

ANALISIS FMEA PADA UNIT DUMP TRUCK CAT 777E (STUDI KASUS DEPARTEMEN MAINTENANCE DI PT. XYZ)

¹Sarwo Edi Wijarnoko, ²Ainur Komariah*, ³Budi wibowo

^{1,2,3}*Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik,*

Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo,

jl. Letjen S. Humardani No. 1 Jombor Sukoharjo – 57521

1edywidjanarko@gmail.com, 2ainurkomariah@yahoo.com, [3 budiwibowo0202@gmail.com](mailto:3budiwibowo0202@gmail.com)*

(*corresponding author)

ABSTRAK

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan kontraktor pertambangan batubara terbesar di Indonesia dengan jumlah karyawan 7200 orang dalam berbagai bidang keahlian dan memiliki alat produksi sebanyak 494 unit. Dari 494 unit alat berat tersebut, 13 diantaranya adalah jenis Dump Truck Cat 777E. pada bulan april dan juni 2019 Dump Truck Cat 777E mengalami banyak kerusakan, sehingga mengakibatkan tidak tercapainya persentase Physical Availability (PA) produksi yang telah ditentukan oleh PT. XYZ yakni 97%, PA dibulan april hanya tercapai sebesar 96,75%, sedangkan di bulan juni sebesar 96,18%. Untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakan FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) dan Diagram Fishbone pada sebuah FGD (Focus Group Discussion) untuk menganalisis angka kerusakan serta penyebab terjadinya kerusakan pada Dump Truck Cat 777E. Dari hasil pengolahan data diketahui 3 kerusakan yang memiliki resiko terbesar terhadap PA yaitu kerusakan pada sistem engine dengan nilai Risk Priority Number 504, kerusakan pada sistem hidrolik dengan nilai Risk Priority Number 432, dan kerusakan pada sistem AC (air Conditioner) dengan nilai Risk Priority Number 384, sehingga perlu dilakukan perbaikan terkait dengan SOP kerja terutama yang berkaitan dengan 3 kerusakan dengan resiko terbesar terhadap PA, agar dapat menaikkan Availability Dump Truck Cat 777E.

Kata kunci: *Failure Mode and Effects Analysis, Diagram Fishbone, Focus Group Discussion*

Latar Belakang

Industri pertambangan akhir-akhir ini telah mengalami akselerasi peningkatan kemampuan yang didorong atas dasar kompetisi yang semakin ketat. Peningkatan efektivitas dan efisiensi pada industri pertambangan salah satunya menuntut adanya peningkatan nilai *Availability* (ketersediaan) peralatan untuk mendukung proses produksi.

Pada saat ini perusahaan di industri pertambangan berlomba-lomba meningkatkan performa untuk mencapai target produksi demi mendapatkan keuntungan yang besar. Akan tetapi untuk dapat mencapai target produksi yang telah ditentukan perusahaan, harus didukung dengan performa dari kendaraan-kendaraan produksi, karena persentase tingkat ketersediaan kendaraan produksi (*Availability*) yang tidak sesuai dengan target dari perusahaan akan mempengaruhi hasil produksi perusahaan sekaligus indikator bahwa proses perawatan perusahaan tersebut tidak berjalan baik, salah satu penyebabnya adalah banyaknya kerusakan pada mesin produksi. Tujuan dari pengendalian kualitas perawatan dan perbaikan adalah untuk menurunkan angka *breakdown* atau frekuensi kerusakan dan menaikkan performa kendaraan produksi yang beroperasi.

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan yang saat ini dikenal sebagai perusahaan yang bergerak di bidang jasa pertambangan. Jasa yang disediakan oleh SIS meliputi pembukaan lahan untuk pertambangan (*land clearing*), pemindahan lapisan tanah atas (*overbur den removal*), pengambilan batu bara (*coal getting*) dan pengangkutan batu bara ke stock yard atau pelabuhan (*coal hauling*). Perusahaan ini masih mempunyai beberapa kendala yang menyebabkan profit yang diperoleh oleh perusahaan tidak maksimal, salah satu penyebabnya adalah performa kendaraan produksi yang masih sering mengalami kerusakan Performa unit produksi dump truck 777E dapat dilihat dari KPI atau *Key Performance Indicator* yang di review setiap bulan berikut KPI Unit Dump Truck CAT 777E pada bulan april-Juni 2019.

Tabel 1.1 KPI CAT 777E bulan April-Juni 2019

	Uom	Target	Actual		
			Apr	Mei	Juni
Physical Availability (PA)	%	97,00%	96,75%	97,47%	96,18%

Dari tabel KPI diatas dapat dilihat pada bulan april dan juni unit CAT 777E mengalami banyak kerusakan sehingga mengakibatkan tidak tercapainya persentase *Physical Availability*(PA) unit produksi yang telah ditentukan oleh PT. XYZ., target PA unit CAT 777E yang ditentukan oleh PT. XYZ yaitu 97%. Dump Truck CAT777E dipilih untuk diteliti karena unit tersebut merupakan produk Dump Truck seri terbaru dari keluarga CAT 777, untuk unit dengan kategori produk baru, unit CAT 777E memiliki performa yang kurang bagus sehingga diperlukan penelitian agar diketahui penyebabnya sehingga dapat dilakukan perbaikan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu suatu metode yang tepat untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan pada kendaraan-kendaraan tersebut untuk menurunkan angka kerusakan sehingga dapat menaikkan *Availability* kendaraan-kendaraan tersebut.

Metodologi Penelitian

Obyek penelitian

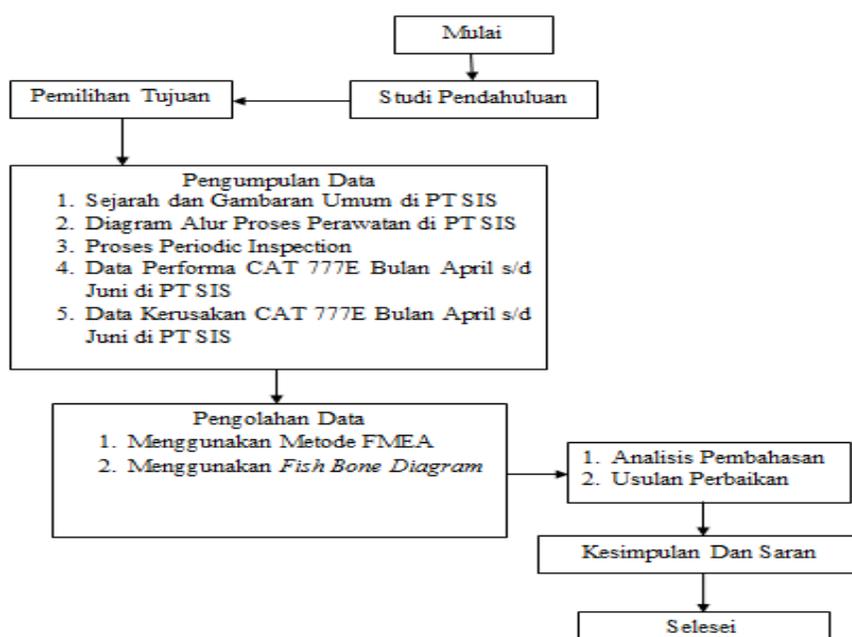
Dalam penelitian ini obyek yang akan diteliti adalah performa dan penyebab kerusakan yang terjadi pada unit produksi di PT. XYZ yaitu pada unit produksi tipe CAT 777E.

Lokasi Perusahaan

Kabupaten Tabalong merupakan ibukota Tanjung yang terletak paling utara dari provinsi Kalimantan Selatan, mempunyai luas wilayah 3.946 km² atau sebesar 10,61 % dari luas Provinsi Kalimantan Selatan. Jumlah penduduk kecamatan Tanjung sekitar 32.458 jiwa, dengan rincian 16.405 jiwa laki-laki dan 16.053 jiwa perempuan. Secara umum Kabupaten Tabalong terletak di antara 1,18° LS 2,25° LS, dan 115,9° BT 115,47° BT.

Tahapan Penelitian

Dalam memecahkan masalah pada penelitian yang diamati, dibutuhkan langkah-langkah untuk menguraikan pendekatan dan model dari masalah tersebut. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1. Flow Chart Metodologi Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Mengetahui Kerusakan Dengan Resiko Tertinggi dengan metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Berdasarkan data Identifikasi kerusakan pada unit CAT 777E pada periode April-Juni 2019, didapatkan hasil pengukuran 3 kerusakan yang memiliki resiko paling tinggi dengan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kerusakan dengan resiko paling tinggi

Sistem	Jenis Kerusakan	Efek dari Kerusakan	Frekuensi	Rangking			RPN (S*O*D)
				(S)	(O)	(D)	
Engine System	ENGINE PROBLEM CANT START	Unit stop operasi, Unit tidak bisa Menyala	5	9	7	8	504
Hydraulic System	HOSE HYDRAULIC LEAK	Unit stop operasi, menimbulkan Kontaminasi lingkungan	1	8	6	9	432
A/C		Operator	5	6	8	8	384

System	AC PROBLEM (PANAS)	tidak nyaman karena panas					
--------	--------------------------	----------------------------------	--	--	--	--	--

Jika melihat tabel Tabel diatas 3 kerusakan yang memiliki resiko paling tinggi yaitu:

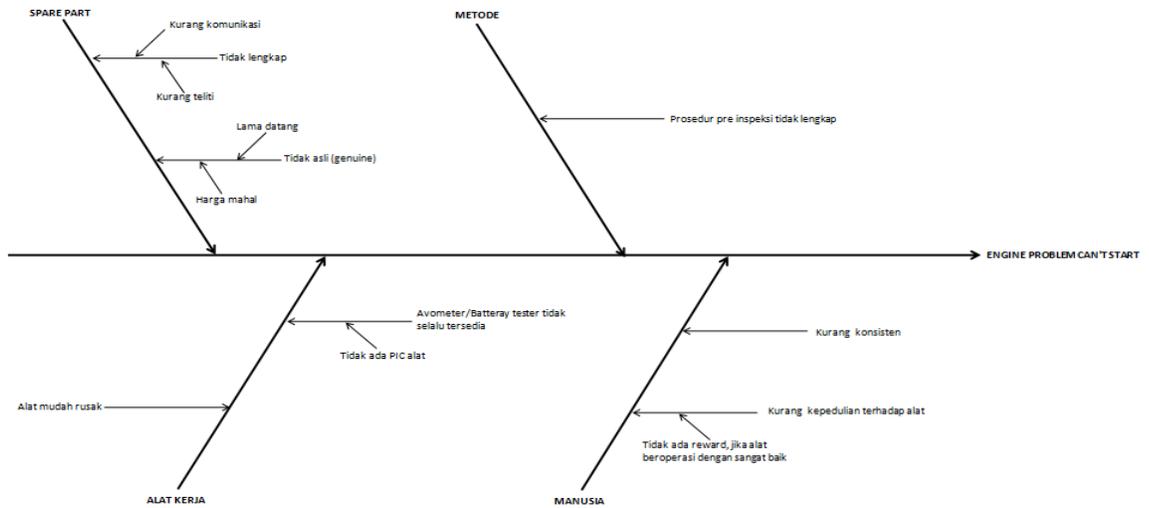
- 1) Engine problem cant start
- 2) Hose Dump Leak
- 3) A/C tidak berfungsi (panas)

Mengetahui Penyebab dasar kerusakan dengan nilai RPN tertinggi menggunakan metode Fishbone

Setelah mengetahui 3 kerusakan dengan nilai RPN tertinggi, maka akan di cari tahu penyebab dasar dari masing-masing kerusakan tersebut dengan menggunakan metode fishbone. Metode fishbone dibuat dengan mengadakan FGD atau Focus Group Discussion yang terdiri dari 2 orang mekanik level 2, 1 orang mekanik level 3, 2 orang mekanik level 4, dan 1 orang planer, dari hasil diskusi tersebut diperoleh hasil yaitu:

a. Engine Problem Can't Start

Engine can't start merupakan kerusakan yang menyebabkan sebuah mesin tidak bisa menyala atau beroperasi. Kejadian tersebut disebabkan oleh beberapa faktor yaitu manusia, metode, spare part, dan alat kerja. Penyebab kejadian tersebut dapat dilihat dalam Gambar 3.1

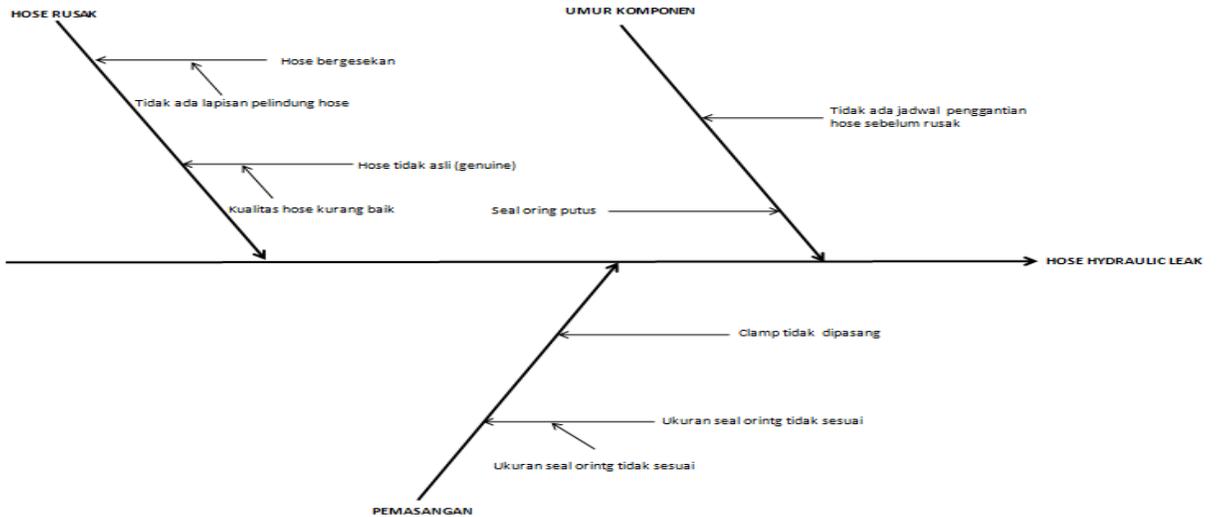


Gambar 3.1 Diagram Fishbone Engine Problem Can't Start

b. Hose Hydraulic Leak

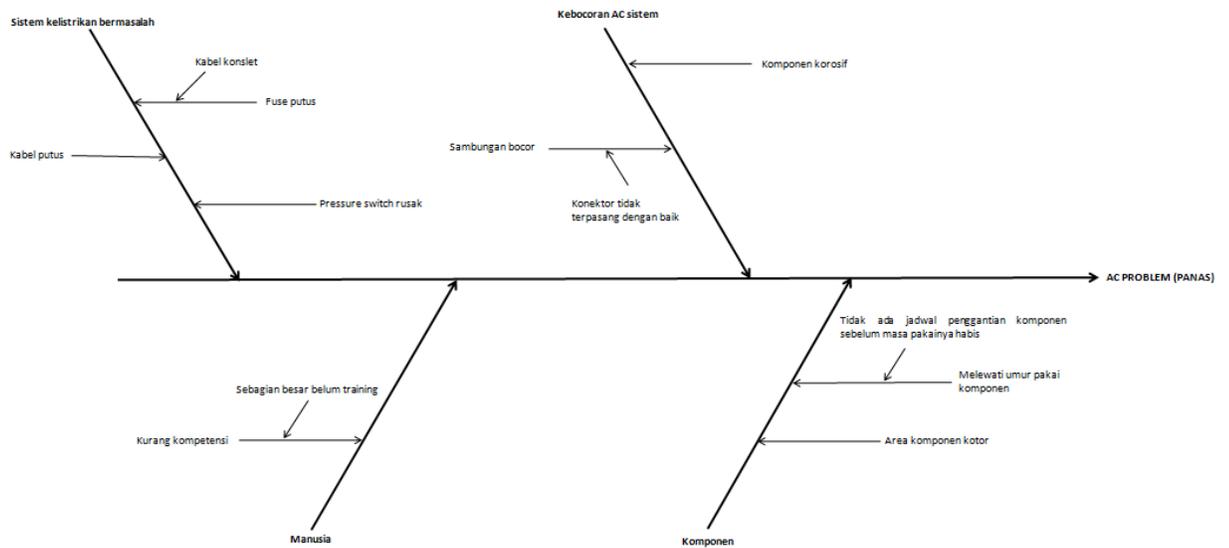
Kerusakan hose hydraulic menyebabkan target pengoperasian alat untuk menunjang proses produksi tidak tercapai. Ada banyak faktor yang dapat menyebabkan terjadinya masalah tersebut. Penguraian penyebab dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Gambar 3.2 Diagram fishbone hose hydraulic leak



c. AC Problem Panas

Air Conditioner atau pengatur suhu kabin operator merupakan komponen yang sangat penting dalam menunjang operasional alat produksi (unit). Ada banyak faktor penyebab masalah tersebut yang akan diuraikan dalam Gambar 3.3



Gambar 3.3 Diagram fishbone ac problem panas

Analisis dan pembahasan

Jika melihat gambar 3.1, 3.2, dan 3.3, dapat diketahui kegagalan dan masalah yang memiliki nilai RPN paling besar beserta penyebab dasarnya yaitu:

- 1) Terjadi pada *engine system* memiliki nilai *Risk Priority Number* 504, sebagian besar disebabkan karena unit tidak dapat start atau *cant start* sehingga unit tidak dapat

beroperasi dan eror engine yang menyebabkan unit menjadi *low power* atau tidak dapat beroperasi dengan maksimal. *Engine system* memiliki nilai *severity* yang tinggi di rating 9 karena saat terjadi *cant start* unit kehilangan fungsi dan tidak dapat beroperasi, tingkat keseringan terjadinya kerusakan ini juga tinggi di rating 7, dan memiliki nilai *detection* di rating 8 karena sulit untuk di deteksi. Hal ini selaras dengan penelitian Arif Pibisono (2019) bahwa kerusakan pada engine system merupakan salah satu kerusakan dengan nilai RPN paling tinggi di peringkat ke 3 dengan skor akhir 216.

Penyebab dasar Cant Start pada engine system yakni:

- a. faktor manusia yang disebabkan karena belum konsisten menerapkan SOP, atau kurangnya kepedulian dalam menjaga peralatan kerja karena tidak adanya reward dari perusahaan.
 - b. faktor Metode kerja yang disebabkan oleh metode pemeriksaan yang belum terperinci.
 - c. faktor sparepart yang disebabkan karena penggantian sparepart yang tidak genuine.
 - d. faktor alat kerja yang disebabkan oleh tidak selalu tersedianya peralatan pendukung kerja yang disebabkan karena tidak ada penanggung jawab peralatan, atau alat yang digunakan rusak.
- 2) Terjadi pada *hydraulic system* memiliki nilai *Risk Priority Number* 432, disebabkan oleh bocornya hose-hose yang berhubungan dengan *hydraulic system*, walaupun tingkat *occurance* memiliki rating sedang di angka 6, tetapi kerusakan ini memiliki tingkat *severity* yang tinggi karena jika terjadi kebocoran hose *hydraulic* maka unit tidak dapat beroperasi, dan memiliki rating *detection* 9 karena sangat sulit mendeteksi terjadi kerusakan. Hal ini selaras dengan penelitian Suhadak (2019) bahwa kerusakan pada Hydraulic system merupakan salah satu kerusakan dengan nilai RPN paling tinggi diperingkat ke 1 dengan skor akhir 504.
- Penyebab dasar kebocoran hose pada hidraulic system diantaranya:
- a. faktor pemasangan sparepart yang disebabkan karena seal o-ring tidak terpasan atau pemasangan clamp hose yang tidak tepat.
 - b. faktor Umur komponen yang telah melewati masa pakai dan belum dilakukan penggantian yang disebabkan karena tidak adanya jadwal penggantian komponen.
 - c. faktor kerusakan hose yang disebabkan karena adanya gesekan atau spesifikasi hose yang tidak sesuai standar.
- 3) Terjadi pada *Air Conditioner system* memiliki nilai *Risk Priority Number* 384, kerusakan ini memiliki rating *severity* sedang yakni di angka 6, karena jika terjadi kerusakan di sistem A/C unit masih bisa beroperasi tapi berdampak hilangnya kenyamanan operator saat mengoperasikan unit karena sistem A/C tidak bekerja, memiliki tingkat keseringan yang tinggi yakni di rating 8, dan *detection* di rating 8 karena kerusakan ini sulit untuk dideteksi. Hal ini selaras dengan penelitian Suhadak Purnomo (2019) bahwa kerusakan pada Hydraulic system merupakan salah satu kerusakan dengan nilai RPN paling tinggi diperingkat ke 2 dengan skor akhir 140.
- Penyebab dasar kerusakan AC panas pada AC system yakni:
- a. faktor manusia yang belum memiliki kompetensi yang cukup dalam perawatan AC system karena belum mendapat training.
 - b. faktor komponen yang telah melewati masa pakai belum dilakukan penggantian dikarenakan tidak ada jadwal penggantian komponen.
 - c. faktor kelistrikan yang disebabkan karena penataan kebel kelistrikan yang tidak tepat.
 - d. faktor kebocoran AC system yang disebabkan karena pemasangan hose kurang tepat, atau area komponen yang kurang bersih sehingga menimbulkan korosi.

Perbaikan pelaksanaan program *preventive maintenance*

Program *maintenance* dikatakan baik apabila dalam pelaksanaan *maintenance* bisa menghasilkan suatu kondisi alat yang siap untuk dioperasikan dan dapat bertahan tanpa terjadi kerusakan sampai dengan jadwal *schedule maintenance* selanjutnya.

Periodic inspection dapat dikatakan ujung tombaknya sebuah program *maintenance*. Karena melalui program *periodic inspection* ini dapat diketahui secara dini item-item dari setiap komponen yang menunjukkan adanya awal tandanya kerusakan sehingga jika *periodic maintenance* dilakukan dengan maksimal maka akan menekan angka *breakdown unschedule*. Untuk mendapatkan hasil *maintenance* yang baik diperlukan data-data guna pelaksanaan *preventive maintenance* yang akan dilakukan, didalam pelaksanaan *periodic inspection* akan diperoleh bermacam-macam data yang sangat penting untuk dijadikan acuan untuk menentukan program-program *maintenance* yang akan dilakukan pada unit tersebut, misalnya untuk menentukan jadwal *service*, menentukan waktu penggantian dari *sparepart*, dan menentukan jadwal dilakukannya *overhaul*. Melalui program ini juga akan diperoleh data *backlog* sehingga proses pengorderan *sparepart* dapat dilakukan dengan efektif dan efisien. Berdasarkan analisis yang terkait hubungannya dengan *avaibility* unit dan hasil pengumpulan data kerusakan unit di bulan april-juni 2019 yang telah diolah dengan metode FMEA dan Fishbone, *preventif maintenance* dalam hal ini adalah *periodic inspection* harus diperbaiki SOP nya. Beberapa hal yang perlu dilakukan untuk memperbaiki kualitas *periodic inspection* diantaranya:

- 1) Memberikan sosialisasi antara pihak plant maupun pihak produksi untuk menyamakan pandangan bahwa peran *periodic inspection* sangatlah vital untuk menjaga *avaibility* unit dari *breakdown unschedule*, sehingga kedua belah pihak dapat menemukan metode yang tepat agar unit-unit yang memiliki jadwal *periodic inspection* tetap diprioritaskan untuk dilakukan pemeriksaan tanpa mengganggu kegiatan produksi, serta kedua belah pihak harus berkomitmen dengan metode penarikan unit yang telah disepakati.
- 2) Menjadikan *pit stop* sebagai area kerja untuk melakukan aktifitas *periodic inspection* dan di buatkan regulasinya, karena jika menilik dari aspek lokasi, aspek keselamatan kerja maupun dari aspek perlengkapan penunjang inspeksi atau repair kerusakan, *pit stop* menjadi tempat yang paling aman dan mendukung untuk melakukan *periodic inspection*.
- 3) Menentukan setingan baku terkait jumlah *man power* dalam pelaksanaan *periodic inspection* yakni 3 *man power* untuk melakukan pemeriksaan pada setiap unit, kemudian menentukan area inspeksi menjadi 3 area yaitu area *cabin*, area *engine*, dan area *power train*, sehingga proses inspeksi menjadi lebih maksimal karena berfokus pada job deskripsi masing-masing area.
- 4) memberikan waktu 15 menit untuk inspeksi dan toleransi waktu 15-30 menit jika terjadi *minor repair* atau perbaikan ringan.
- 5) Memberikan instruksi kepada *planner* untuk lebih teliti dalam proses pengorderan barang yang direkomendasikan dari hasil *periodic inspection* agar tidak melakukan 2 kali pengorderan barang di sebuah unit dengan kerusakan yang sama, demikian pula dengan mekanik harus lebih jeli dan melihat kembali *historical* pengorderan *spare part* yang telah direkomendasikan di waktu sebelumnya pada sebuah unit, jika menemukan sebuah kerusakan dan harus melakukan rekomendasi *sparepart*, sehingga masalah *double order spare part* tidak terjadi kembali.
- 6) Melengkapi segala perlengkapan dan peralatan yang berkaitan dengan proses *periodic inspection* seperti *toolbox*, perlengkapan elektrik, dokumen-dokumen penunjang proses, box tempat dokumen, peralatan PPM (program pemeriksaan mesin), dan sarana transportasi yang menjadi salah satu unsur yang penting dikarenakan kegiatannya memiliki mobilitas yang sangat tinggi.

Usulan Standart operasional prosedur (SOP) periodic inspection

Standart operasional prosedur merupakan satu dokumen yang berisi tentang prosedur kerja yang dilakukan secara berurutan supaya bisa menyelesaikan sebuah pekerjaan dengan hasil kerja yang efektif dan efisien.

Berhubungan dengan pelaksanaan program *periodic inspection*, SOP merupakan suatu panduan yang harus diikuti untuk pelaksanaan program *periodic inspection* untuk mendapatkan hasil yang terbaik sehingga ketersediaan unit dapat terpenuhi sesuai target yang sudah ditentukan. Contoh usulan SOP yang bisa diterapkan untuk pelaksanaan *periodic inspection* bisa dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Usulan SOP Periodic Inspection

ACTIVITY	STANDARD OPERASIONAL PROSEDURE (SOP) PERIODIC INSPECTION	PIC
Penarikan Unit	a. Sesuaikan unit yang akan dilakukan <i>periodic inspection</i> dengan jadwal yang telah dibuat b. Koordinasi dengan pihak-pihak terkait, dalam hal ini pihak produksi c. Lakukan penarikan atau mobilisasi unit ke <i>pit stop</i>	Planner
Parkir Unit	a. Pastikan orang yang memarkir atau mengoperasikan unit memiliki wewenang b. Pastikan ada orang yang memberi aba-aba ketika memarkirkan unit c. Posisikan Unit di tempat yang rata dan mudah untuk dilakukan inspeksi d. Pastikan parking brake aktif ketika unit diparkir	Operator/ Mekanik
Inspeksi	a. Siapkan <i>checksheet</i> untuk periodic inspeksi sesuai dengan jenis unit yang akan diinspeksi b. Melakukan prosedur isolasi c. Lakukan inspeksi terhadap semua item yang ada pada <i>checkseet</i> d. Isi lembar <i>checkseet</i> setiap selesai melakukan inspeksi terhadap tiap item yang ada e. Lakukan final check e. Lepaskan gembok yang terpasang f. Lakukan pengujian terhadap performa unit g. Infokan terhadap pihak produksi jika selesai melakukan <i>periodic inspection</i>	Planner
		Mekanik
		Leader
		Mekanik
		Planner
Administrasi	a. Pastikan lembar <i>checkseet</i> sudah diisi dengan benar b. Isi lembar <i>job card periodic inspection</i>	Mekanik

	c. Lakukan pengorderan <i>sparepart</i> ketika menemukan hasil inspeksi yang ada indikasi akan mengalami kerusakan	Planner
--	--	---------

Kesimpulan

Pelaksanaan *preventive maintenance* yang dilakukan PT XYZ area south saat ini masih belum maksimal, masih perlu dilakukan perbaikan di beberapa aspek, *preventive maintenance* cenderung tidak sejalan dengan teori ilmu tentang *maintenance*. Karena perawatan terhadap unit yang dilakukan masih menitik beratkan tuntutan dari departemen produksi agar unit selalu beroperasi secara maksimal tanpa melihat aspek *preventive maintenance* dalam hal ini adalah proses *periodic inspection*.

Program *preventive maintenance* yang dilakukan perusahaan masih kurang maksimal jika dilihat dari studi *maintenance* masih mengacu pada *corrective maintenance* yang artinya saat benar-benar terjadi kerusakan pada unit baru dilakukan perawatan secara maksimal. Pencegahan terjadinya kerusakan pada unit belum sepenuhnya mengacu pada studi *preventive maintenance*.

Saat terjadi kerusakan pada peralatan selama proses produksi, maka akibat yang ditimbulkan akan jauh lebih merugikan bagi perusahaan dibandingkan dengan pelaksanaan program *preventive maintenance* secara tepat. Disamping akan menyebabkan produksi berhenti biaya yang akan dikeluarkan untuk perawatan juga lebih besar. Oleh karena itu sebelum terjadinya *corrective maintenance* yang menyebabkan ketersediaan unit berkurang, maka sebisa mungkin harus dicegah dengan memaksimalkan kegiatan *preventive maintenance*.

Berdasarkan studi kasus Kerusakan Unit Produksi Bulan April s.d Juni 2019 dengan *Failure Mode And Effect Analysis dan Fishbone* yang telah dilakukan, proses *periodic inspection* harus menitik beratkan pemeriksaan pada engine system, hydraulic system, A/C system, dan kerusakan-kerusakan lain yang memiliki RPN yang tinggi, karena kerusakan-kerusakan tersebut akan sangat berdampak besar pada *availability* unit produksi.

Daftar Pustaka

- Baroto, Teguh. 2002. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Ghalia: Jakarta.
- Darmawan. 2016 *Analisis Perawatan Untuk Mendeteksi Risiko Kegagalan Komponen Pada Excavator 390D*. Jurnal Teknik Industri, Universitas Hasanuddin: Makassar.
- Ebeling, 1997. *Teori Keandalan Reliability*.
Error! Hyperlink reference not valid. dy4e2w60q-pengertian-keandalan-teori-keandalan-reliability.html diakses 16 April 2019 pukul 21:10.
- Effendi (2015). *Perbedaan risk Priority number dalam failure mode and analysis (FMEA) sistem alat berat heavy duty truck HD785-7*. Jurnal Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banjarmasin: Banjarmasin
- Kostas N. D. 1981. *Performance Maintenance*.
Error! Hyperlink reference not valid., diakses 20 April 2019 pukul 13:34.
- Munawir, H. dan Yunanto, D. 2014. *Analisa Penyebab Kerusakan Mesin Sizing Baba Sangyo Kikai dengan Metode FMEA dan LTA (Studi kasus di PT Primatexco Indonesia)*. Jurnal Teknik Industri, UMS: Surakarta.

- Pibisono, A. 2019. *Analisis Kegagalan Maintenance Pada Unit Produksi Menggunakan Metode Pareto FMEA di PT. Saptaindra Sejati*. Skripsi Teknik Industri. UNIVET: Surakarta.
- Purnawan, S. 2019. *Analisis Kerusakan Unit Produksi Alat Berat dengan metode FMEA di PT SIS*. KP Teknik Industri, Univet: Surakarta
- Rosnani. 2007. dikutip dalam Prastiyo, 2013). *Diagram Pareto*
Error! Hyperlink reference not valid. hayu-.pdf? sequence=1, diakses 23 April 2019 pukul 22:14
- Scheffer and P. Girdhar. 2004. *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance*. Elsevier london, <http://eprints.umm.ac.id/36022/3/jiptumpp-gdl-bagussusil-48581-3-babii.pdf>, diakses 15 juni 2019 pukul 13:19.
- Stephens. 2004. *Pengertian Maintenance*.
Error! Hyperlink reference not valid.body.html (Stephen, 2004 : 15) diakses 11 juni 2019 pukul 20:47.
- Wati. 2009. *Maintenance Manajemen*. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. <http://ilmu.teknologiindustri.blogspot.com/2016/12/pengertian-jenis-dan-tujuan-maintenance.html>), diakses 21 April 2019 pukul 20:47
- Wawolumaja. dkk, 2013. *Metode FMEA*.
(<http://repository.uin-suska.ac.id/2989/3/BAB%20II.pdf>), diakses 23 April 2019 pukul 21:53