

NASKAH ORISINAL

Peningkatan Keselamatan Kapal Niaga dengan Sistem Pemuatan Berbasis Komputer

Murdjito¹ | Sujantoko^{1,*} | Setyo Nugroho² | Eko Budi Djatmiko¹ | Mahmud Mustain¹ | Wisnu Wardhana¹ | Wahyudi¹ | Eka Wahyu Ardi²

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

²Departemen Teknik Transportasi Laut, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Korespondensi

*Sujantoko, Departemen Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: sujantoko@oe.its.ac.id

Alamat

Laboratorium Hidrodinamika, Departemen Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Abstrak

Peningkatan kualitas keamanan dan keselamatan pelayaran Kementerian Perhubungan telah mencanangkan ‘zero accident’ dengan mengeluarkan standar yang terkait dengan teknologi kapal, kelengkapan peralatan keselamatan di kapal, dan sertifikasi awak kapal. Untuk menjamin keselamatan pelayaran, maka kapal harus dinyatakan laik laut jika ingin belayar. Walaupun demikian tingkat kecelakaan kapal di laut masih tinggi. Dalam rangka meningkatkan keselamatan pelayaran untuk mengatasi tingginya angka kecelakaan fatal maka diperlukan sarana pendidikan kepelautan yang memadai. Peningkatan mutu pendidikan formal dan sosialisasi tentang keselamatan pelayaran perlu disosialisasikan lebih luas dan lebih baik. Kecelakaan kapal sering disebabkan oleh tidak dilakukannya penataan muatan yang sistematis dan tidak dilakukannya perhitungan stabilitas secara akurat. Dengan alat perencanaan muatan berbasis komputer, maka perhitungan stabilitas kapal yang akurat dan otomatis dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman dan kesadaran arti pemuatan dan stabilitas kapal pada operasi muat kapal. Kegiatan yang akan dilakukan dalam program ini adalah membuat prototipe materi pelatihan dan pendidikan keselamatan kapal secara sistematis dan terstruktur dengan perangkat lunak yakni *iStow*. Urgensi peningkatan keselamatan kapal sangat tinggi, mengingat kecelakaan kapal sering kali bersifat fatal. Sehingga dapat mengganggu kehidupan sosial dan kegiatan perekonomian. Pemanfaatan teknologi tinggi akan dapat berkontribusi dalam meningkatkan keselamatan pelayaran dan kesejahteraan awak kapal.

Kata Kunci:

iStow, Kapal niaga, Keselamatan pelayaran, Sistem pemuatan kapal berbasis komputer, Transformasi digital

1 | PENDAHULUAN

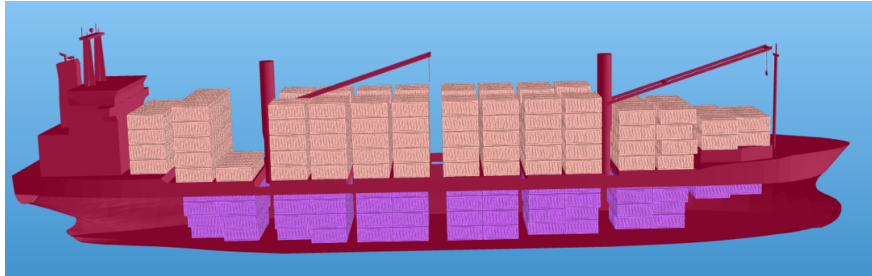
1.1 | Latar Belakang

Usaha dalam penyelamatan jiwa di laut merupakan suatu kegiatan yang dipergunakan untuk mengendalikan terjadinya kecelakaan di laut yang dapat mengurangi sekecil mungkin akibat yang timbul terhadap korban manusia, kapal dan muatannya, juga pencemaran terhadap lingkungan. *International Maritime Organization* (IMO) tahun 2007 memaparkan bahwa kecelakaan adalah suatu kejadian yang tidak diinginkan yang melibatkan kematian, cedera, kehilangan atau kerusakan kapal, kerugian harta benda atau kerusakan lingkungan. Sebagian besar penyebab utama kecelakaan laut yang berujung pada hilangnya nyawa manusia ini adalah murni kesalahan manusia.

Dalam jasa pelayanan transportasi kualitas pelayanan yang paling mendasar adalah dalam hal keamanan dan keselamatan. Ini juga yang menyebabkan Kementerian Perhubungan mencanangkan 'zero accident'. Salah satu upaya yang harus dilakukan Pemerintah untuk menjamin keamanan dan keselamatan pelayaran, adalah mengeluarkan standar yang terkait dengan teknologi kapal, kelengkapan peralatan keselamatan di kapal, dan sertifikasi awak kapal. Untuk menjamin keselamatan pelayaran, maka kapal harus dinyatakan laik laut jika ingin belayar. Suatu kapal dinyatakan laik laut jika mengikuti ketentuan yang mengatur terhadap keselamatan kapal, antara lain tentang badan kapal, perlengkapan, sertifikat penumpang, sertifikat keselamatan radio, perangkat telegraf radio dan sertifikat alat-alat penolong dan peralatan lainnya serta keselamatan barang.

Dalam rangka meningkatkan keselamatan pelayaran untuk mengatasi tingginya angka kecelakaan fatal yang menyebabkan kematian awak kapal, dan pekerja pada kapal diperlukan sarana pendidikan kepelautan yang sesuai dengan Standar Pelatihan Dasar Keselamatan (*Basic Safety Training*). Seperti diketahui bahwa kurikulum pelatihan dasar keselamatan khusus yang disusun berdasarkan Standar Konvensi Internasional STCW 1978.

Penataan posisi muatan di kapal dilakukan oleh awak kapal berdasarkan pengalaman yang dimiliki, seperti yang terlihat pada Gambar (1) sebagai contoh untuk sistem pemuatan muatan untuk kapal barang/ petikemas.

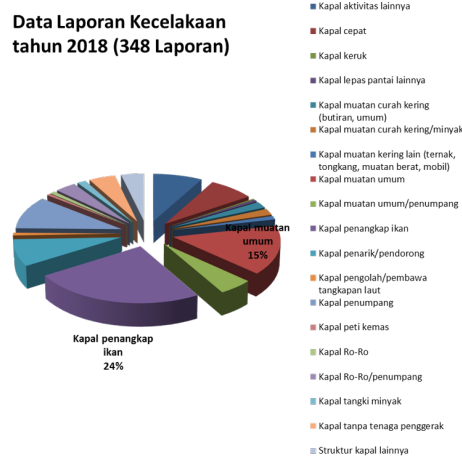


Gambar 1 Sistem pemuatan kapal Petikemas.

Bagian muatan yang berat diletakkan di dasar kapal untuk menjaga *centre of gravity* tetap rendah sehingga stabilitas kapal terjaga dan pada akhirnya kapal tidak mudah terbalik. Pada Gambar (2) terlihat kontribusi kecelakaan pada kapal dari berbagai jenis kapal di tahun 2018^[1]. Dalam pelaksanaannya, peletakan muatan di kapal ikan tidaklah mudah akibat banyak kendala yang dialami awak kapal terutama karena ketidakpastian kedatangan muatan.

Biasanya, muatan yang datang lebih awal diangkut ke atas kapal dan langsung ditata. Atau, jika muatan sudah datang dan merupakan barang yang harus diletakkan di atas, maka barang tersebut diletakkan di sisi dermaga dekat kapal. Perubahan posisi muatan akan mempengaruhi stabilitas kapal, sehingga diperlukan perhitungan ulang. Saat perhitungan ulang sering terjadi kesalahan memasukkan input data perubahan, yang mengakibatkan perhitungan stabilitas kapal tidak akurat. Kesalahan seperti itu akan dapat dihindari apabila ada suatu standar pertukaran data.

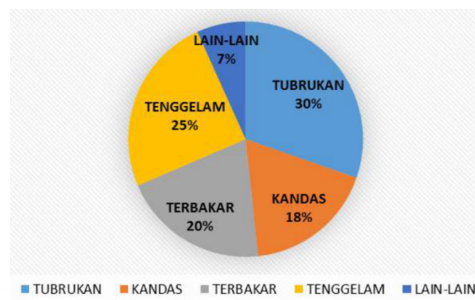
Salah satu penyebab kecelakaan banyak kasus kecelakaan kapal adalah akibat muatan berlebih dan tidak tertata dengan baik^{[2][3][4]}. Menurut data APMI tahun 2016, setengah dari kecelakaan kapal di Indonesia merupakan kapal Tradisional termasuk kapal ikan didalamnya^[5]. Berdasarkan data putusan Mahkamah Pelayaran, terdapat 4 (empat) jenis kecelakaan kapal yang banyak terjadi di perairan Indonesia, yaitu, tubrukan, tenggelam, terbakar dan kandas. Dari data tersebut, jumlah kecelakaan



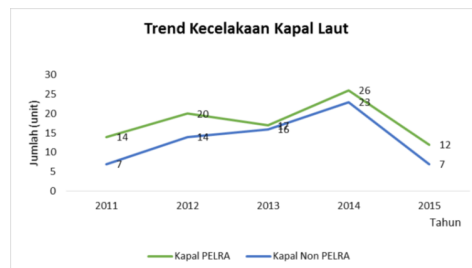
Gambar 2 Pengaruh penataan muatan terhadap stabilitas kapal^[1].

kapal pelayaran rakyat didominasi oleh kapal tenggelam: 57,14% dari total seluruh kejadian, disusul karena kapal terbakar, kandas, dan tubrukan, berturut-turut sebesar 21,43%, 10,71% dan 10,71%^[6].

Kecelakaan kapal mengakibatkan kerugian baik jiwa, nilai ekonomi dan lingkungan karena kapal berikut muatannya dapat tenggelam, atau tumpah di laut atau kebakaran yang sering mengakibatkan korban jiwa awak kapal. Laporan Komite Nasional Kecelakaan Transportasi (KNKT) menunjukkan bahwa jumlah kecelakaan kapal dari 2010 hingga 2016 meningkat dan korban jiwa yang disebabkan olehnya adalah sebanyak 807 korban jiwa^[7]. Dari data KNKT terdapat 202 kecelakaan pelayaran yang telah dilakukan investigasi oleh KNKT dalam periode 2007–2021 didapatkan 135 kasus masuk kategori sangat serius/ *very serious marine casualty* (VSMC) meliputi *total loss*, *fatality*, dan pencemaran berat, dan 67 kasus kecelakaan kapal masuk kategori insiden. Hal ini dapat dilihat pada Gambar (3) dan Gambar (4) di bawah ini.

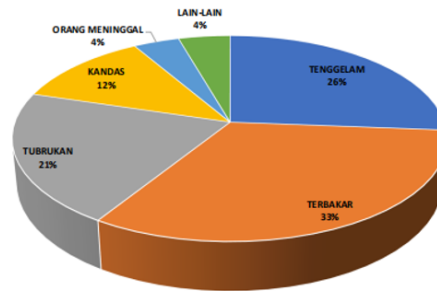


Gambar 3 Jenis kecelakaan di laut^[1].



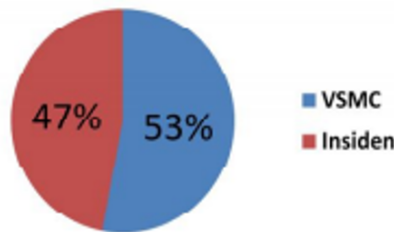
Gambar 4 Jumlah kecelakaan kapal di laut^[1].

Sedangkan kecelakaan kapal dalam periode yang sama berdasarkan jenis kecelakaan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar (5).

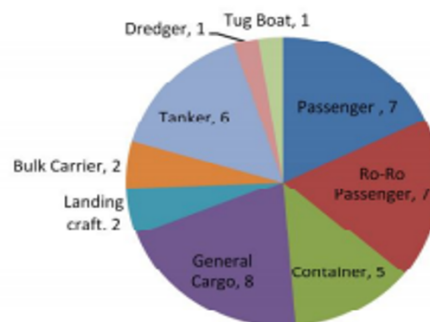


Gambar 5 Jenis kecelakaan yang diinvestigasi KNKT 2007-2021^[1].

Berdasarkan data KNKT tahun 2017 dapat dilihat pada Gambar (6) bahwa yang tergolong sebagai kecelakaan kapal lebih dari 50% sedang lainnya tergolong sebagai insiden di laut. Pada Gambar (7) berdasar data KNKT 2017 dapat dilihat bahwa kapal yang rentan mengalami kecelakaan yakni kapal penumpang, kapal ferry/ Ro-Ro, kapal kargo dan kapal petikemas.



Gambar 6 Klasifikasi kecelakaan pelayaran 2017^[1].



Gambar 7 Kecelakaan pelayaran sesuai dengan jenis kapal 2017^[1].

Perencanaan muatan adalah proses untuk mengalokasikan muatan/ kargo di atas kapal. Proses perencanaan dilakukan sebelum proses pemuatan, untuk memastikan bahwa kapal memiliki keamanan yang memadai untuk melakukan pelayaran. *iStow* adalah piranti untuk membantu perencanaan muatan kapal secara efektif dan efisien. Modularitas *iStow* memungkinkan untuk dimodifikasi atau disesuaikan sesuai dengan kebutuhan dalam melakukan operasi pengiriman yang lancar. Dengan menggunakan *iStow*, perencana dapat menghasilkan rencana penyimpanan secara akurat dan tepat waktu. Modul perhitungan berikut tersedia

di *iStow* meliputi *intact stability*, *damage stability*, dan *longitudinal strength (shear force and bending moment)*. Dokumen standar berikut untuk izin kapal disediakan yaitu hasil perhitungan stabilitas, hasil perhitungan kekuatan kapal, laporan *manifest*, laporan *bayplan* dan dokumen BAPLIE.

1.2 | Solusi Permasalahan

- Proses identifikasi dan analisis kecelakaan kapal di laut terutama difokuskan pada kapal barang terutama kapal tanker dan kapal Ro-Ro yang nilai muatannya cukup besar dan rentan terhadap pengaruh stabilitas. Kebijakan nasional yang dikeluarkan oleh Kementerian Perhubungan melalui Undang-Undang, Kepmen, Permen dan Peraturan pemerintah secara umum belum sepenuhnya selaras dengan kebijakan internasional yang ada. Dengan demikian masih diperlukan upaya memperbaiki sistem keselamatan awak kapal. Beberapa konvensi telah diratifikasi Pemerintah RI dan dituangkan dalam peraturan dan perundang-undangan. Meskipun begitu, melihat fakta lapangan masih tingginya tingkat kecelakaan kapal di laut, serta kondisi peraturan nasional yang ada, maka perlu dilakukan penataan yang berhubungan dengan manajemen keselamatan kapal, sehingga dalam pelaksanaannya saling sinergis.
- Melakukan survey konstruksi kapal dan sistem pemuatan barang untuk mendapatkan gambaran kondisi stabilitas kapal.
- Pemrograman perangkat lunak Kanban berdasarkan *basic program iStow* yang sudah ada untuk menyesuaikan kebutuhan dan jenis kapal.
- Evaluasi perangkat lunak Kanban untuk melihat kesesuaian terhadap kebutuhan pelatihan dan pendidikan.
- Pelatihan dan pedampingan.

1.3 | Target Luaran

Target luaran kegiatan pelatihan peningkatan keselamatan pekerja kapal dengan sistem pemuatan berbasis komputer ini, yaitu:

- Dokumen pelatihan peningkatan keselamatan pekerja kapal dengan sistem pemuatan berbasis komputer.
- Peningkatan jejaring kerjasama perguruan tinggi, LPPM ITS, Masyarakat, Pelaksana Pendidikan Vokasi/ Kejuruan dan Pemerintah Propinsi Jawa Timur serta Kabupaten/ Kota.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

Dikutip dari laporan Direktorat Perhubungan Laut (2020) bahwa posisi 31 Desember 2019 total armada laut sebanyak 32.587 kapal (45 juta GT), bila dibandingkan dengan bulan Mei 2005 yang total armadanya sebanyak 6.041 unit kapal (5,67 juta GT) maka terjadi peningkatan jumlah armada sebanyak 26.546 kapal atau 356%. Artinya per tahun rata-rata terjadi peningkatan jumlah armada kapal laut sebesar 25%. Ada banyak macam kapal yang saat ini digunakan di Indonesia untuk berbagai keperluan, salah satunya adalah kapal niaga. Bahkan kapal niaga pun memiliki berbagai macam dan jenis yang cukup banyak. Kapal niaga atau sering disebut juga kapal dagang merupakan kapal yang digunakan untuk membawa penumpang dan mengangkut kargo. Kapal ini memiliki berbagai bentuk dan ukuran.

Keselamatan dan keamanan maritim merupakan kebijakan utama yang menjadi prioritas bidang pelayaran dalam rangka untuk menunjang kelancaran transportasi laut di Indonesia^[8]. Insiden kecelakaan kapal seperti halnya tabrakan, ledakan, kebakaran, kegagalan peralatan, kandas, terbalik, kebocoran, serta tenggelam merupakan persoalan-persoalan yang berkaitan dengan keselamatan kerja dan keamanan transportasi laut^[9]. Keselamatan pelayaran diatur dalam peraturan *Safety of Life at Sea (SOLAS)* yakni peraturan yang mengatur keselamatan maritim paling utama dengan tujuan untuk meningkatkan jaminan keselamatan hidup di laut. Peraturan SOLAS 1960 mengatur mengenai desain untuk meningkatkan faktor keselamatan kapal seperti: Desain konstruksi kapal, Permesinan dan instalasi listrik, pencegah kebakaran, Alat-alat keselamatan, Alat komunikasi dan keselamatan navigasi. Adapun, usaha penyempurnaan peraturan tersebut dengan cara mengeluarkan peraturan tambahan (*amandement*) hasil konvensi IMO, yang dilakukan secara berturut-turut pada 1966, 1967, 1971 dan 1973^[10].

Dalam hal operasional angkutan, pemuatan muatan ke kapal menggunakan jenis alat angkat sesuai dengan jenis kapal dan muatannya, seperti terlihat pada Gambar (8) dibawah ini untuk operasi pemuatan petikemas. Cara penanganan muatan baik

dalam hal bongkar muat maupun penanganan di atas kapal sangat berpengaruh terhadap keselamatan kapal. Beberapa jenis kapal, kegiatan bongkar muat masih dilakukan secara manual dengan menggunakan tenaga manusia dan bersifat padat karya. Bahkan dalam penanganan muatan di atas kapal selama berlayar juga masih sederhana, yaitu dengan diletakkan di dalam palkah atau di atas geladak kapal dan ditutup dengan terpal.



Gambar 8 Muatan petikemas pada angkutan kapal barang.

2.1 | Dasar Hukum Klasifikasi Kapal Niaga

Dasar hukum untuk pelayaran di Indonesia terdapat pada:

1. Undang-undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran;
2. Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 2010 tentang Angkutan di Perairan;
3. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor KM.93 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan dan Pengusahaan Angkutan Laut;^[11]

2.2 | Dasar Hukum Keselamatan Kapal

Kecelakaan kapal disebabkan karena beberapa hal yaitu faktor teknis seperti kondisi kapal yang tidak laik laut dan kondisi cuaca yang kurang baik. Faktor non teknis seperti kesalahan manusia juga sebagai penyebab kecelakaan kapal diantaranya kurangnya kesadaran awak kapal dalam hal keselamatan dan kurangnya kemampuan atau keahlian daripada awak kapal dalam mengoperasikan kapal. Banyaknya jumlah kecelakaan kapal akibat kerusakan mesin, tenggelam dan tubrukan karena kesalahan manusia. Rusaknya mesin kapal dan tubrukan kapal karena kurangnya perawatan dari awak kapal dan juga kelalaian dari awak kapal. Hal ini menandakan bahwa kemampuan atau keahlian awak kapal dalam mendukung kegiatan operasional kapal masih kurang.

1. Peraturan Pemerintah RI

Keselamatan kapal termasuk dalam keselamatan pelayaran secara umum, dimana keselamatan pelayaran adalah wewenang dan tanggung jawab kementerian Perhubungan. Berikut beberapa peraturan-peraturan nasional kedua Kementerian terkait keselamatan kapal antara lain:

- (a) Peraturan Pemerintah No. 7 tahun 2000 tentang Kepelautan.

Peraturan ini tentang pengawakan kapal yang menyebutkan jenis sertifikat keahlian pelaut kapal terdiri dari sertifikat keahlian pelaut nautika kapal penangkap dan sertifikat keahlian pelaut teknik permesinan dan lain-lain. Pengawakan kapal harus disesuaikan dengan daerah pelayaran, ukuran kapal dan daya penggerak kapal.

- (b) Peraturan Menteri Perhubungan KM. 9 tahun 2005 tentang pendidikan dan pelatihan ujian serta sertifikasi bagi pelaut.

Pendidikan dan pelatihan bagi pelaut sangat penting dalam peningkatan kapasitas sumberdaya manusia awak kapal dan calon awak kapal. Pendidikan dan pelatihan pelaut dapat dilaksanakan oleh unit-unit pendidikan dan atau pelatihan atau badan hukum pendidikan berdasarkan sistem standar mutu sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Ketentuan mengenai sistem standar mutu pendidikan dan pelatihan, ujian dan sertifikasi pelaut diatur lebih lanjut dengan Peraturan Menteri.

Sertifikasi keahlian pelaut yaitu terdiri dari sertifikat keahlian (*Certificate of competency*) pelaut dan sertifikat keterampilan

- i. Sertifikat Keselamatan Dasar Awak Kapal (*Basic Safety Training Personnel/BST Certificate*);
- ii. Sertifikat Lanjutan Penanggulangan Kebakaran (*Advanced Fire Fighting Certificate*);
- iii. Sertifikat Pertolongan Medis Darurat (*Medical Emergency First Aid Certificate*);
- iv. Sertifikat Perawatan Medis di atas Kapal (*Medical Care on Board Certificate*);
- v. Sertifikat Simulasi Radar (*Radar Simulator Certificate*);
- vi. Sertifikat Simulasi ARPA (*ARPA Simulator Certificate*);
- vii. Sertifikat Operator Radio Umum untuk GMDSS (*General Radio Operator Certificate for the GMDSS*);
- viii. Sertifikat Operator Radio Terbatas untuk GMDSS (*Restricted Radio Operator Certificate for the GMDSS*);
- ix. Sertifikat Kecakapan Pesawat Luput Maut dan Sekoci Penyelamat (*Proficiency in Survival Craft and Rescue Boats Certificate*);
- x. Sertifikat Perwira Keamanan Kapal (*Ship Security Officer Certificate*).

Sertifikat-sertifikat pelaut diterbitkan oleh Ditjen Perla, Kementerian Perhubungan.

- (c) Keputusan Menteri Perhubungan No. 46 tahun 1996 Tentang Sertifikasi Kelaiklautan.

Peraturan ini membahas mengenai kelaiklautan kapal, akan tetapi peraturan tersebut lebih terfokus membahas tata laksana atau prosedur penerbitan sertifikat kelaiklautan kapal tanpa menyebutkan atau melampirkan standar keselamatan yang harus dipenuhi oleh suatu kapal agar dapat dikatakan laik laut. Sehingga dalam proses penerbitan Sertifikat Kelaiklautan Kapal tersebut, pihak *Marine Inspector* yang merupakan petugas pemeriksa persyaratan kelaikan kapal tidak dapat menerapkan secara tegas standar keselamatan yang harus dipenuhi oleh kapal tersebut.

2. IMO

Lembaga internasional lain seperti IMO telah mengembangkan dan menetapkan aturan-aturan tentang keselamatan maritim. Peraturan internasional tersebut antara lain adalah:

- (a) *International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarer* (STCW), 2010.

Konvensi ini mengatur standar persyaratan pengetahuan dan keterampilan minimum sertifikasi awak kapal serta prinsip-prinsip dinas jaga laut.

Standar persyaratan minimum untuk sertifikasi awak kapal penangkap seperti:

- i. Persyaratan minimum untuk sertifikasi sebagai nakhoda, perwira yang melaksanakan tugas jaga navigasi kapal yang beroperasi di perairan terbatas dan tak terbatas;
- ii. Persyaratan minimum untuk sertifikasi Kepala Kamar Mesin dan perwira mesin pada kapal yang digerakkan oleh mesin penggerak utama dengan daya dorong 750 KW atau lebih;
- iii. Persyaratan minimum yang disyaratkan untuk sertifikasi GMDSS bagi petugas radio;

- iv. Pelatihan keselamatan tingkat dasar bagi seluruh awak kapal (*Basic Safety Training for vessels personnel*);
- v. Prinsip dasar yang harus diamati dalam jaga navigasi.

Dalam konvensi STCW 2010 juga dimuat resolusi konvensi, terdiri dari:

- Resolusi 1. Pelatihan bagi operator radio untuk (GMDSS).
- Resolusi 2. Pelatihan radar simulator.
- Resolusi 3. Petunjuk dan rekomendasi untuk awak kapal.
- Resolusi 4. Pelatihan anak buah kapal (ABK)
- Resolusi 5. Pelatihan teknik penyelamatan diri bagi awak kapal.
- Resolusi 6. Pelatihan dan sertifikasi bagi awak kapal
- Resolusi 7. Persyaratan dan peraturan perwira jaga bagian mesin.
- Resolusi 8. Promosi peran serta wanita dalam industri pelayaran.
- Resolusi 9. Hubungan antar manusia.

3. *Convention on The International Regulation for Preventing Collision at Sea (COLLREG), 1972*

Peraturan ini mengatur secara internasional mengenai kecelakaan tubrukan kapal. Ketentuan-ketentuan dalam aturan ini menjelaskan tentang aturan mengemudi dan berlayar serta penggunaan lampu penerangan dan sosok benda yang isyaratkan untuk keamanan berlayar. Ketentuan tersebut berlaku bagi semua kapal yang melakukan pelayaran. Konvensi ini diadopsi pada tanggal 20 Oktober 1972.

Berdasarkan uraian peraturan internasional tersebut diatas, beberapa peraturan bersifat wajib (*mandatory*) dan mengikat artinya Indonesia sebagai negara yang tergabung dalam organisasi maritim internasional harus mengimplementasikan ke dalam kebijakan nasional. Peraturan internasional yang bersifat *mandatory* yaitu Protocol 1993 dan STCW tahun 2010. Peraturan lainnya bersifat sukarela (*volunteer*) dan tidak mengikat. Karena sifat sukarela tersebut, perlu komitmen dan kesadaran stakeholder untuk menjamin prinsip, tujuan dan tindakan praktis dalam implementasinya. Oleh karena itu, suatu negara harus memberikan perhatian yang lebih terhadap keselamatan kapal dan awak kapalnya.

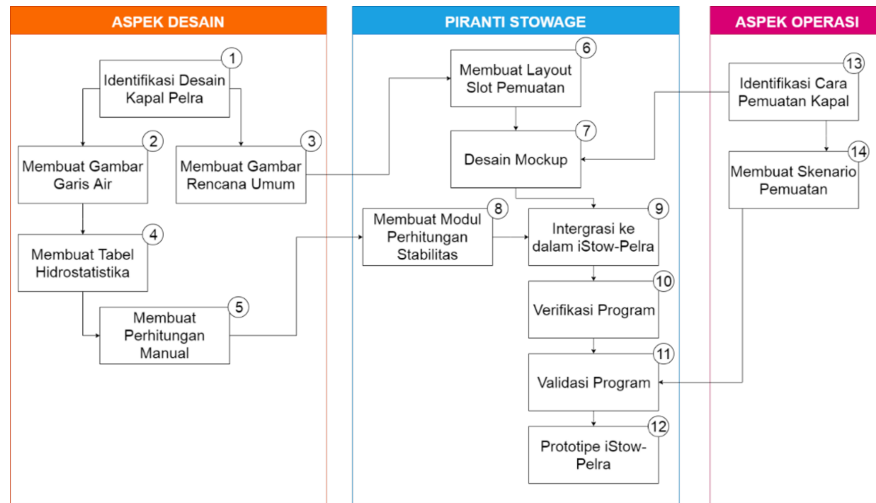
3 | METODE KEGIATAN

Metode untuk menyelesaikan masalah pemuatan pada kapal dapat dilakukan dalam aspek disain, piranti *stowage* dan aspek operasi. Metode tersebut terlihat pada Gambar (9).

Aspek Desain:

1. Identifikasi desain kapal: mengidentifikasi desain kapal yang ada terutama yang beroperasi di Indonesia dengan melihat ukuran, tujuan serta komoditi yang diangkut;
2. Membuat gambar garis air: setelah mendapatkan data desain kapal tahap selanjutnya adalah membuat gambar garis air;
3. Membuat gambar rencana umum: setelah mendapatkan desain kapal langkah yang diambil selanjutnya adalah mulai mendesain rencana gambar umum kapal dengan acuan kapal yang sudah ada;
4. Membuat tabel hidrostatis: membuat tabel hidrostatis dengan acuan gambar garis air kapal;
5. Membuat perhitungan manual: membuat perhitungan manual kapal dari perhitungan hidrostatis yang sudah ada.

Piranti *Stowage*:



Gambar 9 Metodologi tahap pertama.

1. Membuat *layout slot* pemuatan: dari hasil desain gambar rencana umum tahap selanjutnya adalah membuat *layout slot* pemuatan;
2. Desain *mock up*: setelah melakukan desain *layout slot* pemuatan hal yang dilakukan selanjutnya adalah mendesain *mock up* platform *iStow*. Hal ini bertujuan agar dapat menggambarkan tampilan dan fitur platform yang akan disajikan kepada pengguna;
3. Membuat modul perhitungan stabilitas: setelah dilakukan proses perhitungan manual langkah selanjutnya adalah membuat modul perhitungan stabilitas yang telah dilakukan sebelumnya secara manual;
4. Integrasi ke dalam *iStow*: setelah menyelesaikan *mock up iStow*. Hal yang selanjutnya akan dilakukan adalah mengintegrasikan modul dan merealisasikan *mock up* yang sudah dirancang;
5. Verifikasi program: verifikasi program merupakan kegiatan untuk mengverifikasi hitungan yang sudah diinput kedalam program;
6. Validasi program: validasi program merupakan suatu proses pengecekan kelayakan program *iStow* agar dapat dilakukan proses selanjutnya;
7. Prototipe *iStow*: merupakan hasil akhir dari perangkat lunak yang sudah dapat digunakan.

Aspek Informasi:

1. Identifikasi cara pemuatan kapal: mengidentifikasi cara pemuatan pada kapal. Hal tersebut akan mempermudah perencanaan *mock up* program *iStow*;
2. Membuat skenario pemuatan: setelah mengidentifikasi cara pemuatan pada kapal, langkah selanjutnya adalah membuat skenario pemuatan pada kapal tersebut dengan inputan jenis muatan.

4 | HASIL DAN DISKUSI

4.1 | Survey Kapal

Survey kapal tradisional telah dilakukan dan berlokasi di Pelabuhan Gresik dan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dimana dapat dilihat kondisi eksisting penataan muatan-muatan yang ada (Gambar (10) dan (11)).

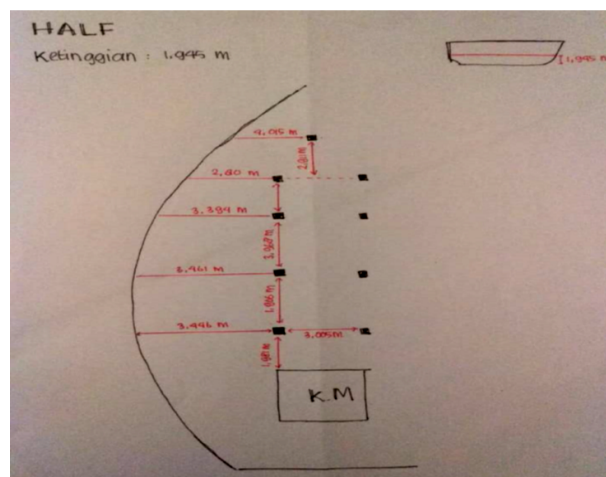


Gambar 10 Kapal Berkah Lautan Timur.



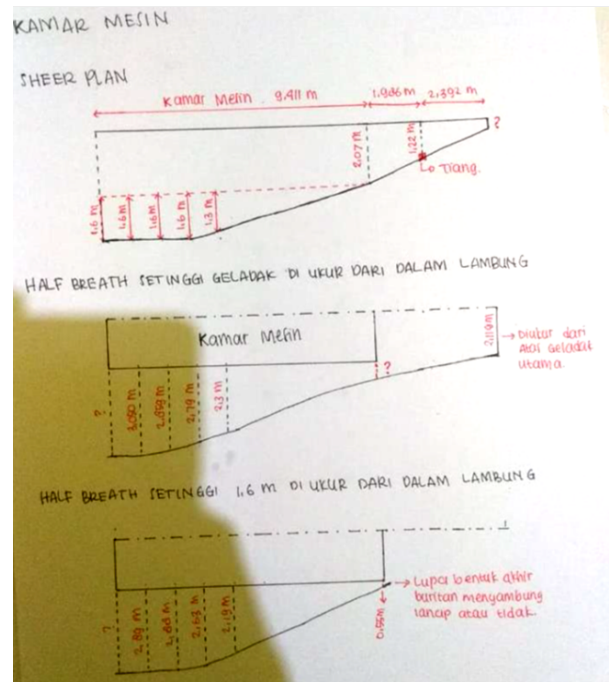
Gambar 11 KLM Budi Fajar.

Berdasarkan hasil survey yang telah dilakukan, didapatkan rencana garis dari kapal dengan ukuran utama yaitu panjang 38,5 meter, lebar 11,7 meter, sarat kosong dan sarat penuh sebesar 3 dan 8, serta *payload* sebesar 550 hingga 600 ton. Selanjutnya kapal tersebut dibuat disain gambar sehingga dapat dilakukan komputasi dalam *iStow*, gambar disain tersebut mencakup: *half breadth* kapal, rencana garis kamar mesin, rencana garis pada haluan kapal (Gambar (12) - Gambar (14)).

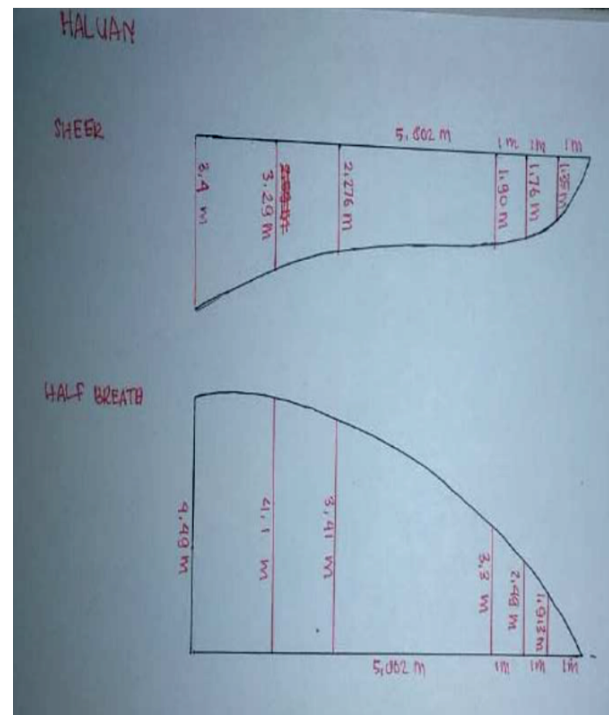


Gambar 12 *Half breadth* kapal.

Dalam proses memperbaiki sistem pemuatan dalam kapal tradisional, *iStow* menawarkan suatu model komputasi. *iStow* merupakan sebuah aplikasi *loading computer software* tersertifikasi pertama dari dalam negeri. *iStow* adalah perangkat lunak



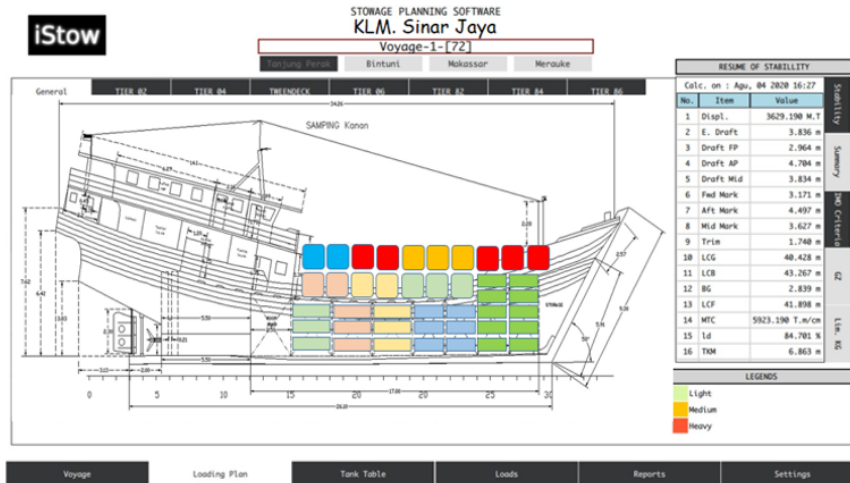
Gambar 13 Rencana garis pada kamar mesin.



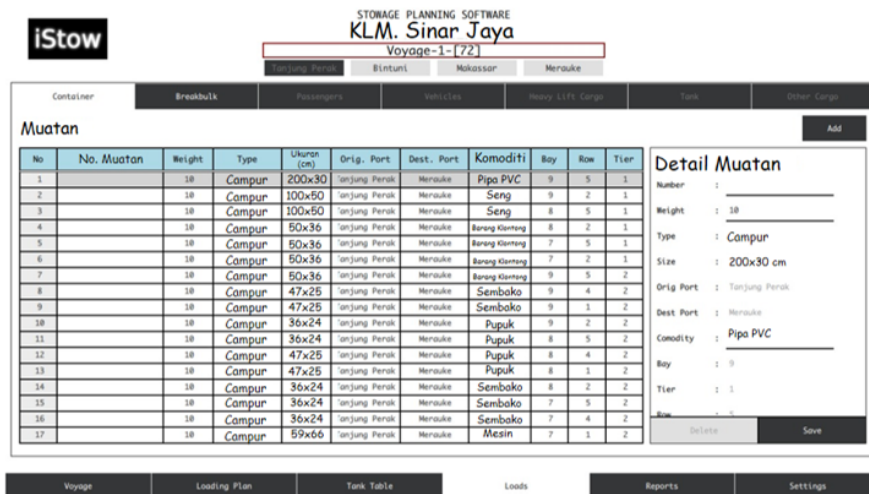
Gambar 14 Rencana garis pada haluan kapal.

semi-otomatis untuk merencanakan posisi kargo (*stowage*) pada kapal yang dirancang dengan mudah (*user-friendly*). Proses perencanaan dapat dilakukan secara kolaboratif dalam otorisasi dan jaringan dengan tingkat keamanan yang tinggi. Dalam praktiknya, aplikasi *iStow* telah banyak digunakan untuk memudahkan perencanaan *stowage* pada berbagai jenis kapal. *iStow* juga dapat digunakan untuk membantu perencanaan sistem bongkar muat pada kapal Tradisional (Pelayaran Rakyat) termasuk pada

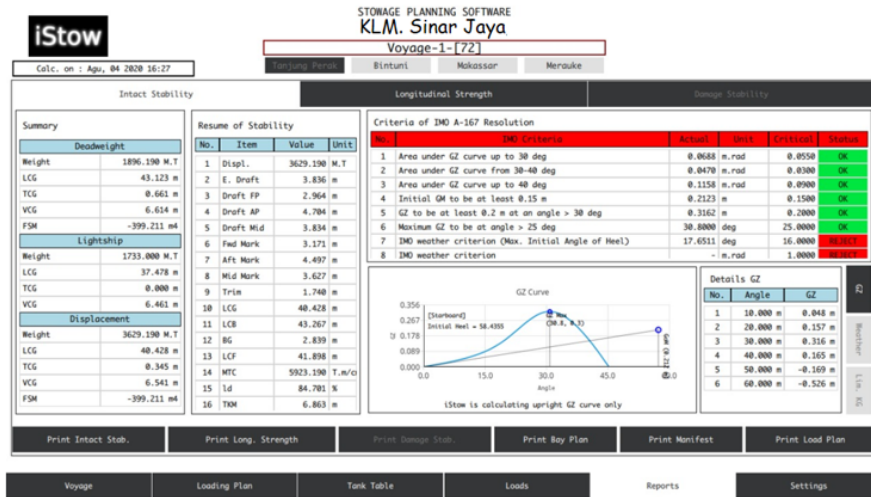
kapal penangkap ikan. Salah satu kekurangan sistem pemuatan kapal penangkap ikan juga terletak dari segi keselamatan. Sistem penataan muatan yang sembarangan jelas bisa menyebabkan kapal dalam bahaya saat berlayar. *iStow* membantu mengetahui bagaimana stabilitas dari kapal saat dimuati, baik untuk kondisi stabilitas utuh (*intact stability*) maupun kondisi bocor (*damage stability*). Selain stabilitas, juga dapat diketahui bagaimana kekuatan memanjang kapal (*longitudinal strength*). Sehingga sistem pemuatan akan lebih sistematis, mudah, dan aman^{[12][13][14]}. Adapun contoh model pemuatan *iStow* seperti pada Gambar (15) - Gambar (17). Adanya inovasi teknologi *iStow* yang sudah diterapkan pada beberapa perusahaan kapal besi di Indonesia diharapkan industri kapal Penangkap ikan dapat menggunakan teknologi tersebut untuk mempermudah penataan muatan agar stabilitas kapal penangkap ikan optimal sehingga tidak akan terjadi lagi kecelakaan yang diakibatkan oleh kelebihan muatan.



Gambar 15 Model pemuatan *iStow* tradisional.



Gambar 16 Daftar muatan *iStow* tradisional.



Gambar 17 Prototipe tampilan stabilitas *iStow*.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian masyarakat dana departemen ini telah dilakukan di SMK Kelautan Sunan Drajat Lamongan. Berdasarkan kegiatan yang telah dilakukan dapat diringkas sebagai berikut:

1. Kapal niaga dan kapal rakyat memiliki peran penting dalam menjaga sistem logistik dan ketahanan pangan nasional selama ini kurang mendapatkan perhatian yang memadai dari pihak berwenang sehingga tingkat kecelakaan yang terjadi masih tinggi dibanding dengan angkutan laut lainnya.
2. Tingkat kecelakaan kapal tradisional sesuai dengan data yang ada masih tinggi akibat dari faktor manusia, perlu upaya terus menerus untuk sosialisasi keselamatan pelayaran dari pihak-pihak terkait.
3. Faktor pengaruh terhadap keselamatan pelayaran dilihat dari aspek legalitas, teknis, non teknis dan ekonomis.
4. Pemahaman tentang keselamatan pelayaran dan stabilitas kapal diperlukan oleh para awak kapal, dalam hal ini diperlukan perangkat lunak sebagai bahan pelatihan dan pengajaran pada calon awak kapal tersebut.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian masyarakat ini didukung oleh Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan dan DRPM ITS Surabaya.

Referensi

1. KNKT, Departemen Perhubungan, editor, Maritime Safety;. http://knkt.dephub.go.id/knkt/ntsc_maritime/maritime.htm, diakses 19 Oktober 2022.
2. Santoso G. Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja 2004;.
3. Mubarak A. Studi Karakteristik Muatan Pada Pelayaran Rakyat: Studi Kasus Pelayaran Rakyat Gresik 2015;.
4. Nafiandia RE. Studi Forensik Kecelakaan Kapal Pelayaran Rakyat: Studi Kasus KLM. Sampoerna Indah. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember; 2018.
5. Maritime News Online, Departemen Perhubungan, editor, Ini ulasan APMI untuk Bangkitkan kembali Kejayaan Pelra.; 2017. <http://maritimnews.com/2017/07/ini-ulasan-apmi-untuk-bangkitkan-kembali-kejayaan-pelra/>.

6. Prasetyo L. Analisis Mitigasi Risiko Pengoperasian Kapal Tradisional: Studi Kasus Pelayaran Rakyat. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember; 2017.
7. Sarjono RE. Analisis Penerapan Standardisasi Keselamatan Kapal Pelayaran Rakyat: Tinjauan Aspek Transportasi Laut. PhD thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember; 2020.
8. Listiyono Y, Prakoso LY, Sianturi D. Strategi Pertahanan Laut dalam Pengamanan Alur Laut Kepulauan Indonesia untuk Mewujudkan Keamanan Maritim dan Mempertahankan Kedaulatan Indonesia. *Strategi Pertahanan Laut* 2021;5(3).
9. Hasugian S, Wahyuni AIS, Rahmawati M, Arleiny A. Pemetaan Karakteristik Kecelakaan Kapal di Perairan Indonesia Berdasarkan Investigasi KNKT. *Warta Penelitian Perhubungan* 2018;29(2):229–240.
10. Hendrawan A. Analisa Indikator Keselamatan Pelayaran Pada Kapal Niaga. *Saintara: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Maritim* 2019;3(2):53–59.
11. Menteri Perhubungan Republik Indonesia, Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KM 33 Tahun 2001 tentang Penyelenggaraan dan Pengusahaan Angkutan Laut. Jakarta;.
12. Leli N. Kinerja Angkutan Dan Konektivitas Pelayaran Rakyat: Studi Kasus Pelabuhan Rakyat Kalimas. PhD thesis, Institut Technology Sepuluh Nopember; 2016.
13. Nugroho S, Buana IS, Abidin AZ, Prayoga PH. Ketidakefektifan Perencanaan Penerapan Teori Rasionalitas Terbatas pada Penataan Peti Kemas. *Seminar Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan (SENTA) 2007*;.
14. Nugroho S. A case-based stowage planning system. *WIT transactions on the built environment* 2005;79.

Cara mengutip artikel ini: Murdjito, Sujantoko, Nugroho, S., Djatmiko, E.B., Mustain, M., Wardhana, W., Wahyudi, Ardi, E.W., (2023), Peningkatan Keselamatan Kapal Niaga dengan Sistem Pemuatan Berbasis Komputer, *Sewagati*, 7(3):339–352, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v7i3.495>.