

## BAB IV

### PEMBAHASAN DAN ANALISA

Bab keempat penelitian ini akan membahas mengenai analisis pengolahan data dengan menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan *Failure Tree Analysis* (FTA). Tahapan analisis ini akan memberikan usulan pemeliharaan yang tepat pada *Harbour Portal Crane* (HPC).

#### 4.1 Pengolahan data

Dari data *unscheduled Maintenance* pada *Computer Monitoring System* (CMS) HPC yang telah disederhanakan, selanjutnya akan dianalisa lebih lanjut menggunakan metode FMEA (*Failure mode and Effect analysis*) dan FTA (*Failure Tree Analysis*) untuk mendapatkan metode *maintenance* yang tepat agar dapat meningkatkan kesiapan alat atau *avaliability*.

Tabel 4.1 *Unscheduled Maintenance report* dari HPC.

No	Daftar Kerusakan	Dampak Kerusakan
1	Kabel reel boom putus	Tidak bisa mengangkat beban
2	Slewing error	Tidak Bisa Berputar (slew)
3	load cell error	Tidak bisa mengangkat beban
4	Hook tidak berfungsi	Hook tidak dapat berputar
5	Battery PLC rusak	PLC tidak dapat berfungsi
6	System hoist tidak berfungsi	Tidak dapat mengangkat beban
7	Brake motor hoist rusak	Tidak dapat mengangkat beban
8	Trouble lampu boom tidak nyala	Tidak ada penerangan
9	Steering no.7 tidak berfungsi	Tidak dapat manuver
10	Steering axis no.12 tidak berfungsi	Tidak dapat manuver
11	Hose main pump hydraulic leaks	penambahan oli hidrolis

No	Daftar Kerusakan	Dampak Kerusakan
12	Traveling system error	Tidak dapat Traveling
13	Pump coupler broken	Tidak dapat mengangkat beban
14	Silinder hidrolik boom leaks	Penambahan oli hidrolik
15	Water radiator low	Engine Trip
16	Battery rusak	Engine tidak dapat hidup
17	Fuel system error	Engine tidak dapat hidup
18	Engine over heating	Engine trip
19	Chasis crack	Reinforcement Chasis
20	Baut portal chassis putus	Penggantian baut
21	Wheel Pressure Low	Unit tidak stabil

Dari tabel diatas selanjutnya dilakukan analisa kemungkinan penyebab kerusakan beserta kemungkinan efek resiko dari setiap kerusakan pada *unscheduled maintenance Harbour Portak Crane (HPC)* yang bertujuan untuk mempermudah proses pelaksanaan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan FTA (*Failure Tree Analysis*).

Tabel 4.2 Daftar Resiko, Kemungkinan Penyebab dan Kemungkinan efek resiko.

No	Failure Mode	Effect Of Failure	Cause Off Failure (Spare Part)
1	Kabel reel boom putus	Tidak bisa mengangkat beban	Bearing Aus
2	Slewing error	Tidak Bisa Berputar (slew)	Fuse Putus
3	load cell error	Tidak bisa mengangkat beban	Modul Load Cell Rusak
4	Hook tidak berfungsi	Hook tidak dapat berputar	Selenoide valve hook rusak
5	Battery PLC rusak	PLC tidak dapat berfungsi	Power supply rusak
6	System hoist tidak berfungsi	Tidak dapat mengangkat beban	IGBT Drive rusak
7	Brake motor hoist rusak	Tidak dapat mengangkat beban	Solenoid disc brake rusak
8	Trouble lampu boom tidak nyala	Tidak ada penerangan	Lampu rusak
9	Steering no.7 tidak berfungsi	Tidak dapat manuver	Bearing Aus
10	Steering axis no.12 tidak berfungsi	Tidak dapat manuver	Bearing Aus
11	Hose main pump hydraulic leaks	penambahan oli hidrolik	Hose rusak (Pecah)
12	Traveling system error	Tidak dapat Traveling	Hose leaks
13	Pump coupler broken	Tidak dapat mengangkat beban	Fuse putus
14	Silinder hidrolik boom leaks	Penambahan oli hidrolik	Seal rusak
15	Water radiator low	Engine Trip	hose radiator leaks
16	Battery rusak	Engine tidak dapat hidup	Alternator rusak
17	Fuel system error	Engine tidak dapat hidup	Fuel filter tersumbat

No	Failure Mode	Effect Of Failure	Cause Off Failure (Spare Part)
18	Engine over heating	Engine trip	Fan radiator Pecah
19	Chasis crack	Reinforcement Chasis	Tertabrak Grab
20	Baut portal chassis putus	Penggantian baut	kesalahan pengencangan baut
21	Wheel Presure Low	Unit tidak stabil	Tidak ada pengekan rutin

## 4.2 Analisa data FMEA

### 4.2.1 Penentuan Nilai Occurrence, Severity, Detection dan Perhitungan Risk Priority Number (RPN)

Setelah risiko teridentifikasi berdasarkan data *unscheduled Maintenance* dari report *Harbour Portal Crane* (HPC) di Pelindo 3 Cabang Tanjung Perak, selanjutnya dibutuhkan data *Number of Breakdown* dan *waktu downtime*. *Number of breakdown* didapatkan dari akumulasi selama 1 tahun, sedangkan *downtime* ditentukan dari rata – rata lama alat tersebut lama alat tidak dapat beroperasi atau dihitung mulai alat rusak sampai dengan alat dapat beroperasi kembali.

Tabel 4.3 *Group system, spare part* atau penyebab kerusakan, *Number of breakdown* dan *down time*.

No	System	Cause Off Failure (Spare Part)	Number of breakdown	Down Time (Hours)
1	Electric system	Bearing Aus	2	425
2		Fuse Putus	3	206
3		Modul Load Cell Rusak	12	10
4		Selenoide valve hook rusak	3	7
5		Power supply rusak	3	56
6		IGBT Drive rusak	7	521
7		Solenoid disc brake rusak	6	5
8		Lampu rusak	2	1
9	Mechanical system	Bearing Aus	3	1
10		Bearing Aus	5	9
11		Hose rusak (Pecah)	5	56

No	System	Cause Off Failure (Spare Part)	Number of breakdown	Down Time (Hours)
12	Hydraulic system	Hose leaks	8	87
13		Fuse putus	10	103
14		Seal rusak	1	1
15	Engine Group	hose radiator leaks	6	12
16		Alternator rusak	1	85
17		Fuel filter tersumbat	10	69
18		Fan radiator Pecah	2	4
19	Structur, Tire & Wheel Group	Tertabrak Grab	3	300
20		kesalahan pengencangan baut	1	1
21		Tidak ada pengecekan rutin	8	1

Selanjutnya akan ditentukan nilai Severity, Occurance dan Detection untuk masing- masing resiko. Penentuan nilai – nilai tersebut dilakukan melalui wawancara dan brainstorming pada mechanic dan engineer cabin maintenance. Dimana proses tersebut dilakukan berdasarkan tabel sebagai berikut:

#### 4.4 Tabel untuk menentukan nilai Occurance.

Rangking	Kejadian	Kriteria Verbal	Tingkat Kejadian Kegagalan
1	Hampir tidak pernah	Risiko hampir tidak pernah terjadi	Probabilitas terjadinya risiko: > 12 bulan
2	Remote	Risiko jarang terjadi	Probabilitas terjadinya risiko: > 10-12 bulan
3	Sangat sedikit	Risiko yang terjadi sangat sedikit	Probabilitas terjadinya risiko: > 8-10 bulan

4	Sedikit	Risiko yang terjadi sedikit	Probabilitas terjadinya risiko: > 6-8 bulan
5	Rendah	Risiko yang terjadi pada tingkat rendah	Probabilitas terjadinya risiko: > 4-6 bulan
6	Medium	Risiko yang terjadi pada tingkat medium	Probabilitas terjadinya risiko: > 2-4 bulan
7	Agak tinggi	Risiko yang terjadi agak tinggi	Probabilitas terjadinya risiko: > 1-2 bulan
8	Tinggi	Risiko yang terjadi tinggi	Probabilitas terjadinya risiko: > 1 minggu - 1 bulan
9	Sangat tinggi	Risiko yang terjadi sangat tinggi	Probabilitas terjadinya risiko: > 1 hari – 1 minggu
10	Hampir selalu	Risiko selalu terjadi	Probabilitas terjadinya risiko: > 0-1 hari

#### 4.5 Tabel untuk menentukan severity

<b>Rangking</b>	<b>Akibat</b>	<b>Kriteria Verbal</b>	<b>Akibat pada Produk</b>
1	Tidak ada akibat	Tidak mengakibatkan apa-apa, memerlukan penyesuaian	Proses berada dalam kendali tanpa melakukan penyesuaian
2	Akibat sangat ringan	Pabrik tetap beroperasi dengan aman, hanya terjadi sedikit gangguan peralatan yang tidak berarti	Proses berada dalam kendali dan hanya membutuhkan sedikit penyesuaian
3	Akibat ringan	Pabrik tetap beroperasi dengan aman, hanya ada sedikit gangguan	Proses telah berada diluar kendali dan beberapa penyesuaian
4	Akibat minor	Pabrik tetap beroperasi dengan aman, namun terdapat gangguan kecil	Kurang dari 30 menit <i>downtime</i> atau tidak ada <i>downtime</i> sama sekali
5	Akibat moderat	Pabrik tetap beroperasi normal, namun telah menimbulkan beberapa kegagalan produk	30-60 menit <i>downtime</i>

6	Akibat signifikan	Pabrik tetap beroperasi normal, namun menimbulkan kegagalan produk	1-2 jam <i>downtime</i>
7	Akibat major	Pabrik tetap beroperasi dengan aman, tetapi tidak dapat dijalankan secara penuh	2-4 jam <i>downtime</i>
8	Akibat ekstrem	Pabrik tidak beroperasi dan telah kehilangan fungsi utamanya	4-8 jam <i>downtime</i>
9	Akibat serius	HMC gagal beroperasi serta tidak sesuai dengan peraturan keselamatan kerja	Lebih besar dari 8 jam <i>downtime</i>
10	Akibat berbahaya	Pabrik tidak layak dioperasikan karena dapat menimbulkan kecelakaan secara tiba-tiba dan hal ini bertentangan dengan peraturan keselamatan kerja	Lebih besar dari 8 jam <i>downtime</i>

#### 4.6 Tabel detection

<b>Rangking</b>	<b>Akibat</b>	<b>Kriteria</b>
1	Hampir pasti	Pasti terdeteksi
2	Sangat tinggi	Sangat mudah terdeteksi
3	Tinggi	Mudah terdeteksi
4	<i>Moderately high</i>	Dapat terdeteksi
5	<i>Moderate</i>	Cukup mudah terdeteksi
6	Rendah	Relatif jarang terdeteksi
7	Sangat rendah	Sangat jarang terdeteksi
8	<i>Remote</i>	Relatif susah terdeteksi
9	<i>Very remote</i>	Susah terdeteksi
10	<i>Non detectable</i>	Tidak dapat terdeteksi

Dari Hasil tersebut diatas, didapatkan Nilai Occurance, severity dan detection untuk tiap risiko yang dapat dilihat pada table 4.7.

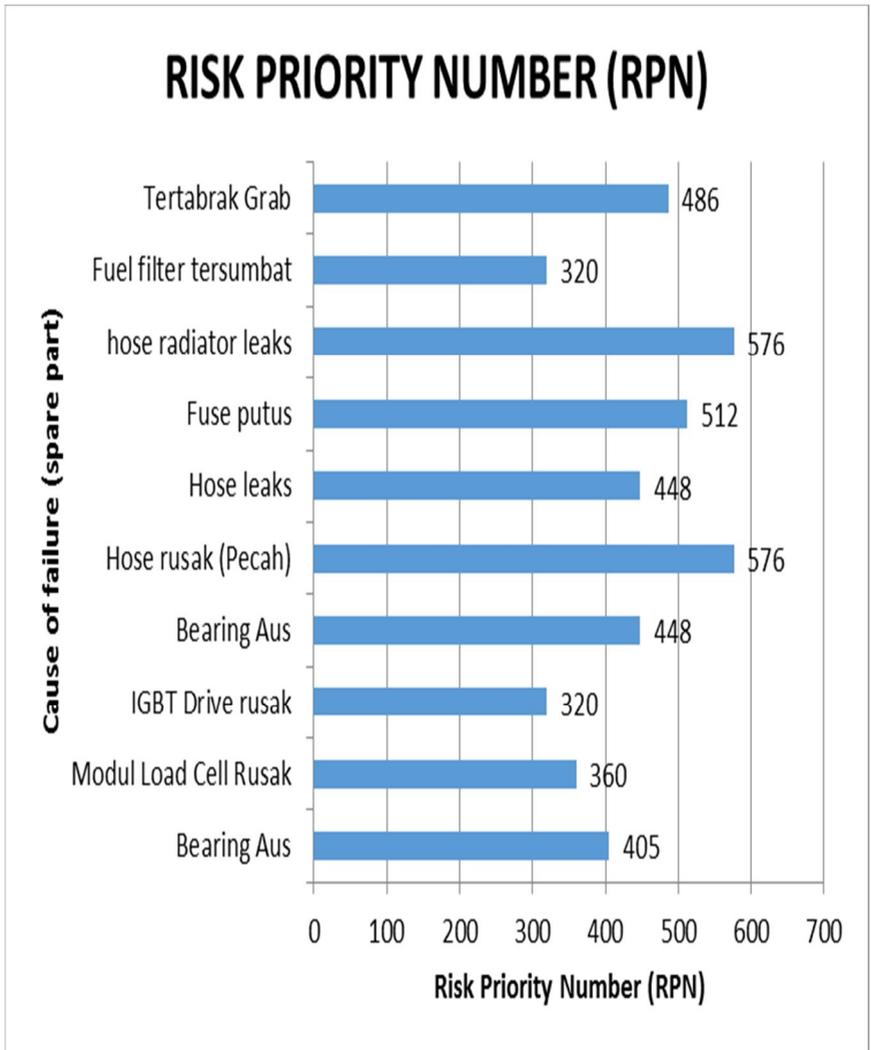
Perhitungan RPN merupakan bagian penting dalam Failure Mode and effect analysis (FMEA) karena dari nilai tersebut dapat diketahui prioritas risiko yang termasuk risiko kritis. RPN dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{RPN} = \text{Occurrence} \times \text{severity} \times \text{detection}$$

Tabel 4.7 Nilai Occurrence, severity, detection dan RPN untuk tiap Resiko

No	System	Cause Off Failure (Spare Part)	occurance	Severity	Detection	RPN
1	Electric system	Bearing Aus	5	9	9	405
2		Fuse Putus	6	8	2	96
3		Modul Load Cell Rusak	8	9	5	360
4		Selenoide valve hook rusak	6	7	5	210
5		Power supply rusak	6	8	2	96
6		IGBT Drive rusak	8	8	5	320
7		Solenoid disc brake rusak	8	7	4	224
8		Lampu rusak	5	5	5	125
9	Mechanical system	Bearing Aus	6	5	5	150
10		Bearing Aus	8	8	7	448
11		Hose rusak (Pecah)	8	8	9	576
12	Hydraulic system	Hose leaks	8	8	7	448
13		Fuse putus	8	8	8	512
14		Seal rusak	1	5	7	35
15	Engine Group	hose radiator leaks	8	8	9	576
16		Alternator rusak	1	5	2	10
17		Fuel filter tersumbat	8	8	5	320
18		Fan radiator Pecah	5	7	4	140
19	Structur, Tire & Wheel Group	Tertabrak Grab	6	9	9	486
20		kesalahan pengencangan baut	1	5	10	50
21		Tidak ada pengecekan rutin	8	5	2	80

Untuk mempermudah dalam menjelaskan maka tabel data diatas disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



#### 4.1 Grafik RPN dari masing – masing Resiko

Berdasarkan risiko yang telah terdaftar dan diketahui nilai RPN masing- masing, dapat ditentukan risiko kritis. Risiko

kritis tersebut yang dianalisis lebih lanjut sebagai langkah awal dari tindakan penanganan kerusakan Harbour Portal Crane. Nilai kritis RPN ditentukan dari nilai rata – rata RPN dan jumlah seluruh resiko:

$$\text{Nilai Kritis RPN} = \frac{\text{Total RPN}}{\text{Jumlah Resiko}} = \frac{5667}{21} = 269,8$$

Berdasarkan perhitungan nilai kritis RPN di atas, diperoleh 10 resiko kritis. Nilai RPN tersebut berada diatas 269,8 yang merupakan nilai kritis RPN. Adapun 10 resiko kritis tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 4.8 Daftar Resiko Kritis

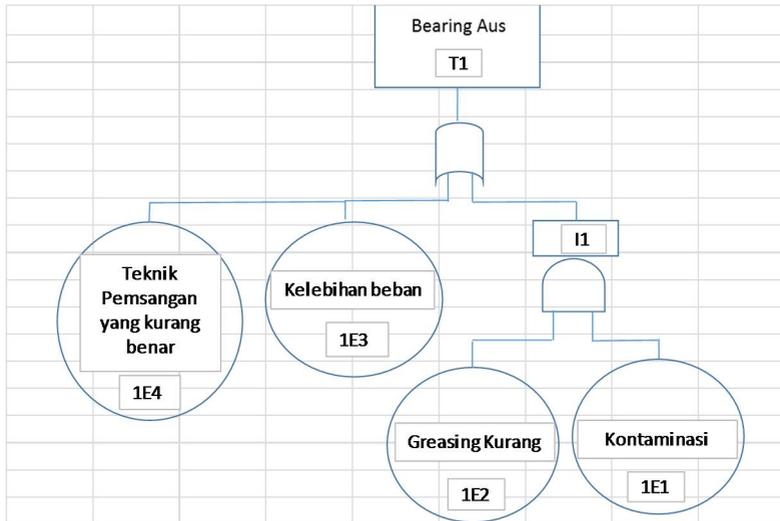
No	System	Cause Off Failure (Spare Part)	RPN
1	Electric system	Bearing Aus	405
3		Modul Load Cell Rusak	360
6		IGBT Drive rusak	320
10		Bearing Aus	448
11		Hose rusak (Pecah)	576
12	Hydraulic system	Hose leaks	448
13		Fuse putus	512
15	Engine Group	hose radiator leaks	576
17		Fuel filter tersumbat	320
19	Structur, Tire & Wheel Group	Tertabrak Grab	486

### 4.3 Analisa Failure Tree Analysis (FTA)

Dari hasil analisa failure mode and effect analysis diperoleh daftar resiko kritis sesuai dengan tabel 4.8, daftar resiko kritis tersebut kemudian dianalisa menggunakan Failure Tree analysis untuk mendapatkan akar permasalahan kerusakan alat dan langkah – langkah untuk menyelesaikan akar masalah tersebut.

Analisa ini menggunakan metode top down approach karena analisisnya berawal dari system level (top) dan meneruskan kebawah .

#### 4.3.1 analisa FTA System electric bearing kabel reel Aus



Gambar 4.1 FTA Bearing kabel reel aus

Penyebab bearing aus (T1) pada kabel reel sesuai dengan gambar 4.1 diatas adalah Terkontaminasi (1E1), Greasing Kurang (1E2), Kelebihan beban (1E3) dan Teknik Pemasangan Kurang benar (1E4). Untuk mengetahui besaran probabilitas dari FTA diatas dapat menggunakan metode aljabar boolean sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 T1 &= I1 + 1E3 + 1E4 \\
 &= (1E1 \times 1E2) + 1E3 + 1E4 \\
 &= (1E3 \times 1E1) + (1E3 + 1E2) + (1E4 \times 1E1) + (1E4 \times 1E3)
 \end{aligned}$$

Minimal cut set:

$$M1 = (1E3 \times 1E1)$$

$$M2 = (1E3 + 1E2)$$

$$M3 = (1E4 \times 1E1)$$

$$M4 = (1E4 \times 1E3)$$

Karena persamaan sudah dalam bentuk sederhana dan faktor penyebab (akar masalah) diasumsikan keseluruhan penting untuk dipertimbangkan maka tidak diperlukan minimal cutset.

Asumsi masing – masing penyebab kerusakan adalah sebagai berikut:

$$1E1 = 0,42$$

$$1E2 = 0,14$$

$$1E3 = 0,34$$

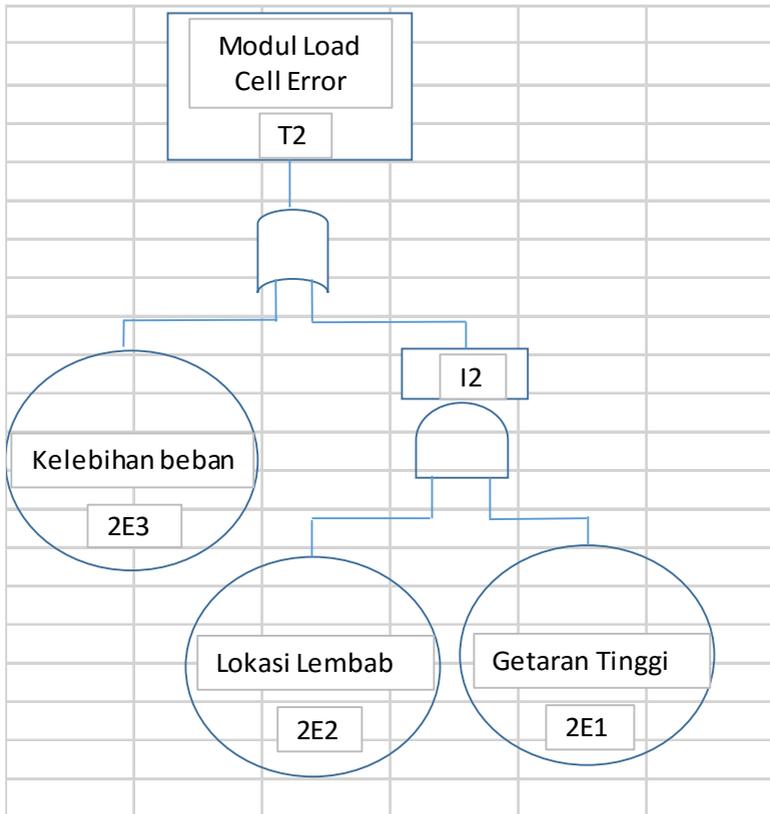
$$1E4 = 0,1$$

$$= (0,34 \times 0,42) + (0,34 \times 0,14) + (0,1 \times 0,42) + (0,1 \times 0,34)$$

$$= 25 \%$$

Probabilitas dari bearing aus adalah 25%

#### 4.3.2 Analisa FTA Modul Load Cell error



Gambar 4.2 FTA Modul Load Cell error

Penyebab Modul Load Cell error (T2) sesuai dengan gambar 4.2 diatas adalah Getaran Tinggi (2E1), Lokasi Lembab (2E2), Kelebihan beban (2E3). Untuk mengetahui besaran probabilitas dari FTA diatas dapat menggunakan metode aljabar boolean sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
T2 &= I2 + 2E3 \\
&= (2E1 \times 2E2) + 2E3 \\
&= (2E3 \times 2E1) + (2E3 + 2E2)
\end{aligned}$$

Minimal cut set:

$$\begin{aligned}
M1 &= (2E3 \times 2E1) \\
M2 &= (2E3 + 2E2)
\end{aligned}$$

Karena persamaan sudah dalam bentuk sederhana dan faktor penyebab (akar masalah) diasumsikan keseluruhan penting untuk dipertimbangkan maka tidak diperlukan minimal cutset.

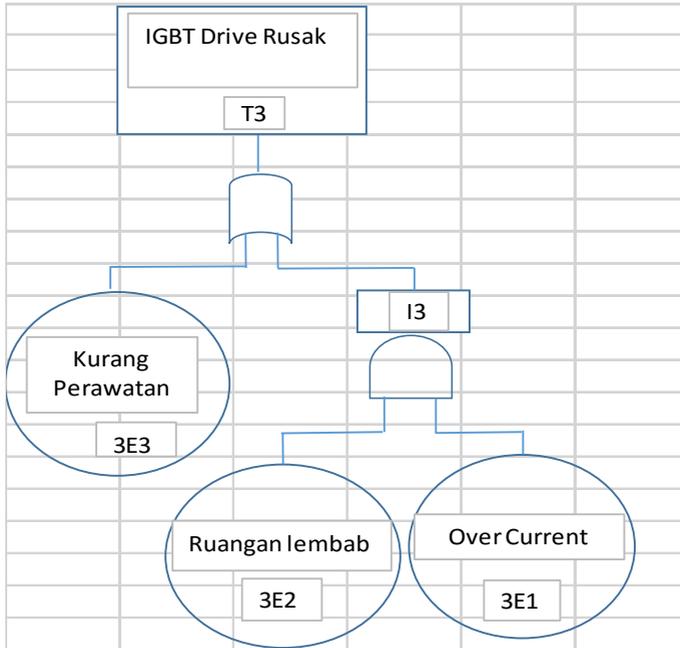
Asumsi masing – masing penyebab kerusakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
2E1 &= 0,4 \\
2E2 &= 0,35 \\
2E3 &= 0,25
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (2E3 \times 2E1) + (2E3 + 2E2) \\
&= (0,25 \times 0,4) + (0,25 + 0,35) \\
&= 19 \%
\end{aligned}$$

Probabilitas dari Modul Load Cell error adalah 19 %

### 4.3.3 Analisa FTA IBGT Drive rusak



Gambar 4.3 FTA IBGT Drive rusak

Penyebab IBGT Drive rusak (T3) sesuai dengan gambar 4.3 diatas adalah Over Current (3E1), Ruangani Lembab (2E2), Kurang Perawatan (3E3). Untuk mengetahui besaran probabilitas dari FTA diatas dapat menggunakan metode aljabar boolean sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T3 &= I3 + 3E3 \\ &= (3E1 \times 3E2) + 3E3 \\ &= (3E3 \times 3E1) + (3E3 + 2E2) \end{aligned}$$

Minimal cut set:

$$M1 = (3E3 \times 3E1)$$

$$M2 = (3E3 + 3E2)$$

Karena persamaan sudah dalam bentuk sederhana dan faktor penyebab (akar masalah) diasumsikan keseluruhan penting untuk dipertimbangkan maka tidak diperlukan minimal cutset.

Asumsi masing – masing penyebab kerusakan adalah sebagai berikut:

$$3E1 = 0,3$$

$$3E2 = 0,5$$

$$3E3 = 0,2$$

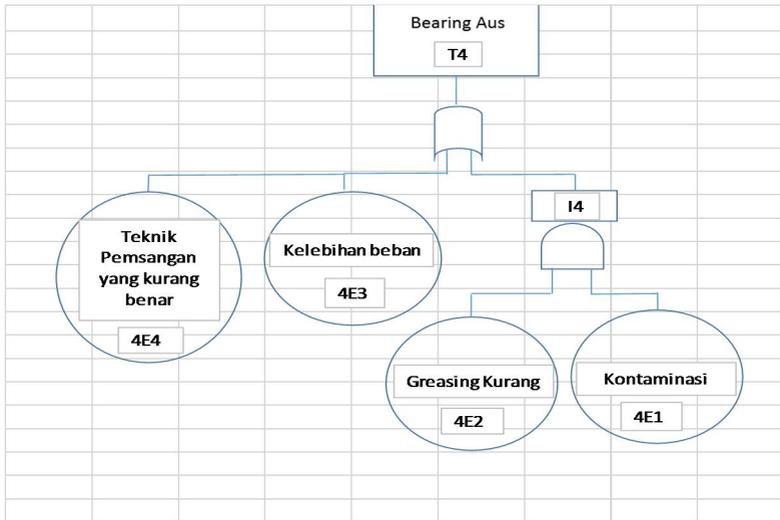
$$= (3E3 \times 3E1) + (3E3 + 3E2)$$

$$= (0,2 \times 0,3) + (0,2 \times 0,5)$$

$$= 16 \%$$

Probabilitas dari IGBT Drive rusak adalah 16 %

#### 4.3.4 Analisa FTA Bearing steering Aus



Gambar 4.4 FTA Bearing Steering aus

Penyebab bearing aus (T4) pada steering sesuai dengan gambar 4.4 diatas adalah Terkontaminasi (4E1), Greasing Kurang (4E2), Kelebihan beban (4E3) dan Teknik Pemasangan Kurang benar (4E4). Untuk mengetahui besaran probabilitas dari FTA diatas dapat menggunakan metode aljabar boolean sebagai berikut:

$$T4 = I4 + 4E3 + 4E4$$

$$= (4E1 \times 4E2) + 4E3 + 4E4$$

$$= (4E3 \times 4E1) + (4E3 + 4E2) + (4E4 \times 4E1) + (4E4 \times 4E3)$$

Minimal cut set:

$$M1 = (4E3 \times 4E1)$$

$$M2 = (4E3 + 4E2)$$

$$M3 = (4E4 \times 4E1)$$

$$M4 = (4E4 \times 4E3)$$

Diasumsikan bahwa pemasangan bearing ini telah sesuai prosedur, maka persamaan  $4E4$  dapat dihilangkan. Jadi untuk menentukan probabilitas persamaan ini menggunakan rumus sebagai berikut:

$$T4 = (4E3 \times 4E1) + (4E3 + 4E2)$$

Asumsi masing – masing penyebab kerusakan adalah sebagai berikut:

$$4E1 = 0,52$$

$$4E2 = 0,14$$

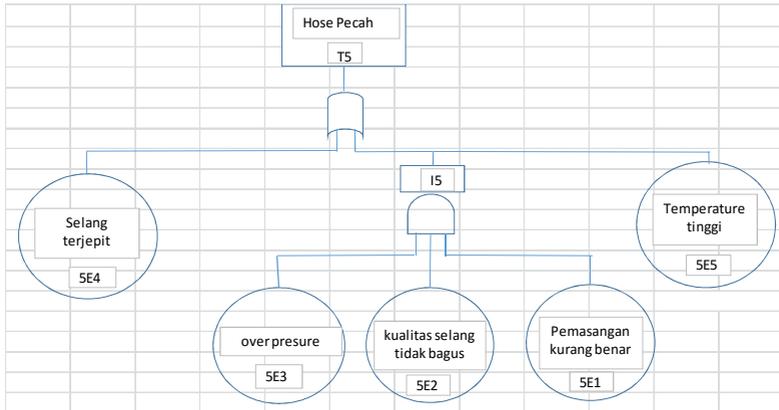
$$4E3 = 0,34$$

$$= (0,34 \times 0,52) + (0,34 \times 0,14)$$

$$= 22 \%$$

Probabilitas dari bearing aus steering adalah 22%.

### 4.3.5 Analisa FTA Hose pecah



Gambar 4.5 Hose Pecah

Penyebab hose pecah (T5) sesuai dengan gambar 4.5 diatas adalah pemasangan kurang benar (5E1), Kualitas Selang tidak bagus (5E2), Over Presure (5E3) dan Selang Terjepit (5E4) dan temperature tinggi (5E5). Untuk mengetahui besaran probabilitas dari FTA diatas dapat menggunakan metode aljabar boolean sebagai berikut:

$$T5 = I + 5E3 + 5E5$$

$$= ((5E4 \times 5E1) + (5E4 \times 5E2) + (5E4 \times 5E3)) + ((5E5 \times 5E1) + (5E5 \times 5E2) + (5E5 \times 5E3))$$

Minimal cut set:

$$M1 = (E4 \times E1)$$

$$M2 = (E4 \times E2)$$

$$M3 = (E4 \times E3)$$

$$M4 = (E5 \times E1)$$

$$M5 = (E5 \times E2)$$

Asumsi masing – masing penyebab kerusakan adalah sebagai berikut:

$$E1 = 0,2$$

$$E2 = 0,3$$

$$E3 = 0,1$$

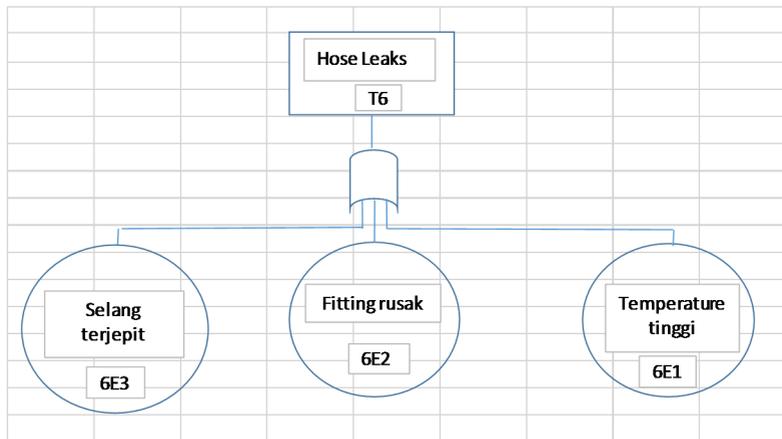
$$E4 = 0,3$$

$$E5 = 0,1$$

$$= 24 \%$$

Probabilitasnya adalah 24%

#### 4.3.6 Analisa FTA Hose Leaks



Gambar 4.6 Hose leaks

Penyebab hose pecah (T6) sesuai dengan gambar 4.6 diatas adalah Temperature Tinggi (6E1), Fitting Rusak (6E2) dan Selang Terjepit (6E3). Untuk mengetahui besaran probabilitas dari FTA diatas dapat menggunakan metode aljabar boolean sebagai berikut:

$$T5 = 6E1 + 6E2 + 6 E3$$

Minimal cut set:

$$M1 = 6E1$$

$$M2 = 6E2$$

$$M3 = 6E3$$

Penyebab kebocoran atau leaks adalah fitting rusak, maka menggunakan 6E2.

Asumsi masing – masing penyebab kerusakan adalah sebagai berikut:

$$E1 = 0,2$$

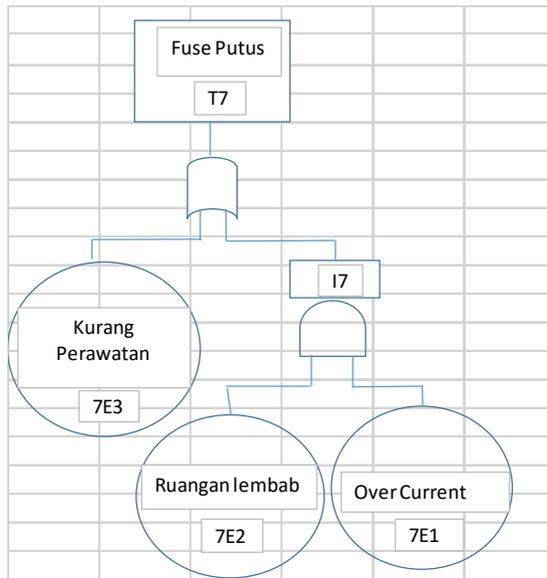
$$E2 = 0,6$$

$$E3 = 0,2$$

$$= 60 \%$$

Probabilitasnya adalah 60%

### 4.3.7 Analisa FTA Fuse Putus



Gambar 4.7 FTA Fuse Putus

Penyebab Fuse Putus (T7) pada sesuai dengan gambar 4.7 diatas adalah Over Current (7E1), Ruangan Lembab (7E2) dan Kurang Perawatan. Untuk mengetahui besaran probabilitas dari FTA diatas dapat menggunakan metode aljabar boolean sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T7 &= I + 7E3 \\ &= (7E1 \times 7E2) + 7E3 \\ &= ((7E1 \times 7E3) + (7E3 \times 7E2)) \end{aligned}$$

Minimal cut set:

$$M1 = (7E1 \times 7E3)$$

$$M2 = (7E3 \times 7E2)$$

Jadi untuk menentukan probabilitas persamaan ini menggunakan rumus sebagai berikut:

$$T7 = ((7E1 \times 7E3) + (7E3 \times 7E2))$$

Asumsi masing – masing penyebab kerusakan adalah sebagai berikut:

$$7E1 = 0.5$$

$$7E2 = 0.3$$

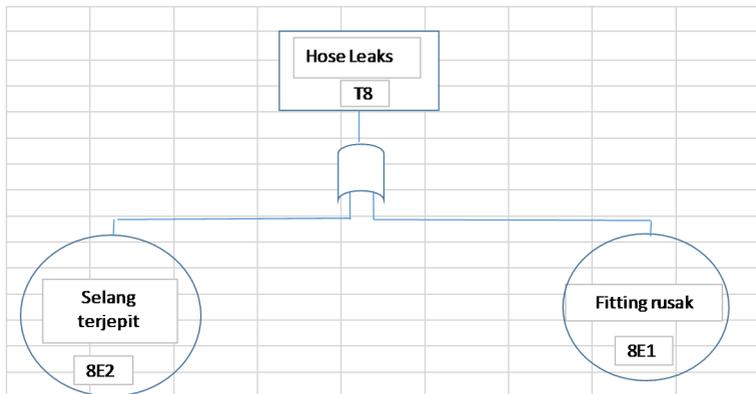
$$7E3 = 0.2$$

$$= (0,5 \times 0,2) + (0,2 \times 0.3)$$

$$= 16 \%$$

Probabilitasnya adalah 16%

#### 4.3.8 Analisa Hose Leaks



Gambar 4.8 FTA Hose Leaks

Penyebab Fuse Putus (T8) pada sesuai dengan gambar 4.7 diatas adalah Fitting Rusak (8E1) dan Selang Terjepit. Untuk mengetahui besaran probabilitas dari FTA diatas dapat menggunakan metode aljabar boolean sebagai berikut:

$$T8 = 8E1 + 8E2$$

$$M1 = 8E1$$

$$M2 = 8E2$$

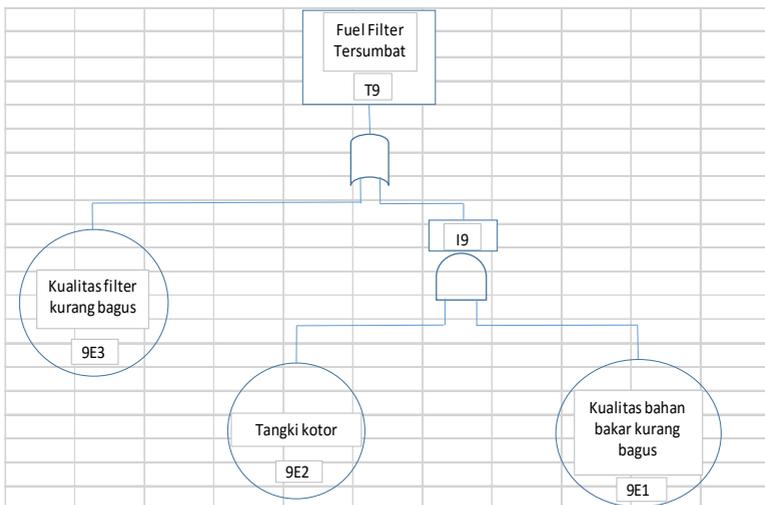
Diketahui:

$$8E1 = 0.7$$

$$8E2 = 0.3$$

Maka didapat probabilitasnya adalah 70%.

#### 4.3.9 Fuel Filter Tersumbat



Gambar 4.9 FTA Fuel Filter Tersumbat

Penyebab Fuel Filter Tersumbat (T9) pada sesuai dengan gambar 4.9 diatas adalah Kualitas bahan bakar kurang bagus (9E1), Tangki kotor (9E2) dan Kualitas Kurang bagus (9E3). Untuk mengetahui besaran probabilitas dari FTA diatas dapat menggunakan metode aljabar boolean sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T9 &= I + 9E3 \\ &= (9E2 \times 9E1) + 9E3 \\ &= (9E2 \times 9E3) + (9E3 \times 9E1) \end{aligned}$$

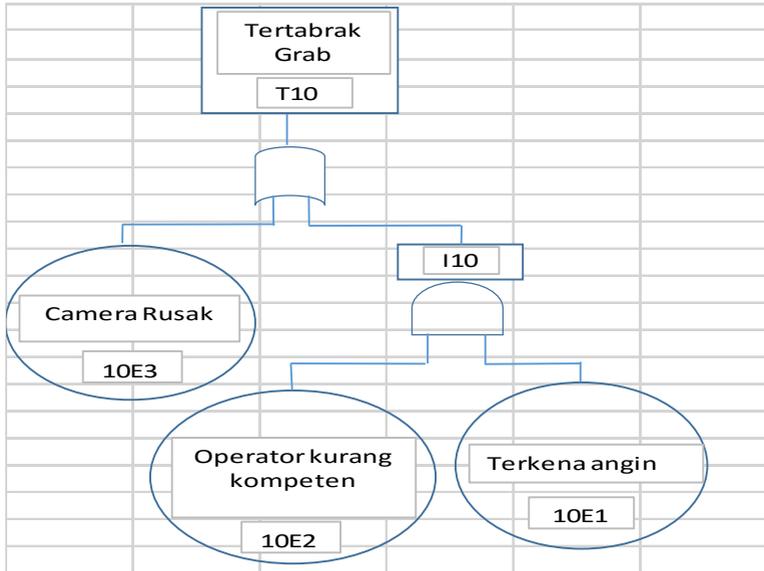
Minimal Cut Set:

$$\begin{aligned} M1 &= (9E2 \times 9E3) \\ M2 &= (9E3 \times 9E1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T' &= (9E2 \times 9E3) + (9E3 \times 9E1) \\ &= 0.16 \\ &= 16\% \end{aligned}$$

Probabilitasnya adalah 16%

### 4.3.10 Tertabrak Grab



4.10 Tertabrak Grab

Penyebab Tertabrak Grab pada sesuai dengan gambar 4.10 diatas adalah Terkena Angin (10E1), Operator Kurang Kompeten (10E2) dan Camera Rusak (10E3). Untuk mengetahui besaran probabilitas dari FTA diatas dapat menggunakan metode aljabar boolean sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T10 &= I + 10E3 \\ &= (10E1 \times 10E2) + 10E3 \\ &= ((10E1 \times 10E3) + (10E3 \times 10E2)) \end{aligned}$$

Minimal Cut Set

$$M1 = (10E1 \times 10E3)$$

$$M2 = (10E3 \times 10E2)$$

$$\begin{aligned} T' &= ((10E1 \times 10E3) + (10E3 \times 10E2)) \\ &= 0.09 \\ &= 9\% \end{aligned}$$

Probabilitasnya adalah 9%.

## 4.4 Rekomendasi penanganan permasalahan

Tabel 4.9 Rekomendasi penanganan permasalahan

System	Cause Off Failure (Spare Part)	Akar Permasalahan	Rekomendasi Maintenance
Electric system	Bearing Aus	Kontaminasi	Melaksanakan cleaning secara berkala
		Greasing Kurang	Melaksanakan greasing secara berkala
		Kelebihan beban	dilakukan analisa beban dan dilaksanakan penggantian bearing yang sesuai
		Teknik Pemsangan yang kurang benar	dilakukan evaluasi pemasangan bearing
	Modul Load Cell Rusak	Getaran Tinggi	ditambahkan klem atau dudukam untuk mengurangi getaran pada bearing
		Lokasi Lembab	dilakukan modifikasi tempat load cell berupa seal untuk mengurangi kelembapan
		Kelebihan beban	dilakukan analisa kekuatan load cell terhadap beban
	IGBT Drive rusak	Over Current	dilakukan analisa overcurrent pada sistem drive
		Ruangan Lembab	ditambahkan penyekat pada ruangan drive dan pemantauan secara berkala
		Kurang Perawatan	dilakukan cleaning secara berkala
	Bearing Aus	Kontaminasi	Melaksanakan cleaning secara berkala
		Greasing Kurang	Melaksanakan greasing secara berkala
		Kelebihan beban	dilakukan analisa beban dan dilaksanakan penggantian bearing yang sesuai
		Teknik Pemsangan yang kurang benar	dilakukan evaluasi pemasangan bearing
	Hose rusak (Pecah)	Pemasangan kurang benar	dilakukan evaluasi pemasangan selang
		kualitas selang tidak bagus	dilakukan evaluasi spesifikasi hose hidrolik
		over presure	dilakukan analisa tekanan pada selang
		Selang terjepit	dilakukan pemantauan secara berkala
		Temperature tinggi	dilakukan penambahan termometer dan pemantauan secara berkala

System	Cause Off Failure (Spare Part)	Akar Permasalahan	Rekomendasi Maintenance
Hydraulic system	Hose leaks	Selang terjepit	dilakukan pemantauan secara berkala
		Fitting rusak	dilakukan penggantian dan pencadangan fitting selang
		Temperature tinggi	dilakukan penambahan termometer dan pemantauan secara berkala
	Fuse putus	Over Current	dilakukan pemeriksaan lebih lanjut
		Ruangan Lembab	dilakukan penambahan penyekat pada ruangan fuse
		Kurang Perawatan	dilakukan cleaning dan pengecekan curret secara berkala
Engine Group	hose radiator leaks	Selang terjepit	dilakukan pemeriksaan secara berkala
		Fitting rusak	dilakukan penggantian fiiting dan pencadangan fitting
		Temperature tinggi	dilakukan penambahan thermometer
	Fuel filter tersumbat	Kualitas bahan bakar kurang bagus	dilakukan pemeriksaan laboratorium terhadap kualitas bahan bakar
		Tangki kotor	dilakukan cleaning
		Kualitas filter kurang bagus	dilakukan evaluasi spesifikasi filter dan penambahan cadangan filter
Structur, Tire & Wheel Group	Tertabrak Grab	Terkenan angin	dilakukan pemeriksaan terhadap pengukur kecepatan angin, sehingga alat akan otomatis trip pada kecepatan angin tertentu
		Operator kurang kompeten	dilakukan evaluasi dan training
		Camera Rusak	dilakukan cleaning dan pengecekan kamera secara berkala