

NASKAH ORISINAL

Pelatihan *Assessment* dan *Maintenance Floating Dock* Berbasis Keandalan

Imam Baihaqi* | Triwilaswandio Wuruk Pribadi | Heri Supomo | Sri Rejeki Wahyu Pribadi

¹Departemen Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Korespondensi

Imam Baihaqi, Departemen Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: imam.baihaqi@its.ac.id

Alamat

Laboratorium Teknologi dan Manajemen Produksi Kapal, Departemen Teknik Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Abstrak

Floating Dock merupakan salah satu fasilitas utama galangan, berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan kapal, khususnya pada proses reparasi. Sarana ini memiliki beberapa bagian utama seperti *pontoon*, *wing-wall*, pompa-pompa utama, dan sistem perpipaan. Artikel ini bertujuan untuk memaparkan proses dan hasil pelatihan asesmen dan memelihara *Floating Dock* dengan pendekatan keandalan, yang ditujukan kepada staf dan manajer galangan kapal di PT Dok dan Perkapalan Surabaya (DPS). Kegiatan awal yang dilakukan adalah melakukan *asesmen* kondisi *Floating Dock* dan mengidentifikasi jenis-jenis kerusakan yang terjadi. Hasil *asesmen* tersebut kemudian dijadikan case study dalam menerapkan strategi pemeliharaan dengan pendekatan keandalan untuk dibuat materi pelatihan dipadukan dengan teori keandalan. Setelah materi dipresentasikan oleh tim ITS kepada peserta dilanjutkan diskusi dan tanya jawab, didapatkan bahwa konsep keandalan pada bidang maritim dapat diterapkan pada sarana *Floating Dock*, namun, metode ini akan lebih sesuai diterapkan pada *Floating Dock* yang baru. Proses tukar pikiran antara pemateri dan peserta juga memberikan tambahan pengayaan dari pemateri, khususnya kondisi *Floating Dock* dalam kondisi kerusakan berat.

Kata Kunci:

Asesmen, *Floating Dock*, Galangan Kapal, Keandalan, Pemeliharaan

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Floating Dock/dok apung memiliki peran penting dalam proses *dry docking* untuk pengedokan kapal pada proses reparasi dan *maintenance* kapal. *Floating Dock* merupakan struktur berskala besar yang dirancang untuk membangun dan merawat kapal. Dimensi dermaga apung (panjang, lebar, dan kedalaman) bergantung pada ukuran kapal yang akan ditambatkan. Seiring dengan semakin besarnya ukuran kapal modern, panjang dermaga modern dapat melebihi 200 m, sedangkan tinggi dan lebarnya

masing-masing dapat mencapai 50 dan 100 m^[1]. Dok apung menjadi fasilitas utama untuk proses penggantian pelat dan reparasi bagian bawah air yang perlu dilakukan dalam kondisi kering. Selain itu perbaikan poros *propeller* dan baling-baling kapal serta pengecekan zink anode sebagai proteksi korosi pada pelat juga memerlukan *dry-docking* salah satunya dengan sarana dok apung. Pada intinya, dok apung mempunyai peran yang sangat krusial dalam proses perbaikan kapal di galangan.

Ada banyak jenis sarana pengedokan lainnya seperti dengan *graving dock*/dok gali, *slipway*, dan dengan menggunakan sarana air bag selain teknologi dok apung. Namun demikian, dok apung mempunyai kelebihan diantaranya dok ini bisa dipindahkan dari satu tempat ke tempat galangan yang lain (dengan cara di tarik dengan kapal tunda). Namun demikian, karena proses operasional dok apung yang naik-turun air laut, maka kerusakan akibat sifat air laut yang korosif tak terhindarkan. Selain itu risiko akibat benda jatuh pada ponton maupun bagian struktur pada dok apung juga telah mengakibatkan kerusakan sebagaimana pada kapal. Pompa-pompa dan sistem perpipaan, dimana merupakan bagian dari dok apung, juga terkorosi akibat sifat korosif dari air laut ini.

Kerusakan pada sarana dok apung dapat berpengaruh kelancaran proses perbaikan kapal. Menurunnya performa sistem perpompaan, terjadinya kebocoran pada ponton dan beberapa peralatan *material handling* pada dok apung akan berpengaruh pada kecepatan naik-turunnya kapal, jam mesin dari pompa air laut, dan juga proses transfer material dan peralatan dari dan ke dok apung. Akibat akhir yang terjadi adalah proses perbaikan kapal pada saat *docking* tidak berjalan sesuai jadwal dan tidak efisien. Selain itu dengan kondisi kerusakan seperti terjadinya kebocoran, maka akan sangat tidak aman bagi kapal yang *docking* untuk dilakukan perbaikan. Hal ini bisa terjadi tenggelamnya kapal bersama dengan dok apung yang menyangganya.

PT Dok dan Perkapalan Surabaya (DPS) merupakan salah satu galangan kapal nasional yang memiliki sarana dok apung. Berdasarkan informasi yang didapatkan, saat ini PT DPS memiliki 4 dok apung yang masih beroperasi^[2]. Namun berdasarkan hasil survei kondisi, 2 dok apung dalam kondisi cukup parah. Hal ini bisa disebabkan karena kurang terawatnya dok apung, misalnya proses pembersihan bagian ponton dan pengecekan pada sistem perpompaan pasca digunakan yang masih belum sesuai. Selain itu staf dan manajer dari pihak galangan kapal kemungkinan juga kurang menyadari bahwa fasilitas dok apung sebagai salah satu aset berharga yang wajib dirawat. Oleh karena itu, pada artikel ini akan dipaparkan bagaimana membuat sebuah pelatihan berupa melakukan *asesmen* dok apung untuk mengetahui kondisi dok apung dan melakukan proses perawatan dok apung dengan pendekatan metode keandalan.

1.2 | *Floating Dock* pada Proses Reparasi Kapal

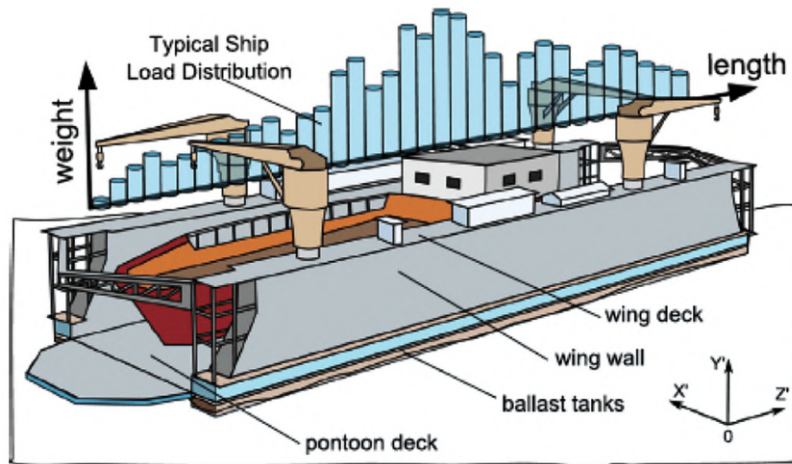
Floating dock adalah platform mengambang yang dapat ditenggelamkan untuk dapat memasukkan kapal ke dalam *floating dock*, dan kemudian dinaikkan kembali ke permukaan agar kapal bisa mengapung dan bisa dilakukan perbaikan pada bagian bawah garis air. Dok apung digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari perawatan lambung kapal, perbaikan baling-baling, hingga penggantian komponen struktural. Gambar 1 berikut ini merupakan ilustrasi pembebanan pada *floating dock*, dimana terdapat beban dari *floating dock* sendiri, ditambahkan dengan beban dari berat kapal pada saat masuk pada dok apung ini. Beban kombinasi ini perlu juga dipertimbangkan kaitannya dengan kekuatan struktur dok apung. Kondisi struktur yang sudah terkorosi parah dapat mengakibatkan defleksi berlebihan bahkan terjadinya *break-in-two* (patah menjadi dua) pada struktur dok apung ini. Oleh karena itu, perawatan terhadap struktur dok apung harus dilakukan sesuai dengan kondisi dan prosedur.

Kondisi operasional *floating dock* sangat tergantung pada frekuensi dan kualitas perawatan yang dilakukan. Ketika strategi *maintenance* tidak diimplementasikan dengan baik, *floating dock* rentan mengalami kerusakan yang mempengaruhi efisiensi operasi galangan. Permasalahan ini juga diperparah oleh keausan komponen-komponen struktural, sistem *ballast* yang tidak terkalibrasi dengan benar, serta korosi pada struktur baja yang mendukung operasi *floating dock* dan rencana perawatan yang optimal serta dapat meningkatkan produktivitas dok apung.

1.3 | Permasalahan *Floating Dock* pada Galangan Kapal

Berdasarkan hasil survei dan wawancara pada galangan kapal di PT. DPS, terdapat beberapa permasalahan yang sering terjadi sehingga dapat menurunkan performa *floating dock*. Penurunan performa ini dapat menyebabkan *downtime* operasional yang signifikan pada *floating dock* dan juga pada proses reparasi kapal saat proses *dry-docking*. Beberapa masalah utama yang dihadapi pada *floating dock* milik galangan kapal ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Kerusakan Sistem Hidrolik



Gambar 1 Kondisi dok apung dan pembebanannya secara umum akibat kapal yang *docking*^[3]

Sistem hidrolik yang digunakan untuk menggerakkan bagian-bagian *floating dock* sering mengalami kerusakan akibat pemakaian berlebih dan kurangnya perawatan. Kegagalan sistem ini mengakibatkan penurunan kemampuan *floating dock* untuk menaikkan dan menurunkan kapal secara efisien.

2. Korosi pada Struktur Baja

Salah satu masalah utama yang sering diabaikan adalah korosi yang terjadi pada struktur baja *floating dock*. Struktur baja yang mengalami korosi berisiko menyebabkan kegagalan struktural yang berbahaya, terutama jika tidak dilakukan penggantian atau perawatan yang tepat waktu.

3. Sistem *ballast* yang Tidak Optimal

Sistem *ballast* memiliki fungsi untuk menjaga keseimbangan *Floating Dock* saat mengangkat atau menurunkan kapal. Kegagalan dalam sistem ini dapat menyebabkan ketidakstabilan *floating dock*, yang pada akhirnya mempengaruhi keselamatan operasi. Sistem *ballast* ini terdiri dari sistem perpipaan, sistem perpompaan dan kontrol masuk-keluarnya air laut pada tanki *ballast*. Kerusakan pada sistem ini dapat berakibat fatal pada stabilitas *floating dock* dan kapal yang masuk di *floating dock*. Akibat yang paling fatal adalah kapal dan *floating dock* dapat tenggelam bersama-sama karena kerusakan pada sistem *ballast*.

Identifikasi jenis-jenis kerusakan yang sering terjadi ini menjadi perhatian tim abmas ITS untuk dapat memberikan penyegaran kembali terkait pentingnya aset dok apung dan operasionalnya dalam performa galangan kapal. Oleh karena itu, pelatihan *asesmen* dan *maintenance* berbasis keandalan ini diharapkan dapat memberikan arahan dan penyegaran kembali kepada para staf dan manager pada galangan kapal untuk lebih memberikan perhatian kembali pada asset dok apung milik galangan kapal. Hal ini dilakukan agar kerusakan yang terjadi tidak menjadi lebih parah dan lebih serius.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

2.1 | *maintenance*

Secara definisi *maintenance* bisa disebut sebagai suatu aktivitas yang dilakukan agar peralatan atau item dapat dioperasikan dengan standard performansi semula, atau suatu tindakan yang dibutuhkan untuk mencapai hasil yang dapat mengembalikan atau mempertahankan item pada kondisi yang selalu berfungsi.

Berdasarkan beberapa studi literatur terdapat beberapa strategi *maintenance* yang dapat diterapkan pada kapal atau dok apung, antara lain^{[4] [5] [6]}:

1. *Run-to-Failure maintenance/Corrective maintenance* adalah Strategi yang digunakan ini membiarkan peralatan atau komponen berjalan hingga mengalami kerusakan sebelum diperbaiki atau diganti. Biasanya diterapkan pada komponen yang non-kritis atau yang murah untuk diganti. Contoh yang digunakan adalah lampu penerangan atau *seal* yang murah dan mudah diganti ketika rusak. Kelebihannya adalah biaya awal rendah karena tidak ada perawatan rutin. Sedangkan untuk kekurangannya adalah resiko *downtime* yang tinggi karena kerusakan tidak terduga.
2. *Preventive maintenance* (Pemeliharaan Pencegahan) adalah Pemeliharaan yang dilakukan secara berkala dan terjadwal sebelum komponen mengalami kerusakan. Tujuan utamanya adalah mencegah kerusakan mendadak. Contoh yang digunakan Pemeriksaan katup *ballast*, pengecatan anti-korosi, dan pelumasan mesin secara berkala. Kelebihan yang dimiliki dapat mengurangi risiko kegagalan mendadak dan memperpanjang umur komponen. Untuk kekurangannya adalah biaya pemeliharaan rutin dapat menjadi tinggi meski komponen masih dalam kondisi baik.
3. *Predictive maintenance* (Pemeliharaan Prediktif) adalah strategi berdasarkan data *real-time* dan analisis kondisi, strategi ini memprediksi kapan komponen akan mengalami kerusakan sehingga pemeliharaan dapat dilakukan tepat waktu. Sebagai contoh penggunaan sensor untuk memantau tingkat getaran yang terjadi. Kelebihan menggunakan strategi ini untuk meminimalkan *downtime* dan biaya perawatan dengan memperbaiki komponen saat benar-benar diperlukan. Kekurangannya memerlukan investasi dalam teknologi *monitoring* dan analisis data.
4. *Condition-Based maintenance* (Pemeliharaan Berdasarkan Kondisi) Strategi pemeliharaan dilakukan hanya ketika komponen atau sistem menunjukkan tanda-tanda kerusakan atau penurunan kinerja. Perawatan ini lebih responsif dibandingkan *preventive maintenance*. Contohnya mengganti komponen hidrolik ketika tekanan mulai menurun atau adanya tanda-tanda kebocoran. Kelebihan strategi ini adalah lebih efisien daripada *preventive maintenance* karena dilakukan sesuai kondisi nyata. Kekurangannya jika tanda-tanda kerusakan terlewat, bisa terjadi kegagalan mendadak.
5. *Reliability-Centered maintenance* (RCM) Strategi ini fokus pada mempertahankan kinerja optimal dari *floating dock* dengan mengutamakan komponen yang paling kritis terhadap operasional. Pendekatan ini mengkombinasikan berbagai jenis *maintenance* untuk mencapai keseimbangan optimal antara biaya dan keandalan. Contohnya adalah menetapkan komponen seperti sistem *ballast* sebagai prioritas utama untuk dipelihara dengan strategi *preventive* atau *predictive maintenance*. Kelebihannya meminimalkan kegagalan pada komponen penting dan menjaga keandalan sistem secara keseluruhan. Kekurangannya memerlukan analisis yang mendalam dan sumber daya yang lebih banyak untuk implementasi.

Berdasarkan hasil studi literatur, masing-masing strategi pemeliharaan memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing. Namun demikian, kombinasi antar strategi dapat dilakukan dalam sebuah pemeliharaan benda terapung seperti kapal dan dok apung untuk mendapatkan biaya pemeliharaan yang lebih efisien. Dalam hal ini, *reliability centered maintenance* merupakan salah satu alat yang memberikan kontribusi strategi pemeliharaan pada *floating dock* lebih baik dari pada *corrective maintenance*. Sehingga strategi inilah yang diusulkan untuk disosialisasikan dan disampaikan kepada para staf dan manager di perusahaan galangan kapal.

2.2 | Reliability Centered Maintenance (RCM)

Pemeliharaan berpusat pada keandalan (*Reliability-Centered maintenance/RCM*) telah banyak diterapkan di berbagai industri untuk mengoptimalkan strategi pemeliharaan dan mengurangi biaya^[7]. Dalam sektor maritim, penerapan RCM menghadapi tantangan unik akibat perbedaan budaya dibandingkan dengan industri penerbangan, tempat RCM pertama kali dikembangkan^[8]. Meskipun terdapat tantangan tersebut, prinsip-prinsip RCM dapat diterapkan dalam pemeliharaan kapal, dengan potensi manfaat seperti pengurangan biaya operasional dan peningkatan ketersediaan kapal^[9]. Pendekatan berbasis risiko dan tingkat kritis, yang menggabungkan Analisis Mode Kegagalan, Efek, dan Kritis (FMECA) serta Analisis Pohon Kesalahan (FTA), telah diusulkan sebagai strategi pemeliharaan kapal yang efektif^[10]. Namun, hambatan dalam penerapan RCM masih ditemukan di berbagai industri, sehingga diperlukan pemahaman yang komprehensif mengenai aplikasi dan keterbatasannya^[11]. Seiring dengan perkembangan RCM, penerapannya dalam infrastruktur sipil dan sektor lainnya menghadirkan peluang untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut^[7].

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin agar suatu aset fisik dapat berlangsung terus memenuhi fungsi yang diharapkan dalam konteks operasinya saat ini^[12]. Proses analisa RCM 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 *Main Significant Item* (MSI), analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Logic Tree Analysis* (LTA). Sedangkan seleksi kegiatan terdiri dari jenis kegiatan *maintenance* dan prediksi waktu kegiatan^[6].

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^[13]. Sedangkan distribusi yang digunakan pada penelitian ini yaitu distribusi eksponensial 2 parameter dan distribusi *weibull* 3 parameter. Persamaan yang digunakan pada 2 distribusi diatas yaitu:

Fungsi keandalan distribusi eksponensial:

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

Laju kegagalan distribusi eksponensial:

$$h(t) = \lambda \quad (2)$$

Mean Time to Failure distribusi eksponensial:

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

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (4)$$

Persamaan pada distribusi *Weibull* adalah sebagai berikut:

Fungsi keandalan distribusi *Weibull*:

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

Laju kegagalan distribusi *Weibull*:

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

Mean Time to Failure (MTTF) distribusi *Weibull*:

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

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

Susunan seri:

$$R_s = R_1 \times R_2 \quad (8)$$

Susunan paralel:

$$Q_p = Q_1 \times Q_2 \quad (9)$$

$$R_p = 1 - Q_p = 1 - Q_1 Q_2 \quad (10)$$

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

2.3 | Main Significant Item (MSI)

Identifikasi MSI dilakukan pemilihan komponen yang layak untuk dilakukan perawatan atau tetap pada perencanaan perawatan yang sudah ada. Pemilihan dilakukan berdasarkan jenis kategori kekritisitas (*criticality categories*) dari dampak kegagalan fungsional dari komponen yang secara fungsional diidentifikasi dalam hirarki fungsional sistem. Kekritisitas terdiri dari beberapa aspek antara lain:

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

Identifikasi kekritisitas dibuat untuk mengidentifikasi kegagalan komponen dalam sistem. Nilai indeks kekritisitas dari tiap kategori adalah 1 sampai 3. Semakin besar nilai indeks kekritisitasnya, semakin besar pula pengaruh komponen tersebut terhadap kategori kekritisitasnya. Harga kekritisitas diperoleh dengan menjumlahkan perkalian 0.3 indeks kekritisitas 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 kekritisitas lebih dari 1.5 maka termasuk kedalam komponen MSI, sedangkan untuk komponen-komponen yang memiliki nilai kekritisitas kurang dari 1.5 termasuk kedalam komponen non MSI [6]. Penilaian *Main Significant Item* dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini.

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

2.4 | Analisis FMEA

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 kekritisitas 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 (*occurrence*), dan tingkat deteksi (*detection*)^[6]. Tabel dibawah ini merupakan peringkat *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang digunakan pada tahap *Failure Mode and Effect Analysis*.

3 | METODE KEGIATAN

Pelatihan *asesmen* dan *maintenance Floating Dock* berbasis keandalan di PT DPS dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu survei kondisi, identifikasi permasalahan, penyusunan materi pelatihan, dan pelaksanaan pelatihan. Secara lebih rinci tahapan tersebut dijelaskan pada sub-bab berikut ini.

3.1 | Survey Kondisi Floating Dock

Tahap pertama dari pelaksanaan pelatihan adalah survei kondisi *Floating Dock*. Survei ini dilakukan untuk mengumpulkan data tentang kondisi aktual dari dok apung yang digunakan di PT DPS. Survei melibatkan beberapa aspek utama, seperti:

Tabel 1 Peringkat Skala *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*

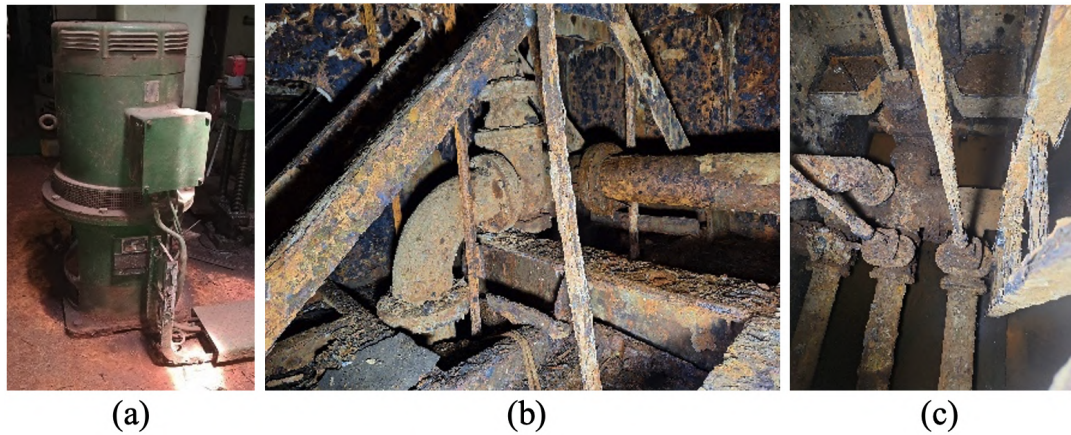
Nilai	<i>Severity</i>	<i>Occurance</i>	<i>Detection</i>
1	Kegagalan tidak berakibat apapun	Kejadian lebih dari 5 tahun	Potensi kerusakan selalu bisa terdeteksi
2	Kegagalan tidak begitu terlihat	Kejadian setiap 3-5 tahun	Potensi kerusakan sangat tinggi dan terkontrol selalu
3	Kegagalan kecil dan dapat diatasi	Kejadian setiap 1-3 tahun	Potensi kerusakan terdeteksi tinggi, dan sering terkontrol
4	Kegagalan menyebabkan penurunan kinerja	Kejadian setiap satu tahun	Potensi kerusakan kemungkinan akan terdeteksi tinggi
5	Kegagalan menyebabkan kerugian	Kejadian setiap 6 bulan	Potensi kerusakan terdeteksi sedang dan terkontrol berkala
6	Kegagalan menyebabkan sistem tidak berfungsi	Kejadian setiap 3 bulan	Potensi kerusakan terdeteksi sedang dan jarang terkontrol
7	Kegagalan tinggi	Kejadian setiap bulan	Potensi kerusakan kemungkinan kecil terdeteksi
8	Kegagalan menyebabkan tidak layak digunakan	Kejadian setiap minggu	Potensi kerusakan kemungkinan akan terdeteksi kecil
9	Kegagalan menyebabkan tidak sesuai peraturan	Kejadian setiap 3-4 hari	Potensi kerusakan kemungkinan akan terdeteksi kecil sekali
10	Kegagalan sangat berbahaya	Kejadian setiap hari	Potensi kerusakan tidak akan terdeteksi sama sekali

- Struktur Baja: Pemeriksaan integritas struktur baja dilakukan untuk mengidentifikasi area-area yang mengalami korosi atau kerusakan, seperti korosi pada *Wingwall* (Gambar 2a) dan pada *capstan* dok apung (Gambar 2b).

**Gambar 2** Korosi pada (a) *Wingwall* & (b) *Capstan*.

- Sistem Hidrolik: Evaluasi terhadap sistem hidrolik dilakukan untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik.
- Sistem *ballast*: Sistem *ballast* diperiksa untuk memastikan bahwa kapal dapat diturunkan dan dinaikkan dengan aman tanpa menimbulkan ketidakseimbangan. Beberapa survei kondisi menjelaskan beberapa korosi telah terjadi pada pompa, *valve* dan sistem perpipaan dok apung (Gambar 3).

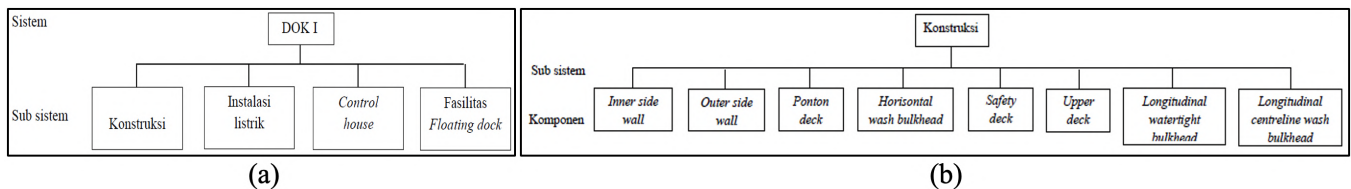
Data yang diperoleh dari survei ini kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi area-area kritis yang memerlukan perbaikan atau pemeliharaan segera. Selain itu hasil survei ini juga digunakan sebagai salah satu bahan untuk menyusun materi pelatihan.



Gambar 3 Korosi pada: (a) Pompa; (b) Valve; (c) Pipa.

3.2 | Identifikasi Permasalahan Teknis

Berdasarkan hasil survei, dilakukan identifikasi terhadap permasalahan teknis yang dihadapi oleh *floating dock*. 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 potensial atau menghindari terjadinya tumpang tindih sistem yang berdekatan^[6]. Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan teknis menggunakan beberapa metode, metode pertama yang digunakan ialah functional block Diagram pada *floating dock*, untuk gambaran terkait dengan breakdown Functional Block Diagram *floating dock* dapat dilihat melalui Gambar 4.



Gambar 4 Functional Block Diagram; (a) Floating Dock; (b) Konstruksi Floating Dock.

Setelah melakukan breakdown Komponen *floating dock* dengan metode *Functional Block Diagram*, komponen konstruksi akan dianalisis berdasarkan aspek *safety* (S), *environment* (E), *availability* (A), *cost* (C) untuk dapat diketahui nilai kekritisitas yang dimiliki pada tiap komponennya. Metode ini disebut dengan pemetaan *Main Significant Item* (MSI). Nilai yang didapatkan berdasarkan survey kondisi *existing* komponen *floating dock* dapat dilihat melalui Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa *ponton deck* dan pompa memiliki nilai kekritisitas paling tinggi diantara komponen lainnya. Sehingga dua komponen ini memerlukan perhatian khusus dan analisa lebih dalam untuk dilakukan pemeliharaan.

3.3 | Penyusunan Materi Pelatihan

Materi pelatihan disusun berdasarkan hasil survei dan identifikasi permasalahan. Materi merupakan kombinasi hasil *asesmen* dok apung yang telah dilakukan dengan teori keandalan yang terdapat pada kajian-kajian jurnal dan penelitian-penelitian yang ada pada literatur. Materi pelatihan ini mencakup beberapa pokok bahasan, antara lain:

- Prinsip-prinsip keandalan: Penjelasan mengenai konsep *maintenance* berbasis keandalan dan penerapannya dalam industri perkapalan, khususnya untuk *floating dock*.
- Teknik *asesmen* kondisi: Metode dan alat yang digunakan untuk menilai kondisi *floating dock* dan mengidentifikasi potensi kerusakan.

Tabel 2 Identifikasi MSI pada komponen *Floating Dock*

No	Nama Komponen	Safety (S)	Environment (E)	Availability (A)	Cost (C)	Kekritisian (MSI)
1	Inner side wall	2	1	1	1	1.3
2	Outer side wall	2	1	1	1	1.3
3	Ponton deck	2	1	2	2	1.85
4	Horizontal wash bulkhead	2	1	1	1	1.3
5	Safety deck	2	1	1	1	1.3
6	Upper deck	2	1	1	1	1.3
7	Crane	2	1	1	2	1.55
8	Pompa	1	2	2	2	1.7

- Teknik *maintenance* yang efektif: Cara melakukan perawatan rutin dan preventif untuk mencegah kerusakan pada *floating dock*.

Penyusunan materi ini tentunya akan menyesuaikan kondisi peserta pelatihan, dimana beberapa strategi penyampaian dan beberapa materi terkait juga disiapkan, seperti strategi *maintenance* secara keseluruhan yang diterapkan pada kapal atau dok apung, proses operasional *floating dock*, umur *floating dock* secara umum yang bisa dipertahankan. Sehingga proses diskusi secara terbuka bisa disampaikan oleh para peserta untuk menggali pengetahuan lebih dalam.

3.4 | Pelaksanaan Pelatihan

Pelatihan dilaksanakan di PT DPS dengan melibatkan staf teknis yang bertanggung jawab atas operasional *floating dock*. Metode pelatihan yang digunakan meliputi:

- Presentasi Teori: Penyampaian materi secara teori mengenai konsep keandalan, teknik *asesmen*, dan metode *maintenance*.
- Diskusi Kelompok: Diskusi mengenai permasalahan teknis yang dihadapi oleh peserta pelatihan di lapangan dan solusi yang dapat diterapkan.
- Praktik Lapangan: Sesi praktik langsung di lapangan di mana peserta dilatih untuk melakukan *asesmen* kondisi *floating dock* serta menerapkan teknik *maintenance* berbasis keandalan. Hal ini dilakukan secara mandiri oleh para peserta dan dilakukan *monitoring* oleh manajer perusahaan.

4 | HASIL DAN DISKUSI

4.1 | Hasil penyampaian materi pelatihan

Berdasarkan materi pelatihan yang telah dirumuskan dan disusun, maka dilakukan penyampaian materi kepada para peserta pelatihan. Beberapa materi yang disampaikan antara lain adalah terkait kondisi operasional *floating dock*, teori terkait keandalan pada *floating dock*, dan perhitungan keandalan pasca dilakukan penerapan pada *floating dock* pada salah satu *case study*. Secara lebih detail beberapa pemaparan materi yang disampaikan dapat dijelaskan sebagai berikut:

4.1.1 | Materi Hasil Penentuan MSI dan Komponen Paling Kritis Berdasarkan Teori Keandalan

Setelah dilakukan pemetaan MSI dilakukan perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) pada komponen *floating dock* yang memiliki nilai kritis tinggi, sebagaimana terlihat pada Tabel 3.

Setelah mengetahui MTTF dan MTTR dapat menentukan periode atau *interval preventive maintenance* dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Interval preventive maintenance } t(R = 0.8) = \gamma + \alpha (-\ln 0.8)^{\frac{1}{\beta}} \quad (12)$$

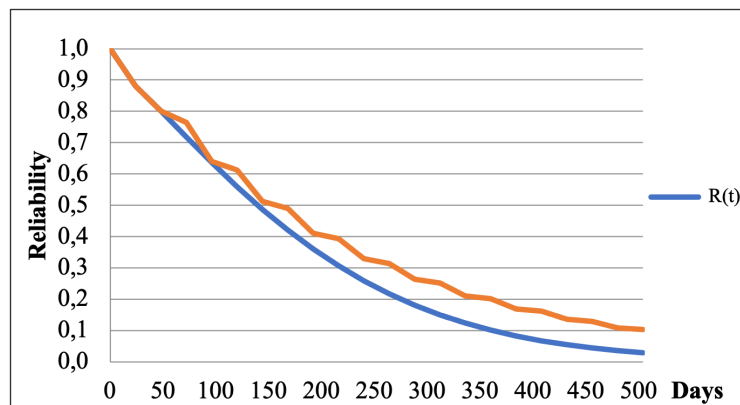
Tabel 3 Penilaian MTTF dan MTTR pada komponen *Floating Dock*

No	Nama Komponen	Perhitungan Distribusi	Lambda	Gamma	Eta	Beta	Mean	Std	MTTF	MTTR
1	Pompa No.6 dok I	Eksponensial 2 Parameter	0,007	28,428	-	-	-	-	142,86	-
2	Pompa No.7 dok I	Weibull 3 Parameter	-	29,350	76,450	0,415	-	-	259,63	-
3	Ponton No.3 dok I	Lognormal 2 Parameter	-	-	-	-	1,498	0,111	-	4,5
4	Capstan dok I	Weibull 2 Parameter	-	-	2,888	6,537	-	-	-	2,69

Melalui rumus tersebut dan diambil rata-rata maka didapatkan periode *Preventive maintenance* sebagai berikut:

- *Interval preventive maintenance ponton* setiap 1 bulan sekali
- *Interval preventive maintenance pompa* setiap 2 bulan sekali
- *Interval preventive maintenance crane* setiap 1 bulan sekali
- *Interval preventive maintenance capstan* setiap 2 bulan sekali

Setelah melakukan perhitungan komponen *floating dock* yang diterapkan *preventive maintenance* hasilnya akan dibandingkan dengan komponen jika tidak diterapkan *preventive maintenance*. Dimana, $R_m(t)$: Nilai keandalan setelah tindakan *maintenance* berdasarkan RCM, $R(t)$ merupakan probabilitas sukses sampai *maintenance* yang pertama, sedangkan $R(t-nT)$ yaitu probabilitas sukses pada selisih waktu $t-T$. Hal ini bisa dilihat pada salah satu contoh komponen Pompa No.1 pada Dok I. Dengan *preventive maintenance* interval 48 hari pompa mengalami kenaikan keandalan sebagaimana terlihat pada Gambar 5.

**Gambar 5** Grafik Peningkatan *Reliability* Pompa No.1 Dok I.

Berdasarkan Gambar 5, terlihat bahwa setelah dilakukan penerapan teori keandalan pada komponen pompa no 1 dok I, grafik keandalan menjadi lebih landai dibandingkan pada saat sebelum dilakukan penerapan.

4.1.2 | Analisis Kualitatif Komponen yang Mempengaruhi *Reliability Floating Dock*

Berdasarkan pada analisa MSI dan FMEA 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 (Tabel 4).

Tabel 4 FMEA pada Komponen *Floating Dock*

Nama Komponen	Function	Function Failure	Failure Cause	Failure Effect	Rekomendasi Kegiatan	S	O	D	RPN
Ponton 3	Sebagai tempat keluar masuknya air sesuai dengan aktivitas <i>docking/un-docking</i>	Tidak dapat secara maksimal memasukkan dan mengeluarkan air	Pelat korosi dan keropos	Pelat tipis dan terjadi kebobrokan pada ponton	Dilakukan <i>replating</i> atau penggantian ponton baru	4	6	5	120
<i>Capstan</i>	Untuk menarik kapal saat kapal masuk ke dok apung	Tidak dapat digunakan untuk menarik kapal ke dok	Panel <i>capstan</i> rusak, control emergency rusak	Panel tidak dapat digunakan, <i>capstan</i> tidak dapat beroperasi dengan maksimal	Melakukan perbaikan pada <i>capstan</i> , memonitor keadaan <i>capstan</i>	6	5	7	210
Pompa No.1	Untuk mensirkulasikan fluida (air) dari <i>inlet valve</i> ke katup pembagi	Tidak dapat menyalurkan air dengan maksimal	Kerusakan pada <i>impeller</i> , kerusakan pada katup pembagi, dan as kocak	As pompa macet, getaran berlebih dan timbul bising, pompa tidak beroperasi dengan maksimal	Monitor keadaan as dan kelurusan, memonitor katup-katup pompa, memeriksa benda asing yang menghambat pompa	6	8	6	288

4.1.3 | Diskusi Hasil Pemaparan Materi Pelatihan

Hasil pemaparan disambut tanya jawab oleh para peserta secara antusias, beberapa peserta memberikan beberapa tanggapan sebagai berikut:

1. Salah satu peserta memberikan gambaran bahwa metode keandalan ini akan lebih cocok jika diterapkan pada dok apung yang masih baru, karena prediksi kerusakan masih dapat diprediksi dengan lebih akurat. Kondisi dok apung pada perusahaan ini kurang tepat jika menerapkan teori keandalan secara penuh.
2. Kerusakan dok apung tidak hanya karena faktor korosif dan operasional saja, namun juga kondisi lingkungan seperti adanya benda tajam pada dasar laut sehingga ketika dok apung ditenggelamkan akan terkena benda tajam tersebut dan kemungkinan terjadi kebocoran.
3. Kondisi dok apung pada perusahaan juga terjadi kerusakan karena dari manajemen kurang memperhatikan. Pihak staf hanya melaksanakan sesuai dengan instruksi atasan, sehingga informasi pelatihan ini akan lebih baik lagi jika disampaikan langsung kepada atasan untuk strategi pemeliharaan yang lebih bagus.
4. Salah satu peserta memberikan usulan jika pemeliharaan akan lebih efektif untuk dok apung perusahaan ini jika setelah dilakukan operasional langsung dilakukan inspeksi dan pemeriksaan serta memberikan proses pemeliharaan secara

langsung, seperti pemeriksaan pada pompa-pompa dan pembersihan kotoran pada geladak ponton pasca dilakukan *docking-un-docking*.

Berdasarkan tanggapan tersebut, terlihat bahwa metode keandalan ini masih kurang sesuai dengan kondisi dok apung perusahaan jika diterapkan satu metode saja. Sehingga kombinasi metode lain masih tetap diperlukan agar lebih sesuai dengan tujuan pemeliharaan. Tim pemateri menyambut hasil diskusi tersebut secara terbuka bahwa kombinasi strategi pemeliharaan masih sangat terbuka untuk diterapkan. Tujuan dari pemeliharaan menjadi fokus utama terutama untuk mempertahankan aset dan biaya sehingga performa dari dok apung dapat dipertahankan/ditingkatkan. Secara tidak langsung fungsi dari dok apung ini akan memberikan pelayanan *docking-undocking* kapal menjadi lebih cepat dan efisien secara waktu dan biaya.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Pelatihan *asesmen* dan *maintenance* dok apung berbasis keandalan yang dilaksanakan di perusahaan ini telah memberikan tambahan wawasan bagi para staf di galangan kapal maupun dari pihak tim pemateri. Strategi pemeliharaan dok apung berbasis keandalan dapat diterapkan pada *floating dock* yang nilai keandalannya masih bisa diprediksi secara lebih akurat. Sehingga strategi pemeliharaan berdasarkan kondisi (*condition based maintenance*) akan lebih sesuai dengan kondisi *floating dock* yang sudah berumur dan banyak terjadi kerusakan. Strategi pemeliharaan berbasis keandalan akan lebih cocok jika diterapkan pada *Floating Dock* yang masih baru, dan kondisinya masih bisa diprediksi berdasarkan teori keandalan. Kegiatan pelatihan ini sebagai bagian dari kegiatan pengabdian masyarakat tentunya memberikan tambahan wawasan baik dari sisi peserta maupun tim pemateri. Oleh karena itu kegiatan pengabdian masyarakat yang melibatkan mitra industri dapat secara langsung memberikan kontribusi pada permasalahan yang terjadi saat ini. Selain itu hasil diskusi dengan para peserta pelatihan juga dapat memberikan tambahan wawasan kepada tim pemateri sebagai masukan dalam menekuni ilmu pemeliharaan pada kapal atau *floating dock*.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan Pengabdian Masyarakat ini dapat terlaksana dengan bantuan dana Departemen Teknik Perkapalan atas program Pengabdian Masyarakat Tematik Dana Departemen *Batch 2*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember tahun 2024 dengan kontrak perjanjian nomor 2250/PKS/ITS/2024.

Selain itu, kami tim penulis, yang terdiri dari tim dosen, teknisi dan mahasiswa dari Lab. Teknologi dan Manajemen Produksi Kapal, juga mengucapkan terima kasih kepada pihak galangan PT Dok dan Perkapalan Surabaya yang telah memberikan izin data, akses survei dan memberikan kesempatan menyampaikan hasil *asesmen* dan pelatihan ini kepada para staf dan manajer PT DPS, khususnya yang terlibat langsung dalam pengoperasian *floating dock* yang dimiliki.

Referensi

1. John WG. Design of Marine Facilities for the Berthing, Mooring, and Repair of Vessels, vol. 2. Virginia ASCE Press; 2004.
2. PT DPS, PT Dok dan Perkapalan Surabaya_Facilities;. Diakses: 2024-10-02. <https://www.doksurabaya.id/p/fasilitas.html>.
3. Korotaev VV, Pantiushev AV, Serikova MG, Anisimov AG. Deflection measuring system for floating dry docks. Ocean Engineering 2016;117:39–44.
4. Lazakis I. Establishing an innovative and integrated reliability and criticality based maintenance strategy for the maritime industry. PhD thesis, Ph.D. Dissertation; 2011.
5. Lazakis I, Raptodimos Y, Varelas T. Predicting ship machinery system condition through analytical reliability tools and artificial neural networks. Ocean Engineering 2018;152(September 2017):404–415.
6. Moubray J. Reliability Centered Maintenance. Oxford: Butterworth-Heinemann; 1997.
7. Geisbush J, Ariaratnam ST. Reliability centered maintenance (RCM): literature review of current industry state of practice. Journal of Quality in Maintenance Engineering 2022;29(2):313–337.

8. Mokashi AJ, Wang J, Vermar AK. A study of reliability-centred maintenance in maritime operations. *Marine Policy* 2002;26(5):325–335.
9. Lazakis I, Turan O, Alkaner S, Olcer A. Effective ship maintenance strategy using a risk and criticality based approach. In: 13th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean (IMAM); 2009. .
10. Lazakis I, Turan O, Judah S. Enhanced ship maintenance approach based on criticality and reliability assessment. In: 3rd International Symposium on Ship Operations, Management and Economics; 2011. p. 7–8.
11. Chopra A. Applications and barriers of reliability centered maintenance (RCM) in various industries: a review. *Industrial Engineering Journal* 2021;14(1):15–24.
12. Madu CN. Strategic value of reliability and maintainability management. *International Journal of Quality & Reliability Management* 2005;22(3):317–328.
13. Breneman JE, Sahay C, Lewis EE. *Introduction to Reliability Engineering*. John Wiley & Sons; 2022.

Cara mengutip artikel ini: Baihaqi, I., Triwilaswandio, W. P., Supomo, H., Pribadi, S. R. W., (2025), *Pelatihan Assessment dan Maintenance Floating Dock* Berbasis Keandalan, *Sewagati*, 9(2):386–398, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v9i2.2443>.