

# PENAMBAHAN UKURAN KAPAL PATROLI 6.5 m UNTUK MENINGKATKAN RADIUS PELAYARAN DITINJAU DARI ASPEK KENYAMANAN BERLAYAR

Bambang Teguh Setiawan<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia  
[tkmayangsari@yahoo.co.id](mailto:tkmayangsari@yahoo.co.id)

## Abstrak

Motion sickness incidence adalah istilah standar untuk rasa tidak nyaman dan rasa muntah yang disebabkan berbagai kondisi gerakan : dikapal, dipesawat terbang, dimobil, permainan ketangkasan, dalam kondisi tekanan gravitasi nol (ruang angkasa) dan dielevator/lift. Motion induced interruption didefinisikan sebagai suatu kejadian yang disebabkan gerakan kapal, memaksa seseorang dari keadaannya semula untuk kehilangan keseimbangan atau terpaksa meninggalkan aktivitasnya untuk mengatasi efek dari gerakan kapal tersebut. Dampak yang sering dialami adalah kehilangan stabilitas fisik, terpeleset dan lift off, yang paling sering dialami adalah kehilangan keseimbangan. Agar kapal nyaman dikendarai, maka pada tahap perencanaan sudah dapat diketahui besarnya motion sickness incidence dan besarnya motion induced interruption, selanjutnya nilai ini dibandingkan dengan seakeeping criteria, bila tidak sesuai ada 2 kemungkinan perbaikannya, dengan memindahkan rute pelayarannya artinya dengan mengganti spectra gelombang yang cocok atau dengan merubah rencana garis kapal/merubah ukuran utama sehingga mampu berlayar dirute pelayaran tersebut. Kondisi awal kapal dengan ukuran panjang 6.5 m, pada sea state 2 dari aspek anak buah kapal, semua anak buah kapal sejumlah 8 orang mampu mengatasi motion sickness incidence, sedangkan dari aspek slamming dan deck wetness tidak memenuhi kriteria. Kapal dilaksanakan redisain sampai panjang 7 m, tidak menunjukkan peningkatan kinerja, malahan pada sea state 2, kedelapan anak buah kapal tidak mampu mengatasi motion sickness incidence. Begitu juga bila kapal diredisain sampai panjang 10 m, belum mampu berlayar lebih dari sea state 2.

Kata Kunci : *MSI (motion sickness incidence), MII (motion induced interruption), spectra, seakeeping, sea state.*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Istilah *motion sickness* pada kapal yang dikenal juga dengan istilah mabuk laut adalah gejala sakit yang diakibatkan karena gerakan kapal yang mengakibatkan gejala fisik yang tidak nyaman yang ditandai dengan susah bernapas, pusing, mual, pucat dan muntah. Pada kasus tertentu yang parah, penumpang ataupun awak kapal harus dibawa ke rumah sakit.

Kapal patroli dengan panjang,  $L = 6.5$  m adalah kapal dengan bahan lambung dari fibreglass, selama ini radius pelayarannya adalah

menyusur pantai, sehingga amat terbatas jarak jelajahnya, berdasarkan keadaan ini, maka ukuran kapal akan diperbesar dengan harapan jarak jelajahnya menjadi bertambah. Seperti telah dimaklumi bersama bahwa untuk membuat kapal dari bahan fibreglass adalah membuat cetakan sesuai dengan ukuran kapal yang akan dibangun, selanjutnya serat fibre dan cairan resin dilapiskan pada permukaan serat fibre yang sudah digelar pada lapisan dalam cetakan kapal, bila campuran serat fibre dan cairan resin telah mengering, lambung kapal dilepas dari cetaknya, selanjutnya lambung kapal tersebut ditambahkan

gading, wrang sehingga kekuatan lambung kapal menjadi bertambah. Berdasarkan teknologi pembangunan lambung kapal dengan bahan fibreglass ini, penambahan ukuran kapal hanya pada panjangnya saja, agar sebagian besar cetakan masih bisa dipergunakan lagi tanpa harus membuat cetakan baru, tinggal menambahkan panjang pada daerah haluan dan buritan saja, tentu saja penambahan ini masih dalam rentang perbandingan ukuran utama yang dipersyaratkan untuk kapal patroli pada disain awal.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Daerah Pelayaran

Sejak tahun 1854 telah dilakukan pengukuran kecepatan angin dilaut (dengan skala Beaufort) serta arahnya dan tinggi gelombangnya. Hogben dan Lamb (1967) pertama kali menggunakan data laut yang meliputi kecepatan angin, arah angin dan tinggi gelombang, tetapi baru belakangan data-data laut tersebut ditampilkan dalam bentuk global wave statistic yang divisualisasi oleh BMT tahun 1986.

Dalam global wave statistic, area lautan didunia dibagi menjadi 104 wilayah, data ini dibuat setelah menjalankan pengamatan yang cukup lama dari global climatic statistic. Pengamatan tinggi gelombang, periode gelombang dan arah gelombang telah dikumpulkan untuk kepentingan perencanaan kapal pada kondisi normal pada seluruh perairan didunia sejak tahun 1949 dan dibuat sesuai dengan catatan petunjuk dari World Meteorological Organisation (WMO,2002,2001).

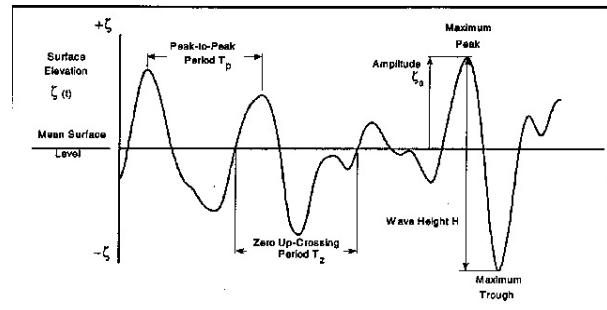
Beberapa penelitian penggunaan data global wave statistic mempelajari pengaruhnya pada beban kapal dan responnya seperti kerusakan karena kelelahan (Chen dan Thayamballi, 1991), Bitner-Gregersen et al.,1993,1995a. Suatu scatter diagram untuk perairan Atlantik Utara, menyatakan suatu rata-rata diagram untuk lautan wilayah 8, 9 dan 15 yang digunakan untuk merencanakan kapal.

Untuk memprediksi beban perencanaan paling ekstrem, kondisi perairan tempat kapal berlayar perlu dikaji mendalam.

### 2.2. Statistik gelombang laut tidak beraturan.

Dalam rentang sekitar (20 s/d 30) menit, suatu sistem gelombang laut pada titik tertentu,

secara statistik dianggap tetap dan karakteristik statistiknya dapat ditentukan.



Gambar 1: Pencatatan gelombang laut pada titik tertentu dan definisi beberapa parameter

Parameter gelombang umumnya antara lain :

1. Amplitudo gelombang, (meter) dan nilai rata-rata amplitudo gelombang sembarang pengukuran (meter).
2. Tinggi gelombang, H (meter) dan rata-rata nilai tinggi gelombang sembarang pengukuran .
3. Periode gelombang  $T_p$  (detik) antara dua puncak gelombang dan rata-rata nilai periode gelombang sembarang pengukuran .
4. Zero crossing periode,  $T_z$  (detik) dan rata-rata nilai pada sembarang pengukuran, .

Tinggi gelombang dan amplitudo gelombang biasanya diukur untuk tiap kejadian antara zero up crossing dan umumnya dinyatakan dengan significant wave height yaitu nilai rata-rata pada 1/3 tertinggi dari sembarang tinggi gelombang yang diukur.

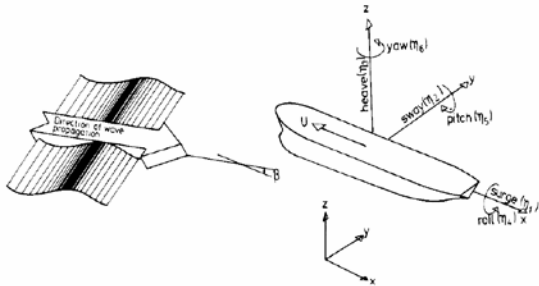
### 2.3. Olah Gerak Kapal (Seakeeping)

Lazimnya seakeeping diartikan memahami gerakan dan terkait dengan kapal dalam kondisi wilayah lautan tertentu. Dengan kata lain disini menguraikan pengaruh kapal dengan gelombang laut.

Penyelidikan pada seakeeping kapal sangat penting untuk semua perencana kapal, anak buah kapal dan lembaga regulasi, karena ini merupakan kebutuhan utama perencanaan dan juga faktor kunci utama dalam menjamin keselamatan kapal termasuk didalamnya keselamatan manusia dan barang muatan.

Sebagai jaminan keselamatan dan unjuk kerja seakeeping kapal yang baik, adalah penting untuk memperkirakan gerakan-gerakan kapal dan

beban gelombang dalam memenuhi ketelitian teknis kapal (Shan et al., 2004). Selanjutnya dari Sario dan Narli (1995), unjuk kerja keseluruhan dari kapal tergantung pada unjuk kerja seakeeping dalam wilayah lautan tertentu tempat kapal tersebut dioperasikan.



Gambar 2: Enam gerakan kapal

1. **Slamming**, berupa haluan kapal terangkat selanjutnya terbanting kebawah.

Slamming dapat mengakibatkan :

- a. Penurunan kecepatan dan kerusakan lokal pada konstruksi.
- b. Menimbulkan getaran yang menjalar kesegala arah konstruksi.

2. **Deck wetness**, terjadi bila haluan kapal terbenam kelaut.

Deck wetness dapat menyebabkan rasa sakit pada anak buah kapal dan kerusakan pada peralatan digeladak.

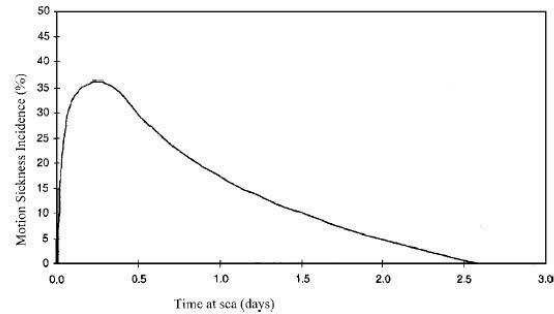
### 3. **Motion Sickness Incidence (MSI)**

*MSI index* pada umumnya digunakan untuk menilai kemungkinan terjadinya mabuk laut. Indek MSI bisa dihitung menggunakan persamaan 4 berikut ini [5];

Motion sickness adalah istilah standar untuk rasa tidak nyaman dan rasa muntah yang disebabkan berbagai kondisi gerakan : dikapal, dipesawat terbang, dimobil, permainan ketangkasan, dalam kondisi tekanan gravitasi nol (ruang angkasa) dan dielevator/lift.

Griffin (1990) meneliti indikasi tipe lain seperti mual, penyimpangan dalam bernapas, mengantuk, sakit kepala, perasaan tidak peduli kepada nasib orang lain. Akhirnya, kumulasi dari gejala tersebut biasanya menghasilkan rasa muntah. Pada orang-orang yang kondisinya rentan atau yang mempunyai kemampuan rendah beradaptasi terhadap gerakan, muntah bisa terjadi

terus menerus sampai beberapa hari yang akan menyebabkan anorexia, depresi, apatis. Pengaruh ini akan terakumulasi menjadi dehidrasi dan ketidakseimbangan elektrolit yang disebabkan muntah yang terus menerus.



Gambar 3. MSI yang menunjukkan populasi orang muntah

Gambar diatas menunjukkan variasi motion sickness incidence (MSI), berbanding dengan populasi yang ditunjukkan gerakan kapal, MSI didefinisikan sebagai prosentase orang yang mengalami muntah.

Penelitian dikapal ataupun dilaboratorium telah dilaksanakan untuk menentukan pengaruh gerakan kapal (roll, pitch dan heave), gerakan frekwensi dan percepatan juga durasi kejadian. Mc Cauley dan O'Hanlon (1974) meneliti hubungan frekwensi gerakan vertikal dan percepatan dengan MIS. Mc Cauley dan O'Hanlon mengkuatitafkan beberapa pengaruh gerakan dengan menentukan terjadinya muntah sebagai prosentase dari mereka yang terkena pengaruh gerakan, hasilnya disebut MSI. Mereka menemukan bahwa komponen vertikal gerakan memberikan respon paling utama pada terjadinya motion sickness, lebih sedikit atau tidak ada pengaruhnya pada gerakan pitch dan roll. Maksimum sensitivitas pada motion sickness terjadi pada 0.167 Hz (Griffin, 1990).

International Standard Organization (ISO 2631, 1997) dan British Standard Organization (BS 6841, 1987) telah membuat model untuk memprediksi MSI dan menetapkan petunjuk pada prediksi MSI dari pengukuran gerakan vertikal. Suatu motion sickness dose value dipakai untuk memprediksi prosentase jumlah orang likely to vomit setelah exposure untuk mengetahui besar dan durasi dari gerakan vertikal dalam rentang frekwensi 0.4 sampai dengan 0.5 Hz. Motion sickness dose value didefinisikan :

$$MSDZ = \left( \int_0^T a_z^2(t) dt \right)^{1/2} \dots\dots\dots 1$$

$a_z$  adalah frekwensi percepatan kearah sumbu z dan T adalah perioda.

Dengan menggunakan motion sickness dose value, jumlah sebenarnya orang dewasa yang mengalami muntah, mendekati :

$$MSI = K_m * MSDV_z \dots\dots\dots 2$$

$K_m$  adalah konstanta yang bervariasi tergantung dari exposure population. Untuk populasi campuran antara pria dan wanita dewasa, = 1/3.

**4. Motion Sickness Incidence (MSI)**

MII terjadi saat gerakan kapal didaerah tersebut menyebabkan seseorang kehilangan keseimbangan atau slide sehingga mengganggu aktivitas orang tersebut. Konsep MII diperkenalkan oleh Applebee, Mc Namara dan Baitis (1980) selanjutnya Baitis, Woolaver dan Beck (1983) serta Baitis, Applebee dan McNamara (1984). Metoda frekquency domain untuk mengestimasi kejadian akibat MII, disebut estimator gaya lateral (LFE), metoda ini akan mengurangi jumlah perhitungan dibandingkan dengan menggunakan pendekatan time domain. Kombinasi percepatan lateral di bumi dengan percepatan lateral dikapal yang akan dijadikan obyek untuk memperkirakan gaya lateral pada lokasi tertentu didalam dan diluar kapal. Karena nilai LFE terkait dengan kejadian MII disebabkan gaya lateral, LFE menyediakan perkiraan yang baik dari MII dalam kondisi dimana percepatan vertikal kecil. Metoda untuk memperkirakan kejadian MII dilaksanakan pada model gaya yang bekerja pada manusia yang berdiri. Jadi orang-orang tersebut dijadikan sarana obyek untuk menentukan hubungan pada saat gerakan mulai mengganggu aktivitas anak buah kapal.

MII adalah kejadian dimana gerakan kapal menjadi cukup besar sampai menyebabkan orang menjadi kehilangan keseimbangan, sehingga sulit berdiri tegak. Definisi MII meliputi gerakan kapal yang menyebabkan ABK kesulitan dalam berdiri, berjalan, menyebabkan benda-benda terangkat dan

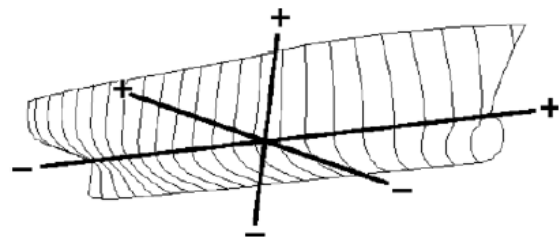
bergerak (Crossland dan Rich, 2000). MII mencakup 3 fenomena :

- a. Terhuyung-huyung karena kehilangan stabilitas postural sesaat.
- b. Sliding karena gaya yang disebabkan oleh kapal mengatasi gaya gesek antara obyek bergerak (misalnya sepatu) dengan geladak.
- c. Sangat osasional dan berpotensi kondisi yang paling serius dimana lift off terjadi karena kekuatan gerak melebihi kekuatan menahan grafitasi.

**Perangkat lunak Seakeeper.**

Prinsip dasar penggunaan Seakeeper untuk menganalisa seakeeping :

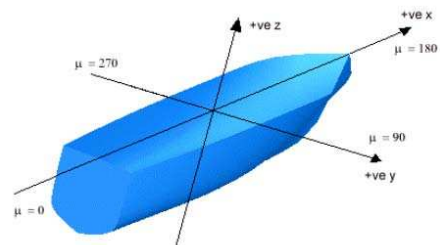
- 1. Sistem koordinat



Gambar 4. Sistem koordinat pada Seakeeper

Sistem koordinat pada Seakeeper :

Kearah haluan sumbu x positif, kearah lambung kanan kapal sumbu y positif dan kearah atas sumbu z positif. Perhitungan gerakan, kapal diasumsikan berputar terhadap titik berat. Kapal mempunyai 6 derajat kebebasan, yaitu surge, sway, heave (gerakan linier pada sumbu x, y dan z) serta roll, pitch dan yaw (gerakan angular terhadap sumbu x, y dan z), masing-masing diberi nomor 1 sampai dengan 6, sehingga gerakan heave diberi nomor 3 dan gerakan pitch diberi nomor 5.



Gambar 5. Arah gelombang terhadap arah gerakan kapal

Arah gelombang terhadap arah gerakan kapal diberi simbol  $\mu$ . Bila gelombang searah dengan gerakan kapal  $\mu = 0^\circ$ , gelombang kearah lambung kanan  $\mu = 90^\circ$ , gelombang mengarah kedepan kapal  $\mu = 180^\circ$  dan gelombang mengarah kelambung kiri  $\mu = 270^\circ$ .

## 2. Spektra Gelombang

Gelombang laut tidak beraturan, sering diuraikan sebagai karakteristik *wave spectrum*, diuraikan dalam bentuk distribusi tinggi energi gelombang sebagai fungsi frekwensi.

a. Karakteristik.

b. Gelombang laut dijelaskan dengan analisa statistik dari *time history* gelombang tidak beraturan. Beberapa parameter yang digunakan untuk mengklasifikasi spektrum gelombang tidak beraturan diuraikan sebagai berikut :

$\bar{\zeta}$  = rata-rata pengukuran sembarang amplitudo gelombang.

$\bar{H}$  = rata-rata pengukuran sembarang tinggi gelombang.

$\bar{T}_p$  = rata-rata pengukuran sembarang periode gelombang antara *successive peaks*.

$\bar{T}_T$  = rata-rata pengukuran sembarang periode gelombang antara *successive troughs*.

$\bar{T}_{z+}$  = rata-rata pengukuran sembarang periode gelombang antara *successive zero upcrossings*.

$\bar{T}_{z-}$  = rata-rata pengukuran sembarang periode gelombang antara *successive zero downcrossings*.

$\bar{T}$  = rata-rata pengukuran sembarang periode gelombang.

$\bar{T}_0$  = *modal wave period*.

$\bar{\zeta}_{1/3}$  = rata-rata 1/3 amplitudo gelombang paling tinggi atau amplitudo gelombang signifikan.

$\bar{H}_{1/3}$  = rata-rata 1/3 tinggi gelombang paling tinggi atau tinggi gelombang signifikan.

$m_0$  = variansi dari elevasi permukaan gelombang relatif sampai rata-rata (*mean square*).

$\sigma_0$  = standar deviasi dari elevasi permukaan gelombang relatif sampai rata-rata (*root mean*

*square*).

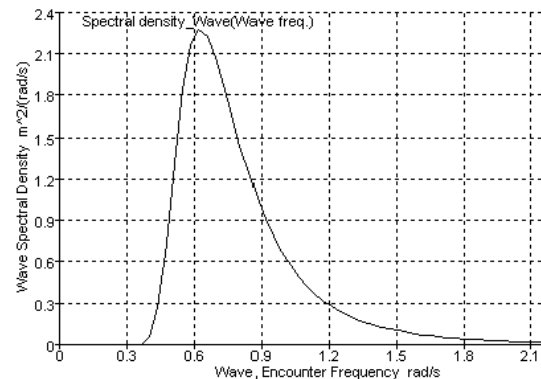
c. *Sea State Code*

Pada tahun 1970, World Meteorological Organisation menyepakati suatu *standard sea state code*. Tiap *code* mempresentasikan rentang tinggi gelombang, tetapi disini tidak ada indikasi yang berhubungan dengan periode gelombang.

d. *Sea State Code*

Gelombang laut tidak beraturan secara khusus diuraikan dalam terminologi spektrum gelombang laut. Pada uraian ini suatu energi gelombang terdistribusi sebagai fungsi frekwensi gelombang.

Lingkup frekwensi yang kontinyu mempresentasikan bagaimana hubungan *power density* variasi gelombang dengan frekwensi dan ini dikenal sebagai suatu spektrum *energy density* dari amplitudo gelombang atau lebih dikenal secara umum sebagai spektrum energi gelombang. Ordinat dari spektral (atau *wave spectral density*) diberi simbol  $S_{\zeta}(\omega)$ .



Gambar 6. *Wave spectrum*

e. *Spektra Ideal*

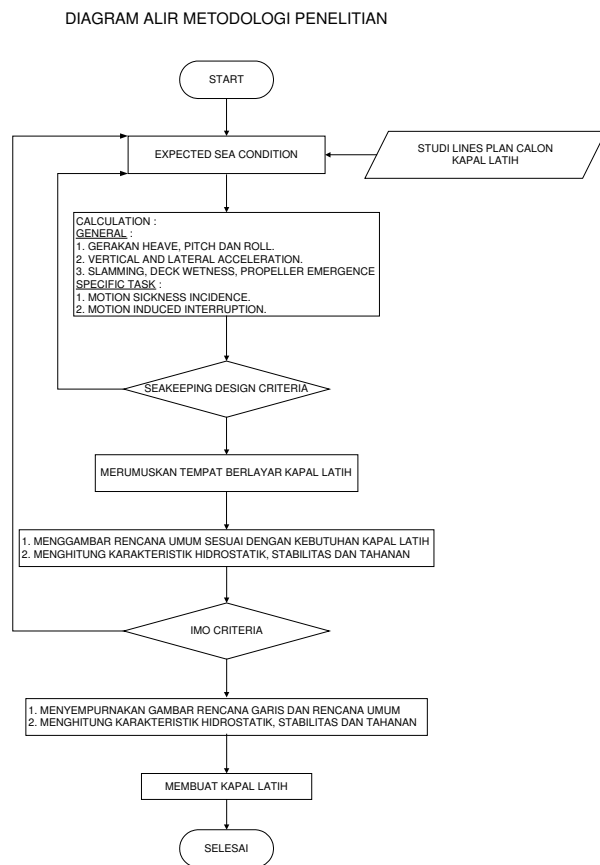
Sering dipakai untuk mendefinisikan spektra gelombang yang secara umum mempresentasikan karakteristik sesungguhnya spektra energi gelombang. Beberapa spektral ideal yang ada pada Seakeeper yaitu :

- i. Bretschneider atau ITTC spektrum dengan 2 parameter.
  - ii. Bretschneider 1 parameter.
  - iii. JONSWAP.
  - iv. Spektrum DNV.
  - v. Pierson Moskowitz.
- f. *Encounter Spectrum*

Konsep penting adalah pada saat menghitung gerakan kapal terkait dengan encountering wave spectrum. Disini adalah mentransformasi spektrum gelombang yang menguraikan waves encountered dengan kapal yang berlayar dilautan pada kecepatan tertentu, karena pengaruh efek Doppler.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk menjadikan kapal fibreglass 6.5 m menjadi kapal latih perlu kajian seakeeping agar nantinya dapat diketahui sifat kapal tersebut serta daerah pelayaran mana yang cocok untuk kapal tersebut. Prosedur yang akan dilaksanakan untuk dapat menghasilkan kapal latih seperti yang diharapkan ditunjukkan diagram alir berikut.



Gambar 7. Diagram alir metodologi penelitian

Prosedur penelitian meliputi :

1. Studi literatur mengenai kapal latih.
2. Mempelajari lines plan gambar kapal fibreglass 6.5 m dari bengkel kayu.
3. Memperkirakan daerah pelayaran mula-mula, selanjutnya akan dikaji kemampuan seakeeping kapal latih terhadap perairan ini, sedapat mungkin dicari yang paling maksimal.
4. Menghitung seakeeping kapal latih dan membandingkan dengan seakeeping design criteria.
5. Menetapkan daerah pelayaran.
6. Menggambar rencana umum, menghitung stabilitas, hidrostatis, tahanan.
7. Menguji keselamatan dengan criteria IMO.
8. Menyempurnakan gambar rencana umum.
9. Membuat kapal latih.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa data dari kinerja kapal latih berbahan lambung fibreglass panjang 6.5 m adalah :

#### 1. Stabilitas.

Kriteria International Maritime Organization :

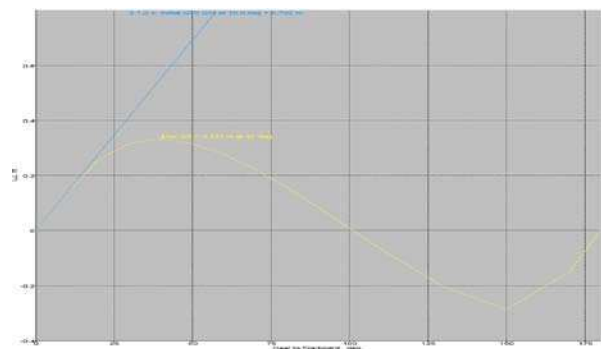
##### 2.2 Criteria regarding righting lever curve properties

2.2.1 The area under the righting lever curve (GZ curve) shall not be less than 0.055 metre-radians up to  $\phi = 30^\circ$  angle of heel and not less than 0.09 metre-radians up to  $\phi = 40^\circ$  or the angle of down-flooding  $\phi^*$  if this angle is less than  $40^\circ$ . Additionally, the area under the righting lever curve (GZ curve) between the angles of heel of  $30^\circ$  and  $40^\circ$  or between  $30^\circ$  and  $\phi^*$ , if this angle is less than  $40^\circ$ , shall not be less than 0.03 metre-radian.

2.2.2 The righting lever GZ shall be at least 0.20 m at an angle of heel equal to or greater than  $30^\circ$ .

2.2.3 The maximum righting lever shall occur at an angle of heel not less than  $25^\circ$ .

2.2.4 The initial metacentric height  $GM_0$  shall not be less than 0.15 m.



Untuk stabilitas kriterianya memenuhi syarat, karena sudut maksimum GZ terjadi pada  $40^\circ$  melebihi persyaratan  $25^\circ$  dan  $GM$  awal 0.796 m melampaui persyaratan 0.15 m.

#### 2. Seakeeping

SEA STATE 1, KECEPATAN KAPAL 20  
KNOT, OMBAK DARI DEPAN

Tabel 1. Besarnya Motion Induced Interruption

No	Lokasi	MII /jam	MII/ menit	Persyaratan maks	Keterangan
1	ABK 1	0	0	1 tip/menit	Memenuhi
2	ABK 2	0	0	1 tip/menit	Memenuhi
3	ABK 3	0	0	1 tip/menit	Memenuhi
4	ABK 4	0	0	1 tip/menit	Memenuhi
5	ABK 5 (remote location 5)	0	0	1 tip/menit	Memenuhi
6	ABK 6 (remote location 6)	0	0	1 tip/menit	Memenuhi
7	ABK 7 (remote location 7)	0	0	1 tip/menit	Memenuhi
8	ABK 8 (remote location 8)	0	0	1 tip/menit	Memenuhi
9	Propeller	0	0	120/h	Memenuhi

	kiri (remote location 9)				
10	Propeller kanan (remote location 10)	0	0	120/h	Memenuhi
11	Fore foot (remote location 11)	0	0	20/h	Memenuhi
12	Fore deck (remote location 12)	0	0	30/h	Memenuhi

Tabel 2. Besarnya percepatan RMS untuk 10% MSI dengan 2 jam paparan :

No	Enc. freq., rad/sec	ABK1, m/sec <sup>2</sup>	ABK2, m/sec <sup>2</sup>	ABK3, m/sec <sup>2</sup>	ABK4, m/sec <sup>2</sup>	ABK5, m/sec <sup>2</sup>	ABK6, m/sec <sup>2</sup>	ABK7, m/sec <sup>2</sup>	ABK8, m/sec <sup>2</sup>	10% MSI dengan 2 jam paparan, m/sec <sup>2</sup>	Note
1	0.44	0	0	0	0	0	0	0	0	-	Accept
2	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	Accept
3	2.47	0	0	0	0	0	0	0	0	0.771	Accept
4	3.48	0	0	0	0	0	0	0	0	1.336	Accept
5	4.50	0	0	0	0	0	0	0	0	-	Accept

SEA STATE 2, KECEPATAN KAPAL 20  
KNOT, OMBAK DARI DEPAN

Tabel 3. Besarnya Motion Induced Interruption

No	Lokasi	MII /jam	MII/ menit	Persyaratan maks	Keterangan
1	ABK 1	25.552	0.427	1 tip/menit	Memenuhi
2	ABK 2	25.847	0.431	1 tip/menit	Memenuhi
3	ABK 3	26.660	0.443	1 tip/menit	Memenuhi
4	ABK 4	27.642	0.461	1 tip/menit	Memenuhi
5	ABK 5 (remote location 5)	25.546	0.426	1 tip/menit	Memenuhi
6	ABK 6 (remote location 6)	25.855	0.431	1 tip/menit	Memenuhi
7	ABK 7 (remote)	26.663	0.444	1 tip/menit	Memenuhi

	location 7)				
8	ABK 8 (remote location 8)	27.642	0.461	1 tip/menit	Memenuhi
9	Propeller kiri (remote location 9)	31.863		120/h	Memenuhi
10	Propeller kanan (remote location 10)	31.863		120/h	Memenuhi
11	Fore foot (remote location 11)	30.085		20/h	Tidak memenuhi
12	Fore deck	34.1		30/h	Tidak memenuhi

(remote location 12)				
----------------------	--	--	--	--

Tabel 4. Besarnya percepatan RMS untuk 10% MSI dengan 2 jam paparan :

No	Enc. freq., rad/sec	ABK1, m/sec <sup>2</sup>	ABK2, m/sec <sup>2</sup>	ABK3, m/sec <sup>2</sup>	ABK4, m/sec <sup>2</sup>	ABK5, m/sec <sup>2</sup>	ABK6, m/sec <sup>2</sup>	ABK7, m/sec <sup>2</sup>	ABK8, m/sec <sup>2</sup>	10% MSI dengan 2 jam paparan, m/s <sup>2</sup>	Note
1	0.44	0	0	0	0	0	0	0	0	-	Accept
2	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	Accept
3	2.47	0.165	0.166	0.167	0.168	0.165	0.166	0.167	0.168	0.771	Accept
4	3.48	1.684	1.694	1.709	1.729	1.684	1.694	1.709	1.729	1.336	Not Accept
5	4.50	4.482	4.547	4.624	4.720	4.482	4.548	4.624	4.724	-	-

SEA STATE 2, KECEPATAN KAPAL 20 KNOT, OMBAK DARI DEPAN

Tabel 5. Besarnya Motion Induced Interruption

No	Lokasi	MI I/jam	MI I/menit	Persyaratan maks	Keterangan
1	ABK 1	21.421	0.455	1 tip/menit	Memenuhi
2	ABK 2	22.035	0.459	1 tip/menit	Memenuhi
3	ABK 3	23.205	0.466	1 tip/menit	Memenuhi
4	ABK 4	24.443	0.473	1 tip/menit	Memenuhi
5	ABK 5	21.415	0.455	1 tip/menit	Memenuhi

6	ABK 6	22.035	0.459	1 tip/menit	Memenuhi
7	ABK 7	23.205	0.466	1 tip/menit	Memenuhi
8	ABK 8	24.443	0.473	1 tip/menit	Memenuhi
9	Propeller kiri	29.241		120/h	Memenuhi
10	Propeller kanan	29.241		120/h	Memenuhi
11	Fore foot	28.942		20/h	Tidak memenuhi
12	Fore deck	30.949		30/h	Tidak memenuhi

Tabel 6. Besarnya percepatan RMS untuk 10% MSI :

No	Enc. freq., Hz	ABK1, m/sec <sup>2</sup>	ABK2, m/sec <sup>2</sup>	ABK3, m/sec <sup>2</sup>	ABK4, m/sec <sup>2</sup>	ABK5, m/sec <sup>2</sup>	ABK6, m/sec <sup>2</sup>	ABK7, m/sec <sup>2</sup>	ABK8, m/sec <sup>2</sup>	10% MSI dengan 30 menit paparan, m/s <sup>2</sup>	10% MSI dengan 2 jam paparan, m/s <sup>2</sup>	10% MSI dengan 8 jam paparan, m/s <sup>2</sup>	Note
1	0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
2	0.23	0.561	0.564	0.566	0.567	0.561	0.564	0.566	0.567	1.0	0.500	0.250	Not Accept
3	0.38	3.342	3.341	3.357	3.378	3.342	3.341	3.357	3.378	1.462	0.737	0.368	Not Accept
4	0.54	6.075	6.033	6.083	6.147	6.075	6.033	6.083	6.147	2.533	1.284	0.642	-
5	0.70	8.541	8.529	8.662	8.824	8.541	8.529	8.662	8.824	-	-	-	-

SEA STATE 3, KECEPATAN KAPAL 20 KNOT, OMBAK DARI DEPAN

Tabel 7. Besarnya Motion Induced Interruption

No	Lokasi	MII/jam	MII/menit	Persyaratan maks	Keterangan
1	ABK 1	27.513	0.455	1 tip/menit	Memenuhi
2	ABK 2	27.753	0.459	1 tip/menit	Memenuhi
3	ABK 3	28.197	0.466	1 tip/menit	Memenuhi
4	ABK 4	28.681	0.473	1 tip/menit	Memenuhi

5	ABK 5	27.513	0.455	1 tip/menit	Memenuhi
6	ABK 6	27.753	0.459	1 tip/menit	Memenuhi
7	ABK 7	28.197	0.466	1 tip/menit	Memenuhi
8	ABK 8	28.681	0.473	1 tip/menit	Memenuhi
9	Propeller kiri	30.720		120/h	Memenuhi
10	Propeller kanan	30.720		120/h	Memenuhi
11	Fore foot	28.942		20/h	Tidak memenuhi
12	Fore deck	30.949		30/h	Tidak memenuhi

Tabel 8. Besarnya percepatan RMS untuk 10% MSI :

No	Enc. freq., Hz	ABK1, m/sec <sup>2</sup>	ABK2, m/sec <sup>2</sup>	ABK3, m/sec <sup>2</sup>	ABK4, m/sec <sup>2</sup>	ABK5, m/sec <sup>2</sup>	ABK6, m/sec <sup>2</sup>	ABK7, m/sec <sup>2</sup>	ABK8, m/sec <sup>2</sup>	10% MSI dengan 30 menit paparan, m/s <sup>2</sup>	10% MSI dengan 2 jam paparan, m/s <sup>2</sup>	10% MSI dengan 8 jam paparan, m/s <sup>2</sup>	Note
1	0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
2	0.23	0.561	0.564	0.566	0.567	0.561	0.564	0.566	0.567	1.0	0.500	0.250	Not Accept
3	0.38	3.342	3.341	3.357	3.378	3.342	3.341	3.357	3.378	1.462	0.737	0.368	Not Accept
4	0.54	6.075	6.033	6.083	6.147	6.075	6.033	6.083	6.147	2.533	1.284	0.642	-
5	0.70	8.541	8.529	8.662	8.824	8.541	8.529	8.662	8.824	-	-	-	-

SEA STATE 4, KECEPATAN KAPAL 20 KNOT, OMBAK DARI DEPAN

Tabel 9. Besarnya Motion Induced Interruption

No	Lokasi	MII /jam	MII /menit	Persyaratan maks	Keterangan
1	ABK 1	27.296	0.455	1 tip/menit	Memenuhi
2	ABK 2	27.521	0.459	1 tip/menit	Memenuhi
3	ABK 3	27.938	0.466	1 tip/menit	Memenuhi
4	ABK 4	28.394	0.473	1 tip/menit	Memenuhi
5	ABK 5	27.296	0.455	1 tip/menit	Memenuhi

6	ABK 6	27.521	0.459	1 tip/menit	Memenuhi
7	ABK 7	27.938	0.466	1 tip/menit	Memenuhi
8	ABK 8	28.394	0.473	1 tip/menit	Memenuhi
9	Propeller kiri	30.343		120/h	Memenuhi
10	Propeller kanan	30.343		120/h	Memenuhi
11	Fore foot	28.638		20/h	Tidak memenuhi
12	Fore deck	30.560		30/h	Tidak memenuhi

Tabel 10. Besarnya percepatan RMS untuk 10% MSI :

No	Enc. freq., Hz	ABK1, m/sec <sup>2</sup>	ABK2, m/sec <sup>2</sup>	ABK3, m/sec <sup>2</sup>	ABK4, m/sec <sup>2</sup>	ABK5, m/sec <sup>2</sup>	ABK6, m/sec <sup>2</sup>	ABK7, m/sec <sup>2</sup>	ABK8, m/sec <sup>2</sup>	10% MSI dengan 30 menit paparan, m/s <sup>2</sup>	10% MSI dengan 2 jam paparan, m/s <sup>2</sup>	10% MSI dengan 8 jam paparan, m/s <sup>2</sup>	Note
1	0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-
2	0.23	1.424	1.432	1.436	1.440	1.424	1.432	1.436	1.440	1.0	0.500	0.250	Not Accept
3	0.38	4.190	4.190	4.210	4.235	4.190	4.190	4.210	4.235	1.462	0.737	0.368	Not Accept
4	0.54	6.576	6.530	6.585	6.654	6.576	6.530	6.585	6.654	2.533	1.284	0.642	-
5	0.70	8.855	8.843	8.982	9.149	8.855	8.843	8.982	9.149	-	-	-	-

**Redesain kapal, kapal diperpanjang sampai L sekitar 10 m**

1. Stabilitas.

Kriteria International Maritime Organization :

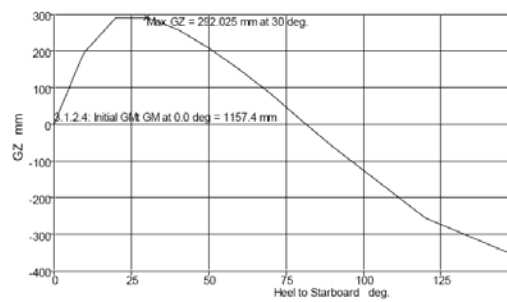
2.2 Criteria regarding righting lever curve properties

2.2.1 The area under the righting lever curve (GZ curve) shall not be less than 0.055 metre-radi up to  $\phi = 30^\circ$  angle of heel and not less than 0.09 metre-radians up to  $\phi = 40^\circ$  or the angle of down-flooding  $\phi$  this angle is less than  $40^\circ$ . Additionally, the area under the righting lever curve (GZ curve) between the angle of heel of  $30^\circ$  and  $40^\circ$  or between  $30^\circ$  and  $\phi$ , if this angle is less than  $40^\circ$ , shall not be less than 0.03 metre-radian.

2.2.2 The righting lever GZ shall be at least 0.20 m at an angle of heel equal to or greater than  $30^\circ$ .

2.2.3 The maximum righting lever shall occur at an angle of heel not less than  $25^\circ$ .

2.2.4 The initial metacentric height  $GM_0$  shall not be less than 0.15 m.



Gambar 9. GZ curve

Untuk stabilitas kriterianya memenuhi syarat, karena sudut maksimum GZ terjadi pada

300 melebihi persyaratan 250 dan GM awal 1.157 m melampaui persyaratan 0.15 m.

2. Seakeeping

SEA STATE 2, KECEPATAN KAPAL 20 KNOT, OMBAK DARI DEPAN

Tabel 11. Besarnya Motion Induced Interruption

No	Lokasi	MII /jam	MII /menit	Persyaratan maks	Keterangan
1	ABK 1	18.099	0.302	1 tip/menit	Memenuhi
2	ABK 2	13.966	0.233	1 tip/menit	Memenuhi
3	ABK 3	15.058	0.251	1 tip/menit	Memenuhi
4	ABK 4	16.165	0.270	1 tip/menit	Memenuhi
5	ABK 5	18.099	0.302	1 tip/menit	Memenuhi

6	ABK 6	13.966	0.233	1 tip/menit	Memenuhi
7	ABK 7	15.058	0.251	1 tip/menit	Memenuhi
8	ABK 8	16.165	0.269	1 tip/menit	Memenuhi
9	ABK 9	16.368	0.273	1 tip/menit	Memenuhi
10	ABK 10	16.368	0.273	1 tip/menit	Memenuhi
11	Propeller kiri	20.569		120/h	Memenuhi
12	Propeller kanan	20.569		120/h	Memenuhi
13	Fore foot	20.323		20/h	Memenuhi
14	Fore deck	24.160		30/h	Memenuhi

Tabel 12. Besarnya percepatan RMS untuk 10% MSI :

No	Enc. freq., Hz	ABK1, m/sec <sup>2</sup>	ABK2, m/sec <sup>2</sup>	ABK3, m/sec <sup>2</sup>	ABK4, m/sec <sup>2</sup>	ABK5, m/sec <sup>2</sup>	ABK6, m/sec <sup>2</sup>	ABK7, m/sec <sup>2</sup>	ABK8, m/sec <sup>2</sup>	ABK9, m/sec <sup>2</sup>	ABK10, m/sec <sup>2</sup>	10% MSI dengan 30 menit	10% MSI dengan 2 jam	10% MSI dengan 1 jam	Note
1	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
2	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.0	0.500	0.250	Accept
3	0.39	0.179	0.165	0.166	0.167	0.179	0.165	0.166	0.167	0.175	0.175	1.552	0.767	0.384	Accept
4	0.55	1.985	1.745	1.766	1.790	1.985	1.745	1.766	1.790	1.920	1.920	2.611	1.324	0.662	Not
5	0.71	4.858	4.233	4.333	4.442	4.858	4.233	4.333	4.442	4.640	4.640	-	-	-	-

SEA STATE 3, KECEPATAN KAPAL 20 KNOT, OMBAK DARI DEPAN

Tabel 13. Besarnya Motion Induced Interruption

No	Lokasi	MII /jam	MII /menit	Persyaratan maks	Keterangan
1	ABK 1	28.344	0.472	1 tip/menit	Memenuhi
2	ABK 2	25.772	0.429	1 tip/menit	Memenuhi
3	ABK 3	26.138	0.436	1 tip/menit	Memenuhi
4	ABK 4	26.515	0.442	1 tip/menit	Memenuhi
5	ABK 5	28.344	0.472	1 tip/menit	Memenuhi

6	ABK 6	25.772	0.430	1 tip/menit	Memenuhi
7	ABK 7	26.027	0.434	1 tip/menit	Memenuhi
8	ABK 8	26.374	0.440	1 tip/menit	Memenuhi
9	ABK 9	27.628	0.460	1 tip/menit	Memenuhi
10	ABK 10	27.849	0.464	1 tip/menit	Memenuhi
11	Propeller kiri	27.961		120/h	Memenuhi
12	Propeller kanan	27.961		120/h	Memenuhi
13	Fore foot	28.903		20/h	Tidak memenuhi
14	Fore deck	29.731		30/h	Memenuhi

No	1	2	3	4	5
Enc.	0.0	0.23	0.39	0.55	0.71
ABK1.	0.0	0.69	4.35	9.95	16.7
ABK2.	0.0	0.67	3.90	8.04	12.2
ABK3.	0.0	0.67	3.94	8.21	12.6
ABK4.	0.0	0.68	3.99	8.42	13.1
ABK5.	0.0	0.69	4.35	9.95	16.7
ABK6.	0.0	0.67	3.90	8.04	12.2
ABK7.	0.0	0.67	3.94	8.21	12.6
ABK8.	0.0	0.68	3.99	8.42	13.1
ABK9.	0.0	0.68	4.22	9.44	15.6
ABK10.	0.0	0.687	4.225	9.444	15.62
10% MSI	-	0.500	0.767	1.324	2.611
10% MSI	-	0.500	0.767	1.324	2.611
10% MSI	-	0.250	0.384	0.662	1.324
Note	-	Not	Not	Not	Not

Tabel 14. Besarnya percepatan RMS untuk 10% MSI :

SEA STATE 4, KECEPATAN KAPAL 20  
KNOT, OMBAK DARI DEPAN

Tabel 15. Besarnya Motion Induced Interruption

No	Lokasi	MII /jam	MII /menit	Persyaratan maks	Keterangan
1	ABK 1	28.098	0.466	1 tip/menit	Memenuhi
2	ABK 2	25.690	0.426	1 tip/menit	Memenuhi
3	ABK 3	26.027	0.438	1 tip/menit	Memenuhi
4	ABK 4	26.374	0.466	1 tip/menit	Memenuhi
5	ABK 5	28.098	0.426	1 tip/menit	Memenuhi

6	ABK 6	25.690	0.432	1 tip/menit	Memenuhi
7	ABK 7	26.027	0.438	1 tip/menit	Memenuhi
8	ABK 8	26.374	0.459	1 tip/menit	Memenuhi
9	ABK 9	27.628	0.460	1 tip/menit	Memenuhi
10	ABK 10	27.628	0.460	1 tip/menit	Memenuhi
9	Propeller kiri	27.727	0.460	120/h	Memenuhi
10	Propeller kanan	27.727	0.460	120/h	Memenuhi
11	Fore foot	28.632	0.475	20/h	Tidak memenuhi
12	Fore deck	29.432	0.488	30/h	Memenuhi

Tabel 16. Besarnya percepatan RMS untuk 10% MSI :

No	1	2	3	4
Enc. freq.,	0.07	0.23	0.39	0.55
ABK1,	0.0	1.663	5.380	10.70
ABK2,	0.0	1.62	4.82	8.65
ABK3,	0.0	1.62	4.88	8.84
ABK4,	0.0	1.63	4.94	9.06
ABK5,	0.0	1.66	5.38	10.7
ABK6,	0.0	1.62	4.82	8.65
ABK7,	0.0	1.62	4.88	8.84
ABK8,	0.0	1.63	4.94	9.06
ABK9,	0.0	1.64	5.22	10.1
ABK10,	0.0	1.648	5.224	10.15
10% MSI dengan 20 tip/menit	-	1.0	1.552	2.611
10% MSI dengan 2 tip/menit	-	0.500	0.767	1.324
10% MSI dengan 8 tip/menit	-	0.250	0.384	0.662
Note	-	Not Accept	Not Accept	Not Accept

5
0.71
17.21
12.5
12.9
13.5
17.2
12.50
12.9
13.50
16.0
16.01
-
-
-
Not Accept

**5. KESIMPULAN DAN SARAN**  
**5.1 Kesimpulan**  
 Gelombang laut dari depan dengan kecepatan kapal 20 knot.

Tabel 17. Kesimpulan kinerja kapal latihan

No	1													Stabilitas											
	6,5 m																								
Ukuran kapal	7 m													Fore deck	Fore foot	Baling2 kanan	Baling2 kiri	ABK 8	ABK 7	ABK 6	ABK 5	ABK 4	ABK 3	ABK 2	ABK 1
ABK 2	ABK 1	Sesuai persyaratan IMP																							
Sea state 1	MII	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	MSI	-	-	-	-	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Sea state 2	MII	√	√	X	X	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	MSI	X	X	-	-	-	-	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Sea state 3	MII	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MSI	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sea state 4	MII	√	√	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	MSI	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Fore deck	Fore foot	Baling2 kanan	Baling2 kiri	ABK 8	ABK 7	ABK 6	ABK 5	ABK 4	ABK 3
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X	X	√	√	√	√	√	√	√	√
-	-	-	-	X	X	X	X	X	X
X	X	√	√	√	√	√	√	√	√
-	-	-	-	X	X	X	X	X	X
X	X	√	√	√	√	√	√	√	√
-	-	-	-	X	X	X	X	X	X

Caratan :  
 √ = memenuhi kriteria.  
 X = tidak memenuhi kriteria.  
 - = tidak perlu dihitung/tidak dihitung.  
 Gelombang laut dari depan dengan kecepatan kapal 20 knot.

Tabel 17. Kesimpulan kinerja kapal latihan (lanjutan)

No	Ukuran kapal		Stabilitas			
	ABK 2	ABK 1	Sesuai kriteria IMO			
Sea state 1	MII	-	-	-	-	-
	MSI	-	-	-	-	-
Sea state 2	MII	√	√	√	√	√
	MSI	√	√	√	√	√
Sea state 3	MII	√	√	√	√	√
	MSI	X	X	X	X	X
Sea state 4	MII	√	√	√	√	√
	MSI	X	X	X	X	X

