

ANALISIS KEGAGALAN MAINTENANCE UNIT PRODUKSI MENGUNAKAN METODE FMEA DAN FTA DI PT. SAPTAINDRA SEJATI

¹Arif Pibisono, ²Suprpto, ³Rahmatul Ahya

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Veteran Bangun Nusantara
Sukoharjo. Jl. Letjen S. Humardani No. 1 Jombor Sukoharjo - 57521

¹adamalfath@gmail.com, ²suprptodd2@gmail.com,

³rahmatulahya@gmail.com

ABSTRAK

PT Saptaindra Sejati (SIS) adalah salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang jasa pertambangan. Perusahaan dituntut memenuhi target produksi yang telah ditentukan untuk memenuhi target produksi harus didukung dengan performa unit produksi yang baik. Penelitian ini membahas tentang kegagalan maintenance unit produksi Dump Truck CAT785C yang menyebabkan penurunan performa sehingga membuat produktivitas perusahaan tidak optimal. Untuk mengurangi atau mencegah kegagalan pada Dump Truck CAT785C perlu menerapkan suatu perbaikan dalam pengoprasian dan maintenance yang baik. Metode yang digunakan untuk mengatasi performa unit produksi yang kurang baik adalah metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). Dengan metode FMEA kegagalan yang terjadi dapat diidentifikasi untuk dibuat prioritas pengendaliannya. Metode FTA untuk dapat menganalisa sistem kegagalan dari gabungan beberapa sub-sistem, level yang dibawahnya dan untuk mengetahui kegagalan komponen. Hasil penelitian ini menunjukkan terdapat 4 komponen kritis yaitu engine tidak bisa start sebesar 160 (12,5%), error 03 transmisi sebesar 132 (10,3%), Speed mundur problem sebesar 132 (10,3%) dan error engine dirate sebesar 128 (10%).

Kata Kunci: Maintenance, FMEA, FTA

PENDAHULUAN

Pada saat ini banyak perusahaan pertambangan yang berlomba-lomba meningkatkan performa dan produksi untuk mencapai target produksi demi mendapatkan keuntungan yang besar. Akan tetapi agar dapat tercapai target produksi yang telah ditetapkan perusahaan, harus didukung dengan performa dari kendaraan-kendaraan produksi karena persentase tingkat ketersediaan kendaraan produksi (PA) dan keandalan kendaraan produksi (MTBF) sangat berpengaruh terhadap produktivitas perusahaan. Nilai (PA) dan (MTBF) 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. Terdapat beberapa metode pengendalian kualitas perawatan dan perbaikan kendaraan produksi yang dapat digunakan. Tujuan dari pengendalian kualitas perawatan dan perbaikan adalah untuk menurunkan angka *breakdown* atau frekuensi kerusakan dan menaikkan performa kendaraan produksi yang mengganggu hasil pertambangan. Salah satu metode pengendalian kualitas yang dapat digunakan adalah *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). PT Saptaindra Sejati (SIS) adalah salah satu perusahaan yang bergerak pada bidang jasa pertambangan. Jasa yang disediakan oleh SIS meliputi pembukaan lahan untuk pertambangan (*land clearing*), pemindahan lapisan tanah atas (*overburden 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 terdapat 6 model Dump Truck yang beroperasi Di PT.SIS yaitu, CAT789C, CAT785C, CAT777D, CAT777E, HD1500-7 dan HD785-7. Performa unit produksi dump truck tersebut dapat dilihat dari KPI atau *Key Performance Indicator* yang di review setiap bulan berikut KPI Unit Dump Truck yang ada di PT SIS pada bulan april dan maret 2019.

Tabel 1. KPI bulan April dan Maret 2019

UNIT	Maret		April	
	PA	MTBF	PA	MTBF
HD 785-7	95.45%	299.40	95.78%	352.11
HD 1500-7	87.83%	97.30	89.19%	82.54
CAT 777D	90.04%	69.10	94.18%	115.02
CAT 777E	93.56%	309.41	97.26%	281.07
CAT 785C	86.20%	124.25	87.96%	133.46
CAT 789C	75.47%	132.34	80.77%	136.02
ALL	88.09%	171.96	90.86%	183.37

Dari KPI dapat dilihat secara jelas unit-unit produksi apa saja yang sering mengalami kerusakan sehingga mengakibatkan tidak tercapainya persentase ketersediaan unit produksi (PA) dan keandalan unit produksi (MTBF) yang telah ditentukan oleh PT. SIS. Untuk target yang ditentukan oleh PT. SIS adalah untuk PA unit produksi 90% dan MTBF unit produksi adalah 150%. Dump Truck CAT785C dipilih untuk diteliti karena performa yang kurang bagus sehingga diperlukan penelitian agar dapat diketahui penyebabnya sehingga dilakukan perbaikan. PA pada unit produksi Dump Truck CAT785C hanya sebesar 87.08% dan MTBF sebesar 128.85%, akibat dari persentase kerusakan yang terjadi pada bulan Maret dan April 2018 sebesar 23,75% untuk kerusakan tidak terjadwal dan 76,25% untuk kerusakan terjadwal. Hal ini menunjukkan bahwa masih ada beberapa Dump Truck CAT785C yang sering mengalami kerusakan sehingga membuat tidak maksimalnya jam *productive* unit produksi.

Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah di jelaskan diatas maka dapat diambil perumusan masalahnya:

1. Apa saja jenis kerusakan yang sering terjadi di Dump Truck CAT785C dan apa penyebabnya ?
2. Jenis kerusakan apa saja yang durasi pengerjaan perbaikannya lama dan apa penyebabnya ?
3. Bagaimana usulan untuk menurunkan kerusakan dan meningkatkan performa Dump Truck CAT785C ?

Tujuan penelitian

1. Mengetahui Jenis kerusakan apa saja yang sering terjadi di Dump Truck CAT785C dan apa penyebabnya.
2. Mengetahui Jenis kerusakan apa saja yang durasi pengerjaan perbaikannya lama dan apa penyebabnya.
3. Mengetahui kerusakan komponen CAT785C yang paling kritis.
4. Memberikan usulan perbaikan untuk menurunkan kerusakan dan meningkatkan performa Dump Truck CAT785C.

Batasan masalah

Berikut ini adalah batasan masalah supaya penelitian yang akan dilakukan Pada PT SIS tidak menyimpang dari tujuan awal penelitian.

1. Obyek penelitian hanya pada Dump truck CAT785-7 yang beroperasi di PT SIS site ADMO.

2. Data kerusakan yang di ambil hanya pada bulan Maret dan April 2018.
3. Penelitian di mulai dari bulan Maret sampai April 2019.

Manfaat penelitian

Dari data penelitian yang diperoleh harapannya dapat bermanfaat untuk perusahaan sehingga bisa sebagai bahan pertimbangan dalam mengambil kebijakan untuk menurunkan frekuensi kerusakan dan meningkatkan performa Dump Truck CAT785C dari ketersediaan unit (PA) ataupun keandalan (MTBF).

Dari penelitian Darmawan (2016) penyebab Banyaknya *breakdown* pada unit excavator 390D yang berpengaruh terhadap keandalan unit dan produktivitas perusahaan. Dengan menggunakan metode FMEA hasilnya menunjukkan bahwa terdapat tiga komponen kritis penyebab *breakdown* unit berdasarkan peringkat dari nilai *Risk Priority Number* (RPN). Karena tiga komponen yaitu *stick cylinder*, *fuel filter*, dan *gasket oil pan* tersebut tidak ada jadwal penggantian komponen dan rekomendasi perbaikan sehingga kerusakan terus terjadi secara berulang.

Menurut Rizky (2017) banyaknya kegagalan dan kerusakan pada alat berat Forklift pada PT Traktor Nusantara mempengaruhi performa Forklift saat digunakan oleh pelanggan. Dari penelitian dengan menggunakan metode FMEA diperoleh komponen kritis dengan masing-masing nilai RPN ketiga tertinggi yaitu *Charger Baterai* rusak, *Baterai Rusak* dan *Hydraulic Cylinder* Bocor yang mempengaruhi performa Forklift, hal ini terjadi karena belum adanya lembar jadwal pengecekan untuk ketiga komponen tersebut.

Namdari dkk (2011) melakukan penelitian dengan menerapkan FMEA untuk mengungkapkan bahwa kecepatan membajak, kadar air tanah dan kedalaman membajak merupakan faktor terpenting dalam konsumsi bahan bakar pada pengolahan tanah. Hasil penelitian menunjukkan nilai RPN masing-masing sebesar 640, 480 dan 420. Penerapan saran berdasarkan hasil FMEA menunjukkan konsumsi bahan bakar turun sebesar 16.40%. Hal tersebut menunjukkan dengan menerapkan kelembaban tanah, kedalaman membajak dan kecepatan membajak yang tepat dapat membuat konsumsi bahan bakar berkurang.

Metode Penelitian

Metode Pareto

Diagram pareto dibuat untuk menemukan atau mengetahui masalah atau penyebab yang merupakan kunci dalam penyelesaian masalah dan perbandingan terhadap keseluruhan. Dengan mengetahui penyebab-penyebab yang dominan maka kita akan bisa menetapkan prioritas perbaikan. Perbaikan pada faktor penyebab yang dominan ini akan membawa pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan penyelesaian penyebab yang tidak berarti (Rosnani, 2007 dikutip dalam Prastiyo, 2013).

Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA adalah suatu alat yang secara sistematis mengidentifikasi akibat atau konsekuensi dari kegagalan sistem atau proses, serta mengurangi atau mengeliminasi peluang terjadinya kegagalan. Hal utama dalam FMEA adalah *Risk Priority Number* (RPN). PFMEA biasanya diselesaikan menurut pertimbangan tenaga kerja, mesin, metode, material, pengukuran, dan lingkungan. Setiap komponen – komponen tersebut memiliki komponen masing – masing, yang bekerja secara individu, bersama, atau bahkan merupakan sebuah interaksi untuk menghasilkan sebuah kegagalan (Wawolumaja, dkk, 2013). Hasil produk matematis dari keseriusan *effect* (*severity*) adalah berupa RPN. Terjadinya *cause* akan memungkinkan timbulnya kegagalan yang memiliki hubungan dengan *effect* (*occurrence*), dan kemampuan melakukan deteksi sebelum terjadi kegagalan (*detection*). RPN tersebut merupakan hasil perkalian $Severity \times Occurrence \times Detection$.

Severity merupakan tingkat keseriusan efek dari sebuah mode kegagalan yang ditunjukkan dengan peringkat tertentu. Rating pada severity berupa angka 1 hingga 10.

Angka 1 menunjukkan keseriusan paling rendah, sedangkan angka 10 menunjukkan tingkat keseriusan paling tinggi (sangat beresiko).

Occurance adalah kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk. Occurance merupakan nilai rating yang disesuaikan dengan frekuensi yang diperkirakan dan atau angka kumulatif dari kegagalan yang dapat terjadi.

Detection merupakan tingkatan untuk menunjukkan ketelitian alat deteksi yang dipakai. Tingkatan dalam hal ini berupa rating dari 1 hingga 10. Angka 1 menunjukkan kepastian terdapatnya mode kegagalan yang terdeteksi pada sistem tersebut, sedangkan angka 10 menunjukkan kemampuan rendah dalam deteksi sistem.

Fault Tree Analysis (FTA)

Menurut Munawir dan Yunanto (2014) Fault Tree Analysis (FTA) adalah metode untuk menganalisa kegagalan sistem kegagalan dari gabungan beberapa sub-sistem dan level yang dibawahnya dan juga kegagalan komponen. Fault Tree Analysis mengilustrasikan hubungan antara basic event (akar kejadian yang menyebabkan top event terjadi) dan top event (kejadian yang terjadi). Basic event bisa saja kondisi lingkungan, kesalahan sumber daya manusia (SDM), spesifik kegagalan komponen. Simbol yang menghubungkan ini disebut logic gate (gerbang logika).

Hasil dan Pembahasan

Data Performa CAT785C

Unit-unit Dump Truck CAT785C yang beroperasi di PT. SIS terdapat 35 unit yang menjadi tanggung jawab Departemen Plant yaitu section Hauler Big, berikut merupakan hasil performa Dump Truck CAT785C dari hasil KPI di pada bulan Maret sampai April 2019.

Tabel 2 performa CAT785C pada bulan Maret dan April 2019

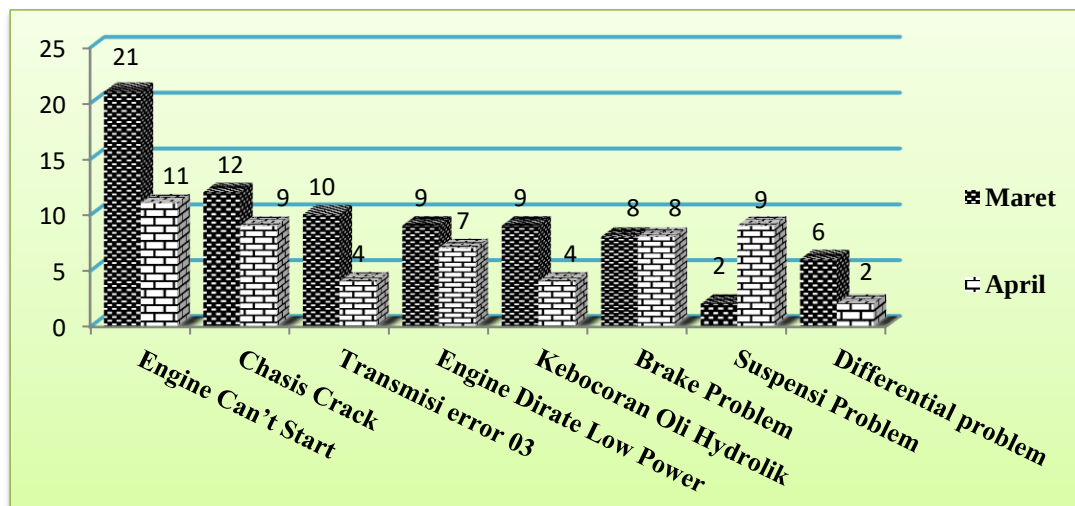
CAT785C	Bulan Maret 2019	Bulan April 2019
PA (%)	86.20%	87,96%
MTBF	124.25	133,46
Breakdown Schedule	83.4%	69,1%
Breakdown Unschedule	16.6%	30,9%

Dari data performa diatas dapat dilihat seberapa berhasil section hauler Big dalam memaintenance Dump Truck CAT785C. Dalam dua bulan tersebut dapat dilihat Maintenance pada Dump Truck CAT785C belum memenuhi target yang telah ditetapkan manajemen PT.SIS karena masih banyak Dump Truck CAT785C yang mengalami kerusakan.

Pengolahan Data

a. Pareto

Untuk mengetahui kerusakan yang sering terjadi pada Dump Truck CAT785C pada bulan maret dan april 2019 dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Grafik Pareto bulan Maret dan April 2019

Pada gambar pareto report bulan Maret dan April 2019 dapat dilihat kerusakan tertinggi pada bulan Maret adalah *Engine can't start* dan untuk bulan April adalah *Chasis crack*. Sedangkan untuk tabel berikut merupakan 10 kerusakan pada CAT785C yang berdasarkan durasi down timenya pada bulan Maret dan April 2019:

Tabel 3 Durasi kerusakan CAT785C bulan Maret

No	Jenis kerusakan	Down Time (jam)
		Maret 2019
1	<i>Differential broken</i>	835.63
2	<i>Welding Differential LH Retak + Repair Spindel</i>	102.93
3	<i>Replace Front Suspensi</i>	85.63
4	<i>Welding Axle Housing + Reseal Front Suspensi</i>	84.38
5	<i>Re-gasket Cylinder Head No 2,4,6</i>	83.92
6	<i>Re-gasket Cylinder Head No 9,11 + Surfacing Cylinder Head No9,11</i>	72.00
7	<i>Replace Air Compressor + Welding Spindel retak</i>	
8	Remove kaca Cabin	49.88
9	Welding Main Frame LH	48.45
10	Welding Spindel retak	45.83

Tabel 4 Durasi kerusakan CAT785C bulan April

No	Jenis kerusakan	Down Time (jam)
		Maret 2019
1	<i>Replace Final drive + Welding A Frame</i>	377.83
2	<i>Periodic service 2 + Welding spindel</i>	78.92
3	<i>Periodic service 4 + BACKLOG</i>	76.92
4	<i>Periodic service 1 + BACKLOG</i>	63.98
5	<i>Replace Bolt Final drive</i>	59.60
6	<i>Reseal Front Suspensi</i>	56.00
7	<i>Replace Radiator Assy</i>	52.18
8	<i>Reseal Transmisi Pump</i>	51.53
9	<i>After Cooler bocor</i>	44.50

10	Repair MainFrame	42.15
----	------------------	-------

Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan kerusakan yang berdurasi CAT785C paling lama pada bulan maret adalah *differential broken* yang mengalami kerusakan selama 835,63 jam karena *spare part differential* tidak tersedia. Pada bulan april kerusakan terlama yaitu pengelasan A-Frame ditambah penggantian final drive kerusakan ini lama karena harus menunggu *spare part final drive* selama 10 hari.

b. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

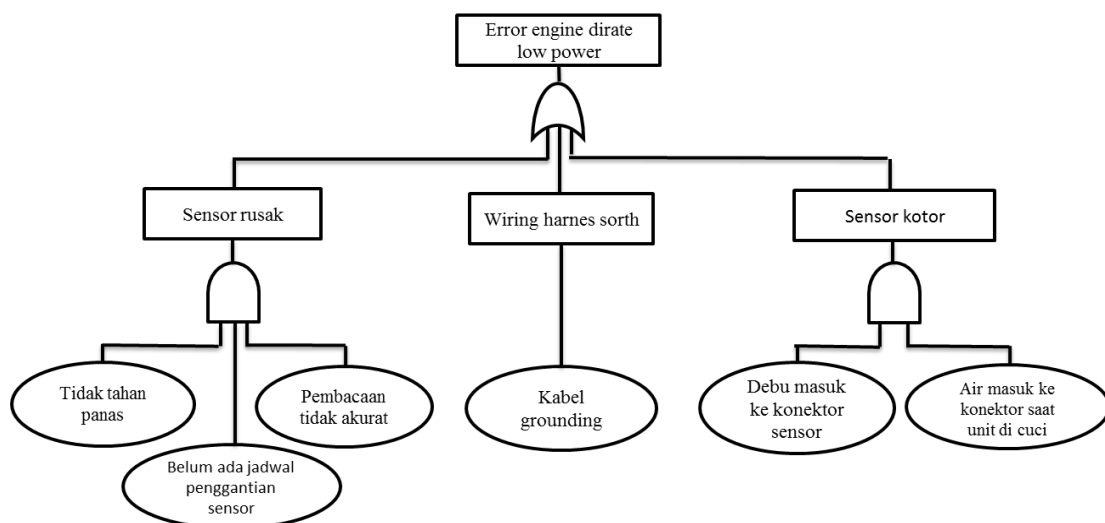
Tabel 5 Failure Mode and Effect Analysis(FMEA) kerusakan CAT785C

No	komponen	Mode Kegagalan	Efek dari kegagalan	S	Potensi penyebab kegagalan	O	Kontrol saat ini	D	RPN
1	Engine	Tidak bisa start	Engine tidak bisa running	8	Air pressure drop	4	Check sheet	5	160
2		Error Engine Dirate Low Power	Tenaga berkurang	8	Sensor air intake rusak	2	Tidak ada	8	128
3		Kebocoran air radiator	Engine overheat	9	Seal cylinder head rusak	2	Check sheet	7	126
4	Suspensi	Suspensi keras	Kenyamanan operator kurang	7	Nitrogen kurang	2	Daily chek	2	28
5		Suspensi drop	Kenyamanan operator kurang	7	Suspensi bocor	2	Daily chek	2	28
6	Brake	Kebocoran brake sistem	Pengereman tidak berfungsi	10	Hose brake bocor	3	Daily check	4	120
7	Hydrolic	Oli hidrolik bocor	Attecment tidak berfungsi	10	O-ring hose hoist rusak	3	Check sheet	2	60
8	Transmisi	Error 03 transmisi	Tidak bisa speed up	8	Wiring harnes short	2	Check sheet	8	132
9		Speed mundur problem	Tidak bisa mundur	8	Replace individual valve	2	Tidak ada	8	132
10	Chasis	Main frame & A-frame crack	Chasis patah	7	Overload muatan	3	Check sheet	4	84
11		Spindel broken	Spindel patah	7	Over load muatan	3	Daily check	4	84
12		Axle houshing crack	Oli FD bocor	7	Jalan modulating	3	Daily check	4	84
13	Differential	Differential broken	Keausan material up normal	7	Bevel gear dan pinion gear aus	2	PAP	8	112

c. Fault Tree Analysis (FTA)

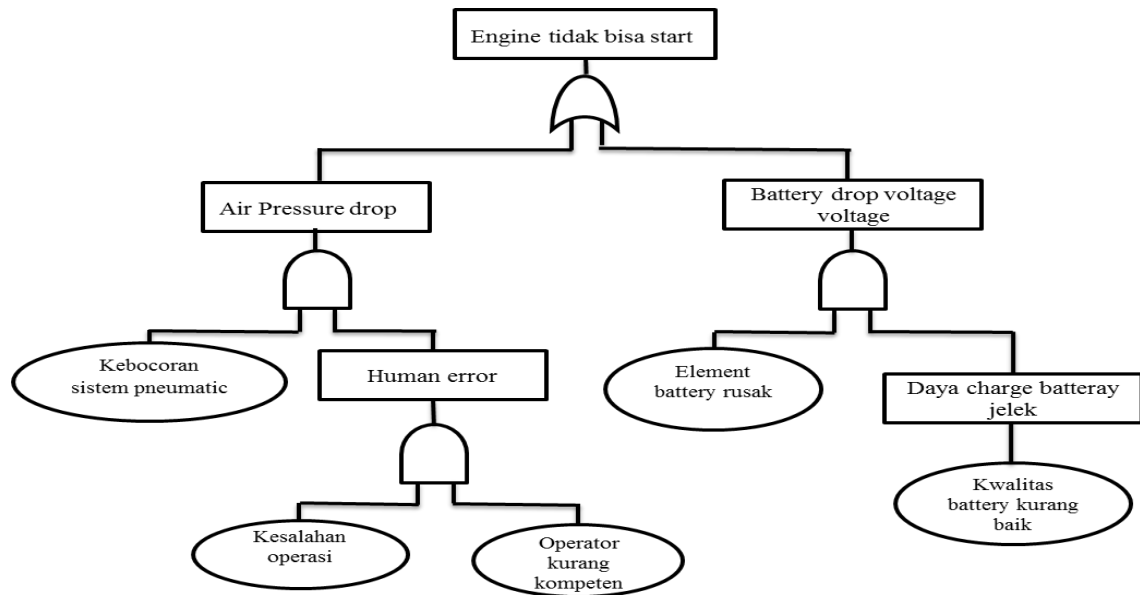
Diagram FTA dibuat berdasarkan nilai RPN tertinggi dari tabel FMEA.

1. Fault Tree Analysis (FTA) Error Engine Dirate



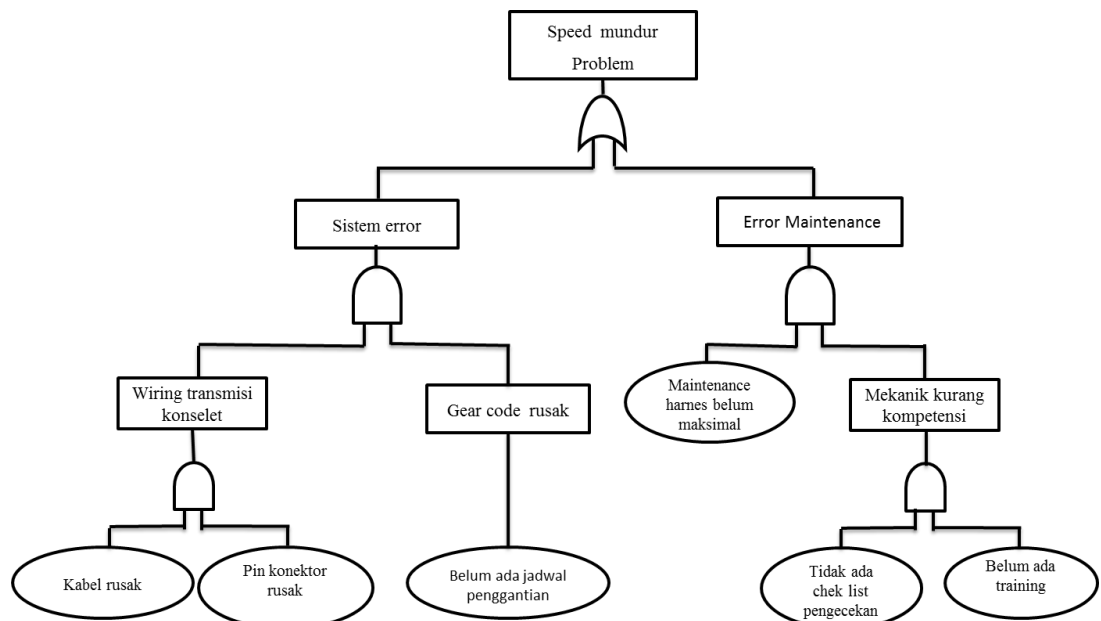
Gambar 4 Error Engine dirate low power

2. Fault Tree Analysis (FTA) Engine tidak bisa start



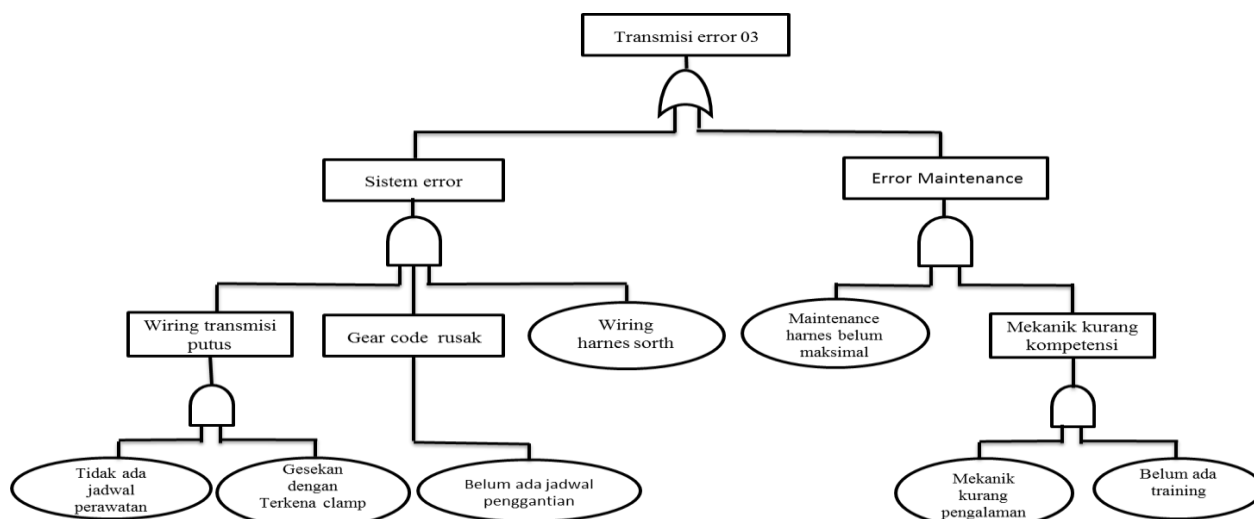
Gambar 3 Logic Engine tidak bisa start

3. Fault Tree Analysis (FTA) Speed mundur problem



Gambar 4 Logic Speed mundur problem

4. Fault Tree Analysis (FTA) Transmisi error 03



Gambar 5 Logic Error Transmisi 03

Pembahasan

Hasil dari pengumpulan data yang dilakukan kemudian di lakukan pengolahan data menggunakan metode Pareto, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) didapat kegagalan maintenance pada CAT785C dari nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi engine tidak bisa start sebesar 160 (12,5%), error 03 transmisi sebesar 132 (10,3%), Speed mundur problem sebesar 132 (10,3%) dan error engine dirate sebesar 128 (10%). Keempat kerusakan tersebut mendapatkan nilai RPN tertinggi karena mempunyai kegagalan mayor yang menyebabkan tidak dapat beroprasinya unit produksi Dump Truck CAT785C sehingga produktivias perusahaan berkurang namun secara keseluruhan nilai kritis dari kerusakan-kerusakan tersebut masih dalam nilai batas yang aman karena masih dibawah 50% tetapi perbaikan harus segera dilakukan untuk mengantisipasi kerusakan yang lebih parah lagi.

Tabel 6 Usulan Perbaikan

Jenis kegagalan	Penyebab kerusakan	Usulan Perbaikan
Engine tidak bisa start	- Kebocoran sistem <i>pneumatic</i> - Kualitas battery jelek - Battery rusak - Operator kurang kompeten	- Memperbaiki kebocoran pada sistem <i>pneumatik</i> - Memberikan training pada operator - Operator memastikan tekanan pneumatik pada 70 psi - Memastikan kondisi <i>battery</i> - Mengganti <i>battery</i> dengan kualitas yang lebih baik

		- Melakukan pengecekan rutin pada turbin <i>starting motor</i>
Error 03 Transmisi	- Kabel sensor putus - Tidak ada check sheet pengecekan - Mekanik belum kompeten	- Memberikan training kepada mekanik - Membuat <i>check sheet</i> pengecekan wiring transmisi (Terlampir) - Melakukan pengecekan dan perawatan wiring transmisi - Mengganti <i>clamp</i> dan isolator wiring transmisi - Melakukan pengecekan dan penggantian rutin gear code
Speed mundur problem	- Kabel transmisi konsleting - Tidak ada lembar check sheet - Konektor kabel rusak	- Melakukan perbaikan dan penggantian konektor saat unit service - Membuat <i>check sheet</i> pengecekan wiring transmisi (Terlampir) - Melakukan pengecekan dan penggantian rutin gear code - Memberikan arahan dan supervise kepada mekanik
Error engine dirate low power	- Sensor sering rusak - Sensor kotor - Kabel sensor sorth - Kabel sensor interniten	- Memastikan pengecekan sensor-sensor <i>engine</i> saat unit service dilakukan dengan benar - Melakukan perbaikan pada <i>clamp</i> dan isolator kabel sensor - Melakukan pengecekan pada konektor-konektor yang ada di <i>engine</i> - Membuat jadwal penggantian sensor

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Jenis kerusakan yang sering terjadi di Dump Truck CAT785C dan penyebabnya adalah *Engine Can't Start* atau mesin yang tidak bisa start di sebabkan oleh tekanan angina drop, Error transmisi 03 karena *wiring harnes* yang sorth dan *gear code* rusak, Error engine dirate karena sensor yang rusak serta kabel yang putus dan sorth.
2. Jenis kerusakan yang durasi perbaikannya lama yaitu Differential rusak menjadi kerusakan terlama pada bulan maret dikarenakan *spare part differential* yang tidak tersedia, Kerusakan *A-Frame crack* ditambah penggantian *final drive* menjadi kerusakan terlama pada bulan april, disebabkan *effort* pengerjaan yang tinggi penggantian *final drive* serta harus menunggu selama 10 hari untuk *spare part final drive* baru.
3. Kerusakan komponen yang paling kritis pada Dump Truck CAT785C dengan metode FMEA yaitu kerusakan *Engine* tidak bisa *start* yang nilai RPNnya sebesar 160 (12,5%).
4. Usulan yang untuk menurunkan kerusakan dan meningkatkan performa Dump Truck CAT785C sebagai berikut:
 - a. Memberikan training kepada operator Dump Truck CAT785C terkait pengoprasian CAT785 yang benar.
 - b. Membuat lembar *check sheet* pengecekan *wiring* transmisi.

- c. Membuat lembar *chek sheet* pengecekan *pneumatik* sistem
- d. Membuat jadwal penggantian sensor engine.
- e. Melakukan penggantian wiring transmisi saat unit CAT785C overhaul.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmawan, 2016 Analisis Perawatan Untuk Mendeteksi Risiko Kegagalan Komponen Pada Excavator 390D. jurnal teknik industri Universitas Hasanuddin: Makasar.
- Ebeling, 1997. Teori Keandalan Reliability.
Error! Hyperlink reference not valid. dy4e2w60q-pengertian-keandalan-teori-keandalan-reliability.html diakses 16 April 2019 pukul 21:10.
- 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 FTA (Studi kasus di PT Primatexc,o Indonesia). Jurnal Teknik Industri, UMS, Surakarta.
- Namdari (2011) *Using the FMEA method to Optimize fuel consumption in Tillage by Moldboard Plow*, *International Journal of Applied Engineering Research* Dindigul, **Error! Hyperlink reference not valid.**.php/Spektrum/article/viewFile/1843/1224, diakses 2 juli 2019 pukul 13:45
- Rizky, 2017 Analisis perawatan untuk mendeteksi kerusakan komponen pada forklift di PT. Traktor Nusantara. Fakultas pengolahan alat berat Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Rosnani, 2007 dikutip dalam Prastiyo, 2013). Diagram Pareto
Error! Hyperlink reference not valid. hayu-.pdf? sequence=1, diakses 23 April 2019 pukul 22:14
- Wati, 2009 maintenance manajemen. fakultas teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. [http:// ilmu teknologiindustri.blogspot.com /2016/12/ pengertian-jenis-dan-tujuan-maintenance.html](http://ilmu.teknologyindustri.blogspot.com/2016/12/pengertian-jenis-dan-tujuan-maintenance.html)), diakses 21 Aprili 2019 pukul 20:47
- Wawolumaja, 2013). Metode FMEA
<http://repository.uin-suska.ac.id/2989/3/BAB%20II.pdf>), diakses 23 Aprili 2019 pukul 21:53