

Studi Implementasi RCM untuk Peningkatan Produktivitas Dok Apung (Studi Kasus: PT.Dok dan Perkapalan Surabaya)

Nurlaily Mufarikhah, Triwilaswandio Wuruk Pribadi, dan Soejitno

Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: triwilas@na.its.ac.id

Dok apung merupakan salah satu fasilitas galangan yang ada di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya, yang terdiri dari dok I,II,IV dan V. Dok apung mempunyai peran yang sangat penting dalam kegiatan reparasi kapal. Oleh karena itu, PT.Dok dan Perkapalan Surabaya melakukan tindakan perawatan untuk menjaga kinerja dok apung. Mengingat begitu pentingnya peran dok apung, maka dilakukan penelitian tindakan dan rencana perawatan yang tepat untuk meningkatkan produktivitas dok apung dengan menggunakan metode RCM. Penelitian dengan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) secara umum dibagi menjadi 2 yaitu, secara kualitatif dan secara kuantitatif. Analisa kualitatif terdiri dari FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), FTA (*Fault Tree Analysis*), dan LTA (*Logic Tree Analysis*). Sedangkan analisa kuantitatif terdiri dari perhitungan MTTF (*Mean Time to Failure*), MTTR (*Mean Time to Repair*), penentuan *reliability*, dan *failure rate* dengan menggunakan *software weibull 6++*. Dari hasil analisa kualitatif terdapat 4 komponen MSI (*Maintenance Significant Item*), yaitu *capstan*, ponton, *crane* dan pompa. Dari hasil analisa kuantitatif didapatkan komponen yang memengaruhi *reliability* dok apung, *Reliability* yang paling rendah yaitu ponton, pompa, *capstan* dan *crane*. Penilaian *reliability* didasarkan pada akibat yang ditimbulkan dari kerusakan atau kegagalan komponen terhadap sistem, sedangkan nilai MTTF (*Mean Time to Failure*) paling rendah pada *crane* dan pompa yaitu 120 dan 150 hari. Secara teoritis, penerapan RCM (*Reliability Centered Maintenance*) akan meningkatkan keandalan komponen. Tindakan dan rencana perawatan yang disarankan berdasarkan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) yaitu melakukan pengecekan secara rutin serta melakukan *training* pada bagian *maintenance* mengenai konsep perawatan. Interval *maintenance* pada *crane* dan ponton dilakukan setiap 1 bulan sekali, sedangkan interval *maintenance* pada *capstan* dan pompa dilakukan setiap 2 bulan sekali.

Kata Kunci— Dok apung, *Failure rate*, *Reliability Centered Maintenance*, *Reliability*

I. PENDAHULUAN

DALAM dunia maritim keberadaan kapal merupakan hal yang sangat penting. Karena kapal merupakan alat angkut

utama laut yang digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan barang dari satu tempat ke tempat lain. Dalam beroperasinya, kapal pasti akan mengalami berbagai macam kondisi yang menyebabkan kerusakan pada konstruksi kapal, maupun item-item pendukung beroperasinya kapal. Maka, untuk menstabilkan kapal agar tetap optimal dan beroperasi dalam keadaan konstruksi yang optimal serta item-item pendukung beroperasinya kapal tersebut sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan, maka harus dilakukan perbaikan (*repair*) dan perawatan secara berkala.

PT.Dok dan Perkapalan Surabaya merupakan salah satu galangan kapal yang banyak bergerak dibidang reparasi kapal. Salah satu fasilitas pendedokan yang ada di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya yaitu *floating dock* yang terdiri dari *floating dock I*, *floating dock II*, *floating dock IV*, dan *floating dock V*. Keempat *floating dock* tersebut merupakan fasilitas pendedokan yang penting dalam menunjang proses reparasi kapal, apabila dok apung (*floating dock*) tersebut rusak atau tidak dapat beroperasi maka akan menyebabkan keterlambatan pada reparasi kapal.

Mengingat begitu pentingnya peran dok apung, maka yang harus diusahakan adalah memastikan dok apung tersebut tetap beroperasi dengan baik selama *life time*-nya. Tindakan yang biasa dilakukan oleh perusahaan untuk memastikan asetnya (dok apung) dapat beroperasi dengan baik selama *life time*-nya adalah dilakukan tindakan *maintenance* dan *repair*.

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan suatu teknik perawatan yang menggunakan informasi keandalan untuk mendapatkan suatu perencanaan perawatan yang optimal. Ide dasar dari teknik perawatan ini adalah memelihara fungsi dan menemukan mode-mode kegagalan sistem [1].

Strategi *maintenance* akan memberikan jenis perawatan yang optimal bagi suatu komponen, sehingga aktivitas perawatan akan dilakukan sesuai dengan kebutuhan. Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis mencoba untuk menerapkan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) yang dapat digunakan untuk menganalisa tindakan dan rencana perawatan yang optimal serta dapat meningkatkan produktivitas dok apung PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin agar suatu asset fisik dapat berlangsung terus memenuhi fungsi yang diharapkan dalam konteks operasinya saat ini [2].

Proses analisa RCM (*Reliability Centered Maintenance*) terdiri dari 3 tahap yaitu pertama identifikasi fungsi, kedua analisa kegagalan fungsional dan ketiga seleksi kegiatan. Identifikasi terdiri dari penggambaran *functional block diagram*, dan identifikasi fungsi. Analisa kegagalan fungsional terdiri dari deskripsi kegagalan fungsional, identifikasi komponen *Maintenance Significant Item*, analisis *Failure Mode and Effect Analysis*, *Fault Tree Analysis* dan *Logic Tree Analysis*. Sedangkan seleksi kegiatan terdiri dari jenis kegiatan *maintenance* dan prediksi waktu kegiatan [3].

Dalam melakukan perhitungan nilai keandalan harus mengetahui model distribusi probabilitas suatu komponen atau peralatan. Model distribusi probabilitas terdiri dari distribusi eksponensial, distribusi weibull 2 atau 3 parameter, distribusi normal, dan distribusi log normal [4]. Sedangkan distribusi yang digunakan pada penelitian ini yaitu distribusi eksponensial 2 parameter dan disribusi weibul 3 parameter. Persamaan yang digunakan pada 2 distribusi diatas yaitu:

Fungsi keandalan distribusi eksponensial:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \tag{1}$$

Laju kegagalan distribusi eksponensial:

$$h(t) = \lambda \tag{2}$$

Mean Time to Failure distribusi eksponensial:

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \tag{3}$$

$$MTTF = 1/\lambda \tag{4}$$

Persamaan pada distribusi weibull adalah sebagai berikut:

Fungsi keandalan distribusi weibull:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \tag{5}$$

Laju kegagalan distribusi weibull:

$$h(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \tag{6}$$

Mean Time to Failure (MTTF) distribusi weibull:

$$MTTF = \int_0^{\infty} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} dt \tag{7}$$

Perhitungan nilai keandalan sistem dihitung dengan membuat *Reliability Block Diagram* kemudian menentukan susunan seri dan paralelnya menggunakan rumus dibawah ini

Susunan seri = $R_s = R_1 R_2 \tag{8}$

Susunan parallel = $Q_p = Q_1 Q_2 \tag{9}$

$R_p = 1 - Q_p = 1 - Q_1 Q_2 \tag{10}$

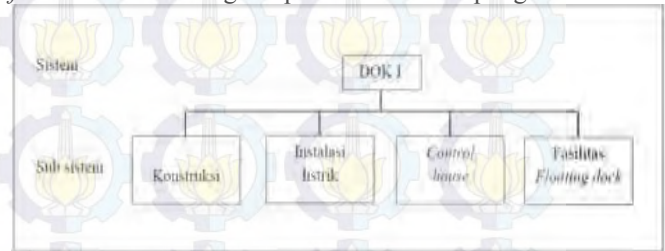
- Dimana, λ : Laju kegagalan
 t : Waktu ke...
 R(t) : *Reliability* atau keandalan
 α : Parameter skala
 β : Parameter bentuk
 MTTF : Waktu rata-rata kegagalan/kerusakan
 R_s : Nilai keandalan susunan seri
 $R_1 R_2$: Nilai keandalan 1 dan 2
 Q_p : Nilai ketakandalan susunan paralel
 R_p : Nilai keandalan susunan paralel

III. URAIAN PENELITIAN

Dalam melakukan analisa *Reliability Centered Maintenance* terdapat beberapa tahapan. Dibawah ini merupakan tahapan-tahapan dalam melakukan analisa *Reliability Centered Maintenance*

A. Penyusunan *Functional Block Diagram*

Functional block diagram bertujuan untuk mengetahui urutan proses sistem dan urutan dari sistem, sub sistem dan komponen. Dibawah ini merupakan salah satu contoh *functional block diagram* pada sistem dok apung.



Gambar 1 *Functional Block Diagram*

B. Identifikasi Fungsi dan Kegagalan

Identifikasi fungsi dilakukan untuk merinci fungsi-fungsi semua peralatan/item dok apung, mulai dari level sistem, sub sistem sampai pada level minimum yang ingin dicapai. Identifikasi tersebut berguna untuk menghindari terabaikannya fungsi-fungsi potential atau menghindari terjadinya tumpang tindih sistem yang berdekatan [3].

C. Identifikasi MSI (*maintenance significant item*)

Identifikasi MSI dimaksudkan untuk melakukan pemilihan komponen yang layak untuk dilakukan perawatan atau tetap pada perencanaan perawatan yang sudah ada. Pemilihan dilakukan berdasarkan jenis kategori kekritisan (*criticality categories*) dari dampak kegagalan fungsioanal dari komponen yang secara fungsional diidentifikasi dakam hirarki fungsional sistem.

Kekritisn terdiri dari beberapa aspek antara lain:

- Keamanan pekerja (*personal safety*)
- Polusi terhadap lingkungan (*pollution to the environment*)
- Ketersediaan sistem (*system availability*)

Identifikasi kekritisan dibuat untuk mengidentifikasi kegagalan komponen dalam sistem. Nilai indeks kekritisan dari tiap kategori adalah 1 sampai 3. Semakin besar nilai indeks kekritisannya, semakin besar pula pengaruh komponen tersebut terhadap kategori kekritisannya. Harga kekritisan diperoleh dengan menjumlahkan perkalian 0.3 indeks kekritisan untuk kategori *safety*, 0.15 untuk kategori *environment*, 0.3 untuk kategori *availability*, dan 0.25 untuk kategori *cost*. Dari semua komponen-komponen dok apung dilakukan analisa *Maintenance Significant Item*, untuk komponen-komponen yang memiliki nilai kekritisan lebih dari 1.5 maka termasuk kedalam komponen MSI, sedangkan untuk komponen-komponen yang memiliki nilai kekritisan kurang dari 1.5 termasuk kedalam komponen non MSI [3]. Penilaian *Maintenance Significant Item* dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini.

$$MSI = [(S*0.3) + (E*0.15) + (A*0.3)+(C*0.25)] \quad (11)$$

D. Analisa FMEA (failure mode and effect analysis)

Failure Mode and Effect Analysis dimulai dengan mendefinisikan mode kegagalan, selanjutnya mengidentifikasi dampak dari setiap mode kegagalan yang terjadi, rekomendasi tindakan dari kegagalan yang terjadi ,serta nilai RPN. Proses analisa FMEA dilakukan pada komponen yang memiliki nilai kekritisan lebih besar dari 1.5 (komponen MSI). Pada tahap ini semua komponen yang termasuk ke dalam komponen MSI (maintenance significant item) di analisa tiap-tiap mode kegagalan yang menjadi kegagalan fungsional, dampak kegagalan dan nilai risk priority number (RPN).

Nilai Risk Priority Number ditentukan oleh tiga faktor yaitu tingkat keseriusan (severity), tingkat kejadian (occurance), dan tingkat deteksi (detection) [3]. Dibawah ini merupakan peringkat severity, occurance, dan occurance yang digunakan pada tahap Failure Mode and Effect Analysis

Tabel 1 Peringkat Skala Severity

Severity	
1	Kegagalan tidak berakibat apapun
2	Kegagalan tidak begitu terlihat
3	Kegagalan kecil dan dapat diatasi
4	Kegagalan menyebabkan penurunan kinerja
5	Kegagalan menyebabkan kerugian
6	Kegagalan menyebabkan tidak berfungsinya sistem
7	Kegagalan tinggi
8	Kegagalan menyebabkan tidak layak digunakan
9	Kegagalan menyebabkan tidak sesuai peraturan
10	Kegagalan sangat berbahaya

Tabel 2 Peringkat Skala Occurance

Occurance	
1	Kejadian lebih dari 5 tahun
2	Kejadian setiap 3-5 tahun
3	Kejadian setiap 1-3 tahun
4	Kejadian setiap satu tahun
5	Kejadian setiap 6 bulam
6	Kejadian setiap 3 bulan
7	Kejadian setiap bulan
8	Kejadian setiap minggu
9	Kejadian setiap 3-4 hari
10	Kejadian setiap hari

Tabel 1 Peringkat Skala Detection

Detection	
1	Potensi kerusakan selalu bisa terdeteksi
2	Potensi kerusakan sangat tinggi dan terkontrol selalu

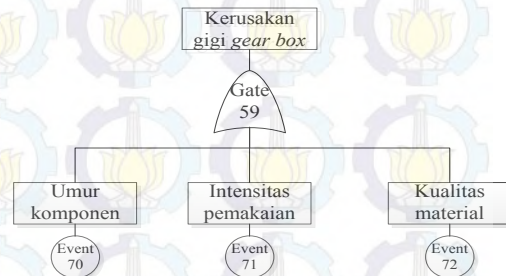
3	Potensi kerusakan terdeteksi tinggi, dan sering terkontrol
4	Potensi kerusakan kemungkinan akan terdeteksi tinggi
5	Potensi kerusakan terdeteksi sedang dan terkontrol berkala
6	Potensi kerusakan terdeteksi sedang dan jarang terkontrol
7	Potensi kerusakan kemungkinan kecil terdeteksi
8	Potensi kerusakan kemungkinan akan terdeteksi kecil
9	Potensi kerusakan kemungkinan akan terdeteksi kecil sekali
10	Potensi kerusakan tidak akan terdeteksi sama sekali

Tabel 1, 2 dan 3 diatas merupakan peringkat skala severity, occurance dan detection untuk penilaian Risk Priority Number pada tahap analisa Failure Mode and Effect Analysis

Nilai RPN (risk priority number) di dapat dari hasil perkalian S x O x D

E. Analisis FTA (fault tree analysis)

Identifikasi Fault Tree Analysis digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan yang terjadi pada top event yang telah didapat pada identifikasi FMEA (failure mode and effect analysis). Identifikasi FTA dilakukan dengan menjabarkan penyebab dari kegagalan (top event) yang kemudian disebut sebagai “AND GATE” atau “OR GATE” dimana dari AND GATE atau OR GATE tersebut dapat diketahui kegagalan dasarnya (basic event) [3]. Dibawah ini merupakan salah satu bagian dari analisa FTA di dok apung (fault tree analysis)



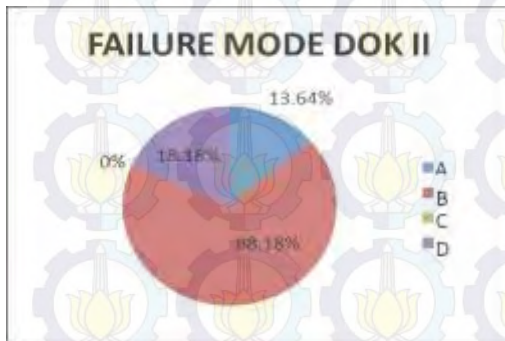
Gambar 2 Fault Tree Analysis

Pada Gambar 2 diatas dapat dilihat salah satu contoh dari FTA pada kerusakan gigi gear box crane dok apung. Dapat diihat terdapat 3 basic event yaitu umur komponen, intensitas pemakaian, dan kualitas material.

F. Analisis LTA (logic tree analysis)

Pada tahap analisis Logic Tree Analysis dilakukan critically analysis terhadap konsekuensi dari failure mode yang telah di analisis pada tahap FMEA (failure mode and effect analysis). Pada tahap ini digunakan tiga pertanyaan logis yang sederhana atau struktur keputusan. Tiga pertanyaan tersebut meliputi evident, safety dan outage. Sehingga setelah diketahui secara akurat dan cepat dari ketiga pertanyaan tersebut, langkah selanjutnya failure mode dapat dikategorikan berdasarkan ketentuan kategori A,B,C, dan D [3].

Pada Gambar 3 dibawah, dapat dilihat presentase kategori pada dok II, dimana presentase terbesar yaitu pada kategori B sebesar 68.18%. Kategori B merupakan jenis *failure mode* yang dapat memengaruhi kualitas maupun kuantitas *output*. Kualitas *output* disini maksudnya yaitu berpengaruh pada lama waktu proses *docking un-docking* kapal.



Gambar 3 Failure Mode Dok II

G. Fitting Distribusi TTF (*time to failure*) dan TTR (*time to repair*)

Fitting distribusi *Time to Failure* dan *Time to Repair* menggunakan *software weibull 6++*. Data TTF (*Time to Failure*) diperoleh dari waktu kerusakan suatu komponen dok apung, serta data TTR (*Time to Repair*) diperoleh dari waktu perbaikan [3]. Dibawah ini merupakan hasil distribusi dan penentuan parameter dari *software weibull 6++*

Tabel 4 Hasil Distribusi dan Parameter

No	Komponen	Distribusi	α	β	γ	λ	μ	σ
1	Crane selatan	Weibull 3	79.689	2.165	-13.745			
2	Crane utara	Weibull 3	3.124	1.506	0.028			
3	Pompa No.1	Eksponensial			14.523	0.004		

Berdasarkan pada Tabel 4 diatas, dapat dilihat pada komponen-komponen dok IV DPS mendekati distribusi weibull dan distribusi eksponensial. Dimana distribusi weibull mempunyai tiga fase / laju kegagalan yaitu meningkat, konstan, dan menurun seiring bertambahnya waktu. Sedangkan, dsitribusi eksponensial yaitu laju kegagalan konstan seiring bertambahnya waktu. Penentuan distribusi dan parameter untuk data TTR atau waktu perbaikan juga dilakukan sama seperti pada data TTF diatas.

H. Penentuan MTTF (*Mean Time to Failure*) dan MTTR (*Mean Time to Repair*)

Setelah mengetahui distribusi dan parameter dari masing-masing komponen, maka bisa dihitung penilaian MTTF (*Mean Time to Failure*) dan juga MTTR (*Mean Time to Repair*) dari komponen tersebut [3].

1. Crane selatan (Distribusi weibull 3 parameter)

α (Parameter skala) : 79.689
 β (Parameter bentuk) : 2.165
 γ (Parameter lokasi) : -13.745

Perhitungan MTTF crane selatan dengan menggunakan seperti pada persamaan 3:

$$MTTF = \int_0^{\infty} \exp \left[- \left(\frac{t - (-13.745)}{79.689} \right)^{2.165} \right] dt = 56.83$$

Jadi nilai MTTF atau waktu rata-rata kegagalan pada crane selatan yaitu 56.83 hari

Dilakukan hal yang sama seperti diatas untuk menghitung waktu rata-rata kegagalan pada komponen lain dok apung.

Untuk menghitung nilai MTTR atau waktu rata-rata perbaikan pada dok apung seperti dibawah ini:

1. Crane utara (Distribusi weibull 3 parameter)

α (Parameter skala) : 3.124
 β (Parameter bentuk) : 1.506
 γ (Parameter lokasi) : 0.028

Perhitungan MTTR crane utara dengan menggunakan rumus, seperti pada persamaan 3 :

$$MTTR = \int_0^{\infty} \exp \left[- \left(\frac{t - 0.028}{3.124} \right)^{1.506} \right] dt = 2.85$$

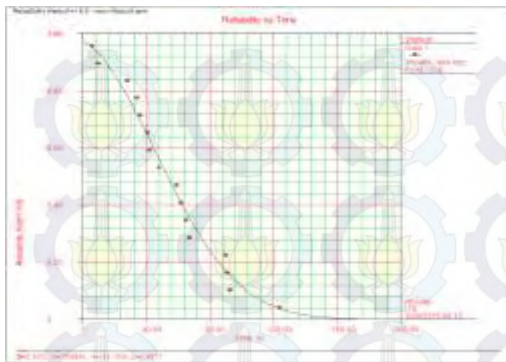
Jadi nilai MTTR atau waktu rata-rata perbaikan pada crane utara yaitu 2.85 hari

Dilakukan hal yang sama seperti diatas untuk menghitung waktu rata-rata kegagalan pada komponen lain dok apung.

I. Penentuan Reliability

Penentuan *reliability* dari masing-masing komponen dok apung PT.Dok dan Perkapalan Surabaya dilakukan berdasarkan distribusi dari masing-masing komponen tersebut. Berdasarkan distribusi waktu antar kegagalan, maka fungsi *reliability* dapat dirumuskan seperti pada persamaan 5 diatas [5].

Evaluasi perhitungan diplot dalam sebuah grafik hubungan antara keandalan dengan waktu operasional dan nilai keandalan untuk berbagai nilai t (hari) waktu operasional. Dibawah ini merupakan hasil plot grafik *reliability* pada crane selatan.

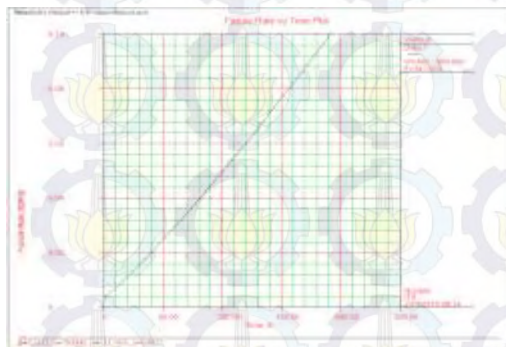


Gambar 4 Kurva Reliability Crane Selatan

Berdasarkan pada Gambar 4 diatas, diketahui bahwa nilai keandalan crane selatan semakin hari mengalami penurunan. Nilai keandalan untuk crane selatan tidak akan berada dibawah 0.8 sebelum $t = 26$ hari. Hal ini menunjukkan bahwa selama 26 hari crane selatan dalam kondisi baik dan dapat menjalankan fungsinya sesuai dengan yang diinginkan.

J. Penentuan Failure Rate

Seperti pada penentuan reliability diatas, maka grafik failure rate diperoleh dari memplotkan hasil perhitungan seperti pada persamaan 6 diatas [5], dan hasil plot grafik failure rate pada crane selatan seperti pada Gambar 5 dibawah ini.

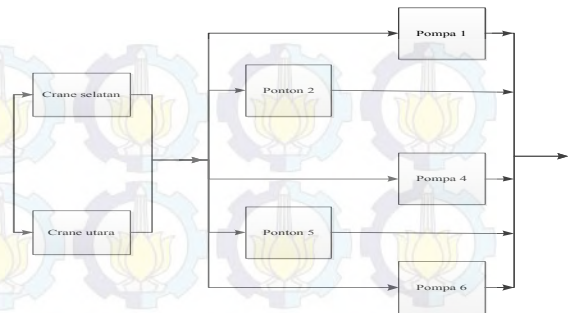


Gambar 5 Kurva Failure Rate Crane Selatan

Berdasarkan pada Gambar 5 diatas, dapat diketahui bahwa selama waktu 300 hari, crane selatan mempunyai laju kegagalan meningkat seiring waktu operasional karena crane selatan mempunyai harga β lebih besar dari 1 sehingga crane selatan dapat dikategorikan dalam fase wearout, dan secara teoritis tindakan maintenance akan meningkatkan nilai keandalan pada crane selatan.

K. Keandalan Sistem

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah melakukan penyusunan reliability block diagram [5]. Reliability block diagram pada dok I,II,IV, dan V disesuaikan dengan komponen-komponen MSI pada masing-masing dok apung. Dimana komponen MSI (Maintenance Significant Item) tersebut yaitu capstan, ponton, pompa dan crane. Dibawah ini merupakan reliability block diagram pada masing-masing dok apung PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.



Gambar 6 Reliability Block Diagram Dok II

Berdasarkan pada Gambar 6 diatas, maka nilai keandalan sistem dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan 8 dan 9

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembahasan Analisa Kualitatif

Berdasarkan pada analisa MSI (Maintenance Significant Item), FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), FTA (Fault Tree Analysis), dan LTA (Logic Tree Analysis) didapatkan komponen dok apung yang termasuk kedalam komponen MSI yaitu crane, capstan, pompa dan ponton.

Berdasarkan analisa FMEA didapat mode-mode kegagalan pada masing-masing komponen MSI. Mode kegagalan yang sering terjadi pada pompa yaitu kesalahan adjusting, kerusakan pada impeller, dan kerusakan pada katup-katup pembagi.

Berdasarkan pada analisa LTA (Logic Tree Analysis) didapatkan kategori kekritisan pada masing-masing dok apung. Dimana kategori kekritisan pada dok I,II, dan IV mempunyai kategori kekritisan B, yang menyatakan mode kegagalannya berpengaruh pada lama waktu docking un-docking. Sedangkan, pada dok V kategori kekritisan yaitu D, dimana kategori ini mode kegagalannya tidak diketahui oleh operator (hidden failure).

B. Pembahasan Analisa Kuantitatif

Pada tahap analisa kuantitatif ini akan dihitung nilai keandalan masing-masing komponen untuk mengetahui penjadwalan yang sesuai dengan nilai keandalannya.

1. Crane selatan

Ketika terjadi kerusakan

$$R(t) = \text{Exp} \left\{ - \left(\frac{55.62 - 3.195}{56.262} \right)^{1.248} \right\} = 0.4003$$

Ketika dilakukan perbaikan

$$R(t) = \text{Exp} \left\{ - \left(\frac{90 - 3.195}{56.262} \right)^{1.248} \right\} = 0.1794$$

Berdasarkan nilai keandalan diatas, didapat dilihat komponen saat dilakukan perbaikan sudah kritis. Sedangkan nilai keandalan yang diharapkan oleh DPS yaitu 0.8. oleh karena itu akan dilakukan penjadwalan ulang. Penjadwalan ulang menggunakan rumus dibawah ini.

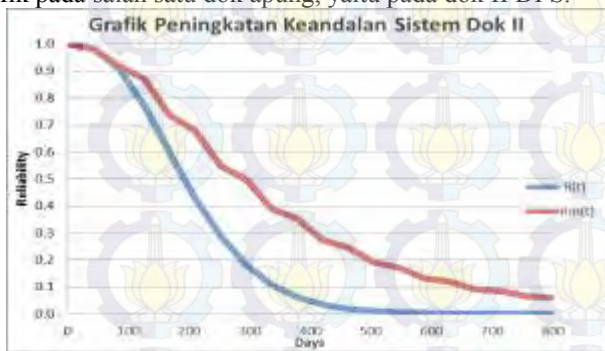
$$t(R=0.5) = Y + \theta (-\ln 0.5)^{1/\beta} \quad (12)$$

Dengan memasukkan nilai parameter-parameter diatas, maka akan didapatkan waktu atau penjadwalan yang baru. Setelah mengetahui penjadwalan yang baru selanjutnya yaitu menghitung nilai keandalan sistem setelah dilakukan *maintenance* sesuai dengan penjadwalan diatas. Dibawah ini merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung nilai keandalan sistem pada dok apung.

$$R_m(t) = R(T)^n R(t-nT) \quad (13)$$

Dimana, $R_m(t)$: Nilai keandalan setelah tindakan *maintenance* berdasarkan RCM, $R(T)^n$ merupakan probabilitas sukses sampai *maintenance* yang pertama, sedangkan $R(t-nT)$ yaitu probabilitas sukses pada selisih waktu $t-T$

Setelah menghitung nilai keandalan menggunakan rumus diatas, maka didapatkan nilai keandalan setelah *maintenance* berdasarkan pada RCM. Dibawah ini merupakan hasil plot grafik pada salah satu dok apung, yaitu pada dok II DPS.



Gambar 7 Peningkatan Keandalan Sistem Dok II

Berdasarkan pada Gambar 7 diatas, dapat dilihat bahwa nilai keandalan sistem dok II terjadi peningkatan. Peningkatan nilai keandalan sebelum ($R(t)$) maupun keandalan setelah ($R_m(t)$) tindakan *maintenance* berdasarkan RCM salah satu contoh pada hari ke-126 terjadi peningkatan dari 0.7714 menjadi 0.8697. Peningkatan keandalan juga terjadi pada sistem dok I, IV dan V. Oleh karena itu, tindakan *maintenance* berdasarkan pada RCM (*Reliability Centered Maintenance*) di DPS dapat di implementasikan. Dengan harapan akan meningkatkan kinerja dari sistem dok apung dan dapat meningkatkan produktivitas dok apung PT.Dok dan Perkapalan Surabaya.

V. KESIMPULAN

1. Sistem *maintenance* yang saat ini diterapkan di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya yaitu *maintenance* secara berkala dengan interval 3 bulan, dan *maintenance* saat terjadi kerusakan. Parameter-parameter tindakan *maintenance* tersebut berdasarkan pada:

- Tingkat kerusakan komponen
- Waktu rata-rata kerusakan (MTTF)
- Kemampuan teknisi

2. Komponen yang berpengaruh pada *reliability* dok apung yaitu pompa, ponton, *capstan*, dan *crane*. Berdasarkan:

- Reliability* yang paling rendah yaitu ponton, pompa, *capstan* dan *crane*. Penilaian *reliability* didasarkan pada akibat yang ditimbulkan dari kerusakan komponen terhadap sistem. Dimana, ketika 2 kompartemen dalam 1 ponton rusak, maka terjadi kebocoran pada ponton yang menyebabkan waktu proses *docking un-docking* semakin lama, kerusakan, dan kecelakaan.
 - Nilai *Mean Time to Failure* yang paling rendah yaitu pada *crane* dan ponton sebesar 120 dan 150 hari. Semakin rendah nilai MTTF (waktu rata-rata kerusakan) menunjukkan tingkat keparahan yang semakin tinggi.
3. Tindakan dan rencana perawatan berdasarkan metode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) adalah sebagai berikut:
- Tindakan perawatan yang harus dilakukan pada ponton yaitu pengecekan ketebalan pelat, pemeriksaan terhadap indikasi korosi pada pelat dengan penyelaman dibawah dok apung. Tindakan perawatan pada pompa berupa mengecek kondisi as pompa terutama penyetelannya, pengencangan pada baut-baut pompa yang longgar, membersihkan kotoran-kotoran yang menempel pada pompa seperti debu maupun bekas minyak, melakukan pembersihan *impeller*, serta pengecekan *gasket* pada sambungan *flange* yang bocor. Tindakan perawatan pada *capstan* berupa memeriksa pelumasan pada roda gigi *capstan*, memeriksa katup-katup pembuangan dan pemasukan uap, dan membersihkan *capstan* dari debu maupun bekas minyak. Serta perawatan pada *crane* berupa menata kabel *crane* dengan rapi, pengencangan pada baut-baut *crane* yang longgar, memeriksa pelumasan pada semua bagian yang bergerak dari *crane*, memeriksa dan membersihkan bagian *crane* yang mudah retak/aus seperti poros, roda gigi, dsb.
 - Penjadwalan perawatan untuk ponton dan *crane* setiap 1 bulan sekali, sedangkan untuk pompa dan *capstan* setiap 2 bulan sekali

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu: Bapak Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini. Bapak Ir. Soejitno selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan motivasinya. Bapak dan Ibu Dosen Penguji sekaligus Penelaah. Manager Bangdiklat, divisi limbung, dan divisi sarfas, terimakasih atas kemudahan dalam pengambilan data di PT.Dok dan Perkapalan Surabaya

DAFTAR PUSTAKA

- Smith, Anthony, (1992). "Reliability Centered Maintenance". McGraw-Hill, Singapore.
- Dhillon, Balbir S., Hans Reiche. (1985). "Reliability and Maintainability Management". New York: Van Nostrand Reinhold Company
- Moubray, John, (1997). "Reliability Centered Maintenance. 2nd edition". New Yor: Industrial Press Inc.
- Lewis, E. E. (1987). "Introduction to Reliability Engineering". Second Edition. Illinois: John Wiley & Sons, Inc.
- Priyanta, Dwi, (2000). "Keandalan dan Perawatan". Jurusan Sistem Perkapalan ITS.Surabaya.