

STABILITAS KAPAL *POLE AND LINER* PADA KONDISI MUATAN YANG BERBEDA (*Stability of Pole and Liner at Different Loading Levels*)

Oleh:
Siti Aisyah Farhum¹⁾

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap stabilitas kapal *pole and liner* pada empat kondisi pendistribusian muatan, yaitu kondisi kapal kosong, berangkat, beroperasi dan pulang dengan tujuan untuk (1) mengetahui nilai KG pada empat kondisi muatan, (2) menganalisis nilai GZ dan (3) menganalisis stabilitas kapal *pole and liner*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai KG kapal akan berubah jika terdapat perubahan distribusi muatan di atas kapal, dengan nilai GZ yang positif, yang mengindikasikan bahwa lengan penegak yang terbentuk pada kapal dapat mengembalikan kapal ke posisi semula setelah terjadi keolengan. Periode oleng kapal sampel berada pada kisaran 6.41 – 6.87 detik.

Kata kunci : stabilitas, kapal *pole and liner*

ABSTRACT

In this research, stability of pole and liner in four loading condition, i.e. empty, depart, fishing and return to port are analyzed. The research objectives are: (1) to analyze the pole and liner KG values on four loading condition, (2) to analyze GZ values and (3) to analyze the pole and liner stability.

The research results indicated that there are change in vessel KG values in every load condition. The vessel GZ values are in positive values range, that means righting arms is able to term the vessel back to original position after suffering inclination. Rolling period values ranges from 6.41 – 6.87 second.

Keywords : stability, pole and liner

1. PENDAHULUAN

Masalah teknis yang perlu diperhatikan dalam penentuan perencanaan pembangunan kapal ikan, adalah agar hasil dari pembangunan kapal tersebut terjamin kestabilannya pada saat dioperasikan di laut. Stabilitas merupakan hal terpenting bagi pelayaran kapal sewaktu digunakan untuk operasi penangkapan ikan, karena pada kapal ikan dilakukan kerja operasi pada berbagai kondisi cuaca dalam batas-batas kemampuannya.

Menurut Fyson (1985), stabilitas kapal dapat diartikan sebagai kemampuan sebuah kapal untuk dapat kembali ke posisi semula (tegak) setelah menjadi miring akibat bekerjanya gaya dari luar maupun dari dalam kapal tersebut atau setelah mengalami momen temporal.

Stabilitas kapal dibagi dalam stabilitas statis dan stabilitas dinamis. Stabilitas statis (*initial stability*) adalah stabilitas kapal yang diukur pada kondisi air tenang dengan beberapa sudut keolengan pada nilai *ton displacement* yang berbeda. Nilai stabilitas statis kapal ditunjukkan oleh nilai lengan penegak (GZ). Stabilitas dinamis adalah stabilitas kapal yang diukur dengan jalan memberikan suatu usaha pada kapal sehingga membentuk sudut keolengan tertentu.

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, posisi titik G bergantung dari distribusi muatan dan posisi titik B bergantung pada bentuk kapal yang terendam di dalam air.

¹ FIKP - Universitas Hasanuddin, Makassar.

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.

Pada kapal *pole and line*, stabilitas amat bergantung pada distribusi muatan yang ada di atas kapal karena terjadinya perubahan-perubahan titik berat pada setiap kondisi pemuatan. Pada saat kapal berangkat ke daerah penangkapan, muatan yang ada padanya berbeda dengan pada saat kapal kembali dari daerah penangkapan.

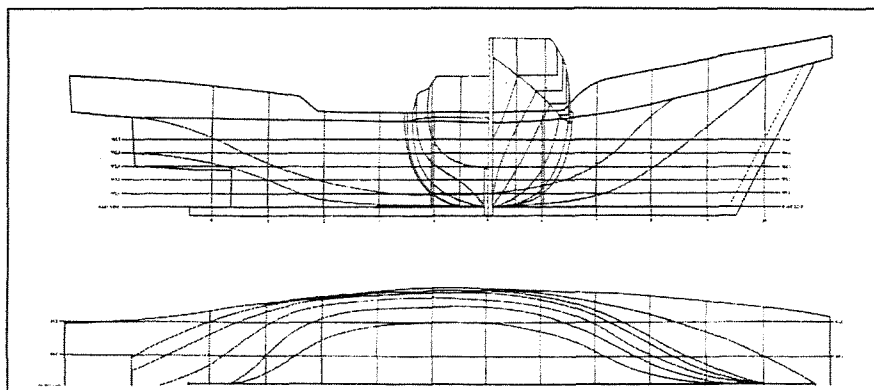
Berdasarkan hal tersebut di atas, penelitian ini dilakukan untuk: (1) mengetahui nilai KG pada kondisi pemuatan yang berbeda terhadap kapal sampel, (2) menganalisis nilai GZ yang terbentuk pada setiap perubahan nilai KG, (3) menganalisis kelayakan stabilitas kapal *pole and line* sampel.

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini digunakan kapal *pole and line* sampel dengan spesifikasi seperti yang diterakan pada Tabel 1 dan gambar *lines plan* disajikan pada Gambar 1.

Tabel 1 Spesifikasi Kapal *Pole and Line* Sampel

No.	Item	Nilai
1.	L _{OA} (m)	22.20
2.	B (m)	5.04
3.	H (m)	2.12
4.	d (m)	1.70
5.	L/B; L/H; B/H	3.28; 7.79; 2.38
6.	C _b (m)	0.46
7.	GT	30.71



Gambar 1. *Lines plan* kapal *pole and line* sampel

Perhitungan stabilitas kapal *pole and line* sampel meliputi analisis terhadap perkiraan perubahan nilai KG pada empat kondisi distribusi muatan terhadap empat bentuk badan kapal. Keempat kondisi distribusi muatan tersebut yang diterakan pada Gambar 1, masing-masing adalah:

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

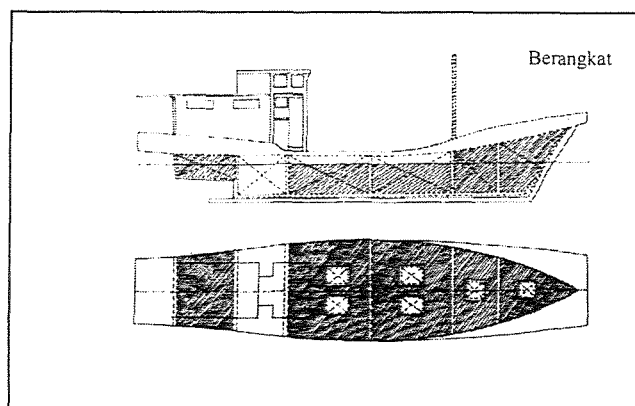
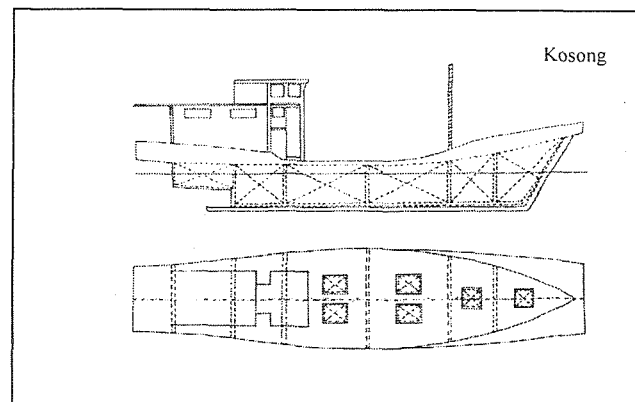
- 2) Kondisi kapal berangkat; pada kondisi ini bahan bakar, umpan hidup disumsikan penuh (100%) dan muatan kosong (0%).
- 3) Kondisi kapal beroperasi; pada kondisi ini bahan bakar diasumsikan setengah penuh (50%), umpan hidup seperempat penuh (25%) dan muatan tigaperempat penuh (75%).
- 4) Kondisi kapal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

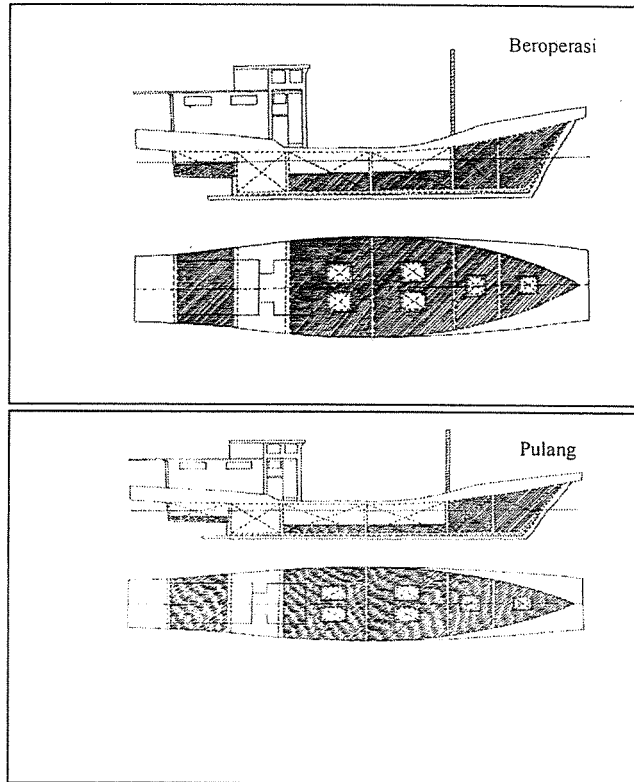
Perubahan nilai KG dianalisis dengan membuat perkiraan perubahan jarak vertikal – horizontal pada setiap kondisi perubahan distribusi muatan. Nilai KG diperoleh dengan menggunakan formula berikut (Hind, 1982):

$$KG = \frac{\text{moment of } \Delta_z}{\Delta} \dots\dots\dots (1)$$

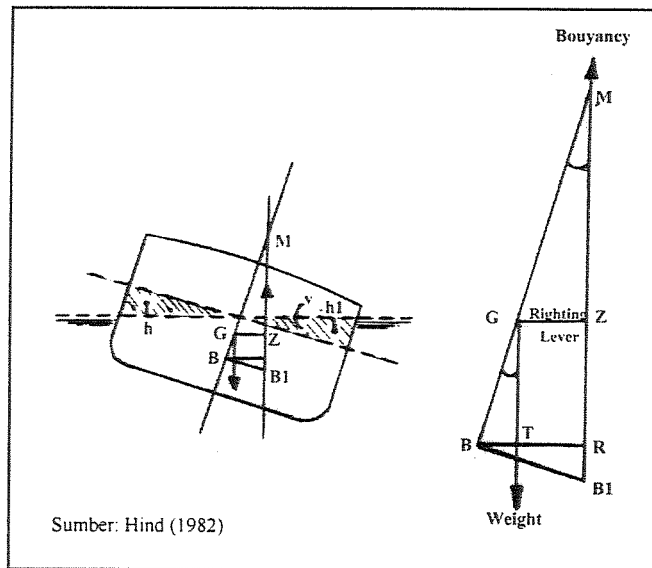
dimana: Δ_z adalah momen vertikal

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 $0^\circ - 90^\circ$. Nilai lengan penegak GZ diperoleh dengan cara yang digambarkan pada Gambar 3.





Gambar 2 Empat kondisi distribusi muatan pada kapal



Gambar 3 Stabilitas pada inklinasi sudut yang besar

Perhitungan yang dilakukan pada Gambar 3 adalah sebagai berikut:

$$GZ = BR - BT \dots\dots\dots (2)$$

BR adalah perubahan horizontal pusat gaya apung. Perubahan momen pada daerah arsiran adalah:

$$v \times hh_1 = BR \times \nabla$$

$$BR = \frac{v \times hh_1}{\nabla}$$

$$BT = BG \sin \theta$$

dimana : v adalah volume arsiran
 hh₁ adalah perubahan horizontal daerah arsiran
 ∇ adalah volume displacement kapal

sehingga, $GZ = \frac{v \times hh_1}{\nabla} - BG \sin \theta \dots\dots\dots (3)$

Kurva stabilitas statis GZ menggambarkan tinggi lengan penegak GZ pada sudut keolengan 0°-80°. Berdasarkan kurva GZ, selanjutnya dilakukan analisis terhadap beberapa sudut keolengan.

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.

Nilai periode oleng kapal (*rolling period*) diperoleh dengan menggunakan formula:

$$\Phi = \frac{(0.9 \times B)}{\sqrt{GM}} \dots\dots\dots (4)$$

dimana: Φ = periode oleng (detik)
 B = lebar kapal (meter)
 GM = tinggi metacentre (meter)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Stabilitas pada kapal ikan sangat bergantung dari distribusi muatan yang ada pada kapal tersebut. Pada saat berangkat menuju daerah penangkapan ikan distribusi muatan pada kapal *pole and line* berbeda dengan pada saat kembali dari daerah penangkapan. Saat berangkat, titik berat kapal lebih ke belakang dari *midship* karena pusat gaya berat berada di belakang kapal akibat perbekalan dan BBM yang penuh, sedangkan pada saat kembali titik berat akan bergerak ke depan *midship* karena pusat gaya berat berada di bagian depan kapal karena memuat sejumlah hasil tangkapan dan pengurangan perbekalan dan BBM.

Hasil analisis terhadap perubahan titik berat kapal pada masing-masing kondisi distribusi muatan diterakan pada Tabel 2.

Analisis nilai KG dilakukan berdasarkan hasil perkiraan perubahan distribusi muatan pada empat kondisi pemuatan seperti yang diterakan pada Lampiran 1. 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 Gmnya 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%).

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

No.	Distribusi Muatan	GM (m)	Δ (ton)	KG (m)	Φ (detik)
1.	Kapal kosong	0.46	78.2	1.87	6.41
2.	Kapal berangkat	0.41	101.9	1.92	6.79
3.	Kapal beroperasi	0.40	99.2	1.94	6.87
4.	Kapal pulang	0.41	96.4	1.93	6.79

Dari tabel di atas terlihat bahwa nilai titik berat kapal yang ditunjukkan oleh nilai KG berubah-ubah seiring perubahan distribusi muatan di atas kapal (Lampiran 1). Pada kondisi kapal kosong yang berarti letak titik berat berada di belakang *midship*, nilai KG lebih kecil dibandingkan pada kondisi kapal pulang dengan letak titik berat yang berada di depan *midship* akibat adanya penambahan berat muatan dari hasil tangkapan.

Hasil perhitungan terhadap periode oleng kapal *pole and line* sampel yang diterakan pada Tabel 2 dengan kisaran antara 6.41 – 6.79 detik menunjukkan bahwa nilai periode oleng kapal sampel masih berada dalam kisaran standar periode oleng untuk kapal perikanan yakni 5.5 – 7.0 detik (Bhattacharyya, 1978). Dari hasil perhitungan terlihat bahwa perubahan nilai periode oleng berbanding lurus dengan perubahan nilai KG dimana semakin tinggi nilai KG kapal maka nilai periode oleng juga akan semakin besar.

Kapal *pole and line* sampel memiliki nilai periode oleng yang lambat (6.41–6.87 detik) akibat nilai radius *metacentre* kapal yang kecil. Pada kondisi ini kapal akan menjadi langsar (*tender*) bila terjadi keolengan.

Nilai periode oleng suatu kapal sangat tergantung dari besarnya nilai radius *metacentre* (GM) dari kapal tersebut. Semakin besar GM dengan lebar kapal yang tetap maka nilai periode oleng semakin kecil dan sebaliknya semakin kecil GM kapal maka periode oleng akan semakin besar.

Periode oleng yang cepat akan mengakibatkan kapal menjadi kaku (*stiff*) dan menyentak-nyentak bila terjadi keolengan. Pada kondisi ini kenyamanan kerja di dek tidak tercapai akibat sentakan yang terlalu cepat. Sebaliknya, pada periode oleng yang terlalu lambat karena GM yang kecil menyebabkan kapal menjadi langsar (*tender*) bila terjadi keolengan. Pada kondisi ini kondisi kerja di dek menjadi lebih nyaman.

Untuk mengetahui stabilitas kapal sampel dilakukan analisis terhadap stabilitas statis dan dinamis kapal. Stabilitas statis kapal ditunjukkan oleh nilai lengan penegak GZ sedangkan stabilitas dinamis dinyatakan dalam luas area di bawah kurva stabilitas statis. Nilai stabilitas kapal *pole and line* sampel dianalisis melalui perhitungan nilai lengan penegak GZ pada berbagai sudut keolengan (0° – 80°) yang diplotkan pada kurva GZ pada masing-masing kondisi distribusi muatan.

Nilai lengan penegak GZ menunjukkan nilai stabilitas suatu kapal. Nilai ini memiliki standar yang ditetapkan oleh *International Maritime Organization* (IMO). Hasil perhitungan stabilitas kapal *pole and line* sampel diterakan pada Tabel 3, yang menunjukkan bahwa seluruh nilai lengan penegak GZ kapal *pole and line* sampel memiliki nilai yang positif dan berada pada batas nilai minimum yang ditetapkan oleh IMO. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada keempat kondisi distribusi muatan kapal dapat menghasilkan lengan penegak yang positif untuk mengembalikan kapal ke posisi semula setelah terjadi keolengan akibat adanya gaya yang bekerja padanya.

Tabel 3 Nilai GZ kapal *pole and line* sampel dan nilai standar IMO

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

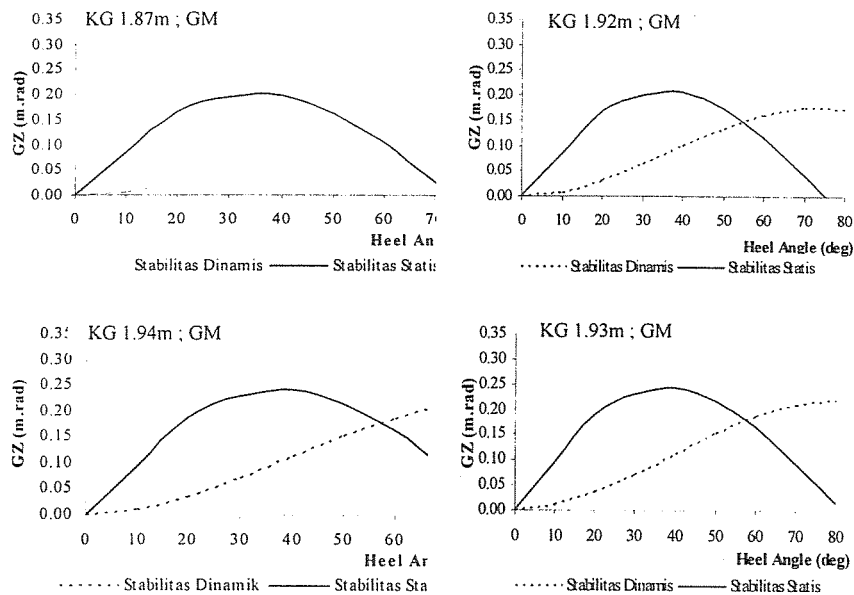
Analisis selanjutnya dilakukan terhadap kurva stabilitas yang dibuat pada masing-masing kondisi distribusi muatan yang disajikan pada Gambar 3, dengan nilai stabilitas yang diterakan pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai Maksimum dan Kisaran Stabilitas Kapal *Pole and Line* Sampel

No.	Kondisi Distribusi Muatan	Maksimum Stabilitas		Sudut Kisaran Stabilitas (°)
		Sudut (°)	GZ(m)	
1.	Kapal kosong	37.0	0.200	0 – 72
2.	Kapal berangkat	36.0	0.170	0 – 67
3.	Kapal beroperasi	35.0	0.160	0 – 65
4.	Kapal pulang	35.0	0.267	0 – 67

Nilai GZ pada masing-masing kondisi distribusi muatan kapal yang diteliti seluruhnya bernilai positif, menunjukkan bahwa lengan penegak GZ yang dihasilkan oleh kapal adalah positif yang berarti mampu mengembalikan kapal ke posisi semula setelah menjadi oleng. Nilai GZ akan menjadi negatif bila sudut keolengan lebih besar dari batas maksimum kisaran stabilitas, dimana kapal akan menghasilkan lengan penegak yang negatif sehingga kapal akan meneruskan gerakannya ke arah kemiringan dan tidak kembali ke posisi semula. Maksimum stabilitas adalah nilai GZ maksimum yang dapat dicapai oleh kapal pada besar sudut dan kondisi tertentu, sedangkan kisaran stabilitas merupakan sudut terbesar kemiringan kapal tanpa terjadinya nilai GZ negatif.

Hasil perhitungan terhadap stabilitas dinamis kapal *pole and line* sampel menunjukkan stabilitas dinamis kapal *pole and line* sampel baik, yang diindikasikan dengan pemenuhan nilai standar minimum yang disyaratkan. Grafik stabilitas kapal *pole and line* sampel disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Kurva GZ kapal *pole and line* sampel pada berbagai kondisi

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis stabilitas terhadap kapal *pole and line* sampel diketahui bahwa:

- Nilai KG kapal *pole and line* sampel mengalami perubahan pada setiap kondisi muatan dimana pada kondisi kapal beroperasi, nilai KG lebih besar dibandingkan pada kondisi yang lain.
- Dari keempat kondisi distribusi muatan pada kapal *pole and line* sampel, menunjukkan bahwa stabilitas statis dan dinamis kapal cukup baik yang diindikasikan oleh nilai lengan penegak (GZ) yang positif dan berada di atas nilai minimum yang disyaratkan oleh IMO.
- Nilai periode oleng kapal *pole and line* sampel pada berbagai kondisi muatan berkisar antara 6.41 hingga 6.87 detik. Nilai ini menunjukkan bahwa kapal sampel memiliki periode oleng yang lambat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tulisan ini merupakan bagian dari disertasi penulis yang berjudul Kajian Stabilitas dan Keselamatan Operasional Kapal *Pole and Line* pada Gelombang *Beam Seas*. Untuk itu penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada, Dr. James P Panjaitan, Prof. Dr. Bonar P Pasaribu, Dr. Hariyanto, M.Eng, Dr. Indra Jaya dan Dr. Budhi Hascaryo Iskandar, atas segala masukan dan saran-saran yang telah diberikan.

REFERENSI

- Bhattacharyya, R. 1978. Dynamics of Marine Vehicles. John Wiley & Son, Inc. Chicester, Brisbane, Toronto.
- Hind, J.A. 1982. Stability and Trim of Fishing Vessels and Other Small Ships. Second Edition. Fishing News Books Ltd. Farnham, Surrey, England.
- Fyson, J. 1985. Design of Small Fishing Vessels. Fishing News Books Ltd. England.
- Taylor, L.G. 1977. The Principles of Ship Stability. Brown, Son & Publisher, Ltd., Nautical Publisher, 52 Darnley Street. Glasgow.

Lampiran 1. Perkiraan Distribusi Berat Kapal *Pole and Line* Sampel

1. Kondisi Kapal Kosong

No	Item	Berat (ton)	Posisi X (cm)	Moment	Posisi Z (cm)	Moment
1	Kapal kosong	78.226	0.000	0.000	187.000	14628.299
	Total	78.226				14628.299

2. Kondisi Kapal Berangkat

No.	Item	Berat (ton)	Posisi X (cm)	Moment	Posisi Z (cm)	Moment
1	Kapal kosong	78.226	0.000	0.000	187.000	14628.262
2	BBM	0.500	-879.120	-439.560	200.360	100.180
3	Air tawar	2.000	-1030.080	-2060.160	450.200	900.400
4	Alat tangkap	0.050	301.920	15.096	159.480	7.974
5	Umpan (1)	9.800	-275.280	-2697.744	170.000	1666.000
6	Umpan (2)	9.800	-8.880	-87.024	170.000	1666.000
7	Bahan Makanan	0.070	-1136.640	-79.565	400.320	28.022
8	Perlengkapan	0.150	568.320	85.248	100.800	15.120
9	ABK	0.700	-581.640	-407.148	500.200	350.140
10	ABK	0.700	354.400	248.080	328.560	229.992
	Total	101.996				19592.090

3. Kondisi Kapal Beroperasi

No	Item	Berat (ton)	Posisi x (cm)	Moment x	Posisi Z (cm)	Moment
1	Kapal kosong	78.226	0.000	0.000	187.000	14628.262
2	BBM	0.300	-879.120	-263.736	200.360	60.108
3	Air tawar	1.500	-1030.080	-1545.120	450.200	675.300
4	Alat tangkap (1)	0.022	301.920	6.642	133.200	2.930
5	Alat tangkap (2)	0.013	284.160	3.552	444.000	5.550
6	Alat tangkap (3)	0.010	226.440	2.264	372.960	3.730
7	Alat tangkap (4)	0.005	226.440	1.132	372.960	1.865
8	Umpan (1)	8.000	-275.280	-2202.240	170.000	1360.000
9	Umpan (2)	8.000	-8.880	-71.040	170.000	1360.000
10	Ikan (1a)	0.350	0.000	0.000	346.320	121.212
11	Ikan (2a)	0.400	84.360	33.744	346.320	138.528
12	Ikan (1b)	0.450	0.000	0.000	355.200	159.840
13	Ikan (2b)	0.350	84.360	29.526	355.200	124.362
14	Bahan makanan	0.050	-1136.640	-56.832	400.320	20.016
15	Perlengkapan	0.150	568.320	85.248	100.800	15.120
16	ABK (1)	0.500	284.160	142.080	444.000	222.000
17	ABK (2)	0.250	226.440	56.610	372.960	93.240
18	ABK (3)	0.250	226.440	56.610	372.960	93.240
19	ABK (4)	0.400	-581.640	-232.656	355.200	142.080
	Total	99.226				19227.383

4. Kondisi Kapal Pulang

No	Item	Berat (ton)	Posisi X (cm)	Moment	Posisi Z (cm)	Moment
1	Kapal kosong	78.226	0.000	0.000	187.000	14628.262
2	BBM	0.100	879.120	87.912	200.360	20.036
3	Air tawar	0.500	1030.080	515.040	450.200	225.100
4	Alat tangkap	0.050	301.920	15.096	133.200	6.660
5	Umpan (1)	7.000	275.280	1926.960	170.000	1190.000
6	umpan (2)	7.000	8.880	62.160	170.000	1190.000
7	Ikan (1a)	0.500	0.000	0.000	346.320	173.160
8	Ikan (2a)	0.500	84.360	42.180	346.320	173.160
9	Ikan (1b)	0.500	0.000	0.000	355.200	177.600
10	Ikan (2b)	0.500	84.360	42.180	355.200	177.600
11	Bahan makanan	0.010	1136.640	11.366	346.320	3.463
12	Perlengkapan	0.150	568.320	85.248	120.880	18.132
13	ABK	0.700	581.640	407.148	500.200	350.140
14	ABK	0.700	354.400	248.080	328.560	229.992
	Total	96.436				18563.305