang secara umum disebabkan oleh rendahnya tingkat kesadaran karyawan terhadap Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), serta tingginya beban kerja (Holayyem and Nurkertamanda n.d.) Sebagai peralatan yang memiliki peran krusial dalam operasional dengan potensi risiko yang ada, diperlukan analisis risiko terhadap *batching plant* guna meminimalisir potensi kerugian maupun risiko akibat kegagalan peralatan.

Dalam melakukan analisis risiko, diperlukan suatu metode yang mampu mengidentifikasi potensi bahaya melalui proses penilaian risiko, guna mengetahui tingkat risiko yang ada serta menentukan langkah pengendalian yang tepat untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja (Krisnaningsih, Gautama, and Syams 2021). FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) merupakan suatu prosedur yang terstruktur dan sistematis untuk mengidentifikasi sebanyak mungkin mode kegagalan (Andriyani and Rumita 2017). FMEA digunakan untuk mengevaluasi potensi terjadinya kegagalan dalam suatu sistem, desain dan proses sehingga dapat ditentukan langkah pengendalian yang sesuai. Dalam metode ini, setiap kemungkinan kegagalan dianalisis dan dikuantifikasi guna menentukan prioritas penanganan berdasarkan tingkat risikonya (Surya, Agung, and Charles 2017).

Setiap potensi kegagalan kemudian dianalisis dan dinilai berdasarkan tiga kriteria utama, yaitu tingkat keparahan (*severity*), kemungkinan terjadinya (*occurrence*), dan tingkat kesulitan dalam mendeteksi kegagalan (*detection*) (Kusnandar, Rochim, and Gunawan 2024). FMEA digunakan untuk melakukan analisis risiko melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), yang berasal dari kombinasi tiga elemen utama keparahan (*severity*), kemungkinan terjadinya (*occurrence*), dan tingkat kesulitan dalam mendeteksi kegagalan (*detection*). Melalui nilai RPN, FMEA mampu mengidentifikasi mode kegagalan yang paling kritis dari suatu sistem, desain, proses, dan/atau layanan, serta memprioritaskan tindakan penanganan yang diperlukan. (T. Aprianto, I. Setiawan, and H. H. 2021). Kelebihan dari FMEA yakni dapat mengidentifikasi jenis kegagalan yang mungkin terjadi pada masing-masing komponen, beserta dampak potensial dari setiap mode kegagalan tersebut terhadap keseluruhan sistem (Kusminah, Hidayatullah, and Indarto 2023).

Melalui metode FMEA, kegagalan pada komponen kritis dalam suatu sistem dapat diidentifikasi berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). (Haq, Darma, and Batubara 2021) Nilai RPN ini kemudian dimanfaatkan untuk mengidentifikasi komponen yang paling kritis dengan bantuan diagram pareto. Diagram Pareto merupakan diagram untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan permasalahan dengan cara mengurutkannya berdasarkan tingkat prioritas sehingga dapat mengetahui permasalahan mana yang memiliki dampak terbesar dan perlu segera ditangani (peringkat tertinggi), serta permasalahan yang dampaknya lebih kecil dan tidak menjadi prioritas utama untuk segera diselesaikan (peringkat terendah) (Nurjanah et al. 2024). Prinsip dari diagram pareto didasarkan pada aturan 80/20, yang menyatakan bahwa 80% dari efek suatu kejadian berasal dari 20% penyebabnya, artinya penyebab yang tampak kecil dapat menimbulkan dampak besar (Sungkana, Ratnaningsih, and Soetjipto 2023).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengimplementasikan metode FMEA dan diagram Pareto untuk mengidentifikasi serta menentukan komponen kritis pada *batching plant*, sehingga dapat dilakukan upaya pengendalian yang tepat. Metode FMEA dipilih karena sesuai dengan tujuan analisis, yaitu untuk mengidentifikasi dan mengurangi risiko kegagalan pada suatu alat, sedangkan diagram pareto digunakan dalam menentukan prioritas komponen yang paling krusial. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bahaya pada setiap komponen, menentukan akar penyebab dari komponen yang dianggap kritis, serta memberikan rekomendasi tindakan pengendalian yang tepat guna meminimalkan risiko kegagalan.

2. METODE

Penelitian diawali dengan melakukan studi lapangan dan analisis data yang diperoleh dari perusahaan terkait serta studi lapangan observasi secara langsung kondisi fisik peralatan, kinerja mesin, serta proses kerja dari *Batching Plant* yang menjadi objek penelitian. Pada tahap identifikasi kegagalan dengan metode FMEA, dilakukan dengan mengidentifikasi kegagalan beserta dampak yang ditimbulkan berdasarkan data kerusakan perusahaan. Data tersebut dilakukan analisis dengan memberikan penilaian terhadap setiap faktor penyebab masalah berdasarkan tiga aspek utama, yaitu tingkat keparahan (*severity*), kemungkinan (*occurrence*), dan kemungkinan kegagalan terdeteksi (*detection*) dengan tingkat kategori sebagai berikut:

Tabel 1. Kategori Tingkat Keparahahan (*Severity*)

<i>Effect</i>	Keterangan	Rating
Tidak ada	Kegagalan bersifat minor sehingga pelanggan (internal atau eksternal) mungkin tidak akan mendeteksi kegagalan	1
Kecil	Kegagalan akan mengakibatkan sedikit gangguan pelanggan dan/atau sedikit penurunan kinerja bagian atau system.	2
Sedang	Kegagalan akan mengakibatkan ketidakpuasan dan gangguan pelanggan dan/atau penurunan kinerja bagian atau system.	3
Besar	Kegagalan akan menghasilkan tingkat ketidakpuasan dan penyebab pelanggan yang tinggi tidak berfungsinya system	4

Berbahaya	Kegagalan akan menghasilkan ketidakpuasan peplanggan yang besar dan menyebabkan non system operasi atau ketidakpatuhan terhadap peratturan pemerintah	5
-----------	---	---

Sumber : (Alijoyo, Wijaya, and Jacob 2020)

Tabel 2. Kategori Tingkat Kemungkinan (*Occurrence*)

Kemungkinan Kegagalan	Keterangan	Rating
Sangat rendah	1 kegagalan dalam setahun atau lebih jarang	1
Rendah	1 kegagalan dalam enam bulan	2
Sedang	1 kegagalan dalam tiga bulan	3
Tinggi	1 kegagalan dalam setiap bulan	4
Sangat tinggi	>1 kegagalan dalam setiap bulan	5

Sumber : (Alijoyo, Wijaya, and Jacob 2020)

Tabel 3. Kategori Tingkat Kemungkinan Kegagalan Terdeteksi (*Detection*)

Kemungkinan kegagalan terdeteksi	Keterangan	Rating
Hampir pasti	Kendali hampir pasti dapat memndeteksi potensi kegagalan (terdapat sensor yang mendeteksi terjadinya kegagalan dan dapat mematikan mesin secara otomatis)	1
Tinggi	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan tinggi untuk mendeteksi potensi kegagalan (terdapat sensor yang mendeteksi kegagalan namun harus dilakukan pengecekan ke komponen terkait)	2
Sedang	Terdapat kendali yang memiliki kemampuan sedang/cukup untuk mendeteksi potensi kegagalan. Kegagalan diketahui dengan melakukan inspeksi secara acak dan mesin belum mengalami downtime	3
Rendah	Terdapat kendali tetapi rendah kemampuannya untuk memndeteksi kegagalan. Kegagalan dapat diketahui dengan melakukan inspeksi dan diketahui setelah mesin mengalami downtime.	4
Hamper mustahil	Tidak ada kendali untuk mendeteksi potensi kegagalan. Kegagalan harus diketahui dengan pengujian atau inspeksi dari pihak eksternal dan dapat menyebabkan kecelakaan yang berisiko tinggi.	5

Sumber : (Alijoyo, Wijaya, and Jacob 2020)

Setelah masing-masing aspek dinilai, ketiga nilai tersebut dikalikan untuk memperoleh *Risk Priority Number* (RPN) dari hasil perkalian antara tingkat keparahan, tingkat kemungkinan kejadian, dan tingkat kemungkinan kegagalan terdeteksi (Bob Anthony 2021). Nilai RPN ini kemudian digunakan untuk menentukan urutan prioritas penanganan risiko (Kartika, Hidayah, and Muadzah 2022) dengan tujuan mengurangi potensi terjadinya defect dan meningkatkan keandalan proses (Wicaksono and Yuamita 2022). Untuk penentuan komponen kritis berdasarkan nilai RPN, dilakukan analisis menggunakan diagram Pareto. Data RPN dari masing-masing komponen diurutkan dari yang tertinggi hingga terendah, lalu disusun dalam diagram Pareto untuk mengidentifikasi komponen mana saja yang masuk kategori paling kritis dan perlu mendapatkan perhatian serta tindakan korektif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil identifikasi potensi bahaya kegagalan serta penilaian risiko menggunakan metode FMEA, nilai RPN yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil perhitungan RPN *Bathcing Plant*

No	Komponen	Severity	Occurrence	Detection	RPN
<i>Control Panel</i>					

1	<i>Power Supply Unit</i>	4	2	3	24
2	<i>Programmable Logic Controller (PLC)</i>	3	1	4	12
3	<i>Miniatuur Circuit Breaker (MCB)</i>	4	1	3	12
4	<i>Relay</i>	3	1	3	9
5	<i>Kontaktor</i>	4	2	3	24
Komputer (CommandBatch)					
6	<i>Personal Computer (PC)</i>	5	1	4	20
Tangki Air					
7	<i>Pompa Air</i>	3	2	4	24
8	<i>Pipa Air</i>	2	2	3	12
Water Weighing System					
9	<i>Load Cell</i>	4	2	4	32
10	<i>PLC (Programmable Logic Controller)</i>	3	1	2	6
11	<i>Flow Meter</i>	3	2	3	18
12	<i>Water Valve</i>	3	1	3	9
13	<i>Water Pump</i>	3	1	3	9
Silo					
14	<i>Sensor Level</i>	4	1	3	12
15	<i>Pressure relief valve</i>	5	2	4	40
16	<i>Aeration Pads</i>	3	2	3	18
Screw Conveyor					
17	<i>Poros Ulir</i>	3	1	4	12
18	<i>Motor</i>	5	2	4	40
19	<i>Gearbox</i>	4	2	3	24
20	<i>Pipa</i>	2	2	3	12
21	<i>Bearing</i>	4	2	3	24
Cement Weighing System					
22	<i>Load Cell</i>	3	1	3	9
23	<i>Cement Hopper</i>	3	2	4	24
24	<i>Pneumatic Valve</i>	3	2	2	12
25	<i>PLC (Programmable Logic Controller)</i>	3	1	3	9
Agregat Bin					
26	<i>Bin Storage</i>	2	2	3	12
27	<i>Level Sensor</i>	3	1	3	12
28	<i>Bin Gate Valve</i>	3	2	2	12
Belt conveyor					
29	<i>Motor Penggerak (Drive Motor)</i>	3	3	4	36
30	<i>Belt</i>	5	3	3	45
31	<i>Snub Pulley</i>	4	2	3	24
32	<i>Head Pulley</i>	4	2	3	24
33	<i>Tail Pulley</i>	4	1	3	12
Agregat Weighing System					
34	<i>Load Cell</i>	3	1	3	9
35	<i>Aggregate Hopper</i>	3	1	3	9
36	<i>PLC (Programmable Logic Controller)</i>	3	1	3	9
37	<i>Valve</i>	3	2	2	12
Tangki Additive					
38	<i>Storage Tank</i>	2	2	3	12
39	<i>Level Sensor</i>	3	1	2	6
Pompa Additive					
40	<i>Pompa</i>	3	2	3	18
41	<i>Motor Penggerak Pompa</i>	3	2	3	18
42	<i>Flow Meter</i>	2	2	3	12

Additive Weighing System					
43	<i>Load Cell</i>	2	2	3	12
44	<i>Weigh Hopper</i>	3	1	3	9
45	<i>PLC (Programmable Logic Controller)</i>	2	2	3	12
Mixer					
46	<i>Auto lubrication system</i>	2	3	3	18
47	<i>Bearing</i>	3	2	4	24
48	<i>Pillow Block</i>	3	1	3	9
49	<i>Mixing shaft</i>	5	1	5	25
50	<i>Mixing arm</i>	5	2	3	30
51	<i>Mixing blade</i>	5	2	5	50
Hopper Cor					
52	<i>Butterfly Valve</i>	3	2	3	18
53	<i>Vibratory Motor</i>	2	2	4	16

Berdasarkan Tabel 4, terdapat sejumlah komponen dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang tergolong tinggi, antara lain *Mixing blade* (RPN 50), *Belt conveyor* (RPN 45), *Pressure relief valve* dan Motor Screw Conveyor (masing-masing RPN 40), serta Motor Penggerak *Belt conveyor* (RPN 36). Komponen-komponen ini, bersama dengan beberapa lainnya, memiliki potensi dampak signifikan terhadap keberlangsungan operasional sistem apabila mengalami kegagalan.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan persentase kumulatif RPN dengan menjumlahkan nilai RPN dari komponen pertama hingga komponen terakhir hingga mencapai total 100%. Berdasarkan hasil analisis diagram Pareto, identifikasi komponen kritis dilakukan dengan menerapkan prinsip Pareto 80/20, di mana 20% komponen dengan nilai kegagalan tertinggi mewakili 80% kontribusi terhadap keseluruhan potensi kegagalan. Ringkasan hasil persentase kumulatif RPN dari komponen *Batching Plant* ditampilkan pada Tabel 5.

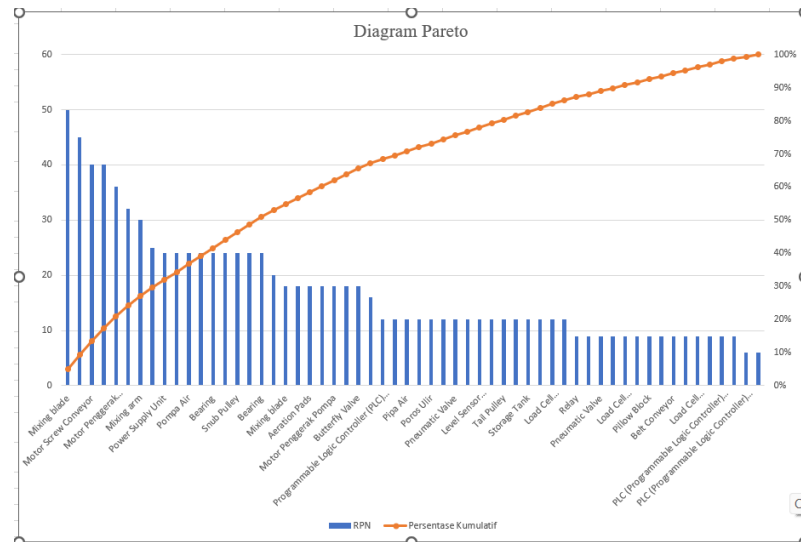
Tabel 5. Presentase Komulatif RPN

No	Komponen	Severity	Occurrence	Detection	RPN	Presentase	Presentase Kumulatif
1	<i>Mixing blade</i>	5	2	5	50	5%	5%
2	<i>Belt conveyor</i>	5	3	3	45	4%	9%
3	<i>Motor Screw Conveyor</i>	5	2	4	40	4%	13%
4	<i>Pressure relief valve</i>	5	2	4	40	4%	17%
5	Motor Penggerak <i>Belt conveyor</i>	3	3	4	36	4%	21%
6	<i>Load Cell Water Weighing System</i>	4	2	4	32	3%	24%
7	<i>Mixing arm</i>	5	2	3	30	3%	27%
8	<i>Mixing shaft</i>	5	1	5	25	2%	30%
9	<i>Power Supply Unit</i>	4	2	3	24	2%	32%
10	<i>Kontaktor</i>	4	2	3	24	2%	34%
11	Pompa Air	3	2	4	24	2%	37%
12	<i>Gearbox</i>	4	2	3	24	2%	39%
13	<i>Bearing</i>	4	2	3	24	2%	42%
14	<i>Cement Hopper</i>	3	2	4	24	2%	44%
15	<i>Snub Pulley</i>	4	2	3	24	2%	46%
16	<i>Head Pulley</i>	4	2	3	24	2%	49%
17	<i>Bearing</i>	3	2	4	24	2%	51%
18	<i>Personal Computer (PC)</i>	5	1	4	20	2%	53%
19	<i>Mixing blade</i>	3	2	3	18	2%	55%
20	<i>Flow Meter</i>	3	2	3	18	2%	57%
21	<i>Aeration Pads</i>	3	2	3	18	2%	58%
22	<i>Pompa Additive</i>	3	2	3	18	2%	60%
23	Motor Penggerak Pompa	3	2	3	18	2%	62%

24	<i>Auto lubrication system</i>	2	3	3	18	2%	64%
25	<i>Butterfly Valve</i>	3	2	3	18	2%	66%
26	<i>Vibratory Motor</i>	2	2	4	16	2%	67%
27	<i>Programmable Logic Controller (PLC) Control Panel</i>	3	1	4	12	1%	68%
28	<i>Miniatur Circuit Breaker (MCB)</i>	4	1	3	12	1%	70%
29	<i>Pipa Air</i>	2	2	3	12	1%	71%
30	<i>Sensor Level</i>	4	1	3	12	1%	72%
31	<i>Poros Ulir</i>	3	1	4	12	1%	73%
32	<i>Pipa</i>	2	2	3	12	1%	74%
33	<i>Pneumatic Valve</i>	3	2	2	12	1%	76%
34	<i>Bin Storage</i>	2	2	3	12	1%	77%
35	<i>Level Sensor Agregat Bin</i>	3	1	3	12	1%	78%
36	<i>Bin Gate Valve</i>	3	2	2	12	1%	79%
37	<i>Tail Pulley</i>	4	1	3	12	1%	80%
38	<i>Valve</i>	3	2	2	12	1%	82%
39	<i>Storage Tank</i>	2	2	3	12	1%	83%
40	<i>Flow Meter Pompa Additive</i>	2	2	3	12	1%	84%
41	<i>Load Cell Additive Weighing System</i>	2	2	3	12	1%	85%
42	<i>PLC (Programmable Logic Controller) Additive Weighing System</i>	2	2	3	12	1%	86%
43	<i>Relay</i>	3	1	3	9	1%	87%
44	<i>Gearbox</i>	3	1	3	9	1%	88%
45	<i>Pneumatic Valve</i>	3	1	3	9	1%	89%
46	<i>Water Valve</i>	3	1	3	9	1%	90%
47	<i>Load Cell Cement Weighing System</i>	3	1	3	9	1%	91%
48	<i>Weigh Hopper</i>	3	1	3	9	1%	92%
49	<i>Pillow Block</i>	3	1	3	9	1%	93%
50	<i>Water Pump</i>	3	1	3	9	1%	93%
51	<i>Belt conveyor</i>	3	1	3	9	1%	94%
52	<i>PLC (Programmable Logic Controller) Cement Weighing System</i>	3	1	3	9	1%	95%
53	<i>Load Cell Agregat Weighing System</i>	3	1	3	9	1%	96%
54	<i>Aggregate Hopper</i>	3	1	3	9	1%	97%
55	<i>PLC (Programmable Logic Controller) Agregat Weighing System</i>	3	1	3	9	1%	98%
56	<i>Weigh Hopper</i>	3	1	3	9	1%	99%
57	<i>PLC (Programmable Logic Controller) Water Weighing System</i>	3	1	2	6	1%	99%

58	Level Sensor Tangki Additive	3	1	2	6	1%	100%
----	---------------------------------	---	---	---	---	----	------

Merujuk pada Tabel 5, diperoleh beberapa komponen yang mencerminkan 20% dari penyebab utama yang mewakili 80% dampak, yaitu *mixing blade*, *belt conveyor*, motor screw conveyor, *pressure relief valve*, serta motor penggerak *belt conveyor*. Untuk menampilkan peringkat kegagalan dan efeknya, digambarkan pada diagram pareto, sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Pareto Failure Mode Batching Plant

Berdasarkan Gambar 1, diketahui bahwa terdapat lima komponen kritis yakni komponen *mixing blade* dengan RPN 50, persentase 5% dan persentase kumulatif 5%. Komponen *belt conveyor* dengan RPN 45, persentase 4% dan persentase kumulatif 9%. Komponen motor screw conveyor dengan RPN 40, persentase 4% dan persentase kumulatif 13%. Komponen *pressure relief valve* dengan RPN 40, persentase 4% dan persentase kumulatif 17%. Komponen motor penggerak *belt conveyor* dengan RPN 45, persentase 4% dan persentase kumulatif 21%. Penggunaan diagram pareto memiliki tujuan mengetahui komponen kritis sehingga dapat digunakan sebagai prioritas perusahaan dalam melakukan perawatan dan perbaikan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil FMEA dan diagram pareto yang dilakukan terdapat lima komponen kritis yakni komponen *mixing blade* dengan persentase 5% dan persentase kumulatif 5%. Komponen *belt conveyor* dengan persentase 4% dan persentase kumulatif 9%. Komponen motor screw conveyor dengan persentase 4% dan persentase kumulatif 13%. Komponen *pressure relief valve* dengan persentase 4% dan persentase kumulatif 17%. Komponen motor penggerak *belt conveyor* dengan persentase 4% dan persentase kumulatif 21%.

DAFTAR PUSTAKA

Alijoyo, Antonius, Qrgp Bobby Wijaya, and Intan Jacob. 2020. "Failure Mode Effect Analysis Analisis Modus Kegagalan Dan Dampak RISK EVALUATION RISK ANALYSIS: Consequences Probability Level of Risk." *Crms*: 19. www.lspmks.co.id.

Andriyani, Atika, and Rani Rumita. 2017. "Analisis Upaya Pengendalian Kualitas Kain Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Pada Mesin Shuttel Proses Weaving PT Tiga Manunggal Synthetic Industries." *Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro* 6(1): 1–8.

Bob Anthony, Muhammad. 2021. "Analisis Penyebab Kerusakan Unit Pompa Pendingin AC Dan Kompresor Menggunakan Metode FMEA." *Jurnal Teknologi* 11(1): 5–13.

Haq, Idad Syaeful, Asep Yunta Darma, and Rahman Affandi Batubara. 2021. "Penggunaan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Dalam Identifikasi Kegagalan Mesin Untuk Dasar Penentuan Tindakan Perawatan Di Pabrik Kelapa Sawit Libo." *Jurnal Vokasi Teknologi Industri (Jvti)* 3(1): 41–47.

Holayyem, Abdurrahman Zayyan, and Denny Nurkertamanda. "PENERAPAN HAZARD IDENTIFICATION, RISK ASSESSMENT, AND DETERMINING CONTROL (HIRADC) SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN KECELAKAAN KERJA (STUDI KASUS : BATCHING PLANT PT WASKITA BETON PRECAST TBK)."

- Kartika, Rachmah Nanda, Nafiah Ariq Hidayah, and Muadzah. 2022. "Penggunaan FMEA Dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Pada Proses Produksi Cetak Blok Kalender (Studi Kasus: PT. XYZ)." *BULLET: Jurnal Multidisiplin* 1(6): 1311–20. <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/bullet/article/view/2051%0Ahttps://journal.mediapublikasi.id/index.php/bullet/article/download/2051/821>.
- Krisnaningsih, Erni, Pugy Gautama, and M. Fatih Kholqy Syams. 2021. "Usulan Perbaikan Kualitas Dengan Menggunakan Metode FTA Dan FMEA." *Jurnal InTent* 4(1): 41–54.
- Kusminah, Imah Luluk, Yazdad Rachmad Hidayatullah, and Richo Oktavian Indarto. 2023. "Analisis Risiko Pada Komponen Flange Facing Machine Dengan Menggunakan Metode Fmea Dan Pareto." *Jurnal Penelitian Jalan dan Jembatan* 3(1): 33–37.
- Kusnandar, Aris, Adian Fatchur Rochim, and Vincensius Gunawan. 2024. "Pengukuran Tingkat Risiko Dan Keamanan Informasi Menggunakan Metode FMEA Berbasis ISO / IEC 27001 Pada Instansi XYZ Untuk Keamanan Sistem Informasi." 04.
- Nurjanah, Diah Ayu, Imah Luluk Kusminah, Aulia Nadia Rachmat, and Navies Nabella. 2024. "Analisis Penentuan Komponen Kritis Small Excavator Menggunakan Metode FMEA Dan Diagram Pareto." *Journal of Safety, Health, and Environmental Engineering* 1(1): 7–15.
- Sultan Abdillah, Nadjmuudin Fauji. 2022. "Proses Pembuatan Beton Dengan Mutu K-350 Pada Mesin *Batching Plant* Wet Mix Di PT. Prima Beton Nusantara." *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan* 8(19): 570–80. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7223186>.
- Sungkana, Sapna Rezain Kaca, Anik Ratnaningsih, and Jojok Widodo Soetjipto. 2023. "Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Pondasi Bore Pile Menggunakan Metode Fault Tree Analysis." *Bulletin of Civil Engineering* 3(1): 25–30.
- Surya, Andiyanto, Sutrisno Agung, and Punuhsingon Charles. 2017. "Penerapan Metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) Untuk Kualifikasi Dan Pencegahan Resiko Akibat Terjadinya Lean Waste." *Jurnal Online Poros Teknik Mesin* 6(1): 45–57. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/poros/article/download/14864/14430>.
- T. Aprianto, I. Setiawan, and H. H. 2021. "Implementasi Metode *Failure Mode and Effect Analysis* Pada Industri Di Asia –Kajian Literature." *Matrik* 21(2): 165–74.
- Wicaksono, Arif wicaksono, and Ferida Yuamita. 2022. "Pengendalian Kualitas Produksi Sarden Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) Untuk Meminimumkan Cacat Kaleng Di PT. Maya Food Industries." *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan* 1(I): 1–6.