

STABILITAS, HAMBATAN DAN OLAH GERAK KAPAL IKAN MULTI PURPOSE NET/LINE HAULER 20 GT BERDASARKAN KAJIAN UKURAN DAN BENTUK KASKO KAPAL

Stability, Resistance and Seakeeping Performance of A 20 GT Fishing Boat Based on the Boat Dimension and Hull Form Analysis

Oleh:

Arif Fadillah^{1*}, Shanty Manullang², Rizky Irvana³

¹Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada
Jl. Taman Malaka Selatan, RT.8/RW.6, Pd. Klp., Duren Sawit, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta
13450. arif_fadillah@ftk.unsada.ac.id

²Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada
Jl. Taman Malaka Selatan, RT.8/RW.6, Pd. Klp., Duren Sawit, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta
13450. shanty_manullang@ftk.unsada.ac.id

³Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada
Jl. Taman Malaka Selatan, RT.8/RW.6, Pd. Klp., Duren Sawit, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta
13450. rizky_irona@ftk.unsada.ac.id

* Korespondensi: arif_fadillah@ftk.unsada.ac.id

Diterima: 19 April 2019; Disetujui: 1 Oktober 2019

ABSTRACT

Fishing boats are used in capturing or collecting aquatic resources. As a means of production, the boat should meet various conditions of seaworthiness i.e. good stability, good seakeeping ability and minimum resistance. Those criteria can be identified when the boat size and the hull form are designed. This study investigates the effect of the boat dimension and the hull form on the stability, resistance and seakeeping ability. Various sizes and hull shapes of a 20 GT fishing boat were simulated, and their performances were compared to the IMO standard. The results suggest that the minimum breadth (B) - draft (d) ratio which meets the stability criterion is 2.50, while the ratio of the center of gravity distance from the keel (KG) and the depth (D) of the boat is 0.65. Furthermore, for the boat with a higher B and D ratio, its resistance is relatively smaller. In terms of seakeeping ability, particularly roll and pitch motions, U type bottom performed better than the Akatsuki bottom.

Keywords: fishing vessel, sea keeping, ship hull, stability, resistance

ABSTRAK

Kapal ikan digunakan dalam penangkapan atau pengumpulan sumber daya perairan. Sebagai sarana produksi, kapal ikan harus memenuhi syarat kelayakan, yang diantaranya adalah memiliki kualitas stabilitas dan olah gerak yang baik serta hambatan gerak yang minimum. Ketiga kondisi tersebut dapat diidentifikasi pada saat proses perancangan ukuran dan bentuk kapal. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh ukuran dan bentuk kapal terhadap nilai stabilitas, olah gerak dan hambatan yang dihasilkan oleh kapal. Studi dilakukan dengan mensimulasikan berbagai ukuran dan bentuk kapal ikan 20 GT dan membandingkan hasilnya dengan standard yang ditetapkan oleh IMO. Berdasarkan hasil kajian, diketahui bahwa rasio lebar (B)-draft (d) kapal minimum yang memenuhi kriteria stabilitas adalah 2,50 dengan rasio posisi titik berat (KG) dan tinggi kapal (D) adalah 0,65. Selanjutnya, untuk badan kapal dengan rasio B/D yang besar, tahanan kapalanya akan relatif lebih

kecil. Dalam hal olah gerak kapal khususnya *roll* dan *pitch motion*, tipe U lebih baik dari pada tipe *Akatsuki Bottom*.

Kata kunci: kapal ikan, olah gerak, lambung kapal, stabilitas, hambatan

PENDAHULUAN

Kapal ikan di Indonesia mempunyai bentuk kasko yang beraneka ragam. Secara teori, bentuk kasko kapal dipengaruhi oleh karakteristik perairan dan metode pengoperasian alat tangkap yang dioperasikannya (Fyson 1985). Metode pengoperasian alat tangkap statik, lebih menguntungkan jika memiliki kasko berbentuk U (*U-type*) jenis kapal ini memiliki stabilitas yang tinggi dalam hal pengoperasiannya.

Sebaliknya kasko berbentuk V (*V-type*) sangat cocok untuk operasi penangkapan yang bersifat dinamik, sehingga faktor kecepatan dan kemampuan olah gerak menjadi syarat mutlak dalam pengoperasian kapal ini. Pengoperasian alat tangkap yang dinamis, menjadi salah satu faktor yang akan mempengaruhi stabilitas. Hal ini disebabkan pergerakan alat tangkap pada saat berlayar menghasilkan momen-momen pengganggu yang mengakibatkan kemiringan kapal (Mantari *et al.* 2011). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa bentuk kasko merupakan salah satu faktor teknis yang berperan terhadap keberhasilan dalam pengoperasian kapal di laut. Perikanan tangkap adalah salah kegiatan yang dilakukan di laut dengan jumlah kecelakaan terbanyak di dunia. Hal ini disebabkan karena banyak nelayan yang belum memperhitungkan faktor stabilitas dalam penangkapan ikan (Caamano *et al.* 2016).

Pada tahapan awal perancangan, yaitu penentuan ukuran utama kapal serta karakteristik geometri lainnya, kemampuan unjuk kerja kapal seperti tahanan dan propulsi maupun yang terkait dengan keselamatan seperti stabilitas, *maneuvering* sudah harus bisa diprediksi (Jung *et al.* 2018). Tingkat keamanan sangat diperlukan dalam mempertimbangkan stabilitas seperti mengevaluasi perhitungan stabilitas dan menentukan langkah-langkah yang tepat saat tahap desain awal. Langkah ini perlu dilakukan dalam bentuk alternatif desain untuk mendapatkan desain yang optimal (*hull-shape*, subdivisi, dll) dan kondisi-kondisi dalam membawa muatan (Boulougouris *et al.* 2016).

Dalam perkapalan, konsep "Stabilitas" memiliki arti yang luas, merangkap arti fundamental stabilitas terhadap keselamatan kapal. Oleh karena itu, stabilitas kapal sangat penting karena memiliki implikasi terhadap desain dan

operasi kapal pada saat berlayar (Bačkalov *et al.* 2016). Untuk mendapatkan nilai stabilitas, kemampuan olah gerak dan hambatan gerak yang sesuai dengan kebutuhan kapal penangkap ikan, maka perlu dilakukan kajian untuk menentukan nilai rasio dimensi utama kapal yang optimal. Sebagaimana dikatakan oleh Paroka (2018), nilai rasio dimensi utama yang tepat, dapat dijadikan sebagai kontrol desain kapal yang akan dibangun saat ini dan di masa yang akan datang.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan nilai stabilitas, hambatan, dan *seakeeping* sebagai pengaruh karakteristik geometri kapal ikan. Diharapkan dari hasil kajian ini, prediksi awal kondisi stabilitas kapal, hambatan dapat diketahui pada tahapan awal perancangan.

Studi ini dilakukan dengan mensimulasi kapal ikan 20 GT, dengan bentuk kasko U dan *hardchin*. Penggunaan istilah *hardchin* adalah mengacu pada istilah yang digunakan dalam Rouf dan Novita (2006). Sebagai bagian program pemerintah, Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) menyediakan kapal penangkap ikan dengan ukuran 3, 5, 10, 20 dan 30 GT (Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap), dengan berbagai tipe alat tangkap. Pada kegiatan penelitian ini dilakukan hanya pada kapal ikan *Multi Purpose Net/Line Hauler* 20 GT untuk lambung U dan *hardchin* yang dibangun oleh KKP. Kapal ikan tersebut dibangun dan digunakan untuk seluruh wilayah penangkapan ikan di Indonesia.

METODE

Metode yang di gunakan pada penelitian ini adalah studi kasus dan simulasi numerik. Subyek penelitian adalah desain kapal ikan *Multi Purpose Net/Line Hauler* 20 GT untuk lambung tipe U dan *hardchin* yang dibangun oleh KKP. Jenis data yang digunakan sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Data-data tersebut diperoleh dari data desain kapal yang dirancang oleh KKP.

Pengolahan data kapal dilakukan dengan menggunakan *software* Maxsurf. Analisis data pada perhitungan stabilitas kapal digunakan formula dari A.N Krylof.

$$F_B = g\Delta = \rho g\nabla \dots\dots\dots(1)$$

dengan: F_B = buoyancy, g = gravitasi, Δ = displa-
semen kapal, ρ = masa jenis.

Lengan stabilitas statis dihitung dengan:

$$GZ = y_{B\phi} \cos\phi + Z_{B\phi} - Kg \sin\phi \dots \dots \dots (2)$$

dengan: $y_{B\phi}$, $Z_{B\phi}$ adalah koordinat dari pusat da-
ya apung.

Untuk mengukur momen penegak pada semua
sudut kemiringan memakai formula:

$$M_R = g\Delta GZ \dots \dots \dots (3)$$

Pada perhitungan hambatan kapal digunakan
metode Holtrop Mannen.

$$R_{Total} = R_F (1+k_1) + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A \dots (4)$$

dengan:

- R_F = tahanan gesek menurut formula ITTC 1957
- $1+k_1$ = faktor lambung
- R_{APP} = tahanan tambahan
- R_W = tahanan gelombang
- R_B = tambahan tekanan dari *Bulbous*
- R_{TR} = Tahanan tambahan dari *transom stren* dan
- R_A = korelasi tahanan model-kapal sebenarnya.

Perhitungan spektrum gelombang mengguna-
kan metode JONSWAP, dimana (Hasselmann *et al.* 1978):

$$S(\omega) = \frac{\alpha g^2}{\omega^5} \exp \left[-\beta \frac{\omega_p^4}{\omega^4} \right] \gamma^\alpha \dots \dots \dots (5)$$

dengan:

$$\alpha = \begin{cases} 0,07 & \text{if } \omega \leq \omega_p \\ 0,09 & \text{if } \omega > \omega_p \end{cases}$$

$$\beta = \frac{5}{4}$$

A = konstanta yang berhubungan dengan kece-
patan angin dan Panjang *fetch*. Nilai-nilai
khas di utara laut utara berada di kisaran
0,0081-0,01.

- ω = frekuensi gelombang
- ω_p = gelombang frekuensi puncak

Kriteria olah gerak kapal menggunakan
seakeeping (Tello 2010). Pada Tabel 2 disajikan
kriteria *seakeeping*. Untuk dapat mengamati
pengaruh perbandingan antara lebar (B) dan sa-
rat kapal (d) terhadap stabilitas, sarat kapal diva-
riasikan dengan lebar yang tetap. Variasi sarat
kapal dilakukan dengan mengambil 2 (dua) sarat
yang lebih kecil dan 2 (dua) sarat yang lebih bes-
sar dari sarat desain, seperti yang terlihat pada
Tabel 3. Metode yang sama dilakukan untuk me-
ngamati pengaruh perbandingan antara lam-
bung timbul dan lebar kapal. Titik berat kapal
(KG) juga divariasikan dari titik berat terendah
yang mungkin terjadi sampai pada titik berat sa-
ma dengan tinggi kapal. Pada setiap variasi ra-
sio, lengan stabilitas kapal dihitung dan dieva-
luasi dengan kriteria stabilitas IMO (IMO 2008).
Kriteria IMO yang digunakan disajikan pada
Tabel 4.

Pengaruh bangunan atas terhadap le-
ngan stabilitas tidak diperhitungkan karena pe-
ngaruhnya sangat kecil. Berdasarkan hasil per-
hitungan lengan stabilitas dan hasil evaluasi
terhadap kriteria stabilitas IMO, perubahan ka-
rakteristik lengan stabilitas sebagai fungsi dari
dua perbandingan ukuran utama dapat diper-
oleh. Pengaruh momen crew, momen cakar serta
kemungkinan terjadinya pergeseran beban keti-
ka kapal oleng dengan sudut yang besar tidak
diperhitungkan dalam analisis ini.

Tabel 1 Ukuran utama kapal

Item	Satuan	20 GT
Panjang Kapal (Loa)	M	17
Lebar (B)	M	3,6
Tinggi (D)	m	1,9
Sarat (d)	m	1,3
Lambung timbul (fb)	m	0,6
Koefisien blok (Cb) U	-	0,555
Koefisien blok (Cb) V	-	0,547
B/T	-	2,76
fb/B	-	0,16
Awak	Orang	7
Kecepatan (Vs)	Knot	9

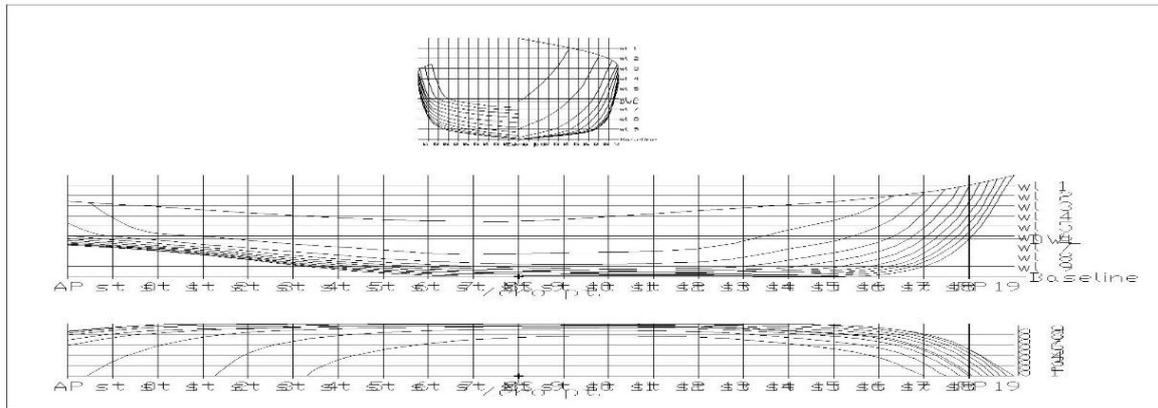
Tabel 2 Kriteria *seakeeping*

Criterion	Prescribe maximumvalue
Roll	6 deg
Pitch	3 deg
Lateral acceleration (at working deck AP & FP)	0,1 g
Vertical acceleration (at working deck AP & FP)	0,2 g

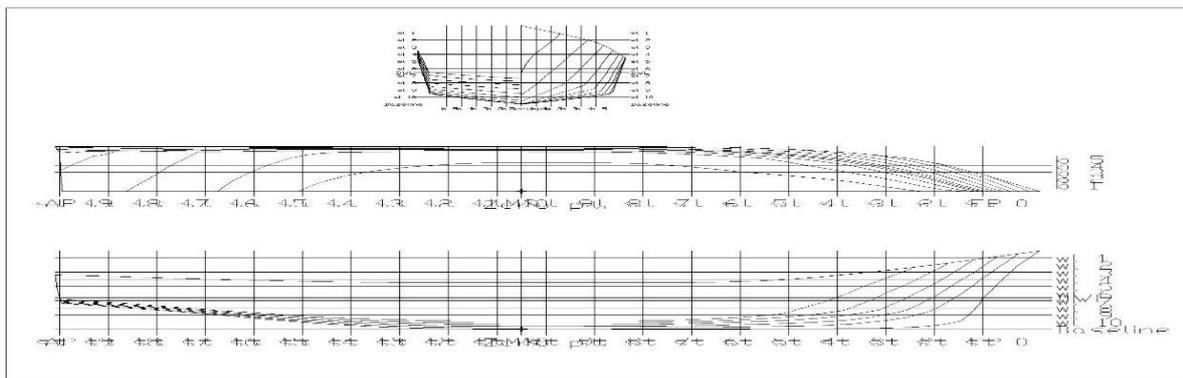
Sumber: Tello 2010

Tabel 3 Rasio B/d

B	d	B/d
3,6	1,52	2,36
3,6	1,4	2,56
3,6	1,3	2,76
3,6	1,21	2,96
3.6	1,13	3,16



a) Type U



b) Type hardchin

Gambar 1 Lines plan kapal multi purpose net/line hauler 20 GT

Tabel 4 Kriteria IMO

Code	Criteria	Value	Units
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg
A.749(18) Ch3	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m
A.749(18) Ch3	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg
4.2 Fishing vessel	4.2.3.1: Initial GMt for vessels >= 24m in length	0,350	m

HASIL

Susanto *et al.* (2011) menyampaikan bahwa, parameter yang dapat digunakan untuk menentukan ukuran kapal adalah rasio dimensi utama yang sesuai dengan alat tangkap yang akan digunakan dan daerah penangkapan yang akan dituju. Penggunaan data rasio dimensi utama akan lebih baik bila diikuti dengan perhitungan

stabilitas, sehingga kapal yang dihasilkan memiliki kualifikasi sesuai dengan tujuannya.

Dari kedua gambar di bawah menunjukkan bahwa semakin besar rasio lebar dan sarat kapal, lengan stabilitas akan semakin besar. Sesuai dengan hasil penelitian Paroka (2018) yang menyatakan bahwa semakin besar rasio maka

luasan di bawah lengan stabilitas akan naik. Dengan demikian, luas di bawah kurva atau lengan stabilitas tersebut juga akan semakin besar. Makin kecil sarat kapal, sudut kemiringan sampai tepi geladak terbenam ke dalam air juga akan semakin besar. Lebar garis air kapal akan semakin besar dengan bertambahnya sudut kemiringan sampai sudut kemiringan dimana tepi geladak terbenam dalam air. Akibatnya, jari-jari *metacentra* (MB) semakin besar sehingga lengan stabilitas juga menjadi semakin besar dengan bertambahnya rasio lebar (B) dan sarat kapal (d). Kondisi ini dibuktikan dari grafik stabilitas yang disajikan pada Gambar 2.

Hal ini disebabkan karena perubahan momen inersia pada tinggi garis air tertentu yang akan menjadi lebih kecil ketika sudut kemiringan lebih besar. Momen inersia yang dimaksud adalah momen inersia memanjang terhadap sumbu melintang yang melalui titik berat bidang garis air. Penurunan momen inersia garis air menyebabkan jari-jari *metacentre* kapal berkurang. Dampak semakin kecilnya jari-jari *metacentre* (MB), mengakibatkan lengan stabilitas juga semakin kecil.

Sudut kemiringan pada posisi *angle of vanishing stability* ($GZ=0$) akan semakin besar dengan bertambahnya rasio lebar dan sarat kapal. Perubahan *angle of vanishing stability* akibat perubahan rasio lebar dan sarat kapal tersebut juga disebabkan oleh perubahan karakteristik garis. Penempatan muatan di bawah lantai dek kapal, dapat meningkatkan kualitas stabilitas kapal, sebaiknya muatan di tempatkan di bawah lantai dek kapal tetapi kelebihan muatan di atas kapal sebaiknya dihindari (Novita *et al.* 2014). Kapal terbalik adalah fenomena fatal yang disebabkan oleh stabilitas kapal yang tidak mencukupi dalam kondisi operasi aktual (Krata, 2008). Rawson and Tupper (1983) menyatakan, selang stabilitas (*range of stability*), yaitu selang dimana nilai GZ adalah positif, biasanya berada pada selang sudut 00 sampai 900 , dimana kapal akan kembali ke posisi semula setelah momen yang menyebabkan kemiringan hilang. Secara umum luas di bawah kurva lengan stabilitas

untuk semua rasio lebar dan sarat kapal memenuhi kriteria stabilitas IMO, seperti sampel yang telah dianalisis di pada Tabel 5. Tabel 5 adalah data hasil penelitian yang dilakukan terhadap kapal yang diteliti. Diambil rasio 2,76 untuk sampel luas kurva yang memenuhi kriteria dari IMO.

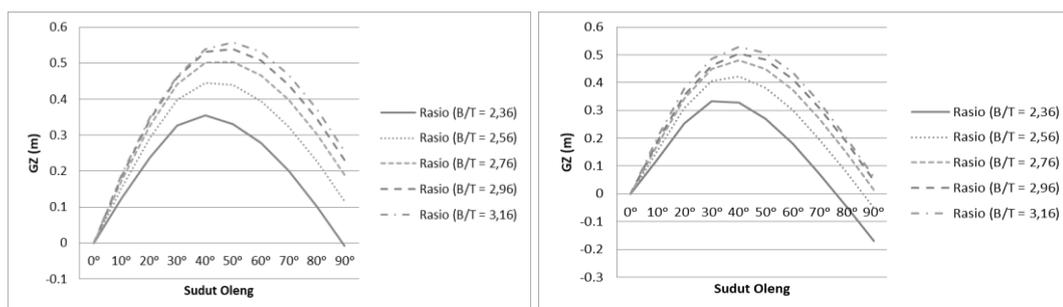
Perbandingan Stabilitas Tipe U dan Hardchin

Rasio yang sama seperti pada Tabel 3 digunakan untuk masing-masing tipe kapal yaitu tipe U dan *hardchin* untuk mengetahui stabilitas kapal tipe apa yang paling baik. Dari Gambar 3 menunjukkan bahwa stabilitas dengan lambung tipe U lebih baik dibandingkan tipe *hardchin*. Lengan stabilitas untuk kapal tipe U mempunyai area yang lebih luas dibandingkan dengan kapal tipe *hardchin*. Hal ini disebabkan karena perbedaan bentuk penampang dimana bentuk bagian penampang U lebih lebar dibandingkan bentuk penampang *hardchin*. Kondisi ini mengakibatkan nilai BM atau radius *metacentre* pada sudut tertentu menjadi semakin besar yang mengakibatkan lengan stabilitas menjadi semakin besar pula.

Besarnya nilai BM dipengaruhi oleh momen inersia yang besar pada sudut tertentu. Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa rasio lebar dan sarat yang besar atau pada sarat yang kecil mempunyai momen inersia yang besar, begitu pula sebaliknya.

Pengaruh Rasio Titik Berat dan Tinggi Kapal

Titik berat (*center of gravity*) dikenal dengan titik G dari sebuah kapal, merupakan titik tangkap dari semua gaya-gaya yang menekan ke bawah terhadap kapal. Letak titik G di kapal dapat diketahui dengan meninjau semua pembagian bobot di kapal. Semakin banyak bobot yang diletakkan di bagian atas dek kapal, maka makin tinggilah letak titik G-nya terhadap lunas kapal. Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa makin besar rasio titik berat dan tinggi kapal, makin kecil rasio lebar dan sarat kapal.



Gambar 2 Lengan stabilitas kapal 20 GT U dan *hardchin*

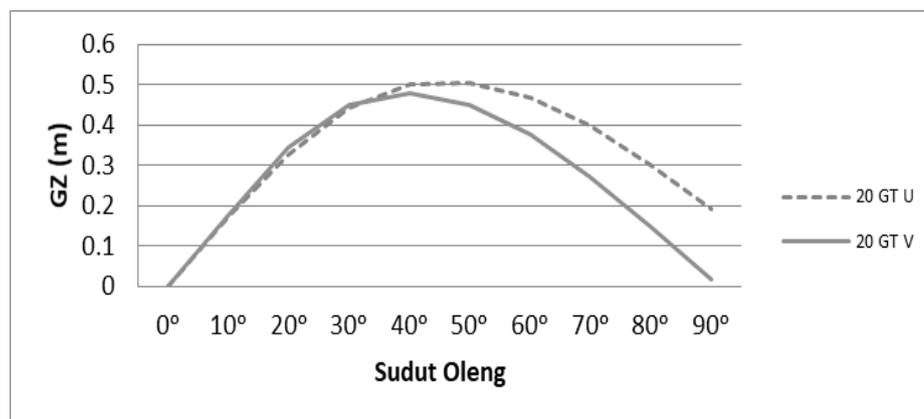
Hal ini menunjukkan bahwa nilai KG berbanding terbalik dengan nilai GM. Jika nilai KG besar maka nilai GM menjadi kecil. Rasio lebar dan sarat kapal maksimum yang memenuhi kriteria stabilitas sebuah kapal juga dipengaruhi oleh *block coefficient* (C_b) dari kapal tersebut. Semakin kecil nilai C_b , maka semakin besar rasio minimum lebar dan sarat kapal yang dibutuhkan untuk memenuhi kriteria stabilitas IMO

khususnya sudut kemiringan dimana lengan stabilitas maksimum terjadi.

Berdasarkan hasil kajian Jin *et al.* (2002) dan Wang *et al.* (2005) menunjukkan bahwa kecelakaan kapal yang terjadi, lebih sering berupa terbaliknya kapal. Kondisi ini disebabkan karena kapal mengangkut muatan yang melebihi kapasitas muatnya, dan penempatan muatan yang berlebihan di atas lantai dek kapal.

Tabel 5 Sampel rasio terhadap parameter

Criteria	Value	(B/d) 2,76 (U)	(B/d) 2,76 (hardchin)	Units	Status
Area 0 to 30	3,1513	7,2325	7,5519	m.deg	Pass
Area 0 to 40	5,1566	11,9984	12,2555	m.deg	Pass
Area 30 to 40	1,7189	4,7658	4,7036	m.deg	Pass
Max GZ at 30 or greater	0,200	0,509	0,480	m	Pass
Angle of maximum GZ	25,0	45,5	39,1	deg	Pass
Initial GMt for vessels >= 24m in length	0,350	1,008	1,021	m	Pass



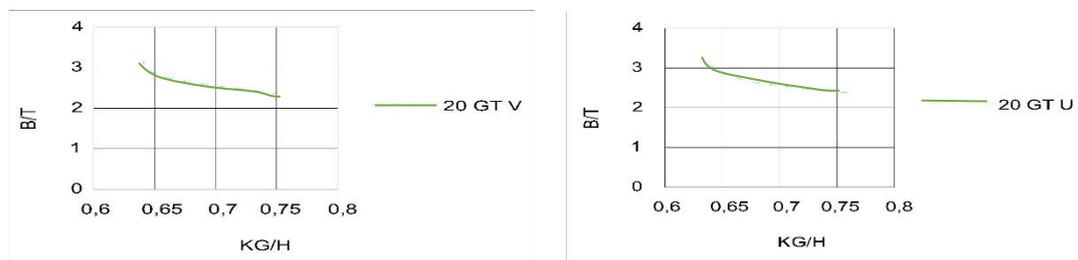
Gambar 3 Perbandingan lengan stabilitas kapal 20 GT

Tabel 6 Kriteria IMO terhadap kapal ikan 20 GT tipe U

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	7,2325	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	11,9984	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	4,7658	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	M	0,509	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	Deg	45,5	Pass
4.2 Fishing vessel	4.2.3.1: Initial GMt for vessels >= 24m in length	0,350	m	1,008	Pass

Tabel 7 Kriteria IMO terhadap kapal ikan 20 GT tipe *hardchin*

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 30	3,1513	m.deg	5,5329	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 0 to 40	5,1566	m.deg	8,9010	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.1: Area 30 to 40	1,7189	m.deg	3,3681	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,200	m	0,340	Pass
A.749(18) Ch3	3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25,0	deg	34,5	Pass
4.2 Fishing vessel	4.2.3.1: Initial GMt for vessels \geq 24m in length	0,350	m	0,714	Pass

Gambar 4 Rasio KG kapal tipe U dan *hardchin*

Pengaruh Rasio Lebar dan Sarat Terhadap Hambatan Kapal

Bentuk lambung kapal di bawah garis air akan mempengaruhi karakteristik aliran fluida di sekitar kapal, sehingga menyebabkan resistensi meningkat atau berkurang. Jika terjadi peningkatan resistensi, ukuran mesin utama dan konsumsi bahan bakar meningkat. Hal ini sering tidak diantisipasi oleh perancang dan operator kapal (Samuel *et al.* 2015). Kapal yang sedang bergerak memiliki hambatan yang diterima oleh lambung kapal, yang berada di bawah garis air. Jumlah hambatan ini akan diubah menjadi sebuah tenaga yang dibutuhkan oleh kapal untuk bergerak. Adapun hambatan keseluruhan (*total resistance*) kapal adalah jumlah dari hambatan gesek (R_f) dengan hambatan sisa (R_r) yang terjadi pada kapal (Nooryadi dan Suastika 2012).

Hasil perhitungan hambatan untuk masing-masing kapal sampel untuk setiap rasio lebar dan sarat kapal ditunjukkan pada Gambar 5. Pada Gambar 5 menunjukkan rasio yang paling kecil memiliki hambatan yang besar. Ini berarti bahwa semakin besar rasio lebar dan sarat kapal ($B/d = 3,16$), semakin kecil hambatan yang dialami kapal tersebut. Makin kecil sarat kapal, hambatan akan semakin mengecil sehingga menjadikan kapal lebih efisien dalam melakukan operasi penangkapan. Hal ini terjadi

karena pengaruh luas permukaan bidang basah kapal (*wetted surface area /WSA*) menjadi lebih kecil seiring dengan besarnya rasio lebar dan sarat kapal (B/d).

Besar kecilnya WSA dipengaruhi oleh ketinggian sarat (d) kapal itu sendiri. Jika d kapal kecil, maka WSA akan kecil tetapi jika d besar maka WSA akan semakin besar. Ini juga terdapat dalam rumus yang dikembangkan oleh Holthrop, dimana WSA atau S mempengaruhi nilai dari hambatan total kapal itu sendiri (Dariansyah *et al.* 2017). Nilai hambatan total yang rendah, diperoleh dengan cara memper-baiki bentuk bidang garis air sehingga dapat mencegah terjadinya *Eddy making* yang menyebabkan hambatan gelombang (Berlian dan Wempi 2011).

Perbandingan Hambatan Kapal Tipe U dan *hardchin*

Rasio yang digunakan untuk masing-masing tipe kapal adalah pada saat desain sarat maksimum ketika kapal berlayar yaitu rasio B/d pada 2,76. Untuk mengetahui apakah hambatan tipe U atau *hardchin* yang paling baik, kedua tipe tersebut dibandingkan dengan rasio yang sama.

Manopo (2012) menjelaskan bahwa bentuk kasko mempengaruhi tahanan kapal. Menurut Novita (2006), bentuk *hardchin bottom* atau *V bottom* memiliki tahanan kapal yang lebih

kecil jika dibandingkan dengan bentuk U, *round bottom* ataupun *round flat bottom*. Tahanan gerak yang kecil akan menghasilkan kecepatan laju kapal yang tinggi. Kondisi ini dibuktikan dari grafik hambatan gerak kapal yang disajikan pada Gambar 6.

Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan kapal, nilai hambatan gerak semakin besar. Nilai hambatan gerak kapal dengan lambung tipe U dan *hardchin* hingga kecepatan 12 knots memiliki nilai yang sama. Artinya kedua bentuk lambung kapal hingga kecepatan 12 knots, masih memiliki respon yang sama terhadap aliran air yang mengenai kapal saat bergerak. Akan tetapi, saat kapal bergerak dengan kecepatan di atas 12 knots, hambatan

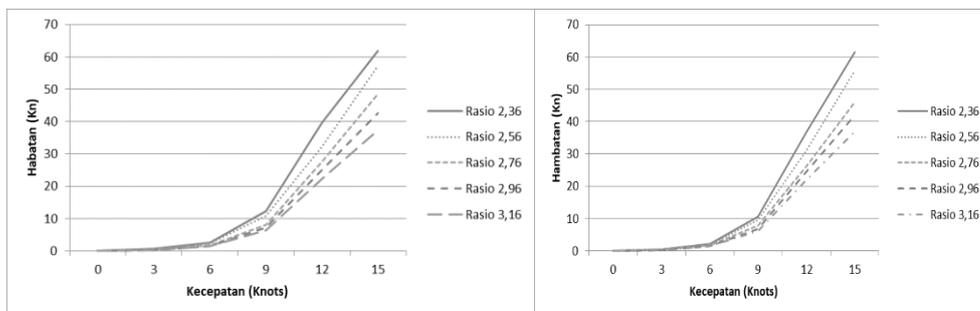
gerak kapal dengan lambung U memiliki hambatan gerak yang lebih besar dibandingkan tipe *hardchin*. Kondisi ini diperkirakan terjadi karena pada saat kapal dengan lambung *hardchin* bergerak dengan kecepatan di atas 12 knots, posisi kapal terhadap permukaan air agak terangkat khususnya di bagian haluan kapal. Terangkatnya sebagian badan kapal yang terendam air, diakibatkan karena lambung kapal tipe *hardchin* lebih ramping. Adapun kapal dengan lambung U, dengan bentuk lambung kapal yang lebih gemuk mengakibatkan posisi kapal terhadap air lebih konstan. Kecilnya nilai hambatan gerak, pada akhirnya juga menjadikan pengoperasian kapal menjadi lebih hemat bahan bakar sebagaimana dikatakan oleh Sunardi *et al.* (2015).

Tabel 8 Perbandingan WSA

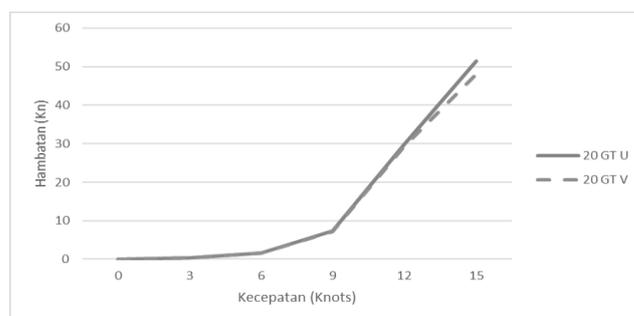
Rasio (B/d)		2,36	2,56	2,76	2,96	3,16
WSA (m ²)	20 GT U	75	71	68	65	61.235
	20 GT <i>hardchin</i>	74,36	70,05	66,48	63	59,23

Tabel 9 WSA Vs resistance

20 GT U		75	71	68	65	61.235
WSA (m ²)	Resistance (KN)	12,3	10,8	7,3	7	6,4
20 GT <i>hardchin</i>		74.355	70.047	66.477	63	59.23
WSA (m ²)	Resistance (KN)	11,1	9,5	7,2	6,9	6,24



Gambar 5 Kurva hambatan vs kecepatan 20 GT U dan V



Gambar 6 Perbandingan hambatan kapal 20 GT

Seakeeping

Gerakan kapal saat beroperasi di perairan memiliki pengaruh dan peranan yang penting terutama pada kelayakan laut kapal (*seaworthiness*). Kapal dinyatakan tidak layak laut, maka salah satu aspek ketidaklayakan tersebut adalah aspek hidrodinamika berkualitas buruk yang menyebabkan kapal dan awak kapal akan mengalami hal-hal buruk; menimbulkan kerugian materil dan korban jiwa (O'Hanlon *et al.* 1974).

Beberapa contoh akibat yang timbul karena gerakan kapal yang buruk misalnya kapal terbalik akibat inklinasi yang berlebihan saat terjadi gerakan *rolling*, kerusakan-kerusakan pada konstruksi badan kapal atau konstruksi lainnya akibat adanya gaya-gaya tambahan yang timbul, dan lain-lain (Hutauruk dan Rengi 2014).

Kapal penangkap ikan umumnya beroperasi di perairan terbuka, di mana musim tertentu mengalami gelombang dan badai yang mempengaruhi operasi kapal. Kondisi lingkungan ini mempengaruhi pergerakan kapal yang pada gilirannya dapat menyebabkan kondisi awak kapal menurun (Rahman *et al.* 2015). Gelombang laut

menyebabkan kapal merespon dalam bentuk pergerakan kapal atau *seakeeping*. Gerak kapal itu akan mempengaruhi kinerja dan kenyamanan awak kapal (Rudiyansyah *et al.* 2013). Efek dari kinerja *seakeeping* pada kenyamanan awak kapal terkait erat dengan percepatan vertikal dan horizontal yang dialami. Ketidaknyamanan yang disebabkan oleh mabuk laut sebagai hubungan antara variabel percepatan, frekuensi percepatan dan durasi percepatan (O'Hanlon *et al.* 1974).

Tabel 10, 11 dan 12 untuk kapal 20 GT tipe U, ada yang tidak memenuhi kriteria berdasarkan Tello *et al.* (2010). Pada kondisi *following seas* kapal hanya mampu beroperasi baik pada ketinggian gelombang dibawah 2 meter karena *RMS of Pitch* pada ketinggian lebih dari 2 meter melebihi standar. Pada saat kondisi beam seas kapal hanya mampu beroperasi baik pada ketinggian kurang dari 1,5 meter karena *RMS of Roll* pada ketinggian lebih dari 1,5 meter melebihi standar. Pada kondisi *head seas*, *RMS of Vertical Acceleration* dengan ketinggian gelombang lebih dari 2,5 meter diatas standar. Kapal ikan 20 GT tipe U mampu beroperasi dengan baik pada perairan di Indonesia yang tinggi gelombangnya berkisar diantara 0,5-1,5 meter.

Tabel 10 *Seakeeping* kapal 20 GT (U) pada *Following Seas*

A	B	C	d	e	f
0,5	0,037 & 0,019	0	0,64	0	Pass
1	0,074 & 0,039	0	0,128	0	Pass
1,5	0,112 & 0,058	0	0,192	0	Pass
2	0,149 & 0,078	0	0,256	0	Pass
2,5	0,186 & 0,097	0	0,32	0	Fail
3	0,223 & 0,117	0	0,385	0	Fail

Tabel 11 *Seakeeping* kapal 20 GT (U) pada *Beam Seas*

A	B	C	d	e	f
0,5	0,163 & 0,099	0,257 & 0,21	0,28	1,67	Pass
1	0,326 & 0,198	0,514 & 0,42	0,57	3,34	Pass
1,5	0,488 & 0,298	0,771 & 0,63	0,85	5,01	Pass
2	0,651 & 0,397	1,028 & 0,840	1,14	6,68	Fail
2,5	0,814 & 0,496	1,285 & 1,050	1,42	8,35	Fail
3	0,977 & 0,595	1,541 & 1,259	1,71	10,02	Fail

Tabel 12 *Seakeeping* kapal 20 GT (U) pada *Head Seas*

A	B	c	d	e	f
0,5	0,276 & 0,410	0	0,52	0	Pass
1	0,553 & 0,82	0	1,04	0	Pass
1,5	0,828 & 1,23	0	1,56	0	Pass
2	1,106 & 1,640	0	2,08	0	Pass
2,5	1,382 & 2,050	0	2,60	0	Pass
3	1,659 & 2,460	0	3,12	0	Fail

Tabel 13, 14 dan 15 untuk kapal 20 GT tipe *hardchin* didapat bahwa ada yang tidak memenuhi kriteria dari Tello (2010). Pada kondisi *following seas* kapal hanya mampu beroperasi baik pada ketinggian gelombang kurang dari 2 meter karena *RMS of Pitch* pada ketinggian lebih dari 2 meter melebihi standar. Pada saat kondisi *beam seas* kondisi gelombang lebih dari 1,5 meter, *roll motion* tidak memenuhi kriteria yang seharusnya. Menurut Tello (2010) *roll motion* harus kurang dari 6°, akan tetapi pada kondisi ini kapal melebihi standar dan hanya mampu beroperasi baik pada ketinggian kurang dari 1,5 meter. Pada kondisi *head seas*, *RMS of Vertical Acceleration* dengan ketinggian gelombang lebih dari 2,5 meter melebihi standar yang ditetapkan oleh Tello (2010).

Dari analisis, dapat disimpulkan pada kriteria *roll* dan *pitch* kapal dapat melewatinya.

Bentuk lambung berpengaruh pada gerakan kapal akibat *roll motion* dimana tipe U lebih aman daripada tipe V (Tello et al. 2011). Dengan demikian perancangan olah gerak kapal (*sea-keeping*) harus melingkupi *habitability* yang berhubungan dengan lingkungan di mana kru kapal bisa melaksanakan tugasnya secara efektif sehingga tidak ada penurunan performa kerja kru/nelayan akibat adanya gerakan-gerakan kapal (Hutauruk dan Rengi 2014).

Penting untuk menilai kinerja *sea-keeping* sehingga kapal dapat menghindari kecelakaan. Untuk kapal penangkap ikan harus memiliki kinerja *seakeeping* yang baik, tidak menginginkan untuk memiliki amplitudo gerak yang berlebihan, karena akan menyebabkan tugas-tugas kapal *onboard* menjadi berbahaya dan mengurangi efisiensi kru, sehingga menghambat pengoperasian alat tangkap (Yakob et al. 2015).

Tabel 13 *Seakeeping* kapal 20 GT (*hardchin*) pada *Following Seas*

A	B	C	d	e	f
0,5	0,039 & 0,041	0	0,66	0	Pass
1	0,078 & 0,082	0	1,32	0	Pass
1,5	0,117 & 0,123	0	1,98	0	Pass
2	0,155 & 0,164	0	2,64	0	Pass
2,5	0,194 & 0,205	0	3,3	0	Fail
3	0,233 & 0,246	0	3,96	0	Fail

Tabel 14 *Seakeeping* kapal 20 GT (*hardchin*) pada *Beam Seas*

A	B	C	d	e	f
0,5	0,152 & 0,107	0,301 & 0,246	0,29	1,68	Pass
1	0,305 & 0,214	0,601 & 0,492	0,59	3,36	Pass
1,5	0,457 & 0,322	0,902 & 0,738	0,88	5,04	Pass
2	0,610 & 0,429	1,203 & 0,984	1,18	6,72	Fail
2,5	0,762 & 0,536	1,504 & 1,229	1,47	8,4	Fail
3	0,915 & 0,643	1,804 & 1,475	1,76	10,08	Fail

Tabel 15 *Seakeeping* kapal 20 GT (V) pada *Head Seas*

a	B	c	d	e	f
0,5	0,251 & 0,437	0	0,52	0	Pass
1	0,502 & 0,874	0	1,04	0	Pass
1,5	0,753 & 1,311	0	1,56	0	Pass
2	1,004 & 1,748	0	2,08	0	Pass
2,5	1,255 & 2,185	0	2,60	0	Pass
3	1,506 & 2,622	0	3,12	0	Fail

Keterangan:

RMS = *Root Mean Square*

a : Tinggi Gelombang (m)

b : *RMS of Vertical Acceleration* (at Working Deck AP & FP)

c : *RMS of Lateral Acceleration* (at Working Deck Ap & FP)

d : *RMS of Pitch*

e : *RMS of Roll* dan

f : Status

KESIMPULAN

Makin besar rasio lebar dan tinggi kapal, stabilitas kapal semakin baik dimana titik berat maksimum yang memenuhi kriteria stabilitas IMO juga menjadi semakin besar. Kapal dengan sarat yang lebih besar akan mempunyai stabilitas yang lebih baik untuk rasio lebar dan sarat kapal yang sama. Rasio lebar dan sarat kapal minimum yang memenuhi kriteria stabilitas adalah 2,50. Stabilitas lambung kapal tipe U lebih baik dari pada tipe *hardchin*. Makin Besar nilai B/d kapal makin kecil hambatan yang dialami kapal jika hanya draft sebagai pengubah rasionya. Hambatan lambung dengan tipe *hardchin* lebih kecil dibandingkan dengan tipe U. *Seakeeping* kapal dengan lambung tipe *hardchin* lebih baik dari pada tipe U saat beroperasi di tinggi gelombang yang sama.

SARAN

Kapal pada penelitian ini disarankan beroperasi pada perairan dengan tinggi gelombang sama dengan atau dibawah dari 1,5 m. Rasio lebar dan sarat kapal minimum yang diteliti untuk kapal ikan disarankan tidak kurang dari 2,50. Rasio lebar dan sarat kapal minimum yang diteliti untuk kapal ini disarankan tidak lebih dari 0,14.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditukjukkan ke-pada LP2MK-UNSADA yang telah mendanai terlaksananya penelitian ini dengan nomor kontrak penelitian 032/PEN/LP2MK/UNSADA/V/2017

DAFTAR PUSTAKA

- Bačkalov I, Bulian B, Cichowicz J. 2016. Ship Stability, Dynamics and Safety: Status and Perspectives from are View of Recent STAB Conferences and ISSW Events. *Ocean Engineering*. 116(6): 312-349.
- Berlian A, Wempi A. 2011. Analisa Kinerja Hull form Metode form Data Kapal Ikan Tradisional 28 GT Km. Sido Sejati. *Kapal*. 8(1): 35-40.
- Boulougouris E, Cichowicz J, Jasionowski A, Konovessis D. 2016. Improvement of Ship Stability and Safety in Damaged Condition Through Operational Measures: Challenges and Opportunities. *Ocean Engineering*. 122(12): 311-316.
- Caamano LS, Gonzalez MM, Casas VD. 2016. On the Feasibility of a Real Time Stability Assessment for Fishing Vessels. *Ocean Engineering*. 159(13): 76-87.
- Dariansyah MR, Iskandar BH, Novita Y. 2017. Bentuk Kasko dan Pengaruhnya terhadap Kapasitas Volume Ruang Muat dan Tahanan Kasko. *ALBACORE*. 1(3): 265-276.
- Fyson J. 1985. *Design of Small Fishing Vessels*. England: Fishing News Book. Pages: 21-53.
- Hasselmann K, TP Barnett, E Bouws, H Carlson, DE Cartwright, K Enke, JA Ewing, H Gienapp, DE Hasselmann, P Kruseman, A Meerburg, P Mller, DJ Olbers, K Richter, W Sell, H Walden. 1978. Measurements of Wind-Wave Growth and Swell Decay During the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)' *Ergnzungsheft zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift Reihe*. 8(12): 95.
- Holtrop J, Mennen GGJ. 1982. A Statistical Power Prediction Method. *International Shipbuilding Progress*. 25(28): 166-170.
- Hutauruk RM, Rengi P. 2014. Respons Gerakan Kapal Perikanan Hasil Optimasi terhadap Gelombang. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 19(1): 13-22.
- International Maritime Organization (IMO). 2008: Stability Kriteria for Fishing Vessel, International Maritime Organization, London.
- Jin D, Kite-Powell HL, Thunberg E, Solow AR, Talley WK. 2002. A Model of Fishing Vessel Accident Probability. *Journal of Safety Research*. 33(4): 497-510.
- Jung SK, Roh MI, Kim KS. 2018. Arrangement Method of a Naval Surface Ship Considering Stability, Operability, and Survivability. *Journal Ocean Engineering*. 152(6): 316-333.
- Krata P. 2008. Total Losses of Fishing Vessels Due to the Insufficient Stability. *International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*. 2(3): 311-315.
- Tello M, e Silva SR, Soares CG. 2010. Seakeeping Performance of Fishing Vessels in Irregular Waves. Portugal: *Centre for Marine Technology and Engineering (CENTEC), Technical University of Lisbon, Instituto Superior Te'cnico, Av. Rovisco Pais*. 38(5): 763-773.
- Tello M, e Silva SR, Soares CG. 2011. Seakeeping Performance of Fishing Ve-

- ssels in Irregular Waves. *Ocean Engineering*. 38(6): 763-773.
- Manopo AR. 2012. Studi Pengaruh Bentuk Kasko pada Tahanan Kapal Pukat Cincin di Tumumpa, Bitung, dan Molibagu (Provinsi Sulawesi Utara). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap*. 1(2): 63-68.
- Mantari JL, Ribeiro ES, Soaresn CG. 2011. Intact Stability of Fishing Vessels Under Combined Action of Fishing Gear, Beam Waves and Wind. *Ocean Engineering* 38(17): 1989-1999.
- Nooryadi L, Suastika K. 2012. Perhitungan Wave Making Resistance pada Kapal Katamaran dengan Menggunakan CFD. *Jurnal Teknik ITS*. 1(1): 30-34.
- Novita Y. 2006. Studi Tentang Bentuk Kasko Kapal Ikan di Beberapa Daerah di Indonesia. *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan*. 16(4): 240-249.
- Novita Y, Martiyani N, Ariyani RE. 2014. Kualitas Stabilitas Kapal Payang Palabuhanratu Berdasarkan Distribusi Muatan. *Jurnal IPTEKS PSP*. 1(1): 28-39.
- O'Hanlon JF, McCauley ME. 1974. Motion Sickness Incidence as a Function of the Frequency and Acceleration of Vertical Sinusoidal Motion. *Aerospace Medicine*. 45(4): 366-375.
- Paroka D. 2018. Karakteristik Geometri dan Pengaruhnya Terhadap Stabilitas Kapal Ferry Ro-Ro Indonesia. *Jurnal Ilmu Pengetahuan & Teknologi Kelautan*. 15(1): 1-8.
- Rahman S, Haris MA, Paroka D. 2015. Seakeeping Kapal Perikanan 30 GT di Perairan Selat Makassar. *Seminar Teknologi dan Rekayasa (SENTRA) 2015*. 1(1): 64-69.
- Rawson KJ, Tupper EC. 1983. *Basic Ship Theory "Ed ke-3"*. London: Butterworth-Heinemann.
- Rouf ARA, Y Novita. 2006. Studi Tentang Bentuk Kasko Kapal Ikan di Beberapa Daerah di Indonesia. *Jurnal Torani (Journal of Marine Fisheries and Marine Science)*. 16(4): 51-62.
- Rudiyansyah H, Sulisetyono A, Ali B. 2013. Analisa Pengaruh Seakeeping terhadap Kinerja dan Kenyamanan Kapal RO-PAX Berbasis Uji Model di Perairan Laut Jawa. *Jurnal Teknik POMITS*. 2(1): 1-7.
- Samuel, Iqbal M, Utama IKAP. 2015. An Investigation Into the Resistance Components of Converting A Traditional Monohull Fishing Vessel Into Catamaran Form. *International Journal of Technology*. 6(3): 432-441.
- Sunardi, Efani A, Muzakky LO. 2015. Design of Eco-Friendly Shallow Draft Fishing Vessel. *Research Journal of Life Science*. 2(3): 199-204.
- Susanto A, Iskandar BH, Imron M. 2011. Evaluasi Desain dan Stabilitas Kapal Penangkap Ikan di Palabuhanratu : Studi Kasus Kapal PSP 01. *Jurnal Marine Fisheries*. 2(2): 213-221.
- Wang JA, Pillay YS, Kwon AD, Wall, Loughran CG. 2005. An Analysis of Fishing Vessel Accidents. *Accident Analysis & Prevention*. 37(6): 1019-1024.
- Yakob O, Ellyza HF, Rajali JM, Adli MM. 2015. Stability, Seakeeping and Safety Assessment of Small Fishing Boats Operating in Southern Coast of Peninsular Malaysia. *Journal of Sustainability Science and Management*. 10(1): 50-56.