



**ANALISIS RISIKO KERUSAKAN PADA ALAT BERAT GRAB  
DENGAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS*  
(Study Kasus: PT SIAM MASPION TERMINAL GRESIK)**

Achmad Fany Rislamy<sup>1</sup>, Nina Aini Mahbubah<sup>2</sup>, Dzakiyah Widyaningrum<sup>3</sup>  
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik  
Jl. Sumatera 101 GKB Randuagung, Gresik – Indonesia, 61121  
Korespondensi Penulis: achmadfanyrislamy@yahoo.co.id<sup>1</sup>., n.mahbubah@umg.ac.id<sup>2</sup>.,  
dzakiyah@umg.ac.id<sup>3</sup>

**ABSTRAK**

Pemeliharaan berkala merupakan pengelolaan perawatan terpenting demi kelancaran logistik perusahaan. PT. Siam Maspion Terminal merupakan perusahaan yang bergerak dibidang jasa bongkar muat di dermaga pelabuhan. Alat berat Grab merupakan peralatan utama pada proses tersebut. Meskipun perawatan berkala telah dilakukan, namun teridentifikasi tingginya jumlah kerusakan pada komponen Grab. Dampak dari kerusakan tersebut mengakibatkan semua proses bongkar muat tertunda hingga perbaikan selesai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sebab akibat kerusakan dan menentukan prioritas perbaikan komponen mesin Grab menggunakan pendekatan FMEA. Penelitian ini dimulai dengan identifikasi kerusakan lima jenis mesin grab, dilanjutkan dengan proses identifikasi sebab akibat kerusakan komponen dan penentuan nilai ranking berdasarkan tingkat keparahan, frekuensi kejadian kerusakan, dan deteksi kerusakan mesin Grab. Responden expert di bagian maintenance merupakan narasumber yang melakukan pengisian kuesioner FMEA. Hasil penelitian ini didapatkan enam komponen mesin Grab yang teridentifikasi sebagai komponen yang memiliki tingkat kerusakan paling tinggi pada Grab no 2 dan Grab no 5. Sedangkan ranking risiko kerusakan tertinggi yaitu komponen roda pulley dan as silinder. Rekomendasi perbaikan berkala berdasarkan nilai kritis kerusakan tertinggi disarankan dilakukan perusahaan sehingga frekuensi kerusakan dapat diminimalisasi

Kata kunci : FMEA, RPN, perawatan berkala, alat berat, Grab, bongkar muat.

**ABSTRACT**

Preventive maintenance is considered as keypoint in maintenance management in order to maintain logistics' steadiness along with pre and post production process. PT. Siam Maspion Terminal is one of the leading port's service company which is provide logistics services on terminal port. Grab heavy equipment is considered as the main equipment during loading and unloading process. Initial instigation found that inspite of periodically maintenance have been implemented, however, a high number of machine's downtime have been identified. This study aims to analyze the cause and effect risk failure of grab's components in order to mitigate alternative preventive maintenance using the FMEA approach. This research begins with downtime identification of five types of Grab heavy equipment, followed by identify the cause and effect such failure to determine ranking values based on the severity, frequency of occurrence, and detection. A number of respondents from the maintenance department were chosen as expert who filled out the FMEA questionnaire. This study found that there are six Grab components which are identified as critical component from Grab no 2 and Grab no 5. It was found that two highest failure risk are pulley and axle components. Regular maintenance recommendations based on these critical failure components are recommended in order to prevent such failure occur in the future.

Key words: Failure Mode and Effect Analysis, Heavy Equipment, Grab, loading and unloading, port terminal

## PENDAHULUAN

Manajemen pemeliharaan merupakan faktor terpenting dalam menjaga keberlanjutan peralatan di industri manufaktur maupun industri jasa. Perawatan peralatan penunjang proses produksi maupun proses jasa dilakukan secara berkala agar tidak terjadi gangguan dalam persiapan, proses, maupun pasca produksi.

PT. Siam Maspion Terminal (SMT) adalah perusahaan yang bergerak dibidang jasa bongkar muat dari dan ke kapal pengangkut bahan gas dan cair yang bersandar di dermaga Pelabuhan Gresik. PT SMT mengoperasikan alat berat Grab sejumlah 7 unit: kapasitas 5 ton sebanyak 2 unit, 7.5 ton sebanyak 3 unit dan 10 ton sebanyak 2 unit yang berada di area pelabuhan PT Siam Maspion Terminal. Alat Berat Grab dapat dilihat pada Gambar 1. Berikut.



Gambar 1. ALat Berat Grab

Dalam proses bongkar muat dari kapal ke darat, penggunaan Grab di operasikan oleh operator Crane dari kapal. Pada saat proses bongkar muat Grab memiliki jam kerja yang banyak sehingga kerusakan yang terjadi saat proses bongkar muat sangat tinggi. Sehingga pada saat Grab mengalami kerusakan maka otomatis Crane dari kapal berhenti beroperasi sehingga menambah jam kerja Crane.

Perusahaan telah menerapkan perawatan berkala pada peralatan tersebut. Akan tetapi *preventive maintenance* belum berjalan optimal dikarenakan masih banyak terjadi kerusakan peralatan tersebut. Akibat dari kerusakan dan waktu perbaikan yang relatif lama, maka mengakibatkan adanya keterlambatan waktu bong/muat dari dan ke kapal. Keterlambatan tersebut juga mengakibatkan tertundanya pekerjaan bongkar muat berikutnya. Untuk itu diperlukan metode perawatan yang lebih efektif dan efisien serta memperpanjang umur pemakaian Grab.

*Failure Mode and effect Analysis*

merupakan pendekatan yang digunakan untuk mengevaluasi suatu sistem, dimulai dari proses identifikasi dan dampak dari kegagalan, serta menghitung nilai risiko kegagalan guna merekomendasikan perbaikan berdasarkan ranking hasil perhitungan tingkat kegagalan suatu sistem. mengevaluasi dan penyebab kegagalan pada Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab kerusakan yang terjadi di alat berat Grab dan memberikan saran perbaikan agar kerusakan mesin dapat diminimalisir.

## LANDASAN TEORI

### A. Pemeliharaan

Definisi pemeliharaan menurut Corder (1988) dalam Nadjib dan Anshori (2013) adalah pelaksanaan pemeliharaan dan pemeliharaan mesin-mesin maupun fasilitas produksi lainnya supaya dapat berjalan dengan lancar dan memberikan hasil produksi dengan kualitas baik serta umur mesin diusahakan melebihi umur penyusutannya. Bentuk pemeliharaan bisa berupa pergantian komponen sesuai dengan yangtelah di tentukan ataupun melakukan pemeriksaan menyeluruh dalam jangka waktu tertentu. *Preventive Maintenance* dibagi menjadi 3, yaitu *Routine maintenance* merupakan kegiatan perawatan yang telah dilakukan secara rutin, misalnya pembersihan peralatan, pengecekan oli. *Periodic maintenance* merupakan kegiatan yang dilakukan pada jangka waktu tertentu dengan tujuan untuk meminimalkan kegagalan fasilitas. *Predictive maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dalam rangka meminimalkan kegagalan mesin dengan cara memeriksa mesin sesuai dengan jadwal yang telah dijadwalkan. (Reza, 2017)

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

Villacourt (1992) dalam Sukanta (2018) mendefinisikan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* sebagai pendekatan sistematis yang menerapkan suatu metode pembelajaran untuk membantu proses pemikiran yang digunakan oleh engineers untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya. Kegagalan digolongkan berdasarkan dampak yang diberikan terhadap kesuksesan suatu misi dari sebuah sistem. (Sukanta, 2018). FMEA adalah salah satu metode untuk mengetahui rangking penyebab kegagalan suatu proses sehingga bisa diperoleh prioritas perbaikan (Afriansyah dkk, 2017). Cara menentukan tingkat prioritas kegagalan mesin dengan menentukan nilai Severity Rating, Occurance Rating, dan Detection Rating sehingga bisa dihitung nilai Risk Priority Number (RPN) untuk komponen mesin dengan

tingkat prioritas tertinggi. (Reza, 2017).

Tujuan FMEA adalah untuk mengetahui dan mencegah terjadinya gangguan dengan mengetahui risiko yang mungkin terjadi dan membuat strategi penurunan risiko tersebut. Tiga komponen yang akan membantu dalam menentukan prioritas dari kegagalan tersebut, yaitu (Gaspersz, 2002):

### A. Severity

*Severity* adalah langkah pertama untuk menganalisa risiko yaitu menghitung seberapa besar dampak dan intensitas kejadian akan mempengaruhi hasil suatu sistem tertentu. (Gaspersz, 2002).

Tabel 1. Nilai *Severity*

Rangking	Kriteria
	Neglible severity/ tidak berdampak pada kinerja sistem.
2 3	Mild severrity /Akibat yang ditimbulkan hanya bersifat ringan.
4 5 6	Moderate severity/Terdapat dapmpak penurununan fungsi sistem, namun masih dalam batas toleransi.
7 8	High severity/kerusakan komponen diluar toleransi dan memerlukan biaya perbaikan yang tinggi. .
9 10	Potential safety problems/ Akibat yang ditimbulkan sangat berbahaya dan pengaruh terhadap keselamatan pengguna.

(Sumber:Adaptasi dari Gasperz, 2002)

### B. Occurrence

*Occurrence* menunjukkan nilai keseringan suatu masalah yang terjadi karena *potential cause*. Adapun nilai yang menjabarkan *occurrence* dapat dilihat pada tabel *occurrence* dibawah ini (Gaspersz, 2002).

Tabel 2. Nilai *Occurrence*

Degree	Berdasarkan Pada Frekuensi Kejadian	Rating
Remote	0,01 per 8760 Jam	1
Low	0,1 per 8760 Jam	2
	0,5 per 8760 Jam	3
Moderate	1 per 8760 Jam	4
	2 per 8760 Jam	5
	5 per 8760 Jam	6
Hight	10 per 8760 Jam	7
	20 per 8760 Jam	8
Very Hight	50 per 8760 Jam	9
	100 per 8760 Jam	10

(Sumber:Adaptasi dari Gasperz, 2002)

### C. Detection

*Detection* merupakan alat kontrol yang digunakan untuk mendeteksi *potential cause*. Identifikasi metode-metode yang diterapkan untuk mencegah atau mendeteksi penyebab dari mode kegagalan ( Gaspersz, 2002).

Tabel 3. Nilai *Detection*

Rating	Kriteria	Berdasarkan Pada Frekuensi Kejadian
1	Metode Pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan bahwa penyebab mungkin muncul	0,01 per 8760 Jam
2 3	Kemungkinan penyebab terjadi sangat rendah	0,1 per 8760 Jam 0,5 per 8760 Jam
4 5 6	Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderat. Metode pencegahan kadang memungkinkan penyebab itu terjadi	1 per 8760 Jam 2 per 8760 Jam 5 per 8760 Jam
7 8	Kemungkinan penyebab terjadi masih tinggi. Metode pencegahan kurang efektif, penyebab masih berulang kembali	10 per 8760 Jam 20 per 8760 Jam
9 10	Kemungkinan penyebab terjajadi sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali.	50 per 8760 Jam 100 per 8760 Jam

(Sumber:Adaptasi dari Gasperz, 2002)

#### D. Risk Priority Number (RPN)

RPN digunakan untuk menganalisis ranking berdasarkan kegagalan suatu komponen untuk mempertimbangkan tindakan mengurangi kekritisan dan membuat proses lebih baik (Revitasari dkk, 2015). Rumus RPN sebagai berikut:

$$RPN = severity \times occurrence \times detection$$

Berdasarkan risiko yang telah terdaftar dan diketahui nilai RPN masing-masing, maka dapat ditentukan nilai risiko kritis. Risiko tersebut yang akan dianalisis lebih lanjut sebagai langkah awal dari tindakan penanganan risiko untuk mempertahankan kinerja mesin/peralatan. (Sukanta dkk, 2015)

selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *Risk Priority Number* guna menganalisis penyebab kerusakan dan nilai kritis komponen kerusakan untuk dilakukan prioritas perbaikan.

Hasil pembahasan dan kesimpulan penelitian merupakan tahap terakhir dalam penelitian. Analisis komponen kritis, kerusakan, dan dampak kerusakan dianalisis berdasarkan brainstorming dengan melakukan *brainstorming* dengan lima responden penelitian. Kesimpulan hasil penelitian dan saran untuk manajemen perusahaan berdasarkan hasil analisis juga dilakukan pada akhir tahap penelitian ini.

### METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Obyek dan Lokasi Penelitian

Obyek penelitian ini adalah Alat berat Grab jenis otomatis dan jenis manual sejumlah delapan unit. Alat berat Grab digunakan pada proses bongkar muat dari dan ke kapal di dermaga pelabuhan. Lokasi penelitian adalah Dermaga Jetty PT Siam maspion Terminal di manyar, Gresik.

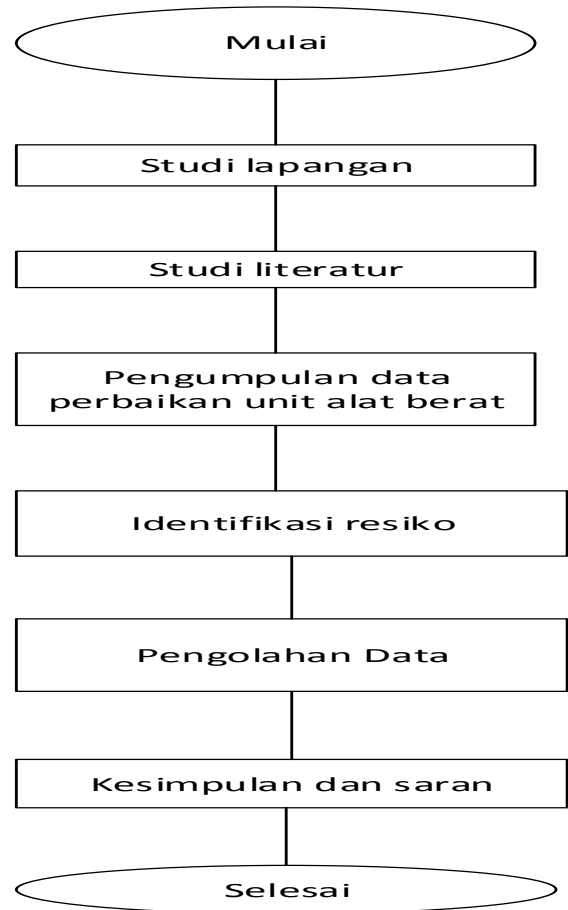
#### B. Teknik pengumpulan Data dan Responden Penelitian

*Field study*, *brainstorming*, *penyebaran kuesioner*, dan dokumentasi merupakan metode pengumpulan data pada penelitian ini. Responden penelitian adalah lima karyawan bagian maintenance alat berat Grab. Responden merupakan karyawan yang telah bekerja pada bagian maintenance selama lima tahun.

#### C. Tahapan Penelitian

Tiga tahapan penelitian dilakukan sebagai alur penyelesaian pemecahan permasalahan. Studi lapangan dengan *walk through survey* hingga permasalahan teridentifikasi dan penelusuran pustaka merupakan tahap pertama penelitian. Penelitian dilakukan secara langsung di pt SMT selama enam bulan. Pustaka tentang FMEA dan manajemen perawatan juga ditelusuri dari terbitan ilmiah, sebagai referensi pendukung penelitian. Pengumpulan dan pengolahan data merupakan tahapan kedua penelitian. Data yang dikumpulkan berdasarkan historis data kerusakan unit alat berat selama satu tahun. Penyebaran dan pengumpulan data kuesioner FMEA juga dilakukan,

Gambar 2. Merupakan flowchart alur penyelesaian permasalahan penelitian.



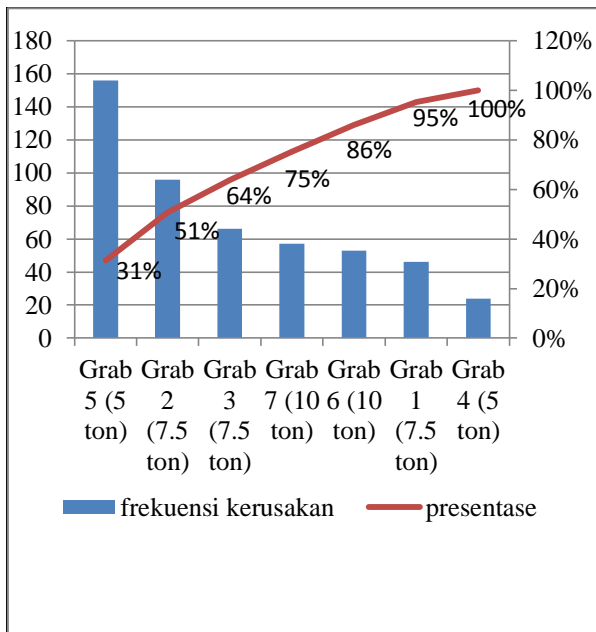
Gambar 2. Flowchart Penyelesaian Penelitian

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Data Kerusakan dan Waktu Perbaikan kerusakan Mesin Alat Berat Grab

Data kerusakan dan perbaikan Alat Berat Grab

berasal dari catatan bagian maintenance perusahaan tahun 2018. Dokumentasi data kerusakan tersebut selanjutnya diklasifikasikan dalam 5 tipe Alat Grab yang digunakan dalam penelitian, yaitu 2 Grab 5 ton, 2 Grab 7,5 ton dan 1 Grab 10 ton. Selanjutnya data tersebut dikompilasi, dan disajikan dalam diagram Pareto untuk mengetahui urutan waktu perbaikan kelima mesin Grab tersebut. Gambar 3. Menunjukkan diagram Pareto waktu perbaikan kerusakan.



Gambar 3. Diagram Pareto Frekuensi kerusakan dan Waktu Perbaikan Lima mesin Grab

Dari gambar 3. diketahui bahwa dua tipe alat berat, yaitu Grab nomer 5 dengan kapasitas 5 ton dan Grab nomer 2 dengan kapasitas 7.5 ton merupakan jenis alat berat yang memiliki frekuensi kerusakan dan waktu kerusakan yang paling tinggi. Dua jenis alat berat tersebut merupakan jenis alat berat terpilih untuk dilakukan prioritas perbaikan dan analisis lebih lanjut.

Data jenis kerusakan komponen alat berat Grab didapatkan dari data historis dan ditabulasikan pada tabel 4. Berikut.

Tabel 4. Jenis kerusakan Komponen Grab,.

No	Nama Komponen	Jenis Kerusakan
1	Wire rope	- Lilitan wire rope putus. - Selip diantara as

		pulley.
2	Silinder hidrolis	- Silinder bocor. - Oli tidak pekat.
3	As silinder	- As patah. - Tabung as penyok
4	Roda Pulley	Cincin as aus
5	Karet bawah mulut Grab	- Kawat terkikis - Baut pada karet lepas
6	Pancing pengait	Las pada as pancing patah

Tabel 4 menunjukkan 6 komponen yang mengalami kerusakan selama satu tahun. Selain informasi diatas, dari tabel juga diketahui terdapat sepuluh jenis kerusakan dari setiap komponen tersebut.

## B. ANALISIS FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) KOMPONEN MESIN GRAB

Hasil FMEA dari dua jenis mesin Grab tipe 5 ton dan tipe 10 ton dapat dilihat pada tabel 5. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa fugsi dai enam komponen tersebut merupakan komponen penting. Jika terjadi kerusakan dari komponen – komponen tersebut, maka alat berat Grab tidak dapat dioperasikan. Hasil brain storming dengan responden didapatkan data penyebab dan konsekuensi akibat kerusakan yang terjadi pada Mesin Grab.

Hasil perhitungan RPN dapat dilihat pada tabel 5. Hasil tersebut didapatkan dari perkalian antara tingkat keparahan kerusakan, tingkat kejadian kerusakan, dan bagaimana mendeteksi kedua faktor tersebut. Nilai RPN didapatkan dari hasil penyebaran kuesioner dan diisi oleh responden expert pada bagian maintenance perusahaan. Urutan nilai RPN dapat diketahui bahwa nilai tertinggi adalah 150 dan terendah 36.



Tabel 5. Hasil Mode and effect Analysis Alat Berat Grab

No	Komponen	Fungsi	Mode Kegagalan	Effect	Cause	S	O	D	RPN	Rekomendasi
1	Wire rope	Tali penghubung antara Grab dan Crane	Wire Rope putus lilitannya.	Rawan putus ketika digunakan.	Terjadi korosi pada wire rope.	4	4	5	80	Dilakukan greasing pada wire rope
			Selip diantara AS pulley.	Macet ketika buka tutup Grab.	AS pulley aus sehingga wire rope tidak center.	4	6	3	72	Ganti cincin AS pulley yang sudah aus
2	Silinder hidroli s	Pengontrol buka tutup mulut Grab	Silinder bocor	Buka tutup Grab tidak sempurna	Karet seal hidrolis rusak.	3	3	4	36	Ganti karet seal pada piston hidrolis
			Oli tidak pekat	Tabung hidrolis cepat panas	Waktu pemakaian yang terus menerus.	5	5	5	125	Ganti oli secara berkala.
3	As silinder	Dudukan penyangga antara rumah pulley dan body Grab	AS patah	Grab tidak bisa menutup.	Benturan ketika proses loading.	3	3	4	36	Operator Crane melakukan SOP dengan benar.
			Tabung AS penyok.	buka tutup Grab tidak sempurna	Benturan pada tabung.	4	3	4	48	Menjalankan Crane dengan benar
4	Roda pulley	Tempat perputaran tali ketika mesin beroperasi	Cincin as aus	Roda pulley kocak.	Setting pada cincin AS kurang tepat.	5	6	5	150	Melakukan setting kekencangan AS dengan tepat.
5	Karet bawah mulut Grab	Sebagai tali agar muatan cargo dalam Grab tidak bocor dan tumpah	Karet Terkikis	Material ketika loading bocor	Karet terkena material keras sehingga penyok.	6	3	5	90	Memilih penggunaan Grab sesuai material yang akan dibongkar.
			Baut pada karet lepas	Karet kendor/lepas	Baut sudah korosi	3	4	4	48	Ganti baut dengan yang tahan karat
6	Pancing pengait	Pengait antara rumah pulley dan body Grab sehingga Grab bisa menutup	Las pada as pancing patah	Pancing tidak bisa mengait untuk menutup Grab	Hentakan waktu menutup Grab terlalu kencang.	4	6	4	96	Pengelasan pada AS diperkuat.



dapat dilihat bahwa roda pulley dan silinder hidrolis memiliki nilai RPN tertinggi dari keseluruhan item yang ada pada alat berat Grab manual. Gambar 4. menunjukkan dua jenis kerusakan pada Grab.



Gambar 4. Jenis kerusakan oli bocor (kiri) dan wire rope terkikis (kanan)

Selain *roda pulley dan silinder hidrolis* terdapat peralatan lain yang memiliki tingkat risiko yang tinggi yaitu pancing pengait, karet bawah, wire rope. Keenam item tersebut menjadi perhatian utama mengingat tingginya dampak yang dapat terjadi. Tindakan *preventive maintenace* melakukan setting kekencangan AS dengan tepat dan melakukan pergantian oli secara berkala merupakan rekomendasi perbaikan yang seharusnya dilakukan pada komponen kritis dengan nilai RPN tertinggi tersebut agar tidak terjadi kerusakan terus menerus yang mengakibatkan terganggunya proses bongkar muat dikarenakan kerusakan Alat berat Grab.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis risiko kerusakan item alat berat Grab yang dimiliki oleh PT Siam Maspion Terminal No 2 dan No 5 dengan kapasitas 5 dan 7,5 Ton, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kerusakan pada alat berat Grab No 2 dan No 5 teridentifikasi pada item wire rope, silinder hidrolis, as silinder, roda pulley, karet bawah mulut Grab, dan pancing pengait.
2. Pada setiap item di dapatkan nilai RPN tertinggi pada roda pulley dan as slinder dengan nilai RPN 150 dan 125.
3. Untuk roda pulley yang memiliki nilai RPN tertinggi kerusakan yang sering

terjadi yaitu aus nya cincin pada pulley sehingga roda pulley kocak yang menyebabkan wire rope selip diantara roda pulley. Sedangkan untuk as silinder memiliki kerusakan pada sistem hidrolisnya yaitu oli yang sudah tidak pekat sehingga pada hidrolis bekerja, hidrolis tidak bisa melakukan buka tutup dengan sempurna. Pada roda pulley sebaiknya pada saat perbaikan lebih teliti dalam pemasangan cincin pada roda pulley sehingga antara cincin dan as pulley lebih presisi untuk mengurangi gap antara cincin dan as pulley. Untuk as silinder lebih baik dilakukan pergantian oli secara berkala sehingga sistem hidrolis bisa bekerja maksimal.

### B. Saran

1. perusahaan PT Siam Maspion Terminal sebaiknya melakukan perawatan secara berkala terutama pada item as pulley dan as silinder I.
2. melakukan pengawasan terhadap pemakaian alat berat Grab sehingga kerusakan pada part Grab dapat di minimalisir.
3. Saran untuk peneliti selanjutnya agar ditambahkan tahap implementasi dan tahap evaluasi dari usulan-usulan yang diberikan, karena pada penelitian ini hanya dilakukan sampai tahap analisis dan rencana perbaikan/pemberian usulan perbaikan.

## DAFTAR PUSTAKA

Nadjib, M. Ansori, N. &. (2013). *Sistem Perawatan Terpadu (Integrated Maintenance Sistem)*. yogyakarta: Graha Ilmu.

Reza, D., Supriyadi., & Ramayanti, Gina. (2017). *Analisis Kerusakan Mesin Mandrel Tension Reel Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Seminar Nasional Riset Terapan 2017. Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya.

Sukanta, Sukanta, Dene Herwanto, and Yopi Yulian. (2018) "*Analisis Kegagalan Sistem Pada Perawatan Mesin Evaporator Menggunakan Metode Fmea Dan Fta.*" Prosiding Seminar



Nasional Penelitian Dan Pengabdian Pada Masyarakat. Vol. 2

Fitriyan, R., & Syairudin, B. (2016) *Analisis Risiko Kerusakan Peralatan Dengan Menggunakan Metode Fmea Untuk Meningkatkan Kinerja Pemeliharaan Prediktif Pada Pembangkit Listrik*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXV. Program Studi MMT-ITS

Revitasari, C., Novareza, O., & Darmawan, Z. (2015). *Penentuan Jadwal Preventive Maintenance Mesin-Mesin Di Stasiun Gilingan (Studi Kasus PG. Lestari Kertosono)*. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri, 3(3), p485-494.

Witonohadi, A., & Timothy, I. (2011). Usulan Perbaikan Sistem Perawatan Mesin dengan Pendekatan Computerized Maintenance Management Sistem (CMMS) di PT. NTP. Teknik dan Manajemen Industri, 6(2), 80-86.

Supriyadi, S., Ramayanti, G., & Afriansyah, R. (2017). Analisis Total Productive Maintenance Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness dan Fuzzy Failure Mode and Effects Analysis. Sinergi, 21(3), 165-172.