

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 hidrolik |

| 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 chasis putus | Penggantian baut | kesalahan pengencangan baut |
| 21 | Wheel Presure Low | Unit tidak stabil | Tidak ada pengecekan 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

| Rangking | Akibat | Kriteria Verbal | Akibat pada Produk |
|-----------------|----------------------|--|---|
| 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

| Rangking | Akibat | Kriteria |
|-----------------|------------------------|---------------------------|
| 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.

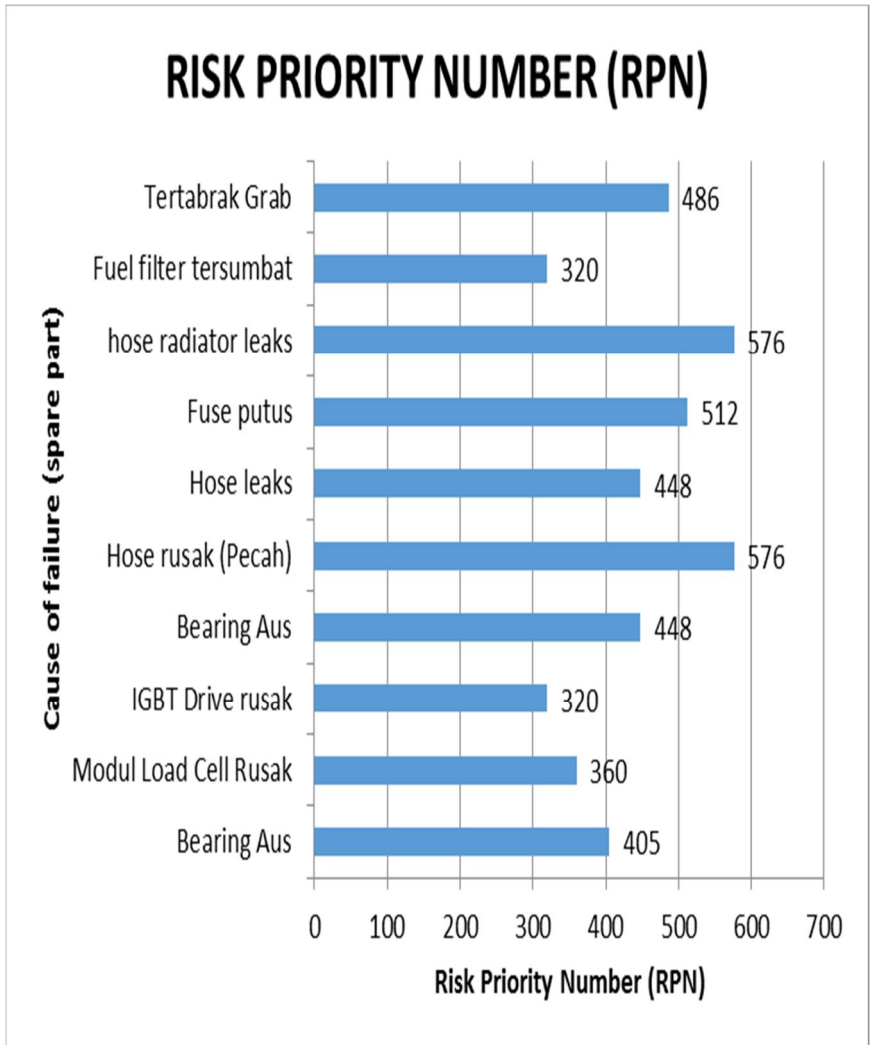
Perhitungan RPN merupakan bagian penting dalam Failure Mode and effect analysis (FMEA) karena dari nilai tersebut dapat diketahui prioritas risiko yang termasuk risiko kritis. RPN dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

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

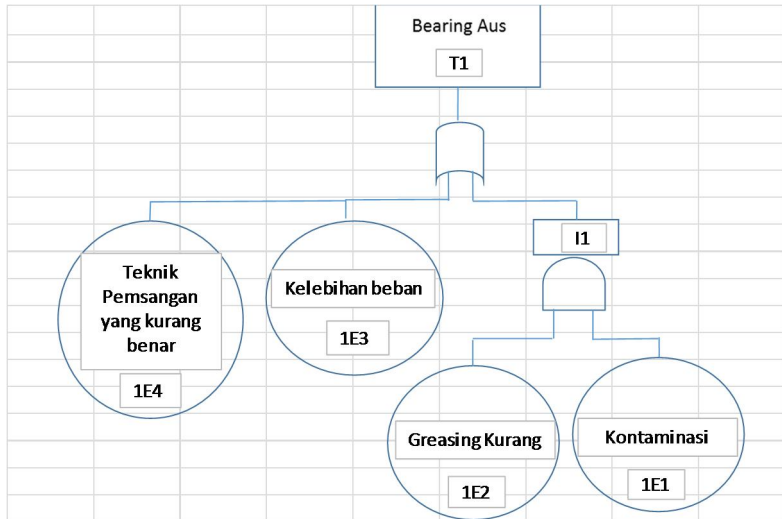
| No | System | Cause Off Failure (Spare Part) | RPN |
|----|------------------------------|--------------------------------|-----|
| 1 | Electric system | Bearing Aus | 405 |
| 3 | | Modul Load Cell Rusak | 360 |
| 6 | | IGBT Drive rusak | 320 |
| 10 | | Bearing Aus | 448 |
| 11 | | Hose rusak (Pecah) | 576 |
| 12 | | Hose leaks | 448 |
| 13 | Hydraulic system | 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:

$$1E1 = 0,42$$

$$1E2 = 0,14$$

$$1E3 = 0,34$$

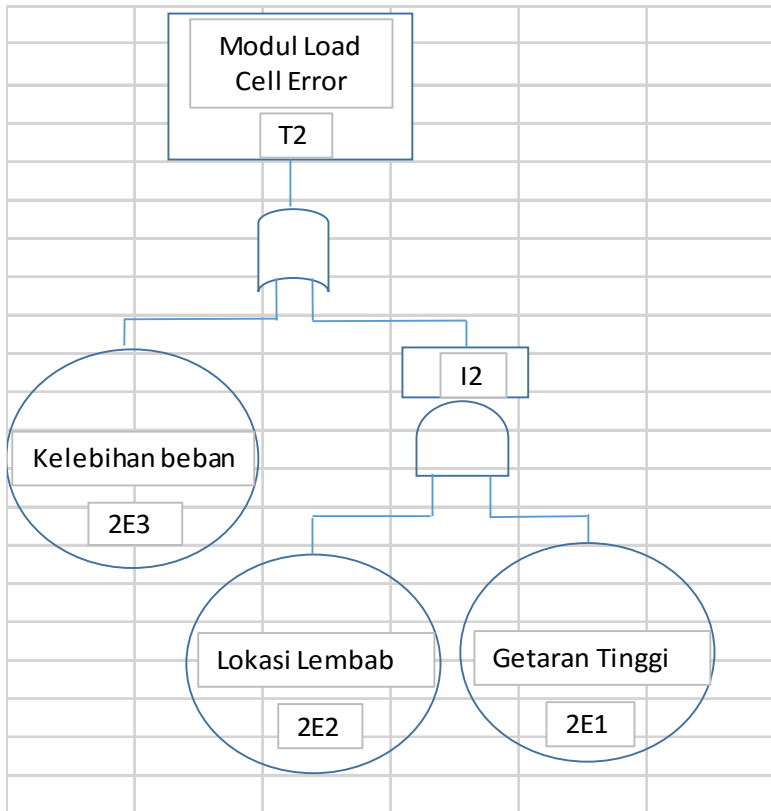
$$1E4 = 0,1$$

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

$$= 25 \%$$

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.

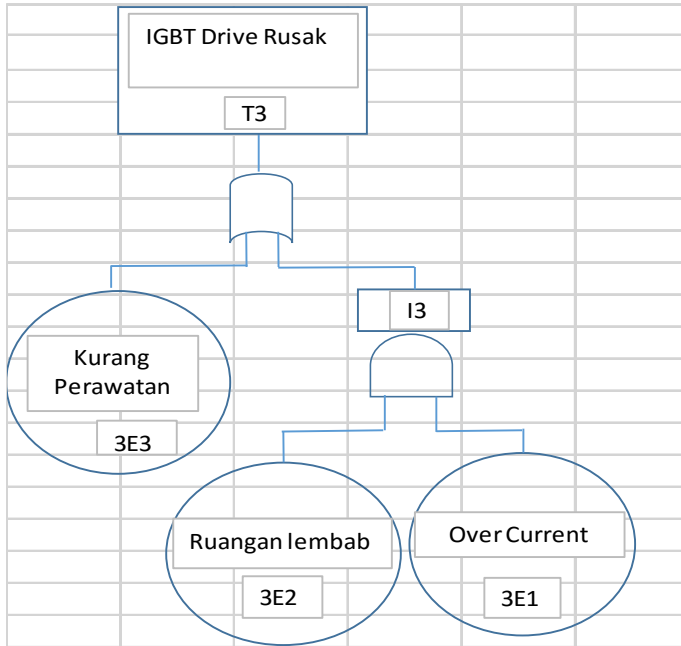
Asumsi masing – masing penyebab kerusakan adalah sebagai berikut:

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

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

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), Ruangan 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:

$$3E1 = 0,3$$

$$3E2 = 0,5$$

$$3E3 = 0,2$$

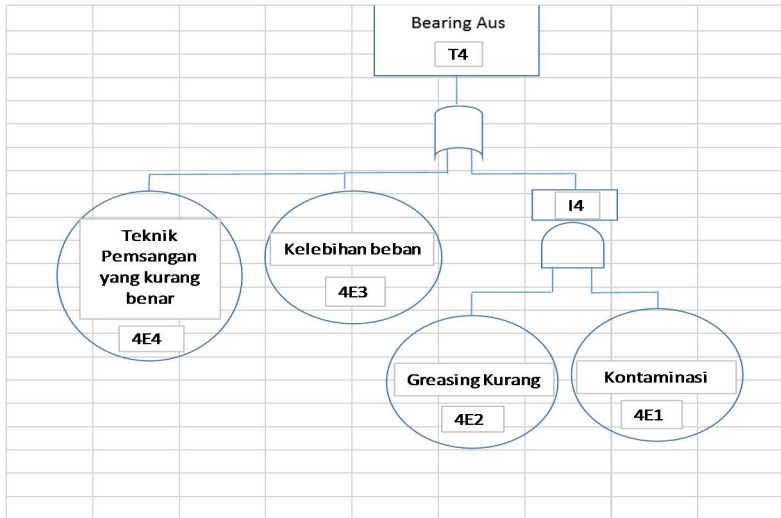
$$= (3E3 \times 3E1) + (3E3 + 3E2)$$

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

$$= 16 \%$$

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:

$$4E1 = 0,52$$

$$4E2 = 0,14$$

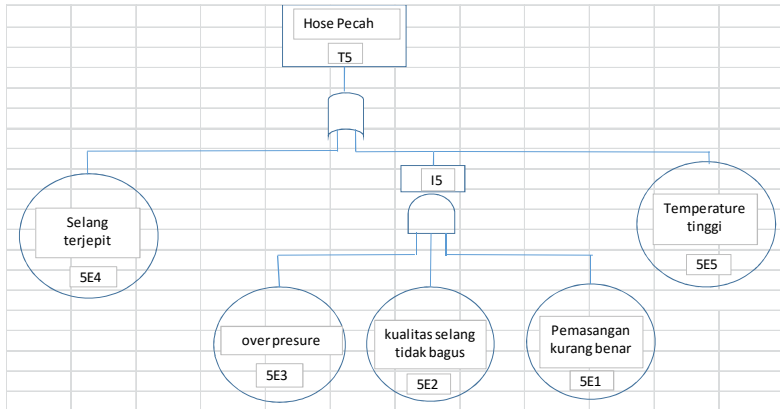
$$4E3 = 0,34$$

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

$$= 22 \%$$

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:

$$E1 = 0,2$$

$$E2 = 0,3$$

$$E3 = 0,1$$

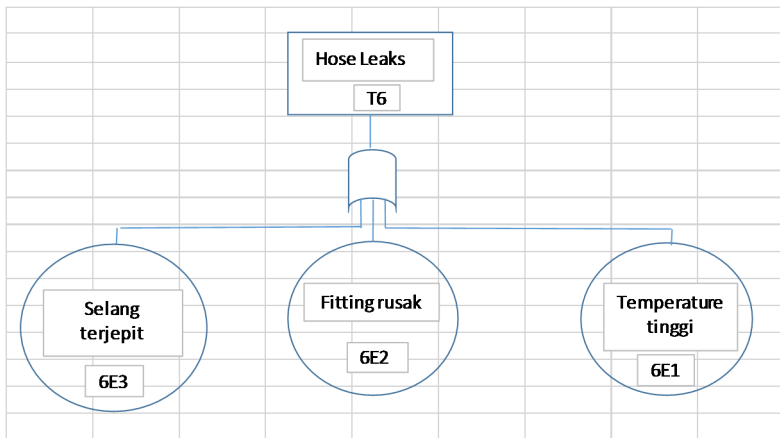
$$E4 = 0,3$$

$$E5 = 0,1$$

$$= 24 \%$$

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:

$$E1 = 0,2$$

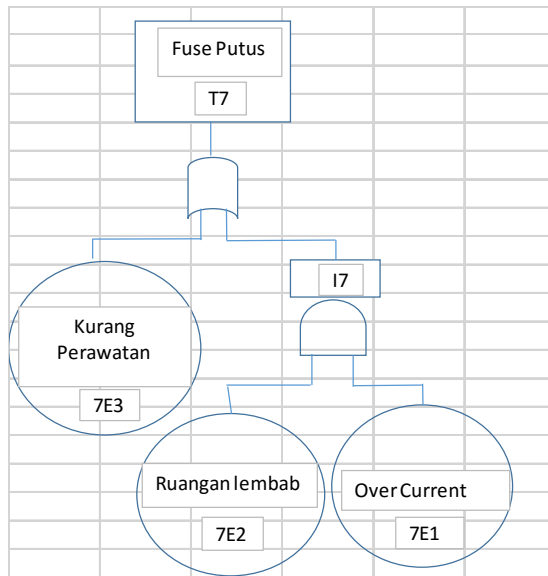
$$E2 = 0,6$$

$$E3 = 0,2$$

$$= 60 \%$$

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:

$$7E1 = 0.5$$

$$7E2 = 0.3$$

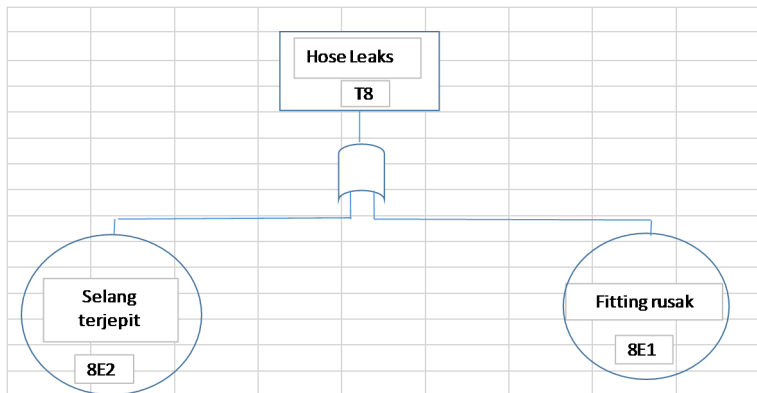
$$7E3 = 0.2$$

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

$$= 16 \%$$

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:

$$T8 = 8E1 + 8E2$$

$$M1 = 8E1$$

$$M2 = 8E2$$

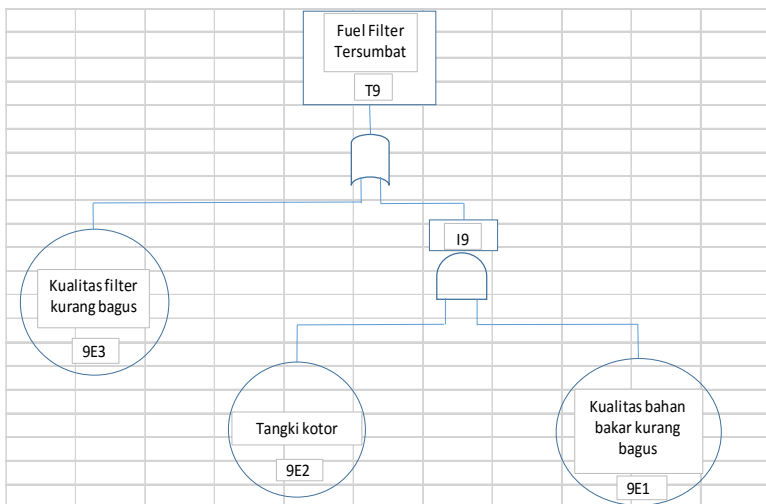
Diketahui:

$$8E1 = 0.7$$

$$8E2 = 0.3$$

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:

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

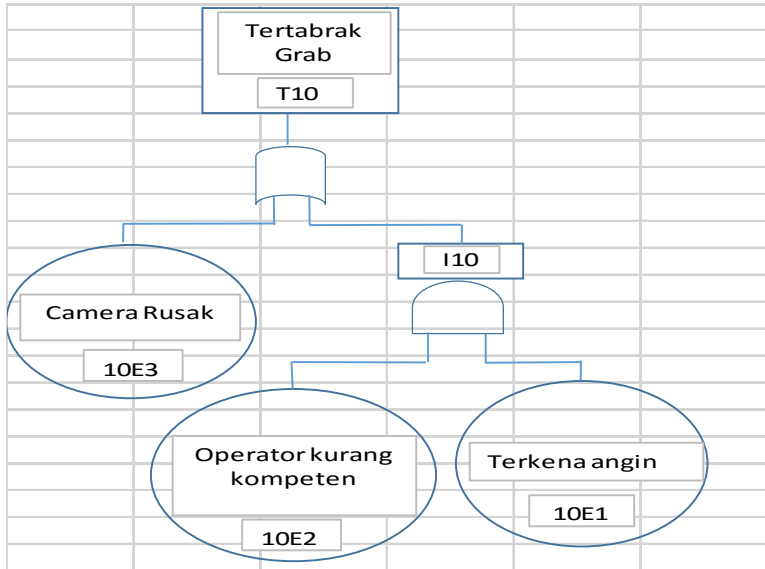
Minimal Cut Set:

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

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

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 |