

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kecelakaan di Kapal

Sebagian besar dari permukaan bumi ini adalah berupa perairan, demikian juga Indonesia yang mempunyai hampir dua pertiga dari wilayahnya berupa perairan dan sepertiga lagi berupa daratan. Sedangkan daratan yang ada juga tidak menyatu, melainkan tersebar berbentuk ribuan pulau. Dengan demikian transportasi sangat diperlukan untuk tetap memperlancar seluruh aktivitas yang terjadi di negeri ini, dan juga untuk memelihara kesatuan dan persatuan bangsa.

Untuk memenuhi tuntutan tersebut diatas maka kapal merupakan salah satu alternatif yang murah dan efisien dalam arti mampu membawa muatan dalam jumlah yang relatif besar. Karena fungsi kapal yang berbeda maka terdapat sedikit atau banyak perbedaan pada peralatan yang digunakan, maupun perencanaannya, sehingga masing-masing kapal memiliki ciri khasnya sendiri-sendiri yang berarti perencanaan suatu jenis kapal tertentu baik, belum tentu juga baik untuk kapal jenis yang lain. Sehingga didalam perencanaan banyak referensi yang digunakan sebagai pedoman baik standar teknis, klasifikasi, agar kapal yang dibangun dapat layak melaut dan memenuhi keamanan dan kenyamanan.

Keselamatan transportasi adalah hal yang mutlak harus dipenuhi. Keselamatan ini meliputi moda transportasi darat, kereta api, udara dan laut. Keselamatan transportasi laut memiliki beberapa elemen yang harus dipenuhi. Keselamatan transportasi laut untuk selanjutnya disebut keselamatan pelayaran setidaknya harus memenuhi 2 kriteria yang layak. Pertama adalah layak laut dan kedua adalah layak layar. Layak laut adalah terpenuhinya 12 kriteria sesuai dengan ketentuan yang terdapat dalam International Safety Management (ISM) Code bab IX yang diterbitkan oleh IMO dalam edisi 2014, layak layar adalah suatu keadaan terpenuhinya keamanan kapal untuk berlayar yang terdiri atas 4 kriteria. Keamanan kapal disini meliputi kondisi kapal dan crew kapal yang memenuhi syarat untuk menjaga

keamanan kapal. Dua kriteria ini menunjukkan bahwa keselamatan pelayaran memiliki lingkup tanggung jawab dari sisi darat dalam hal ini oleh Syahbandar dan keselamatan di atas kapal menjadi tanggung jawab nakhoda.(Rahman et al., 2018)

Tentunya hal ini sangat tergantung pada keadaan yang dibutuhkan yang juga tak lepas dari aspek teknis dan ekonomis. Perencanaan seluruh sistem harus dilakukan sebaik mungkin, dalam artian mudah dalam pengoperasian dan pemeliharaan. Dalam melakukan pelayaran, terdapat proseduroperasional kapal yang mengacu kepada SOLAS-1974, Peraturan Internasional tentang Pencegahan Tubrukan di Laut (P2TL), *Standard for Training Certification and Watch Keeping for Seafarer's (STCW)*, *Marine Pollution (MARPOL)*, *International Safety Management-Code (ISM-Code)* dan yang lainnya yang memberikan panduan dan petunjuk bagi awak kapal dalam pengoperasian kapal sehingga keselamatan, perlindungan lingkungan, keamanan dan kenyamanan awak kapal, barang, serta kapal itu sendiri terjamin. Namun dalam pelaksanaan pelayaran sering kali terjadi kecelakaan dalam berlayar.(Lady et al., 2014)

2.2. Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan di Kapal

Industri pelayaran dikenal memiliki potensi atau resiko tinggi terkait dengan keselamatan. Keselamatan dan keamanan pelayaran merupakan suatu keadaan terpenuhinya persyaratan keselamatan dan keamanan yang menyangkut angkutan di perairan, kepelabuhanan dan lingkungan maritim, sebagaimana disebutkan dalam Undang-Undang Pelayaran Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran. Di samping Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, terdapat beberapa regulasi terkait dengan keselamatan pelayaran, diantaranya Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 45 Tahun 2012 tentang Manajemen Keselamatan Kapal dan peraturan keselamatan internasional lain yaitu *International Safety Management (ISM) Code*, *The International Regulations for Preventing Collisions at Sea 1972 (Collision Regulations/COLREGS)*.(Hasugian et al., 2018)

Trend Kecelakaan Transportasi Laut Tahun 2003 – 2008, Jumlah kecelakaan kapal pelayaran di Indonesia cukup memprihatinkan. Selama periode 2003-2008

terjadi 691 kasus kecelakaan. Laporan Akhir *Kajian Analisis Trend Kecelakaan Transportasi Laut Tahun 2003 – 2008* menyatakan; 119 kecelakaan, 2007: 159 kecelakaan dan pada tahun 2008 terjadi 138 kasus kecelakaan, rata-rata kenaikan selama 6 tahun terakhir adalah 17%. Jenis kecelakaan yang terjadi rata-rata adalah tenggelam (37%), kandas (13%), tubrukan (15%), kebakaran (18%) dan jenis kecelakaan lainnya (17%) Sedangkan penyebab kecelakaan kapal adalah 37% *human factor*, 23% kesalahan teknis, 38% kondisi alam dan 2% untuk penyebab lainnya.(Haryanti, 2016)

Perihal keamanan dan keselamatan pelayaran telah diatur oleh suatu lembaga internasional yang mengurus atau menangani hal-hal yang terkait dengan keselamatan jiwa, harta laut, serta kelestarian lingkungan. Lembaga tersebut dinamakan *International Maritime Organization (IMO)* yang bernaung dibawah PBB. Guna menjamin keamanan dan keselamatan pelayaran, IMO telah mengeluarkan peraturan baru *International Safety Management Code (ISM-Code)* dengan resolusi A.741 (18) yang diterbitkan dalam edisi terakhir (November 1993) *International Management Code for the Safe Operation of Ship and Pollution Prevention* yang dikenal sebagai *ISM-Code*, dan mulai diperlakukan sejak 1 Juli 1998, Sistem Manajemen *ISM-Code* wajib diaplikasikan secara “*mandatory*” di negara-negara yang meratifikasi SOLAS. Di Indonesia, *ISM-Code* diwujudkan dalam Keputusan Dirjen Pesla No. PY 67/1/9-96, tanggal 12 Juli 1996.(Mandaku, 2012)

Kecelakaan kapal disebabkan oleh beberapa faktor, baik di pantai maupun di sepanjang alur perairan yang meliputi elemen manusia dan teknologi. Faktor manusia dan teknologi sebagai faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan kapal dapat disebabkan oleh kecerobohan awak kapal terkait dengan keselamatan melalui pemberian ijin pemuatan barang yang melebihi kapasitas muat (*overloading*), penyalahgunaan alkohol, atau perawatan kapal yang buruk, mesin dan perlengkapan tidak berfungsi dengan baik serta cuaca buruk. Berdasarkan hasil survei 1.500 klaim asuransi kecelakaan di seluruh dunia antara tahun 1987 dan 1996, Thomas Miller P & I Club di Inggris menemukan bahwa 90 % dari kecelakaan disebabkan oleh kesalahan manusia.(Hasugian et al., 2018). Human error adalah keputusan atau

perilaku manusia yang menyimpang dari yang seharusnya yang dapat menurunkan daya guna, keselamatan atau kinerja sistem, sehingga berpotensi menimbulkan kerugian. Cakupan kesalahan manusia menurut Heinrich meliputi semua manusia yang terlibat dalam proses produksi dan terjadi pada semua jenis pekerjaan. (Nurhayati et al., 2017)

Dua - pertiga dari kecelakaan yang melibatkan klaim cedera disebabkan oleh kesalahan manusia, misalnya kecerobohan, perasaan terlalu percaya diri (*overconfidence*), atau kurangnya pengetahuan atau pengalaman, disamping itu juga faktor emosional manusia seperti kelelahan, ketidaknyamanan, kebosanan, kemarahan, kesedihan dan sakit. Beberapa penyebab kecelakaan kapal dalam istilah umum antara lain kondisi alam, kegagalan teknis, kondisi rute, faktor yang berhubungan dengan kapal, kelalaian manusia dan faktor yang berhubungan dengan kargo. Saat ini, kecelakaan menjadi bersifat lebih mengarah pada bahaya lingkungan yang dapat menjadi ancaman bagi arus pelayaran/perdagangan. Pelayaran akan selalu penuh dengan resiko, meskipun standar keselamatan selalu ditingkatkan. (Hasugian et al., 2018)

2.3. General Service System

General Service system merupakan salah satu kebutuhan yang harus terpenuhi dan harus terdapat pada suatu kapal. General service sendiri terbagi atas beberapa bagian, yaitu Sistem bilga (*Bilge System*), Sistem balas (*Ballast System*), dan Sistem pemadam kebakaran (*Fire Main System*). Dari beberapa sistem tersebut selain menggunakan general service juga terdapat pompa utama yang melayani kebutuhan untuk hal tersebut. Ada 2 hal yang utama dalam penentuan spesifikasi kebutuhan tersebut. Hal pertama yaitu pemilihan pipa. Di dalam melakukan pemilihan pipa banyak sekali hal yang harus dipertimbangkan baik itu pemilihan dari segi material pipa yang nantinya berhubungan dengan tingkat kekorosifitas terhadap fluida kerja, pemilihan ketebalan pipa yang sesuai dimana nantinya berhubungan dengan *stress* pipa.

Berikut ini akan dijelaskan pengertian dari sistem bilga, sistem ballast, dan sistem pemadam kebakaran secara lebih dalam mulai dari pengertian umum dari masing-masing sistem serta pengertian lanjut yang diambil dari beberapa sumber.

2.3.1 Sistem Ballast

- Definisi sistem Ballast

Sistem Ballast merupakan system yang digunakan untuk menjaga keseimbangan (stabilitas) kapal apabila terjadi trim atau list (oleng) terutama pada saat bongkar muat dipelabuhan. Untuk menjaga keseimbangan perlu dilakukan pengisian dan pembuangan air laut pada tangki-tangki ballast, sehingga dapat menjaga titik berat kapal serendah mungkin dan mempertahankan posisi kapal selalu dalam kondisi trim nol (even keel) atau draft depan, tengah dan belakang memiliki nilai yang sam. Pertimbangan untuk mendapatkan titik berat serendah mungkin maka tangki ballast diletakkan pada double bottom. Proses yang terdapat pada sistem water ballast dibedakan menjadi dua yaitu ballasting (pengisian air ballast) dan deballasting (pembuangan air ballast).

- Cara kerja Sistem Ballast

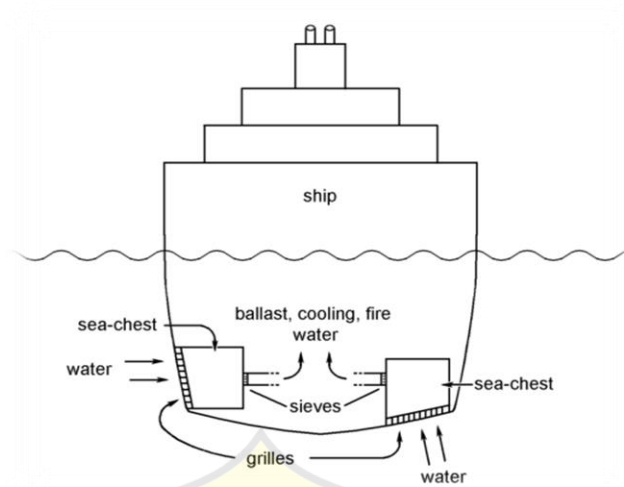
Secara umum proses/cara kerja sistem ballast adalah untuk mengisi tangki ballast yang berada di double bottom dengan air laut yang diambil dari seachest melalui pompa ballast dan saluran pipa utama serta pipa cabang. Sistem ballast dibuat untuk menyesuaikan tingkat kemiringan kapal, sebagai akibat dari perubahan muatan kapal sehingga stabilitas dari kapal mampu dipertahankan. Pipa ballast dipasang di tangki ceruk haluan (*fore peak tank*) dan tangki ceruk buritan (*after peak tank*), tangki double bottom, dan tangki samping (*side tank*). Ballast yang diposisikan di tangki ceruk haluan dan buritan ini digunakan untuk melayani kondisi trim kapal yang dikehendaki. Secara umum cara kerja suatu sistem ballast terbagi menjadi tiga, yang pertama bagaimana sistem pengisian tangki ballast dari luar ke dalam, kemudian bagaimana membuang air ballast dari dalam tangki ke luar, dan bagaimana memindahkan air ballast dari tangki ke tangki.

- Komponen-komponen sistem Ballast

Berikut ini merupakan komponen-komponen yang terdapat pada sistem ballast :

- Tangki Ballast
- Pipa Ballast
- Pompa Ballast
- Katup & Fitting
- Overboard
- Sea Chest

- Gambar System Ballast di kapal (secara umum)



Gambar 2.1 Sistem Ballast di Kapal Secara Umum

2.3.2 Sistem Bilga

- Definisi Sistem Bilga

Didalam kapal sistem ini merupakan salah satu sistem yang digunakan untuk keselamatan kapal. sistem ini memiliki fungsi utama yaitu sebagai penguras (*drainage*) apabila terjadi kebocoran pada kapal yang disebabkan oleh grounding (kandas) atau Collision, sistem harus mampu memindahkan air dengan cepat dari bagian dalam keluar kapal. Dengan demikian hal ini akan menyebabkan kapasitas pompa menjadi semakin besar seiring dengan bertambah besarnya ruangan, sedangkan fungsi sampingnya yaitu sebagai penampungan air yang jumlahnya relative kecil yang terkumpul pada sumur bilga (*bilge well*) sekaligus sebagai sistem pengurasannya. Dalam diktat mata kuliah sistem perpipaan departemen teknik sistem perkapalan ITS (Hari :2012), menyatakan bahwa sistem bilga adalah sistem yang berfungsi sebagai sistem penguras yang meliputi:

- Pengembunan air laut pada plat.
- Jika terjadi kebocoran pada sambungan plat sebagai akibat kurang baiknya sambungan tersebut (terjadi keretakan).
- Kebocoran pada *shaft tunnel*.
- Kebocoran karena cipratan air diatas tutup palka (hujan, cuaca buruk, dll).
- Pengembunan pada sisi kulit lambung.

- Cara kerja Sistem Bilga

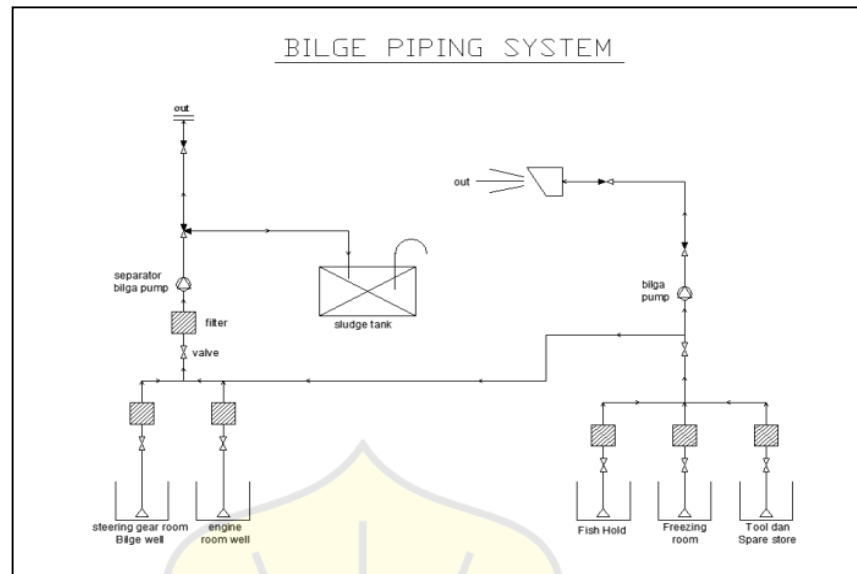
Cara kerja dari system bilga ini adalah menampung berbagai zat cair tersebut kedalam sebuah tempat yang dinamakan dengan *bilge well*, kemudian zat cair tersebut dihisap dengan menggunakan pompa bilga dengan ukuran tertentu untuk dikeluarkan dari kapal melalui *overboard* yang tingginya 1 meter diatas garis air.Sedangkan zat cair yang mengandung minyak, yaitu yang tercecer didalam *engine room* akan ditampung di dalam *bilge well* yang terletak dibawah *main engine*,kemudian akan disalurkan menuju *oily water separator* untuk dipisahkan antara air, kotoran dan minyaknya.

Sistem bilga dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu :

- *Clean Bilge System*, merupakan sistem yang digunakan untuk mengatasi terjadinya kebocoran kapal khusus pada ruang muat untuk kapal cargo, sedangkan pada kapal tanker pada wing tank
 - *Oily water Bilge System*, merupakan sistem yang digunakan untuk mengatasi kebocoran dan drainage air pendingin di kamar mesin, mengatasi pengembunan pada kamar pompa beserta kebocoran muatan minyak yang timbul saat unloading. Sistem ini terpisah dari sistem yang digunakan pada ruang muat karena jenis fluida yang ditangani berbeda, yaitu air yang bercampur minyak.
- Komponen-komponen sistem Bilga
 - Bilge Well (Sumur/Tangki Bilga)
 - Pipa Utama
 - Pipa Cabang
 - Pompa Bilga
 - Sludge Tank

Untuk Konfigurasi instalasi pipa bilga terdiri dari Branch (satu cabang pipa untuk mengatasi satu bilge well, dengan buka tutup katup secara manual).Pompa yang digunakan type Gear Pump dengan tekanan (head) minimum mampu memindahkan fluida minimal sampai *overboard*.

▪ Gambar System Bilga di kapal (secara umum)



Gambar 2.2. Gambar Sistem Bilga Secara Umum

2.3.3 Fire Fighting System

▪ Definisi Fire Fighting System

Sistem pemadam kebakaran atau yang biasa di sebut sebagai *Fire Fighting* merupakan sistem yang digunakan untuk mengatasi, mencegah dan menghentikan terjadinya kebakaran yang terjadi pada kapal, secara keseluruhan maupun per bagian. Kebakaran menjadi salah satu bahan pertimbangan yang penting dan tidak bisa diabaikan begitu saja, karena menyangkut keselamatan awak, muatan dan kelangsungan kapal itu sendiri. Walaupun kebakaran di atas kapal tidak terjadi secara periodic, namun semua komponen dan spesifikasinya telah diatur dengan baik di dalam klasifikasi maupun standart perancangan kapal. Kebakaran merupakan suatu peristiwa terjadinya nyala api sebagai akibat adanya reaksi antara material, sumber panas dan oksigen yang cukup. Secara umum senyawa dan unsur tersebut dinyatakan sebagai bentuk segitiga api, sebagai berikut: material, oksigen, sumber panas. Satu-satunya cara untuk mencegah terjadinya kebakaran adalah dengan menghilangkan atau memisahkan salah satu dari ketiga unsur tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan cara :

- Menurunkan suhu dibawah suhu pembakaran
- Menurunkan kadar Oksigen
- Menjauhkan material yang mudah terbakar

Kebakaran yang mungkin terjadi pada kapal digolongkan menjadi 3 (tiga) bagian besar beserta penanggulangannya, yaitu sebagai berikut:

- Kebakaran material yang terjadi pada ruang muat (cargo tank) dapat dipadamkan dengan menggunakan air laut dan foam.
- Kebakaran yang terjadi pada kamar mesin terutama yang disebabkan oleh minyak dapat dipadamkan dengan menggunakan foam.
- Kebakaran yang disebabkan oleh hubungan pendek arus listrik biasanya terjadi pada ruang kemudi (*Wheel house*) dan di engine control room, dapat dipadamkan dengan menggunakan *portable extinguisher* dan CO₂.

▪ Cara kerja Sistem Fire Fighting

Sistem pemadam kebakaran pada kapal bekerja melalui instalasi perpipaan pemadam kebakaran, yang tersalur kesetiap ruangan pada kapal, dimana apabila terjadi kebakaran pompa pemadam kebakaran menyalurkan air dari *sea chest* atau *sea water inlet*, melewati pipa - pipa instalasi lalu air dikeluarkan ke tempat terjadinya kebakaran melewati *sprinkler*. Sprinkler head atau pemercik air dipasang dalam ruang muat, kamar mesin, dan kamar ketel uap, *living room* dan *service compartment*, dll.

▪ Komponen-komponen Fire Fighting System

- Sea Chest
- Pipa Utama dan Pipa Cabang
- Strainer
- Hydrant
- Sprinkle
- Pompa Pemadam Kebakaran / Fire Fighting

▪ Klasifikasi Fire Fighting System

- Sistem Fire-Fighting Kelas I



Gambar 2.3: kapal yang menngunakan 2 fire monitor

Satu atau dua pompa pemadam (Fi-Fi) dipasang di ruang mesin digerakkan dengan mesin utama dengan gigi transmisi gear, atau menggunakan motor listrik. Fi-Fi pump di connect langsung dengan sahft main engine. Sistem kerja dari Fi-Fi pump menggunakan gaya centrifugal dengan putaran main engine. Sistem Fi- Fi kelas 1 memiliki 2 fire monitor termasuk water spray untuk melindungi kapal dari radiasi kebakaran.

- Sistem Fire Fighting Kelas II



Gambar 2.4 : kapal yang menngunakan 3 fire monitor

Minimal dua pompa pemadam (Fi-Fi) dipasang di ruang mesin digerakkan dengan mesin utama dengan gigi transmisi gear, atau menggunakan motor listrik. Fi-Fi pump di connect langsung dengan sahft main engine. Sistem kerja dari Fi-Fi pump menggunakan gaya centrifugal dengan putaran main engine. Sistem Fi- Fi kelas 2 memiliki 3 atau 4 fire monitor termasuk water spray untuk melindungi kapal dari radiasi kebakaran.

- Teleskopik Mask

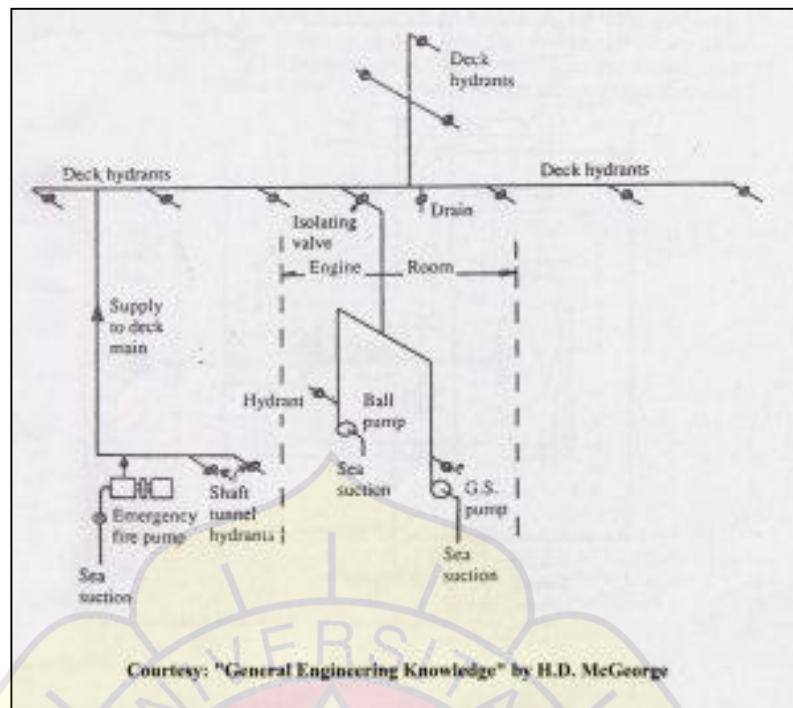


Gambar 2.5 : Teleskopik Mask

Untuk memperluas dan melengkapi aplikasi pemadam kebakaran peralatan Jason telah mengembangkan tiang teleskopik seri sehingga memungkinkan untuk memiliki monitor api diinstal di atas. Jason Telescopic mast diproduksi di dua ukuran standar untuk air dan monitor busa serta sebagai tambahan nozzle bubuk. Tiang-tiang yang tailormade dan tersedia dalam variouse panjang dengan sesuai teleskopik stroke. Teleskopik tiang seri hidrolik dioperasikan tiang untuk air dan busa monitor. Hal ini dirancang untuk kelautan dan industri aplikasi seperti kebakaran Kapal, Tugs, Dermaga Minyak dan Petrokimia Industri. Terangkat oleh hidrolik dioperasikan jacking gabungan dan mekanisme penguncian.

Dikendalikan remote dari satu switch control, plunger dapat berhenti dan terkunci di posisi antara nol dan max. pukulan. FI-FI sering menjadi satu-satunya cara praktis menerapkan busa atau air ke api. Terutama diterapkan di pengeboran lepas pantai (offshore). Seperti banyak desain FI-FI dapat mengambil banyak bentuk tergantung pada spesifik dimaksudkan untuk melindungi dan memadamkan api dengan jarak paling aman. Ketika merancang FI-FI produsen harus menyeimbangkan kinerja, kehidupan operasional dan kemudahan penggunaan terhadap biaya.

- Gambar Fire Fighting System di kapal (secara umum)



Gambar 2.6 : Skematik Sistem Fire Fighting Secara Umum

2.4. Kegagalan Sistem di Kapal

Kegagalan dan perbaikan merupakan hal yang terpenting dalam memprediksi perilaku dari suatu sistem pada masa yang akan datang serta efek yang akan ditimbulkan terhadap komponen lain apabila komponen tersebut perilaku dari suatu sistem pada masa yang akan datang serta efek yang akan ditimbulkan terhadap komponen lain apabila komponen tersebut gagal beroperasi. (Danil Arifin et al., 2020)

Berdasarkan pada pertimbangan diatas, penulis memandang perlu dilakukan sebuah analisa kegagalan sistem pada *General Service System* dan pemilihan metode perawatan motor induk di kapal dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yakni analisa yang cenderung mengacu kepada efek yang akan ditimbulkan oleh suatu komponen terhadap komponen lain apabila komponen tersebut gagal beroperasi.

Untuk dapat mendeteksi penyebab kegagalan komponen/sistem perlu dilakukan suatu studi yang mempelajari mengenai karakteristik pola kegagalan, pola perawatan serta kondisi operasional dari masing-masing komponen sistem. Dengan mempelajari

mengenai dinamika sistem diharapkan dapat membantu menganalisa serta memahami suatu sistem yang kompleks berubah terhadap fungsi waktu.

Hal ini dikarenakan suatu sistem yang dalam kondisi awalnya memiliki performa yang baik jika beroperasi secara terus menerus berdasarkan fungsi waktu, setelah sekian lama kondisinya mungkin tidak sebaik seperti kondisi awalnya.(Kusuma, 2015) Hal seperti ini terkadang tidak dipahami oleh operator kapal, yang mengakibatkan terjadinya kerusakan komponen/sistem.

Pada studi ini akan di analisa mengenai karakteristik keandalan sistem serta perawatan dari komponen sistem *General Service System* berdasarkan jadwal operasional kapal dengan pemodelan dinamika sistem. Serta menentukan jadwal perawatan yang optimum dari masing-masing komponen yang mengalami kegagalan operasi, agar dapat dilakukan pencegahan sehingga dapat meminimalisir kerusakan sistem.

2.3.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Sejarah FMEA dimulai pada tahun 1940-an oleh militer AS. FMEA dikembangkan lebih lanjut oleh industri kedirgantaraan dan automotive. Beberapa industri mempertahankan standar formal FMEA. Kemudian sekitar tahun 1960-an FMEA dipergunakan sebagai metodologi formal pada industri aerospace dan pertahanan. Sejak saat itu kemudian digunakan dan distandarisasikan oleh berbagai industri di seluruh dunia.(Hasbullah et al., 2017)

Terdapat beberapa jenis FMEA yaitu: *Design FMEA*, *Process FMEA*, *System FMEA*, *Service FMEA*, *Product FMEA* dan *Software FMEA*. *Design FMEA* dipergunakan untuk menganalisa produk sebelum dimasukan ke dalam proses produksi. *Design FMEA* berfokus pada modus kegagalan yang disebabkan oleh desain.(Stamatis, 2003)

Secara umum, FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*) didefinisikan sebagai sebuah teknik yang mengidentifikasi tiga hal, yaitu:

- Penyebab kegagalan yang potensial dari sistem, desain produk, dan proses.
- Efek dari kegagalan tersebut.

- Tingkat kekritisan yang ditimbulkan oleh efek kegagalan terhadap fungsi system, desain produk dan proses.

(Waroy & Budiarto, 2016)

FMEA adalah sebuah teknik rekayasa yang digunakan untuk menetapkan, mengidentifikasi, dan untuk menghilangkan kegagalan yang diketahui, permasalahan, error, dan sejenisnya dari sebuah sistem, desain, proses, dan atau jasa sebelum mencapai konsumen.(Hambleton, 2005)

Dengan menggunakan metode FMEA, dapat dilakukan pencegahan terjadinya kegagalan dalam produk atau proses, sejak dari tahap awal. FMEA merupakan salah satu langkah *quality management* sekaligus *risiko management*. Hasilnya tidak hanya menurunkan risiko kegagalan, melainkan juga meningkatkan kualitas dari produk/proses.(Waroy & Budiarto, 2016)

Konsep FMEA mengevaluasi kemungkinan terjadinya sebuah kegagalan dari sebuah sistem, desain, proses atau servis untuk dibuat langkah penanganannya. Dalam FMEA, setiap kemungkinan kegagalan yang terjadi dikuantifikasi untuk dibuat prioritas penanganan. kuantifikasi penentuan prioritas dilakukan berdasarkan hasil perkalian antara rating frekuensi, tingkat kerusakan dan tingkat deteksi dari *waste*. Dalam pengetahuan prioritas *waste*, maka kontrol yang dibuat adalah berdasarkan proses yang paling berisiko terjadinya *waste*.(Surya et al., 2017) *Waste* merupakan sebuah kegiatan yang menyerap atau memboroskan sumber daya seperti pengeluaran biaya ataupun waktu tambahan tetapi tidak menambahkan nilai apapun dalam kegiatan tersebut.(Online et al., n.d.)

Metode ini bisa digunakan untuk menganalisis risiko kecelakaan kerja karena memiliki beberapa kelebihan dibanding metode lain di antaranya hemat biaya, sistematis, dan penyelesaiannya tertuju pada *potensial causes* (penyebab yang potensial).(Sukwadi et al., 2017)

Output dari *Process FMEA* (Institute Ford Design, 2004) meliputi: daftar Mode Kegagalan proses potensial, daftar konfirmasi Karakteristik Kritis dan / atau Karakteristik Signifikan, daftar Karakteristik High Impact, daftar Kontrol Spesial yang direkomendasikan untuk produk yang ditunjuk memiliki Karakteristik Khusus untuk

dimasukkan pada rencana pengendalian dan sebuah daftar proses atau tindakan proses untuk menghilangkan Penyebab Mode Kegagalan produk atau mengurangi tingkat Kejadian nya, dan untuk meningkatkan Deteksi produk cacat jika kemampuan proses tidak dapat diperbaiki.

Tujuan dari FMEA adalah untuk menentukan tingkat risiko dari setiap jenis kegagalan sehingga dapat diambil keputusan apakah perlu diambil suatu tindakan atau tidak. FMEA ini juga digunakan untuk menekan kerugian yang timbul karena kegagalan proses produksi maupun kegagalan produk sewaktu digunakan oleh pengguna, caranya adalah sebagai berikut: mengidentifikasi kegagalan yang mungkin terjadi, memberi skala prioritas dari setiap jenis kegagalan dan melakukan tindakan perbaikan. *System* FMEA ini berfokus pada modus kegagalan antar fungsi dari sistem yang disebabkan oleh defisiensi sistem.

Ketika menerapkan FMEA, setiap komponen diperiksa untuk mengidentifikasi kemungkinan kegagalan. Tiga langkah yang diperhatikan: kemungkinan terjadinya kegagalan (Occurrence), dampak atau keparahan kegagalan (Severity), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi (Detection). (Muttaqin & Kusuma, 2018)

2.3.2 Aspek Teknis FMEA

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) merupakan suatu analisa yang dilakukan dengan memeriksa komponen-komponen dari tingkat rendah dan meneruskannya ke sistem yang merupakan tingkatan yang lebih tinggi serta mempertimbangkan kegagalan sistem sebagai hasil dari semua bentuk kegagalan. Disamping itu *FMEA* merupakan salah satu bentuk analisa kegagalan serta dampak kegagalan yang ditimbulkan oleh tiap-tiap komponen pada sistem. Hasil dari analisa *FMEA* dapat dibuat sedetail mungkin, hal ini bergantung dari informasi yang akan dibutuhkan serta informasi yang diperoleh untuk menganalisa. Penggunaan *FMEA* dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu :

a. Fungsional :

Type *FMEA* ini mengasumsikan kegagalan serta identitas tentang bagaimana kegagalan dapat terjadi.

b. Hardware :

Type *FMEA* ini menginvestigasi porsi yang lebih kecil dari suatu sistem seperti sub *assembly* atau komponen individu.

Berdasarkan analisa *FMEA* dari *MIL-STD 1629A* yang telah dimodifikasi untuk mengerjakan skripsi ini yang mana kegiatan dituliskan kedalam *worksheet* dimana masing-masing kolom *worksheet* berisikan item-item sebagai berikut yaitu :

1. *Identification no* : Sebagai no identitas dari komponen yang akan dianalisa.
2. *Functional Identification* : Merupakan nama komponen yang akan dianalisa pada suatu sistem tertentu.
3. *Function* : Merupakan fungsi dari komponen yang akan dianalisa.
4. *Failure Modes* : Merupakan mode kegagalan dari masing-masing komponen yang akan dianalisa.
5. *Mision Phase* : Merupakan akibat dari mode kegagalan atau effect dari adanya kegagalan dari masing-masing komponen sehingga menggagalkan misi operasionalnya.
6. *Local Effect* : Merupakan effect lokal yang dihasilkan apabila terjadi kegagalan pada masing-masing komponen tersebut.
7. *Next Higher Effect* : Merupakan effect lanjutan yang dihasilkan.
8. *End Effect* : Merupakan efek terakhir yang dihasilkan dari kegagalan masing-masing komponen yang dianalisa.
9. *Failure Detection* : Merupakan cara mendeteksi dari timbulnya kegagalan pada masing-masing komponen yang akan dianalisa.
10. *Compensating Provision*: Merupakan *worksheet* yang digunakan untuk mengidentifikasi cara-cara yang dapat dilakukan terkait dengan metode perbaikan (cara-cara perbaikan yang bisa dilakukan) terhadap resiko kerusakan yang terjadi
11. *Severity Class*: Merupakan hasil akhir dari penilaian resiko berupa pemeringkatan class atau pemeringkatan nilai keparahan suatu resiko kegagalan suatu komponen pada suatu sistem yang dapat dikelompokkan menjadi 5 kelompok: *negligible*, *minor*, *moderate*, *major*, dan *severe*.