

Penerapan Metode FMECA untuk Analisis Kegagalan Komponen *Forklift Counterbalance* pada Industri Farmasi

Alvin Ardiansyah¹, Aulia Nadia Rachmad^{1*} dan Mey Rohma Dhani¹

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

*E-mail: nadia.rachmat@ppns.ac.id

Abstrak

Penggunaan *forklift* pada industri farmasi dapat memudahkan proses operasional pendistribusian meliputi bahan mentah yang berasal dari bahan kimia, produk setengah jadi yang berasal dari QC, produk jadi yang sudah diolah dan dikembangkan oleh R&D, hingga pembuangan limbah B3 hasil proses produksi obat – obatan. Penggunaan *forklift* secara terus menerus dapat menyebabkan terjadinya kegagalan komponen. Sebanyak 137 kegagalan komponen ini akan memberikan dampak pada proses operasional produksi yang signifikan karena *forklift* sebagai alat utama dalam pendistribusian. Dalam mengatasi permasalahan ini, maka dilakukannya analisis kegagalan komponen *forklift counterbalance* menggunakan metode FMECA (*Failure Mode, Effect and Criticality Analysis*) yang terdiri dari 2 proses analisis yaitu *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Criticality Analysis* (CA). FMEA digunakan dalam mengidentifikasi kegagalan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dan CA sebagai penentuan tingkat urutan kekritisan berdasarkan nilai *severity* (keparahan) dan *occurrence* (kejadian) berdasarkan hasil RPN tertinggi. Sebanyak 10 dari 80 komponen memiliki nilai RPN tertinggi dengan masing – masing komponen terdapat 1 sub komponen memiliki nilai RPN tertinggi. Pada CA didapatkan pada sub komponen *cylinder steer* pada sistem *steering system* dan sub sistem *kit cable chassis truck* pada sistem *wheels, pneumatic* memiliki nilai yang sama dan tertinggi diantara sub komponen lain yaitu dengan nilai RPN sebesar 45, nilai *severity* (keparahan) sebesar 5 dan *occurrence* (kejadian) sebesar 3.

Kata Kunci: *Failure Mode Effect and Criticality Analysis, Forklift counterbalance, RPN*

Abstract

The use of forklifts in the pharmaceutical industry facilitates operational distribution processes, including raw materials sourced from chemicals, semi-finished products from QC, finished products processed and developed by R&D, and the disposal of hazardous waste generated from drug production processes. Continuous forklift usage can lead to component failures. These 137 component failures can significantly impact production operations since forklifts are the primary distribution tool. To address this issue, a failure analysis of counterbalance forklift components was conducted using the FMECA method (*Failure Mode, Effect and Criticality Analysis*). FMECA consists of two analytical processes: *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) and *Criticality Analysis* (CA). FMEA was used to identify failures using the *Risk Priority Number* (RPN) value, while CA determined the criticality ranking based on severity and occurrence values derived from the highest RPN results. Out of 80 components, 10 had the highest RPN values. Within each of these 10 components, one subcomponent also had the highest RPN value. The CA results identified the steering system's steer cylinder subcomponent and the wheels & pneumatic system's chassis truck cable kit subcomponent as having the same, highest criticality values among all subcomponents. Both achieved an RPN of 45, a severity value of 5, and an occurrence value of 3.

Keywords: *Failure Mode Effect and Criticality Analysis, Forklift counterbalance, RPN*

1. PENDAHULUAN

Perwujudan dalam kesehatan nasional diperlukan elemen penting, dimana salah satu elemen penting tersebut adalah dengan adanya industri farmasi untuk memproduksi obat – obatan. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI (2010), industri farmasi merupakan badan usaha yang telah memiliki izin dari Menteri Kesehatan dalam melakukan pembuatan obat atau bahan obat. Pada proses pembuatan obat ini, terdiri dari proses operasional pendistribusian meliputi bahan mentah yang berasal dari bahan kimia, produk setengah jadi yang berasal dari QC, produk jadi yang sudah diolah dan dikembangkan oleh R&D, hingga pembuangan limbah B3 hasil proses produksi obat – obatan. Pada proses operasional ini digunakan pesawat angkat dan angkut agar berjalan lebih efektif dan efisien.

Dikutip dari Permenaker No.38 Tahun 2016 tentang K3 Pesawat Tenaga dan Produksi, pesawat angkat dan angkut adalah peralatan yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan barang secara horizontal, vertikal, diagonal dengan menggunakan kemudi dan bergerak di atas landasan permukaan atau rel dengan bantuan ban atau rantai/rol (Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia, 2016). Menurut Putra Alhadi et al (2021), *forklift* merupakan jenis angkat angkut yang dapat memindahkan dan mengirimkan barang dengan lebih mudah dari satu tempat ke tempat lainnya. Penggunaan *forklift* ini sering digunakan pada proses pendistribusian produksi seperti pemindahan material, bahan baku, atau perkakas yang berukuran besar (Perdana et al., 2024). Pada industri farmasi ini, salah satu jenis *forklift* yang digunakan adalah *forklift counterbalance*. *Forklift* jenis ini adalah *forklift* yang umum beroperasi di *outdoor* karena memiliki ukuran dan tenaga yang lebih besar serta memiliki penyeimbang di bagian belakang saat mengangkat beban di depan yang dapat beroperasi dengan mesin diesel, LPG, atau elektrik.

Pada saat mengoperasikan *forklift* terdapat risiko berbahaya yang tinggi dapat mengakibatkan kerugian berupa aset ataupun material. Salah satu penyebab terhambatnya proses operasional produksi yang signifikan dikarenakan adanya kerusakan atau kegagalan pada *forklift* sebagai alat utama dalam pendistribusian. Hambatan ini dapat berupa penundaan produksi, distribusi produksi bahkan yang paling berbahaya adalah terjadinya risiko kecelakaan kerja. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Isabella et al. (2024), sebanyak 17 risiko dengan kategori tingkat risiko *medium* sebesar 88% dan 12% dengan tingkat risiko *high*. Terdapat laporan kepada *supervisor* gudang bahwa, operator *forklift* pada saat mengoperasikan terjadi risiko kecelakaan seperti kopling *nge-loss*, hidrolis pada *fork* yang turun secara tiba – tiba, dan kebocoran oli yang dapat membahayakan operator. Terjadinya kecelakaan kerja disebabkan karena potensi bahaya yang tidak dapat dikendalikan (Qurratulaini et al., 2025). Sangat penting dalam melakukan kegiatan *maintenance* untuk memperbaiki kerusakan, agar dapat meningkatkan performa dengan kualitas tinggi (Islam et al., 2020). Perusahaan telah melakukan tindakan *preventive maintenance*, dimana dikutip dari buku Dhillon (2002) *preventive maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perbaikan dini untuk mencegah terjadinya suatu kegagalan.

Pada kondisi lapangan masih banyak terdapat kendala dalam mencegah kerusakan yang mendadak seperti perawatan *forklift* dilakukan oleh pihak ketiga. Perusahaan memilih untuk mengandalkan layanan pihak ketiga untuk melakukan pemeliharaan, termasuk inspeksi terperinci dan perbaikan komponen *forklift* penting. Berdasarkan data laporan perbaikan bulanan yang dilakukan oleh pihak ketiga, masih banyak kondisi komponen yang dinyatakan dalam kondisi buruk (*bad condition*) dan komponen yang mengalami kegagalan fungsinya. Selama 3 tahun terakhir (2022 – 2024), terjadi peningkatan kondisi komponen yang buruk dan terjadinya kegagalan komponen pada *forklift* dengan total kegagalan sebanyak 137 kegagalan komponen. Sebanyak 4 dari 10 total komponen pada *forklift*, kegagalan komponen yang sering terjadi adalah *wheels*, *steering*, *brakes*, dan *hydraulic*. Permasalahan ini, akan dapat membahayakan operator dan akan menyebabkan terjadi kecelakaan kerja dikarenakan fungsi komponen yang tidak bekerja secara optimal. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Samharil et al., (2022), walaupun sudah dilakukan tindakan *preventive maintenance* masih sering terjadinya *downtime* mesin.

Metode FMEA pada penelitian Syarifudin & Putra (2021), bahwa *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah metode yang mencegah dan mengidentifikasi mode kegagalan (*failure mode*) sebanyak mungkin secara terstruktur. Suatu risiko pada sistem dapat dilakukan dengan analisis menggunakan metode FMECA (*Failure Mode, Effect and Criticality Analysis*) yang terdiri dari 2 proses analisis yaitu *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Criticality Analysis* (CA) berdasarkan titik kritis (Maizi et al., 2024). Penelitian yang dilakukan oleh Rahman (2021), metode FMEA digunakan dalam melakukan evaluasi terhadap beberapa risiko yang mungkin terjadi dengan melakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). Metode FMECA dapat mengidentifikasi *failure mode* (mode kegagalan) dengan fokus pada pemeringkatan kepentingan dan tingkat signifikan pada komponen untuk memandu tindakan pencegahan dan perbaikan (Ogbonnaya et al., 2021). Penilaian *Criticality Analysis* (CA) pada semua *failure mode* (mode kegagalan) tertinggi berdasarkan tingkat kekritisannya. Ilmi et al. (2024) melakukan penelitian menggunakan metode FMECA yang didapatkan prioritas dan tingkat kekritisannya pada setiap *failure mode* (mode kegagalan).

Berdasarkan jurnal dan penelitian yang akan dilakukan adalah pada penerapan metode FMECA pada industri farmasi, dimana FMECA pada penelitian ini menggunakan matriks kritikalitas. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bahaya kegagalan dan penilaian risiko komponen kritis menggunakan matriks kritikalitas.

Penerapan 2 analisis yaitu FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan CA (*Criticality Analysis*) agar mengetahui lebih detail bahaya – bahaya dan tindakan prioritas pada kegagalan komponen *forklift counterbalance* untuk menghindari atau mencegah terjadinya kecelakaan kerja pada industri farmasi pada saat mengoperasikan *forklift*.

2. METODE

Functional Block Diagram digunakan untuk mendeskripsikan antar hubungan dan aliran proses kerja *forklift* dengan menunjukkan analisis fungsi dan kegagalan fungsi komponen penyusun sistem pada *forklift*. Penggambaran secara visual, ditunjukkan dengan gambar blok dan garis panah sebagai aliran utama. Penyusunan *Failure Mode, Effect and Analysis* (FMEA) bertujuan untuk mengetahui dan mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan berbagai jenis kegagalan dari sistem yang terdiri dari komponen – komponen. Menganalisa pengaruh terhadap keandalan sistem dengan penelusuran kegagalan komponen pada alat *forklift counterbalance*. Langkah penyusunan FMEA adalah sebagai berikut (Khridamara & Andesta, 2022):

1. Menetapkan komponen kegagalan dan penyebab terjadinya kegagalan.
2. Mencantumkan *functional, Functional Failure, Failure Mode, Failure Effect* pada masing-masing *equipment*.
3. Menentukan penilai dari *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) berdasarkan kriteria yang sesuai pada tabel yang bernilai dari 1 hingga 5.
4. Perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dari hasil perkalian dari *Severity* (S), *Occurrence* (O) dan *Detection* (D).

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

Dalam mengelola kegagalan risiko untuk membantu pengerjaan FMEA adalah *worksheet* FMEA. Pada *worksheet* FMEA ini terdapat beberapa kolom yang memiliki maksud atau tujuan tertentu seperti *failure mode* dan *failure effect*. *Severity* adalah tingkat keparahan akibat dari kegagalan proses pada proses produksi dan aktivitas yang ada di perusahaan. *Detection* adalah kemampuan untuk mendeteksi kegagalan proses yang dapat diketahui sebelum terjadinya kegagalan. *Occurrence* adalah menentukan nilai permasalahan yang dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan.

Dikutip dari buku Moubray (1997), *worksheet* FMEA berfungsi sebagai alat untuk mengelola kegagalan risiko dalam proses FMEA. *Worksheet* ini mencakup beberapa kolom dengan tujuan spesifik, seperti kolom *failure mode* (mode kegagalan) dan *failure effect* (dampak kegagalan).

Tabel 1. *Worksheet* FMEA

<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>												
<i>System:</i>						<i>Date:</i>						
<i>Subsystem:</i>												
No	<i>Equipment</i>	<i>Functional</i>	<i>Functional Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>	S	O	D	RPN			

(Moubray, 1997)

Penilaian tingkat keparahan dilakukan pada komponen yang diduga memengaruhi hasil kerja mesin yang diperiksa. Penilaian ini memanfaatkan data historis (jika ada) atau, jika belum pernah terjadi, mengandalkan estimasi dari pendapat ahli (*expert judgement*). Perlu dicatat bahwa efek dari tiap kegagalan bisa beragam, dan tingkat keparahan setiap efek pun berbeda-beda.

Tabel 2. *Severity Rating*

Nilai	Tingkat Keparahan	Dampak
1	<i>Minor</i>	Tidak mempengaruhi kinerja sistem
2	<i>Low</i>	Sedikit penurunan atau sedikit gangguan
3	<i>Moderate</i>	Penurunan kinerja memerlukan perbaikan mendadak
4	<i>High</i>	Sistem tidak dapat digunakan dan dapat menghentikan proses karena perbaikan besar
5	<i>Very high</i>	Kegagalan mempengaruhi keselamatan yang membahayakan operator

(Industri Farmasi, 2024)

Tahap ini melakukan penilaian terhadap tingkat kemunculan (*occurrence*) penyebab kegagalan mekanis peralatan. Penentuan rating *occurrence* merupakan langkah lanjutan setelah penetapan tingkat severity.

Tabel 3. Occurrence Rating

Nilai	Tingkat Kejadian	Rentang Terjadi
1	<i>Rare</i> / Sangat jarang	Tidak terdapat kemungkinan terjadi / Terjadi 1x kejadian selama ini
2	<i>Unlikely</i> / Jarang	Kemungkinan terjadi lebih kecil dari rata-rata / Terjadi 1x dalam satu tahun
3	<i>Moderate</i> / Sedang	Kemungkinan terjadi rata-rata / Terjadi 1x dalam 1 bulan
4	<i>Likely</i> / Mungkin terjadi	Kemungkinan besar terjadi / Terjadi 1x dalam 1 minggu
5	<i>Almost certain</i> / Pasti terjadi	Pasti akan / Terjadi setiap hari / Pasti terjadi setiap ada aktivitas tersebut

(Industri Farmasi, 2024)

Penilaian tingkat deteksi bertujuan mengevaluasi kemampuan mengidentifikasi penyebab kegagalan mekanis pada peralatan. Setelah menetapkan nilai *occurrence*, tahap berikutnya adalah menentukan rating deteksi. Mengingat industri Farmasi belum memiliki standar penilaian deteksi, penilaian ini mengacu pada jurnal Yaqin et al. (2020).

Tabel 4. Detection Rating

Nilai	Tingkat Deteksi	Kriteria
1	Dapat dilakukan dengan mudah / kasat mata	Dapat diduga akan seringnya terjadi mengakibatkan deteksi pada potensi penyebab dan kejadian
2	Mudah untuk mendeteksi	Mudah terkontrol untuk mendeteksi penyebab potensi dan jenis kegagalan selanjutnya
3	Untuk terdeteksi sedang	Hampir tidak mudah untuk mendeteksi penyebab potensi dan jenis kegagalan selanjutnya
4	Untuk terdeteksi sangat rendah	Sangat rendah untuk mendeteksi penyebab potensi dan jenis kegagalan selanjutnya
5	Sangat sulit untuk terdeteksi	Sangat sulit untuk mengontrol perubahan untuk mendeteksi penyebab potensi dan jenis kegagalan selanjutnya

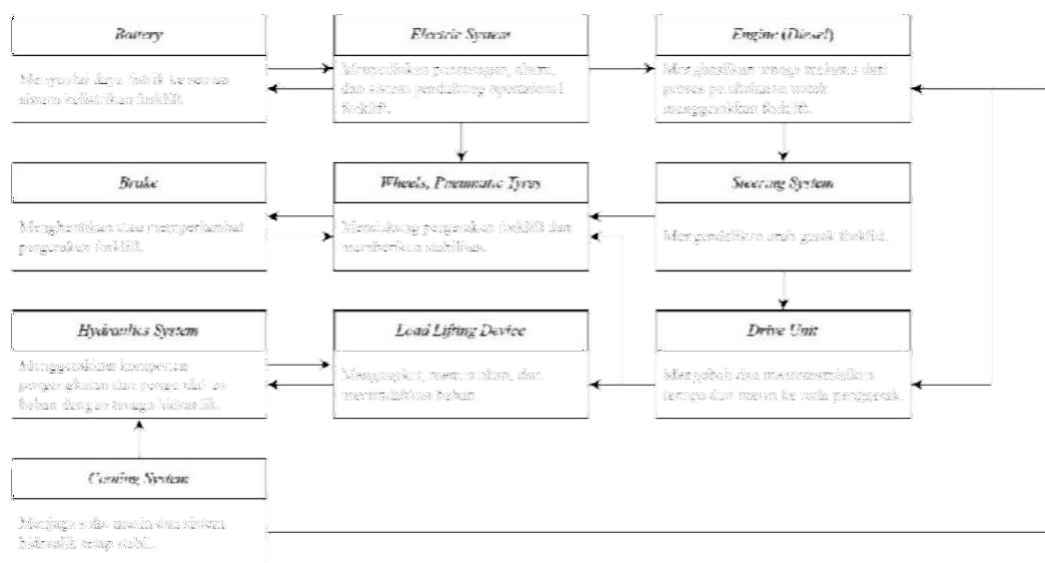
(Yaqin et al., 2020)

FMECA adalah sebuah metode yang digunakan untuk menganalisa dan menemukan kegagalan - kegagalan yang ada pada suatu sistem, menemukan penyebab potensial kemudian mencari penyelesaiannya. FMECA mencakup *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dan *Criticality Analysis* (CA) yang merupakan metodologi analisis desain yang digunakan untuk meningkatkan keandalan sistem, mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengelola potensi mode kegagalan dalam proses dan menilai dampaknya pada kinerja sistem (Gong et al., 2022). Pada penentuan *risk priority* berdasarkan analisis *Criticality Analysis* (CA) menggunakan matriks kriticalitas (*criticality matrix*). Terdapat beberapa tahapan pada analisis *Criticality Analysis* (CA) meliputi:

1. Menentukan tingkat keparahan (*severity*) dan tingkat kejadian (*occurrence*).
2. Melakukan perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) pada setiap titik kegagalan
3. Menempatkan setiap titik kegagalan pada matriks kriticalitas dengan memperhatikan nilai keparahan (*severity*) dan kejadian (*occurrence*)
4. Jika posisi titik kegagalan berada di sebelah kiri kolom maka artinya titik keagalannya semakin tinggi, dan Jika titik kegagalan berada di posisi semakin keatas baris maka tingkat keagalannya juga semakin tinggi,
5. Ini berlaku sebaliknya jika posisinya semakin ke kanan kolom dan dibawah baris maka tingkat keagalannya semakin rendah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sistem kerja suatu komponen, dijelaskan dalam *Functional Block Diagram* (FBD). Pada penjelasan FBD ini berdasarkan sistem kerja dari suatu komponen yang memiliki hubungan antar komponen-komponennya. Penjelasan dan penyusunan FBD ini didasari dan disesuaikan dengan *manual book forklift counterbalance* DFG 425 dan dilakukan diskusi dengan expert judgement. Berikut hasil FBD *forklift counterbalance* DFG 425.



Gambar 1. *Functional Block Diagram Forklift Counterbalance*

Berdasarkan Gambar 1, keterkaitan hubungan antara komponen satu dengan komponen lainnya berdasarkan fungsinya. Pada komponen – komponen tersebut terdapat sub – sub komponen yang berfungsi dalam proses berjalannya suatu komponen tersebut. Sistem ini dibagi menjadi beberapa sub sistem dan komponen – komponen yang terkait dengan sub sistem dikelompokkan berdasarkan operasinya (Dionysiou et al., 2022). Identifikasi pada aliran komponen – komponen digunakan untuk menghubungkan berbagai komponen dan sub sistem.

Dalam keterkaitan dengan FMEA, FBD memetakan jalur kegagalan potensial, seperti gangguan pada baterai yang dapat melumpuhkan seluruh sistem kelistrikan, atau kerusakan sistem hidraulik yang mengganggu pengangkatan beban. Melibatkan diskusi dengan *expert judgement* untuk memvalidasi interaksi kompleks antar komponen, seperti ketergantungan sistem kemudi pada tekanan hidraulik dan peran sistem pendingin dalam mencegah overheating kritis. Dengan demikian, FBD tidak hanya menjelaskan alur kerja *forklift* tetapi juga menjadi dasar sistematis untuk mengidentifikasi kegagalan pada komponen, mengevaluasi dampak kegagalan, dan merancang mitigasi dalam analisis FMEA.

Penelitian yang dilakukan oleh Chi et al. (2020), dimana FBD mengilustrasikan mekanisme dasar dari komponen yang selanjutnya dapat disederhanakan dengan FMEA untuk menentukan komponen yang cacat, mode kegagalan, dan efek penyebab dalam format tabel terkait informasi yang diperlukan di masa mendatang. Penilaian komponen dan sub komponen dianalisis pada *worksheet Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk dilakukan analisis berupa kegagalan fungsi, mode kegagalan, dan dampak kegagalan yang ditimbulkan dari kegagalan komponen tersebut.

Proses pengerjaan dan penyusunan FMEA ini, dilakukan dengan diskusi bersama *expert judgement* untuk memberikan nilai SOD (*severity, occurrence, detection*). 10 dari 80 sub komponen tertinggi ini, akan dianalisis untuk mengetahui nilai RPN berdasarkan hasil penilaian tingkat *severity* (keparahan), tingkat *occurrence* (kejadian), dan tingkat *detection* (deteksi) yang kemudian dilakukan perkalian pada SOD untuk menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN) pada *forklift counterbalance*.

Tabel 5. *Worksheet FMEA forklift counterbalance*

System	Equipment	Functional	Functional Failure	Failure Mode	Failure Effect
Engine (Diesel)	Filter Engine Oil	Menyaring kotoran dari oli sebelum didistribusikan ke komponen mesin.	Saringan tersumbat	Penumpukan kotoran	Oli tidak dapat terdistribusi dengan sempurna
Drive Unit	Drive Auxiliary	Meningkatnya efisiensi transfer tenaga dari mesin ke roda.	Transfer tenaga tidak terdistribusi sepenuhnya	Retakan pada poros	Pergerakan pada poros tidak stabil
Wheels, Pneumatic Tyres	Rim Wheel	Mendukung dan menahan ban pneumatik.	Ketidak stabilan ban pneumatik	Retakan pada rim	Ban lepas dari pelek
Steering	Cylinder	Menggerakkan roda	Tidak adanya	Seal bocor	Forklift tidak dapat

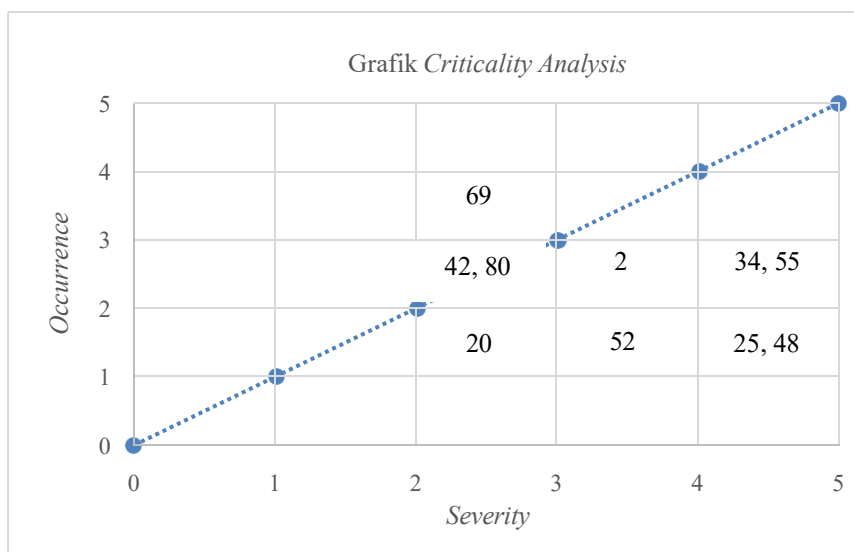
<i>System</i>	<i>Steer</i>	kemudi dengan tenaga hidrolik.	gerakan		berbelok
<i>Hydraulic System</i>	<i>Hose Hydraulic</i>	Menghubungkan komponen hidrolik.	Kebocoran selang	Selang terkelupas	Tekanan hidrolik turun
<i>Brake</i>	<i>Hose Brake</i>	Mengalirkan fluida rem.	Hose pecah saat pengereman	Regangan berlebih	Hilangnya fungsi rem secara tiba-tiba
<i>Battery</i>	<i>Fuse</i>	Pengaman sistem kelistrikan	Beban arus berlebih	Putusnya fuse	Berhenti secara mendadak saat beroperasi
<i>Electric System</i>	<i>Kit Cable Chassis Truck</i>	Menyediakan koneksi kabel untuk seluruh sasis.	Konsleting listrik	Kabel rusak	Beresiko terjadinya kebakaran
<i>Load Lifting Device</i>	<i>Cylinder Lift</i>	Mengangkat dan menurunkan mast	Tidak mampu mengangkat beban	Seal rusak	Penurunan <i>fork</i> (garpu) secara tiba-tiba
<i>Cooling System</i>	<i>Radiator</i>	Mendinginkan cairan pendingin untuk menjaga suhu mesin.	Tersumbatnya radiator	Kotoran pada sirip	Penurunan efisiensi pendinginan

Hasil analisis menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* pada tabel 5 dapat diketahui terkait fungsi, kegagalan fungsi, mode kegagalan, dan dampak dari kegagalan tersebut. Setiap *equipment* dalam *system* akan mempengaruhi dari fungsi atau kinerja *system* tersebut. Salah satu contohnya adalah ketika *filter engine oil* mengalami mode kegagalan yaitu penumpukan kotoran, maka akan dapat menyebabkan kegagalan fungsi saringan tersumbat yang dapat berakibat pada *filter engine oil* oli tidak dapat terdistribusi dengan sempurna. Begitu juga dengan kegagalan pada *equipment* di masing – masing *system* akan dapat mempengaruhi dan dapat menyebabkan terjadinya kegagalan.

Tabel 6. Penilaian RPN *forklift counterbalance*

<i>System</i>	<i>Equipment</i>	<i>Severity (S)</i>	<i>Occurrence (O)</i>	<i>Detection (D)</i>	<i>Risk Priority Number (RPN)</i>
<i>Engine (Diesel)</i>	<i>Filter Engine Oil</i>	4	3	3	36
<i>Drive Unit</i>	<i>Drive Auxiliary</i>	3	2	4	24
<i>Wheels, Pneumatic Tyres</i>	<i>Rim Wheel</i>	5	2	3	30
<i>Steering System</i>	<i>Cylinder Steer</i>	5	3	3	45
<i>Hydraulics System</i>	<i>Hose Hydraulic</i>	3	3	3	27
<i>Brake</i>	<i>Hose Brake</i>	5	2	3	30
<i>Battery</i>	<i>Fuse</i>	4	2	4	32
<i>Electric System</i>	<i>Kit Cable Chassis Truck</i>	5	3	3	45
<i>Load Lifting Device</i>	<i>Cylinder Lift</i>	3	4	3	36
<i>Cooling System</i>	<i>Radiator</i>	3	3	4	36

Berdasarkan kegagalan yang sudah diketahui, maka dilakukan penilaian berdasarkan nilai *severity*, *occurrence* (kejadian), dan *detection* (deteksi). Penilaian ini selanjutnya akan dikalikan ($S \times O \times D$) untuk menentukan nilai RPN (*Risk Priority Number*). Pada *equipment filter engine oli* mode kegagalan penumpukan kotoran nilai *severity* (keparahan) sebesar 4 disebabkan karena ketika terjadi penumpukan kotoran akan menghentikan proses karena perbaikan besar yang dipengaruhi oleh *stock filter engine oil* yang terbatas. Selama 3 tahun terakhir sebanyak 13 kejadian kegagalan sehingga penilaian *occurrence* (kejadian) sebesar 3. Kegagalan yang terjadi disebabkan oleh faktor yang hampir tidak mudah dideteksi dan jenis kegagalan yang menyebabkan nilai 3 pada *detection* (deteksi).



Gambar 2. Grafik Criticality Analysis

Urutan tindakan prioritas korektif pada *equipment* dapat ditentukan menggunakan *Criticality Analysis* (CA). Tindakan prioritas ini hanya ditentukan berdasarkan nilai *severity* (keparahan) dan *occurrence* (kejadian). Jika terdapat nilai RPN yang sama maka ditentukan prioritas semakin berada di sebelah kanan (garis horizontal *severity*) dan semakin berada di atas (garis vertikal *occurrence*) *equipment* dilakukan tindakan prioritas korektif berdasarkan penilaian dari *failure mode* (mode kegagalan). Didapatkan sebanyak 4 komponen yang berada paling kanan pada garis horizontal *severity* yang menyatakan ketika terjadi kegagalan pada masing – masing *failure mode* (mode kegagalan) dapat membahayakan operator *forklift* saat mengoperasikan *forklift*.

Tabel 7. Prioritas *Failure Mode* Berdasarkan Grafik Kritikalitas

No	Sub Komponen	<i>Failure Mode</i>	S	O	RPN
34	<i>Cylinder Steer</i>	Seal bocor	5	3	45
55	<i>Kit Cable Chassis Truck</i>	Kabel rusak	5	3	45
25	<i>Rim Wheel</i>	Retakan pada rim	5	2	30
48	<i>Hose Brake</i>	Regangan berlebih	5	2	30
2	<i>Filter Engine oil</i>	Penumpukan kotoran	4	3	36
52	<i>Fuse</i>	Putusnya fuse	4	2	32
69	<i>Cylinder Lift</i>	Seal rusak	3	4	36
42	<i>Hose Hydraulic</i>	Selang terkelupas	3	3	27
80	<i>Radiator</i>	Kotoran pada sirip	3	3	36
20	<i>Drive auxiliary</i>	Retakan pada poros	3	2	24

Analisis *Criticality Analysis* (CA) menentukan tingkat urutan kekritisitas *equipment* pada masing – masing didapatkan *equipment cylinder steer* pada *system steering system* dan *kit cable chassis truck system wheels, pneumatic tyres* memiliki prioritas paling utama dikarenakan memiliki nilai nilai *severity* (keparahan), *occurrence* (kejadian), dan *Risk Priority Number* (RPN) yang sama yaitu sebesar 45 dan 40.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan identifikasi bahaya kegagalan komponen pada alat *forklift counterbalance* menggunakan metode FMECA didapatkan sebanyak 10 komponen dari 80 komponen memiliki nilai RPN tertinggi. Pada masing – masing komponen terdiri dari 1 sub komponen dengan nilai RPN tertinggi. Penilaian RPN tertinggi ini, selanjutnya dianalisis lebih lanjut dengan *Criticality Analysis* untuk mendapatkan urutan tindakan prioritas korektif pada sub komponen. Didapatkan sebanyak 4 sub komponen memiliki tingkat nilai *severity* tertinggi yang dapat membahayakan operator ketika terjadi kegagalan. Pada sub komponen *cylinder steer*

pada *system steering system* dan sub sistem *kit cable chassis truck system wheels, pneumatic* memiliki nilai yang sama dan tertinggi diantara sub komponen lain yaitu sebesar 45 dan 40.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada perusahaan industri farmasi atas waktu dan kesempatan untuk menjadi tempat penelitian serta semua yang terlibat pada penelitian ini.

6. DAFTAR NOTASI

S = Nilai *Severity* (keparahan)
O = Nilai *Occurrence* (kejadian)
D = Nilai *Detection* (deteksi)

7. DAFTAR PUSTAKA

- Chi, C. F., Sigmund, D., & Astardi, M. O. (2020). Classification Scheme for Root Cause and Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) of Passenger Vehicle Recalls. *Reliability Engineering and System Safety*, 200(January), 106929. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.106929>
- Dhillon, B. S. (2002). *Engineering Maintenance Modern approach* (Issue 6). Taylor & Francis Group.
- Dionysiou, K., Bolbot, V., & Theotokatos, G. (2022). A functional model-based approach for ship systems safety and reliability analysis: Application to a cruise ship lubricating oil system. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, 236(1), 228–244. <https://doi.org/10.1177/14750902211004204>
- Gong, J., Luo, Y., Qiu, Z., & Wang, X. (2022). Determination of key components in automobile braking systems based on ABC classification and FMECA. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 9(1), 69–77. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.01.008>
- Ilmi, F. B., Garside, A. K., Khodir, A., & Wardana, R. W. (2024). Usulan Peningkatan Efektivitas Mesin Hammer Milling dengan Metode ORE dan FMECA. *INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 10(1), 33–40.
- Isabella, M., Presilia, Y. A., & Malik, A. R. (2024). Risk Analysis of Occupational Accident in Warehousing with Hazard Identification , Risk Assessment , and Risk Control Methods at PT XYZ. *Sains, Teknologi Dan Industri*, 21(2), 392–400.
- Islam, S. S., Lestari, T., Fitriani, A., & Wardani, D. A. (2020). Analisis Preventive Maintenance Pada Mesin Produksi dengan Metode Fuzzy FMEA. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 8(1), 13–20. <https://doi.org/10.32487/jtt.v8i1.766>
- Khrisdamara, B., & Andesta, D. (2022). Analisis Penyebab Kerusakan Head Truck-B44 Menggunakan Metode FMEA dan FTA (Studi Kasus : PT. Bima, Site Pelabuhan Berlian). *Jurnal Serambi Engineering*, 7(3), 1–11. <https://doi.org/10.32672/jse.v7i3.4255>
- Maizi, H., Ambartiasari, G., Ulya, Z., Fadilla, M., Malahayati, A. J., & Putera, M. (2024). Analisis Titik Kritis Rantai Pasok Industri Nilam Menggunakan Failure Modes Effects Criticality Analysis Method (FMECA). *VI(2)*, 1–6.
- Moubray, J. (1997). Enhanced reliability-centered maintenance. In *Nuclear Plant Journal* (Vol. 9, Issue 3).
- Ogbonnaya, C., Abeykoon, C., Nasser, A., Ume, C. S., Damo, U. M., & Turan, A. (2021). Engineering risk assessment of photovoltaic-thermal-fuel cell system using classical failure modes, effects and criticality analyses. *Cleaner Environmental Systems*, 2(January), 100021. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100021>
- Peraturan Menteri Kesehatan RI. (2010). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 1799 tahun 2010 tentang Industri Farmasi. In *KEMENTERIAN KESEHATAN*.
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan. (2016). Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No.38 tahun 2016 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pesawat Tenaga dan Produksi. In *KEMENTERIAN KETENAGAKERJAAN*.
- Perdana, M. A., Rusba, K., & Pongky, P. (2024). ANALISA KESELAMATAN PEKERJAAN BONGKAR MUAT BARANG MENGGUNAKAN FORKLIFT PADA PT. X KOTA BALIKPAPAN. *Open Journal System*, 18(1978), 2623–2630.
- Putra Alhadi, G., Ritonga, D. A. A., & Junaidi, J. (2021). PENENTUAN INTERVAL WAKTU MAINTENANCE FORKLIFT TERHADAP KOMPONEN KRITIS BERDASARKAN DATA KERUSAKAN MESIN MENGGUNAKAN METODE PREVENTIVE AGE REPLACEMENT (Studi kasus: PT. XXX). *JITEKH*, 9(1), 1–7. <https://doi.org/10.35447/jitekh.v9i1.317>
- Quratulaini, N. F., Darul, M., & Natsir, H. (2025). Penilaian Risiko Kegagalan Gantry Crane Menggunakan Failure Mode Effect and Analysis (FMEA) dan Fishbone Diagram. 3(1), 33–40.
- Rahman, A. (2021). PENGGUNAAN METODE FMECA (FAILURE MODES EFFECTS CRITICALITY ANALYSIS) DALAM IDENTIFIKASI TITIK KRITIS DI INDUSTRI KEMASAN. *Jurnal Teknologi*

- Industri Pertanian*, 31(1), 110–119. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2021.31.1.110>
- Samharil, F., Ismiyah, E., & Dhartikasari Priyana, E. (2022). Perancangan Pemeliharaan Mesin Filter Press dengan metode FMECA dan Reliability Centered Maintenance (RCM) (Studi Kasus PT. XYZ). *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 8(2), 335. <https://doi.org/10.24014/jti.v8i2.20094>
- Syarifudin, A., & Putra, J. T. (2021). Analisa Risiko Kegagalan Komponen pada Excavator Komatsu 150LC dengan Metode FTA DAN FMEA DI PT. XY. *Jurnal InTent*, 4(2), 1–10.
- Yaqin, R. I., Siahaan, J. P., Priharanto, Y. E., Alirejo, S., & Umar, M. L. (2020). Pendekatan FMEA dalam Analisa Risiko Perawatan Sistem Bahan Bakar Mesin Induk : Studi Kasus di KM . *Sidomulyo*. 9(3), 189–200.