

KAJIAN STABILITAS EMPAT TIPE KASKO KAPAL POLE AND LINE**STABILITY ANALYSIS OF FOUR TYPES OF POLE AND LINER****St. Aisyah Farhum***Faculty of Marine and Fisheries Science, Hasanuddin University, Indonesia;*email: icha_erick@yahoo.com**ABSTRACT**

This study was purposed to compare the stability of four types of pole and liner casco (round bottom, round flat bottom, round sharp bottom and u-v bottom). The stability value was analyzed by calculating the stability on the curve with the heeling angle of 0-90°. The stability results of each casco type were then compared with the criteria of minimum standard value derived from IMO (International Maritime Organization). Results showed that the four casco types had greater stability values than IMO standard values. This study found that the stability value of the round-sharp bottom casco was better than the others.

Keywords: *Stability of fishing boat, Pole and liner, casco*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan nilai stabilitas pada empat tipe kasko kapal pole and line, masing-masing round bottom, round flat bottom, round sharp bottom dan u-v bottom. Analisis nilai stabilitas dilakukan melalui perhitungan nilai stabilitas terhadap kurva stabilitas pada sudut kemiringan 0 – 90°. Hasil analisis stabilitas masing-masing bentuk kasko kemudian dibandingkan dengan standar minimum kriteria stabilitas kapal perikanan yang dikeluarkan International Maritim Organization. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, keempat bentuk kasko kapal pole and line memiliki nilai stabilitas yang lebih besar dari kriteria stabilitas minimum IMO, dimana tipe kasko round-sharp bottom merupakan tipe kasko kapal yang memiliki nilai stabilitas yang lebih baik dibandingkan tipe kasko yang lain.

Kata Kunci: Stabilitas, Kapal Pole and Line, Kasko

I. PENDAHULUAN

Desain merupakan hal yang penting dalam pembangunan kapal ikan (Fyson, 1985). Sesuai dengan perbedaan jenis kapal ikan, maka desain dan konstruksi kapal dibuat berbeda-beda dengan memperhatikan persyaratan teknis pengoperasian setiap jenis kapal berdasarkan alat tangkap yang dioperasikan. Desain dan konstruksi yang berbeda berdasarkan jenis kapal ikan ini, membuat bentuk badan kapal (kasko) menjadi berbeda-beda (Gillmer and Johnson, 1982 ; Fyson, 1985).

Bentuk badan kapal bergantung pada ukuran utama, perbandingan ukuran utama dan koefisien bentuk kapal (Fyson, 1985). Ukuran utama kapal terdiri dari panjang kapal (L), lebar kapal (B), tinggi/dalam kapal (D) dan *draft*/sarat air kapal (d). Kesesuaian rasio dimensi sangat menentukan kemampuan suatu kapal ikan, karena akan mempengaruhi resistensi kapal (nilai L/B), kekuatan memanjang kapal (nilai L/D) dan stabilitas kapal (nilai B/D) (Fyson, 1985)

Stabilitas kapal merupakan kemampuan sebuah kapal untuk kembali ke posisi semula setelah mengalami

keolengan. Stabilitas kapal terkait erat dengan distribusi muatan dan perhitungan nilai lengan penegak (GZ). Perbedaan distribusi muatan yang terjadi pada setiap kondisi pemuatan akan mengakibatkan terjadinya perubahan pada nilai KG, yaitu jarak vertikal antara titik K (*keel*) dan titik G (*centre of gravity*) yang selanjutnya akan mempengaruhi nilai lengan penegak (GZ) yang terbentuk (Hind, 1982; Derret, 1990).

Stabilitas kapal bergantung pada beberapa faktor antara lain dimensi kapal, bentuk badan kapal yang berada di dalam air, distribusi benda-benda di atas kapal dan sudut kemiringan kapal terhadap bidang horizontal (Fyson, 1985).

Pada kapal pole and line, keberhasilan pengoperasian sangat bergantung pada kondisi stabilitas kapal karena sifat pengoperasiannya yang oseanik. Kapal pole and line di Sulawesi Selatan, memiliki bentuk badan kapal yang beragam. Berdasarkan hasil penelitian Farhum (2006), ada empat bentuk badan kapal pole and line di Sulawesi Selatan, yaitu *round bottom*, *round flat bottom*, *round sharp bottom* dan *u-v bottom*.

Penelitian yang menitikberatkan pada kajian stabilitas ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kestabilan masing-masing jenis kasko kapal pole and line, sehingga dapat diperoleh informasi mengenai perbandingan nilai stabilitas pada empat tipe kasko kapal pole and line.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Data yang Digunakan

Kajian ini menggunakan data: empat karakteristik kapal pole and line dengan masing-masing bentuk kasko *round-sharp bottom* (K-A), *round-flat bottom* (K-B), *U-V bottom* (K-C) dan *round bottom* (K-D). Spesifikasi sampel kapal yang digunakan untuk keempat bentuk kapal *pole and line* diterakan pada Tabel 1.

2.2. Analisis Data

Perhitungan stabilitas kapal *pole and line* sampel meliputi analisis terhadap perkiraan perubahan nilai KG pada empat kondisi distribusi muatan terhadap empat bentuk badan kapal, masing-masing adalah:

- 1) Kondisi kapal kosong; pada kondisi ini bahan bakar, umpan hidup dan muatan diasumsikan kosong (0%).

Tabel 1. Spesifikasi Kapal Pole and Line Sampel

Sampel	LOA (m)	B (m)	D (m)	d (m)	Cb	GT
K-A	20.44	4.06	1.75	1.40	0.46	24.31
K-B	22.20	5.04	2.12	1.70	0.54	30.71
K-C	21.50	3.84	1.92	1.20	0.57	26.82
K-D	18.40	3.52	1.80	1.44	0.43	17.83

Keterangan:

LOA: length over all (panjang keseluruhan kapal)

B: Breadth (lebar kapal)

D: Depth (dalam/tinggi kapal)

D: Draught (tinggi garis air)

Cb: Coefficient of block

GT: Gross tonnage

- 2) Kondisi kapal berangkat; pada kondisi ini bahan bakar, umpan hidup diasumsikan penuh (100%) dan muatan kosong (0%).
- 3) Kondisi kapal beroperasi; pada kondisi ini bahan bakar diasumsikan setengah penuh (50%), umpan hidup seperempat penuh (25%) dan muatan tigaperempat penuh (75%).
- 4) Kondisi kapal pulang; pada kondisi ini bahan bakar diasumsikan seperempat penuh (25%), umpan hidup 10% dan muatan penuh 100%.

Perubahan nilai KG dianalisis dengan membuat perkiraan perubahan jarak vertikal – horizontal pada setiap kondisi perubahan distribusi muatan. Nilai KG diperoleh dengan menggunakan formula berikut (Hind, 1982):

$$KG = \frac{\text{moment of } \Delta_z}{\Delta}$$

dimana: Δ_z adalah momen vertikal

Analisis stabilitas statis melalui kurva stabilitas statis GZ dilakukan dengan metode Attwood's Formula (Hind, 1982). Metode ini menganalisis stabilitas statis kapal pada sudut keolengan $0^\circ - 90^\circ$.

Hasil perhitungan stabilitas kemudian dibandingkan dengan standar stabilitas kapal yang dikeluarkan oleh *United Kingdom Regulations [The Fishing Vessels (Safety Provision) Rules, 1975]* (Hind, 1982) dan

International Maritime Organization (IMO) pada Torremolinos International Convention for The Safety of Fishing Vessels–regulation 28 (1977) melalui kurva GZ.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Nilai KG Kapal Pole and Line Sampel pada Berbagai Kondisi Muatan

Hasil perhitungan terhadap nilai KG kapal yang dibuat pada empat kondisi muatan disajikan pada Tabel 2.

Analisis nilai KG dilakukan berdasarkan hasil perkiraan perubahan distribusi muatan pada empat kondisi pemuatan. Dari hasil analisis tersebut terlihat bahwa nilai KG kapal akan berubah jika terjadi perubahan distribusi muatan. Jika nilai *ton displacement* bertambah maka nilai KG kapal akan semakin besar, tetapi nilai GM-nya menjadi lebih kecil. Umumnya nilai KG tertinggi pada keseluruhan kapal sampel berada pada kondisi kapal beroperasi yaitu pada kondisi bahan bakar diasumsikan setengah penuh (50%), umpan hidup satu per empat penuh (25%) dan muatan tiga per empat penuh (75%).

Kapal sampel K-A dengan bentuk *round sharp* dan K-B dengan bentuk *round flat* memiliki nilai KG yang lebih

Tabel 2. Hasil perhitungan perkiraan nilai KG, *ton displacement* (Δ) dan GM pada empat kondisi distribusi muatan

No Kondisi Kapal	K-A			K-B			K-C			K-D		
	Δ	KG	GM	Δ	KG	GM	Δ	KG	GM	Δ	KG	GM
1. Kapal Kosong	66.0	1.90	0.68	78.2	1.87	0.46	44.0	1.45	0.50	32.5	1.35	0.42
2. Kapal Berangkat	87.3	1.95	0.63	101.9	1.92	0.41	59.6	1.50	0.45	47.0	1.37	0.40
3. Kapal Beroperasi	87.5	1.97	0.61	99.2	1.94	0.40	58.7	1.51	0.44	45.2	1.40	0.37
4. Kapal Pulang	87.2	1.96	0.62	96.4	1.93	0.41	57.4	1.52	0.43	44.2	1.39	0.38

tinggi dibandingkan kedua kapal sampel lainnya, karena nilai *ton displacement* kedua kapal tersebut juga lebih besar.

Sebuah kapal dapat dikatakan stabil apabila kapal tersebut dapat kembali menjadi tegak setelah mengalami momen kemiringan. Stabilitas pada kapal ikan amat bergantung dari distribusi muatan yang ada pada kapal tersebut.

Taylor (1977) dan Hind (1982) menyatakan bahwa stabilitas sebuah kapal dipengaruhi oleh letak ketiga titik konsentrasi gaya yang bekerja pada kapal tersebut. Ketiga titik tersebut adalah titik B (*centre of bouyancy*), titik G (*centre of gravity*) dan titik M (*metacentre*). Selanjutnya Hind (1982) mengemukakan bahwa posisi titik G bergantung dari distribusi muatan dan posisi titik B bergantung pada bentuk kapal yang terendam di dalam air.

Saat kapal berangkat menuju daerah penangkapan, muatan pada kapal *pole and line* terdiri atas perbekalan, bahan bakar dan bak umpan hidup yang terisi penuh. Pada saat kembali, muatan-muatan tersebut akan berkurang tetapi palkah ikan akan terisi oleh hasil tangkapan. Hal ini menyebabkan perubahan titik berat pada kapal, sehingga letak titik G (*centre of gravity*) kapal akan berubah.

Titik berat (G) pada sebuah kapal merupakan titik tangkap dari sebuah titik pusat seluruh gaya berat yang menekan ke bawah. Letak titik G dapat ditentukan dengan meninjau semua pembagian berat yang berada di atas kapal terhadap lunas kapal. Letak titik berat di atas lunas (KG) akan mempengaruhi besar kecilnya nilai lengan penengak GZ yang terbentuk pada saat kapal mengalami keolengan.

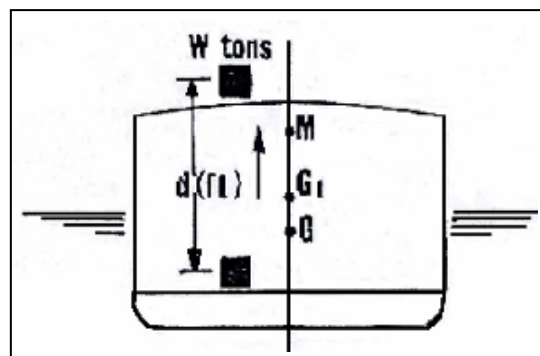
Berdasarkan hasil perkiraan perubahan distribusi muatan pada keempat bentuk kapal (K-A, K-B, K-C dan K-D) yang diterakan pada Tabel 4.2 memperlihatkan bahwa nilai KG kapal akan berubah jika terjadi perubahan berat

dan distribusi muatan. Hal ini juga dijelaskan oleh Hind (1982) bahwa penambahan dan perpindahan muatan pada kapal dapat mengakibatkan perubahan nilai *displacement*, *draft*, posisi G, posisi B, posisi M dan trim *fore* dan *aft*.

Dari Tabel 2 diketahui bahwa, perubahan nilai *ton displacement* berpengaruh terhadap nilai KG kapal, tetapi tidak menentukan peningkatan dan penurunan nilai tersebut. Peningkatan dan penurunan nilai KG bergantung kepada distribusi muatan yang ada di atas kapal. Hasil penelitian dari Iskandar (1997) juga menjelaskan bahwa tinggi rendah nilai KG tidak bergantung pada nilai *ton displacement* kapal, tetapi pada kondisi penempatan muatan di atasnya.

Berdasarkan Tabel 2 juga diketahui bahwa nilai *ton displacement* berpengaruh terbalik terhadap nilai tinggi *metacentre* (GM) yang terbentuk, dimana semakin tinggi nilai *ton displacement* kapal, maka tinggi *metacentre* akan menurun. Hal ini dapat dijelaskan pada Gambar 1 bahwa, jika sebuah beban w (ton) meningkatkan *draft* kapal maka *centre of gravity* kapal akan meningkat, sehingga terjadi sebuah posisi GG_1 yang baru, sehingga tinggi *metacentre* akan menurun.

Kapal sampel K-A dengan bentuk *round sharp bottom* memiliki nilai KG yang lebih tinggi dibandingkan ketiga



Gambar 1. Penambahan beban pada kapal (Sumber: Hind, 1982)

kapal sampel lainnya. Hal ini disebabkan karena bentuk seperti ini memungkinkan untuk mendistribusikan muatan yang lebih banyak pada bagian atas *deck* sehingga titik berat kapal bergerak ke atas. Dengan demikian nilai KG yang terbentuk menjadi lebih tinggi.

Nilai KG tertinggi pada keseluruhan kapal sampel berada pada saat kondisi kapal beroperasi dan pulang. Tingginya nilai KG pada saat kondisi tersebut karena bertambahnya muatan di atas dek oleh hasil tangkapan sedangkan muatan di bawah dek seperti bahan bakar dan umpan hidup menjadi berkurang, sehingga titik G bergerak ke atas.

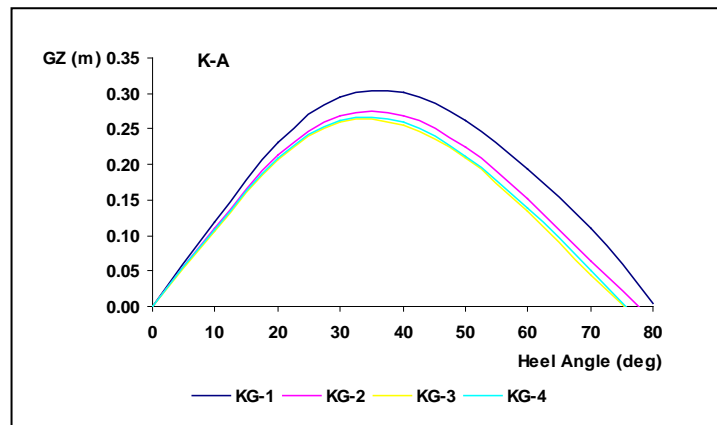
3.2. Nilai Lengan Penegak GZ Kapal *Pole and Line* Sampel

Stabilitas statis keempat kapal sampel diukur dengan menghitung nilai lengan penegak (GZ) yang terbentuk pada kurva GZ. Pada kurva GZ ditunjukkan nilai GZ pada berbagai sudut keolengan ($0^{\circ} - 80^{\circ}$). Kurva stabilitas

statis kapal *pole and line* sampel pada berbagai kondisi distribusi muatan disajikan pada Gambar 2.

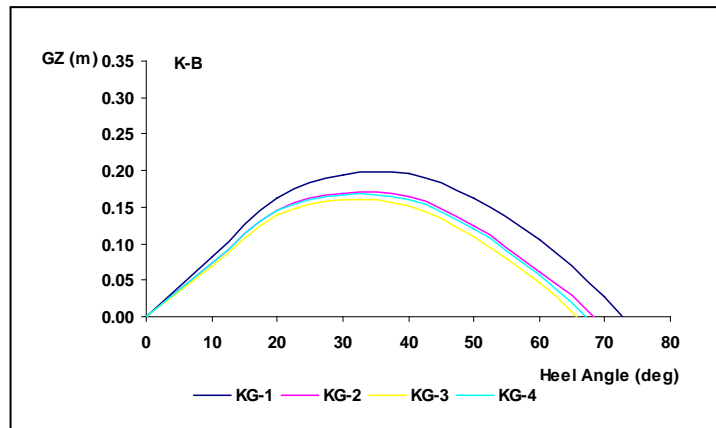
Nilai lengan penegak GZ yang terbentuk pada kurva GZ berbanding terbalik dengan nilai KG. Pada kurva tersebut terlihat bahwa semakin tinggi nilai KG maka nilai GZ akan semakin rendah, demikian pula sebaliknya. Dari keempat bentuk kapal yang ada, kapal K-A dengan bentuk badan *round-sharp bottom* memiliki nilai GZ yang lebih tinggi dibandingkan kapal sampel dengan bentuk badan kapal yang lain.

Nilai lengan penegak GZ menunjukkan nilai stabilitas suatu kapal. Nilai ini memiliki standar yang ditetapkan oleh IMO. Hasil perhitungan stabilitas kapal *pole and line* sampel yang diterakan pada Tabel 3 sampai Tabel 6, menunjukkan bahwa seluruh nilai lengan penegak GZ kapal *pole and line* sampel memiliki nilai lebih besar dibandingkan nilai minimum yang ditetapkan oleh IMO.

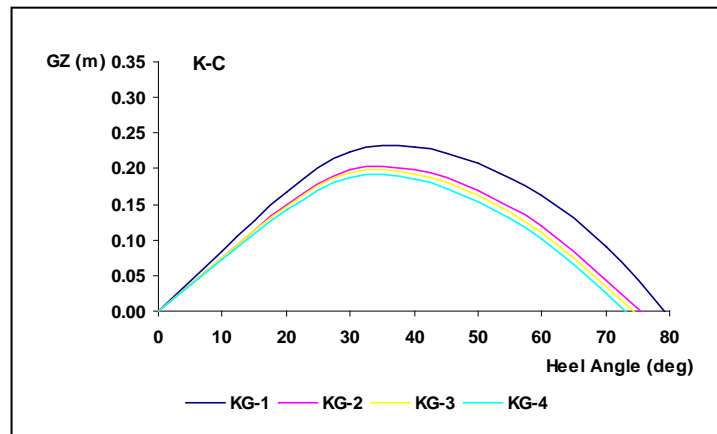


Gambar 2. Kurva GZ Kapal *Pole and Line* Sampel

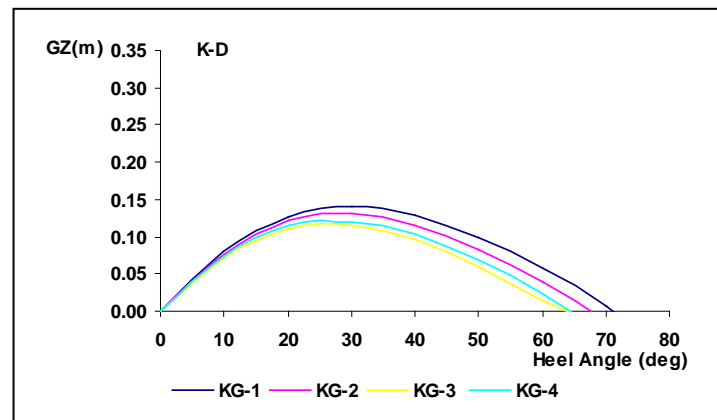
Kajian Stabilitas Empat Tipe Kasko Kapal Pole and Line



Gambar 2. Kurva GZ Kapal *Pole and Line* Sampel (lanjutan)



Gambar 2. Kurva GZ Kapal *Pole and Line* Sampel (lanjutan)



Gambar 2. Kurva GZ Kapal *Pole and Line* Sampel (lanjutan)

Tabel 3. Nilai kriteria stabilitas kapal *pole and line* K-A dan nilai standar IMO

Nilai Pada Kurva GZ	Standar IMO (Nilai Minimum)	Kondisi Distribusi Muatan			
		1	2	3	4
A (0-30 ⁰)	0.005 m-rad	0.087	0.081	0.078	0.079
B (0-40 ⁰)	0.090 m-rad	0.140	0.128	0.124	0.125
C (30-40 ⁰)	0.030 m-rad	0.052	0.047	0.045	0.046
D (sudut GZ _{max})	30 deg	37	36	36	36
E (GZ _{min})	0.2 m	0.305	0.280	0.263	0.267
F (GM)	0.15 m	0.680	0.630	0.610	0.620

Tabel 4. Nilai kriteria stabilitas kapal *pole and line* K-B dan nilai standar IMO

Nilai Pada Kurva GZ	Standar IMO (Nilai Minimum)	Kondisi Distribusi Muatan			
		1	2	3	4
A (0-30 ⁰)	0.005 m-rad	0.061	0.054	0.052	0.053
B (0-40 ⁰)	0.090 m-rad	0.095	0.083	0.079	0.082
C (30-40 ⁰)	0.030 m-rad	0.035	0.029	0.028	0.029
D (sudut GZ _{max})	30 deg	37	36	35	35
E (GZ _{min})	0.2 m	0.200	0.170	0.160	0.170
F (GM)	0.15 m	0.460	0.410	0.400	0.410

Tabel 5. Nilai kriteria stabilitas kapal *pole and line* K-C dan nilai standar IMO

Nilai Pada Kurva GZ	Standar IMO (Nilai Minimum)	Kondisi Distribusi Muatan			
		1	2	3	4
A (0-30 ⁰)	0.005 m-rad	0.064	0.057	0.056	0.055
B (0-40 ⁰)	0.090 m-rad	0.105	0.093	0.091	0.088
C (30-40 ⁰)	0.030 m-rad	0.041	0.036	0.035	0.033
D (sudut GZ _{max})	30 deg	37	35	35	35
E (GZ _{min})	0.2 m	0.240	0.210	0.200	0.200
F (GM)	0.15 m	0.500	0.450	0.440	0.430

Tabel 6. Nilai kriteria stabilitas kapal *pole and line* K-D dan nilai standar IMO

Nilai Pada Kurva GZ	Standar IMO (Nilai Minimum)	Kondisi Distribusi Muatan			
		1	2	3	4
A (0-30 ⁰)	0.005 m-rad	0.049	0.047	0.043	0.044
B (0-40 ⁰)	0.090 m-rad	0.073	0.069	0.061	0.064
C (30-40 ⁰)	0.030 m-rad	0.023	0.022	0.019	0.019
D (sudut GZ _{max})	30 deg	30	30	30	30
E (GZ _{min})	0.2 m	0.140	0.130	0.120	0.120
F (GM)	0.15 m	0.420	0.400	0.370	0.380

Berdasarkan kurva stabilitas, diperoleh nilai stabilitas maksimum dan kisaran stabilitas yang diterakan pada Tabel 7. Stabilitas maksimum adalah nilai GZ maksimum yang dapat dicapai oleh kapal pada kondisi tertentu dan terjadi pada besar sudut tertentu. Kisaran

stabilitas merupakan sudut terbesar kemiringan kapal tanpa terjadinya nilai GZ yang negatif. Besar sudut ini diketahui dari titik potong kurva GZ dengan sumbu X (*axis*), dimana nilai GZ sama dengan 0 dan disebut dengan *angle of vanishing stability*.

Tabel 7. Nilai maksimum dan kisaran stabilitas kapal *pole and line* sampel

No.	Kapal	Kondisi	Maksimum Stabilitas		Sudut Kisaran Stabilitas (°)
			Sudut (°)	GZ (m)	
1.	K-A	Kapal Kosong	37	0.305	0 – 80
		Kapal Berangkat	36	0.280	0 – 77
		Kapal Beroperasi	36	0.263	0 – 74
		Kapal Pulang	36	0.267	0 – 75
2.	K-B	Kapal Kosong	37	0.200	0 – 72
		Kapal Berangkat	36	0.170	0 – 67
		Kapal Beroperasi	35	0.160	0 – 65
		Kapal Pulang	35	0.267	0 – 67
3.	K-C	Kapal Kosong	37	0.240	0 – 80
		Kapal Berangkat	35	0.210	0 – 75
		Kapal Beroperasi	35	0.200	0 – 74
		Kapal Pulang	35	0.200	0 – 72
4.	K-A	Kapal Kosong	30	0.140	0 – 70
		Kapal Berangkat	30	0.130	0 – 67
		Kapal Beroperasi	30	0.120	0 – 62
		Kapal Pulang	30	0.120	0 – 64

Ada dua gaya yang mengatur kestabilan kapal di laut, yaitu gaya berat (*forces of gravity*, G) yang selalu bergerak vertikal ke bawah dan gaya apung (*forces of bouyancy*, B) yang bergerak vertikal ke atas. Pada saat kapal dalam kondisi tenang, kedua gaya ini berada pada satu garis vertikal yang sama. Pada saat kapal mengalami keolengan, gaya berat dan gaya apung kapal akan bergerak ke arah yang berlawanan. Jarak perpendicular yang dibentuk oleh kedua garis gaya ini disebut lengan penegak (GZ). (Gillmer dan Johnson, 1982).

Perhitungan stabilitas statis kapal *pole and line* sampel dilakukan dengan analisis nilai GZ kapal pada beberapa sudut keolengan yang sesuai dengan aturan yang dikeluarkan oleh IMO. Nilai lengan GZ kapal *pole and line* sampel yang disajikan pada Tabel 3 – 6 memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan nilai minimum yang ditetapkan oleh IMO. Hal ini dapat dilihat dari nilai margin yang positif (Tabel 7). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada keempat kondisi pemuatan, kapal dapat menghasilkan momen kopel yang positif untuk mengembalikan kapal

ke posisi semula setelah terjadi oleng akibat gaya yang bekerja padanya.

Nilai GZ akan menjadi negatif jika sudut keolengan lebih besar dari batas nilai maksimum kisaran stabilitas (Tabel 7), yang mengakibatkan kapal tidak lagi menghasilkan lengan GZ yang positif. Bila hal ini terjadi kapal akan terbalik karena saat terjadi keolengan pada sudut tersebut. Kapal dengan lengan GZ negatif akan meneruskan gerakannya ke arah kemiringannya dan tidak kembali ke posisi semula.

IV. KESIMPULAN

Lengan penegak GZ yang terbentuk pada keempat kapal *pole and line* sampel pada setiap kondisi pemuatan bernilai positif dan berada di atas nilai standar minimum yang ditetapkan oleh IMO, yang berarti nilai lengan penegak GZ yang dihasilkan masih dapat mengembalikan kapal ke posisi semula setelah terjadi keolengan, sehingga dapat disimpulkan bahwa keempat kapal sampel tersebut memiliki stabilitas yang baik.

Kapal sampel K-A dengan bentuk *round-sharp bottom* memiliki nilai kriteria stabilitas yang lebih tinggi

dibandingkan ketiga bentuk kapal lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Derret, D.R. 1990. Ship Stability for Masters and Mates. Fourth Edition, Revised. Butler & Tanner Ltd, Frome and London.
- Farhum, S.A. 2006. Kajian Stabilitas dan Keselamatan Pengoperasian Kapal Pole and Line pada Kondisi Gelombang *Beam Seas*. Disertasi pada Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Farhum, S.A. 2007. Distribusi Statistik Karakteristik Teknis Kapal Pole and Line Sulawesi Selatan. *Jurnal Torani*, 3(17):246-253
- Fyson, J. 1985. Design of Small Fishing Vessels. Fishing News (Books) Ltd. England.
- Gillmer, T.C and B. Johnson. 1982. Introduction to Naval Architecture. Naval Institute Press. Annapolis. Maryland.
- Hind, J.A. 1982. Stability and Trim of Fishing Vessels and Other Small Ships. Second Edition. Fishing News Books Ltd. Farnham, Surrey, England.
- International Maritime Organization (IMO). 1983. International Conference on Safety Fishing Vessels 1977. IMO. London.
- Iskandar, B.H. 1997. Studi tentang Desain Kapal Kayu Mina Jaya BPPT 01. Tesis pada Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Kok, H.G.M, E.G.V. Lonkhyusen, and F.A.C. Nierich. 1983. Bangunan Kapal. Zundort. Netherland.
- Taylor, L.G. 1977. The Principles of Ship Stability. Brown, Son & Publisher, Ltd., Nautical Publisher, 52 Darnley Street. Glasgow.