

**PERHITUNGAN STABILITAS KAPAL PERIKANAN MELALUI
PENDEKATAN UKURAN UTAMA DAN KOEFISIEN BENTUK KAPAL**

Oleh:

Ronald Mangasi Hutaaruk

Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perairan

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Universitas Riau

Email: ronald.mhutaaruk@yahoo.co.id

ABSTRACT

This research was conducted in December 2012 with tuna *longliner* as the object in which designed operated in Bungus Waters, Province of West Sumatera. The object of the research was the review of previous reseach with optimatized main dimension namely LWL = 29,27 m, LPP = 28,14 m, B =6,40 m, H = 3,57 m dan T = 2,87 m. The aim of this research is to calculate tuna *longliner* stability by inputting main dimension, form coefficients, and various other additional paramaters. Its value was entered to equations of stability calculation so that resulting a value that will be checked its status towards stability criterion according to IMO. Calculation result conclude that tuna *longliner* stability satisfy IMO criterions.

Key words: stability, IMO, tuna *longliner*, main dimensions.

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2012 dengan objek tuna *longliner* yang dirancang beroperasi di Perairan Bungus Sumatera Barat. Objek penelitian tersebut merupakan hasil kajian peneliti sebelumnya dengan ukuran utama yang telah dioptimasi yaitu LWL = 29,27 m, LPP = 28,14 m, B =6,40 m, H = 3,57 m dan T = 2,87 m. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung stabilitas tuna *longliner* dengan menginput ukuran utama, koefisien bentuk kapal dan beberapa parameter tambahan lainnya. Nilai-nilai tersebut dimasukkan ke dalam persamaan pendekatan perhitungan stabilitas sehingga menghasilkan suatu nilai yang akan diperiksa statusnya terhadap ketentuan kriteria stabilitas yang diisyaratkan oleh IMO. Hasil perhitungan yang diberikan menyimpulkan bahwa stabilitas kapal tuna *longliner* tersebut memenuhi kirteria IMO.

Kata Kunci: stabilitas, IMO, tuna *longliner*, ukuran utama.

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki catatan yang kurang baik mengenai kecelakaan kapal. Menurut laporan KNKT (2011), dari tahun 2007 hingga akhir tahun 2011 telah terjadi 27 kecelakaan kapal yang menyebabkan hilangnya ratusan nyawa manusia serta korban luka-luka dan kerugian materil. Data yang masuk ke KNKT tersebut kemungkinan merupakan peristiwa kecelakaan kapal yang menyedot perhatian publik saja (menyebabkan tingginya angka kematian, besarnya kerugian materil, efek yang serius terhadap lingkungan). Apabila seluruh kecelakaan kapal yang terjadi didata, baik pada kapal niaga (*tanker, bulk carier, general cargo, container, dll.*) dan kapal khusus (kapal ikan, kapal Ro-Ro, dll.), maka dapat dipastikan jumlahnya akan mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Ini disebabkan bahwa kecelakaan pada kapal khusus terutama kapal ikan, merupakan salah satu penyumbang angka kecelakaan kapal yang paling banyak. Dickey (2008) melaporkan bahwa persentase kecelakaan kapal ikan menempati urutan pertama di Amerika selama hampir dua dekade (tahun 1992 sampai 2007). Amerika Serikat yang sudah memiliki teknologi canggih dan telah mengaplikasikannya kepada semua sektor transportasi termasuk kapal ikan, ternyata tetap juga peristiwa kecelakaan kapal tersebut tidak terhindarkan, dan sebagian besar disumbangkan oleh kapal ikan. Dari kasus ini dapat disimpulkan bahwa angka kecelakaan kapal ikan terutama di negara berkembang (seperti Indonesia) jumlahnya mungkin cukup banyak lagi, karena penerapan teknologi dan standar keselamatannya masih kurang mendapat perhatian serius dari pihak yang berwenang. KNKT menyimpulkan bahwa penyebab utama kecelakaan kapal yang terjadi di Indonesia adalah tenggelam, terbakar/meledak dan tubrukan. Kesimpulan tersebut hampir sama dengan yang terjadi pada kapal perikanan. Dickey (2008) menyimpulkan bahwa penyebab utama kecelakaan kapal ikan ini adalah tenggelam dan kebocoran. Peristiwa kapal tenggelam salah satunya diakibatkan oleh kapal terbalik karena memiliki stabilitas yang buruk. Stabilitas adalah kemampuan benda untuk kembali tegak ke posisi awal setelah pengaruh gaya-gaya luar (*external force*) dihilangkan. Gaya-gaya luar yang dihadapi oleh kapal adalah gelombang, badai, hujan, angin dan lain-lain. Gaya-gaya luar ini menjadi bagian yang tidak dapat dihindarkan bila sebuah kapal

melakukan aktivitasnya. Dengan demikian harus dipastikan bahwa kapal terutama kapal perikanan harus memiliki stabilitas yang baik agar mampu bertahan di tengah keadaan yang ekstrim saat melakukan pelayaran dan operasi penangkapan.

Kegiatan yang berhubungan dengan laut secara umum, dan kegiatan penangkapan ikan secara khusus adalah salah satu kegiatan yang paling berbahaya di dunia dengan angka kematian yang tinggi (Petursdottir, et al 2001). IMO (*International Maritime Organization*), FAO (*Food And Agricultural Organization*) dan beberapa biro klasifikasi memiliki catatan atau data tentang kapal ikan di dunia, namun tidak satupun bisa mewakili atau memberikan data base yang dapat dipercaya tentang kecelakaan kapal ikan di dunia. Hal ini terutama karena kegiatan kapal penangkap ikan tersebut dilakukan jauh dari pantai, dan kecelakaan tersebut kadang terjadi dalam keadaan yang cepat dan kadang tidak tahu untuk mendeteksinya. Oleh karena banyak kecelakaan di laut yang tidak dilaporkan secara tepat, menyebabkan sulit untuk menentukan ketidakpastian tentang bagaimana kapal ikan sebenarnya bisa hilang dalam perairan.

Untuk laporan data kecelakaan kapal ikan yang valid di perairan Indonesia sampai saat ini belum ada, namun dengan mengacu data penelitian yang telah dilakukan di atas maka, faktor keselamatan di laut ketika melakukan operasi penangkapan, merupakan hal yang harus diperhitungkan dalam perancangan kapal. Diharapkan kapal yang dirancang memiliki stabilitas yang baik dan memenuhi persyaratan IMO. Namun fakta yang terjadi di lapangan adalah banyak kapal-kapal termasuk kapal perikanan tradisional, dibangun tanpa memperhatikan stabilitas seperti yang diisyaratkan oleh IMO tersebut. Ini kemungkinan disebabkan oleh nelayan tidak mengerti stabilitas, apalagi cara menghitung dan mendesain kapal agar memiliki stabilitas yang baik. Atau pihak pembangun kapal sudah mengerti stabilitas tetapi mengalami kesulitan untuk melakukan perhitungan baik secara manual maupun dengan menggunakan *software* komputer. Memang untuk menghitung stabilitas, proses yang harus dihadapi sedikit panjang namun tidak sulit. Apalagi saat ini sudah ada rumus pendekatan secara manual untuk memprediksi stabilitas kapal.

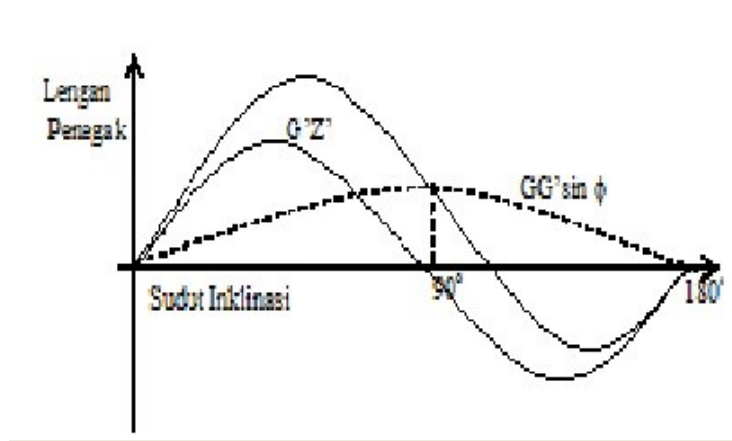
Metode perhitungan stabilitas kapal secara manual dapat membantu memprediksi

besar stabilitas kapal pada keadaan utuh (*intact stability*). Perhitungan manual bisa saja digunakan sebagai acuan dan pendekatan dalam menentukan stabilitas kapal apabila software aplikasi belum tersedia. Krylov (Semyonov et al., 1969; Marjoni dkk., 2010) telah memperkenalkan perhitungan manual kapal dengan membagi kapal dalam berbagai sarat serta sudut inklinasi (0-90°). Perhitungan manual yang diperkenalkan oleh Krylov hingga saat ini menjadi acuan yang banyak diaplikasikan dalam berbagai software dalam menghitung stabilitas kapal. Namun proses yang disediakan memang tidak praktis, selain itu ditemukan berbagai kesulitan seperti membutuhkan waktu dan ketelitian yang lebih dalam membaca ukuran panjang masing-masing stasion kapal. Dengan kata lain masih diperlukan software komputer untuk membuat hasil analisa menjadi valid. Kemudian Manning (1980) mempublikasikan artikel Benhart dan Thewlis alumni Massachusetts Institute of Technology (MIT) dalam buku yang ditulisnya tentang perhitungan lengan penegak dan stabilitas kapal dengan menggunakan input ukuran utama, koefisien bentuk dan parameter lainnya. Metode perhitungan ini jauh lebih sederhana dibandingkan dengan yang lain. Namun karena keterbatasan informasi dan kesulitan mencari literatur terkait, maka metode yang ditulis dalam buku Manning tersebut belum banyak yang mengaplikasikannya dalam penelitian-penelitian ilmiah.

Untuk itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperkenalkan perhitungan stabilitas secara manual serta menerapkannya dengan menghitung stabilitas pada kapal rawai tuna hasil riset terdahulu (Hutauruk dan Tebiary, 2011). Rawai tuna (*tuna longliner*) dijadikan sebagai objek penelitian ini karena data-data ukuran utama dan koefisien bentuk kapal sudah ditemukan sehingga akan memudahkan input data pada setiap rumus pendekatan yang digunakan. Dengan demikian penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui dan mempermudah perhitungan stabilitas pada suatu kapal dengan menggunakan rumus pendekatan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah metode deskriptif dengan melakukan analisa numerik. Ukuran utama, koefisien bentuk, serta parameter lain yang dibutuhkan dikumpulkan sebagai masukan pada persamaan pendekatan perhitungan stabilitas. Prinsip yang digunakan oleh Barnhart dan Thewlis adalah mengurangi nilai $GG'\sin f$ dari kurva GZ awal stabilitas statis di dalam Gambar 1. GG' merupakan ordinat kurva GZ pada sudut 90° , yang membuat sebuah kurva melalui titik nol pada sudut 90° .



Gambar 1. Kurva stabilitas hasil pengurangan.

Jika dilihat ordinat kurva modifikasi $G'Z'$, maka lengan penegak GZ memiliki nilai

$$GZ = G'Z' + GG' \sin f \dots\dots\dots [1]$$

Kurva $G'Z'$ bisa dinyatakan menjadi bentuk sebuah sinus deret Fourier

$$G'Z' = b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + \dots b_n \sin 2nf \dots\dots\dots [2]$$

Analisa kurva stabilitas statis pada beberapa kapal dengan jenis yang berbeda, yang dihitung dengan metod konvensional, menunjukkan koefisien sinus $8f$ dan pengali yang lebih tinggi besarnya dapat diabaikan. Dengan demikian Persamaan (2) ditulis menjadi:

$$G'Z' = b_1 \sin 2f + b_2 \sin 4f + b_3 \sin 6f \dots\dots\dots [3]$$

Koefisien b_1 , b_2 dan b_3 dievaluasi dengan menurunkan Persamaan (3) terhadap f dimulai pada $f=0$ hingga $f=90^\circ$. Sehingga

Saat $f = 0$, maka $\frac{d(G'Z')}{d\phi} = G'M_0$ [4]

Saat $f = 90^\circ$, maka $\frac{d(G'Z')}{d\phi} = G'M_{90}$ [5]

Di mana $G'M_0$ merupakan tinggi metasenter awal. Kondisi selanjutnya diperoleh dari fakta bahwa luasan di bawah kurva stabilitas statis adalah sama dengan stabilitas dinamis yang kemudian sama juga dengan displasmen dikalikan dengan kenaikan titik bouyancy dan titik berat. Penyelesaian ini memberikan nilai b_1 , b_2 dan b_3 yang dinyatakan dalam persamaan:

$$b_1 = \frac{9(G'B_{90} - G'B_0)}{8} - \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32} \dots\dots\dots [6]$$

$$b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8} \dots\dots\dots [7]$$

$$b_3 = \frac{3(G'M_0 - G'M_{90})}{32} - \frac{3(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \dots\dots\dots [8]$$

Selanjutnya KB_0 diestimasi dengan menggunakan formula Morish (Manning, 1980). Dari data ukuran utama dan rencana garis kapal dihitung nilai D_T dengan menggunakan Persamaan (9).

$$d = \left(\frac{\Delta_T}{2} \right) - \Delta_0 \qquad C_{X'} = \frac{A_M - B.F}{B.D}$$

$$D_T = \Delta_0 + \left(\frac{(A_0 + A_1)}{2} \left(\frac{F}{35} \right) \right) \qquad C_{W'} = \frac{A_2}{L.D} \qquad C_{PV'} = \frac{35\Delta_T}{A_1 D}$$

$$C_{W''} = C_{W'} - \frac{140\delta}{B.D.L} (1 - C_{PV''}) \qquad C_{PV''} = \frac{35\Delta_T}{A_2 B}$$

Persamaan untuk menghitung GG' , $G'B_0$, $G'B_{90}$, $G'M_0$ dan $G'M_{90}$ yang dibutuhkan untuk menentukan lengan penegak (nilai GZ) adalah sebagai berikut:

Untuk GG'

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan pendekatan sebagai berikut:

$$GG' = KG' - KG$$

$$KG = C_{KG} \cdot D_M$$

$$KG' = \frac{D(1-h_1)\Delta_T - \delta}{2\Delta_0} \dots\dots\dots[10]$$

$$h_1 = -0.4918 \cdot (C_{PV}')^2 + 1.0632 C_{PV}' - 0.0735$$

Nilai h_1 diperoleh dari hasil regresi perpotongan C_{PV}' dengan grafik f_1 . Besar f_1 dihitung dengan menggunakan Persamaan (11).

$$f_1 = \frac{D \left(1 - \left(\frac{A_0}{A_1} \right) \right)}{2F(1 - C_{PV}')} \dots\dots\dots [11]$$

Untuk G'B₀

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan pendekatan sebagai berikut:

$$G'B_0 = KG' - KB_0$$

$$KB_0 = (1-h_0)H \dots\dots\dots[12]$$

$$h_0 = 0.335 C_{PV} + 0.1665$$

KG' dihitung dengan menggunakan Persamaan (10) dan nilai h_0 diperoleh dari hasil regresi perpotongan C_{PV} dengan grafik f_0 . Besar f_0 dihitung dengan menggunakan Persamaan (13).

$$f_0 = \frac{H \left(\left(\frac{A_1}{A_0} \right) - 1 \right)}{2F(1 - C_{PV})} \dots\dots\dots[13]$$

Untuk $G'B_{90}$

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut:

$$G'B_{90} = \left(\frac{\Delta_T h_2 B}{4\Delta_0} \right) - \left(\frac{17.5\delta^2}{\Delta_0 \left(A_2 - 70 \left(\frac{\delta}{B} \right) (1 - C_{PV}'') \right)} \right) \tag{14}$$

Nilai d dalam perhitungan mencari $G'B_{90}$ selalu positif.

$$h_2 = -0.4918 \cdot (C_{PV}'')^2 + 1.0632 \cdot C_{PV}'' - 0.0735$$

Nilai h_2 diperoleh dari hasil regresi perpotongan C_{PV}'' dengan grafik f_2 . Besar f_2 dihitung dengan menggunakan hubungan dalam Persamaan (15).

$$f_2 = \begin{cases} 9.1(C_X' - 0.89) & \Rightarrow C_X' \geq 0.89 \\ 0 & \Rightarrow C_X' < 0.89 \end{cases} \tag{15}$$

Untuk $G'M_0$

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut:

$$G'M_0 = KB_0 + BM_0 - KG'$$

$$BM_0 = \frac{C_1 \cdot L B w^3}{35\Delta_0}$$

$$C_1 = 0.072 C_{WP}^2 + 0.0116 C_{WP} - 0.0004$$

KB_0 dihitung dengan menggunakan Persamaan (12) dan KG' dihitung dengan Persamaan (10). Nilai C_1 diperoleh dari hasil regresi perpotongan C_w dengan garis 1 pada grafik C_w terhadap faktor C_1 .

Untuk $G'M_{90}$

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut:

$$G'M_{90} = BM_{90} - G'B_{90}$$

$$BM_{90} = \left(\frac{C_1' LD^3}{35\Delta_0} \right) + \left(\frac{L_d dD^2}{140\Delta_0} \right)$$

$$C_1' = 0.1272 C_w'' - 0.0437$$

$G'B_{90}$ dihitung dengan menggunakan Persamaan (14). C_1' dihitung dari hasil regresi garis 2 dengan C_w'' .

Setelah memperoleh nilai dari pendekatan yang diberikan oleh Barnhart dan Thewlis, maka persamaan akhir yang dicari adalah tinggi metasenter awal yang dihitung dengan menggunakan Persamaan (15). Nilai lainnya yang sudah dicari dimasukkan ke dalam Persamaan awal yaitu Persamaan (1), (3), (6), (7) dan (8) dengan sudut inklinasi (ϕ) 0 hingga 90° .

$$GM_0 = KB_0 + BM_0 - KG \dots \dots \dots [15]$$

Setelah semua data dihitung, maka akan dilakukan pengecekan kriteria stabilitas dengan merujuk aturan yang diberikan oleh IMO.

Persyaratan stabilitas

IMO dalam regulasi yang dituangkan dalam IMO regulation A. 749 (18) (IMO, 2008) memberikan kriteria stabilitas yang berlaku untuk seluruh jenis kapal, yaitu:

1. $e_{0,30} \geq 0.055 \text{ m.rad}$

Luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \geq 0.055 \text{ m.rad}$

2. $e_{0,40} \geq 0.09 \text{ m.rad}$

Luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $40^\circ > 0.09 \text{ m. rad}$

3. $e_{30,40} \geq 0.03 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ - 40^\circ > 0.03 \text{ m.}$

4. $h_{30} \geq 0.2 \text{ m}$

Lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 meter pada sudut oleng 30° atau lebih.

5. h_{\max} pada $f_{\max} \leq 25^\circ$

Lengan penegak maksimum sebaiknya pada sudut oleng lebih dari 30° dan tidak boleh kurang dari 25°

6. $GM_0 \geq 0.15$ m

Tinggi Metasentra awal GM_0 tidak boleh kurang dari 0.15 m.

Apabila kriteria tersebut salah satu tidak dipenuhi, maka dapat dipastikan bahwa stabilitas kapal buruk.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tuna longliner. Bungus adalah wilayah perairan di Sumatera Barat yang memiliki potensi ikan tuna yang cukup besar. Namun, selama ini hal tersebut belum tergarap dengan baik. Produk tuna yang dihasilkan oleh Bungus biasanya diekspor ke Jepang, Singapura dan beberapa negara lain di dunia. Tahun 2008 Gubernur Sumatera Barat mencanangkan Bungus sebagai pusat ikan tuna di Indonesia, mengingat potensi ikan tuna di Muara Baru dan Denpasar yang selama ini juga merupakan arus perdagangan ikan tuna di wilayah Asia selain Phuket (Thailand), dan General Santos (Filipina), mulai menipis. Karena Bungus masih memerlukan kapal untuk menangkap ikan tuna terutama di atas 30 GT, maka pilihan yang terbaik untuk jenis kapal tersebut adalah tuna longliner (rawai tuna).

Rawai tuna merupakan rangkaian sejumlah pancing dioperasikan sekaligus. Rawai tuna merupakan alat tangkap yang paling efektif menangkap ikan tuna karena ramah lingkungan. Alat tangkap ini bersifat selektif terhadap ikan. Satu rawai tuna biasanya mengoperasikan 1.000 hingga 2.000 mata kail untuk sekali turun, Rawai Tuna biasanya dioperasikan di daerah laut lepas atau perairan samudra (BBPPI, 2008). Alat tangkap ini bersifat pasif, yaitu menanti umpan dimakan oleh ikan. Setelah pancing diturunkan ke perairan, lalu mesin kapal di matikan, sehingga kapal dan alat tangkap dapat hanyut mengikuti arus laut (drifting). Drifting berlangsung selama 4-5 jam. Setelah itu mata kail diangkat kembali ke atas kapal. Teknik penangkapan dengan menggunakan rawai tuna, tentu membutuhkan kapal khusus yang tentunya berbeda dengan kapal yang biasa digunakan oleh nelayan bagan apung, maupun troll line

(pancing tunda). Karena jumlah mata pancing dalam satu kali operasi besar (1000 – 2000), maka pada saat hauling diperlukan instrumentasi penangkapan yang digerakkan secara mekanis. Geladak utama kapal tuna longliner dilengkapi dengan mesin bantu penangkapan seperti *line hauler*, *line arranger*, *line thrower*, *slow conveyor*, *branch line ace*, *buoy line winder*, *branch line conveyor*, *radio direction finder*, *radio buoy* dan *light buoy*. Dengan adanya instrumentasi penangkapan ini, maka proses kerja seperti setting umpan dan penarikan hasil tangkapan lebih mudah dan lebih cepat. Kapal rawai tuna memiliki ciri khas yang khusus. Unit alat penangkapan ikan yang digunakan adalah berupa pancing yang diikatkan pada tali cabang yang berukuran tertentu dan digantungkan dengan perantaraan snap (alat penggantung yang dapat dibuka) pada tali utama.

Perhitungan Stabilitas. Ketika kapal yang stabil mengalami gaya eksternal dan menyebabkan kapal dalam kondisi oleng (*heels*), maka titik pusat gaya apung kapal (*buoyancy*) akan mengalami perpindahan ke tempat yang lebih rendah. Apabila oleng yang dialami kapal semakin bertambah, maka lengan penegak (*righting arm/lever*) atau jarak antara kedua gaya (gaya berat dan gaya bouyanci) akan berkurang hingga mencapai nol atau bahkan negatif. Pada kondisi tersebut air laut akan masuk ke dalam kapal melalui bukaan-bukaan (*opening*) yang ada pada kapal. Untuk mengetahui baik atau tidaknya stabilitas sebuah kapal, maka dibuat kurva stabilitas dengan sudut oleng (*heel*) sebagai sumbu horizontal dan lengan penegak sebagai sumbu vertikal. Kurva inilah yang akan dicek sebagai nilai kestabilan suatu kapal menurut peraturan internasional.

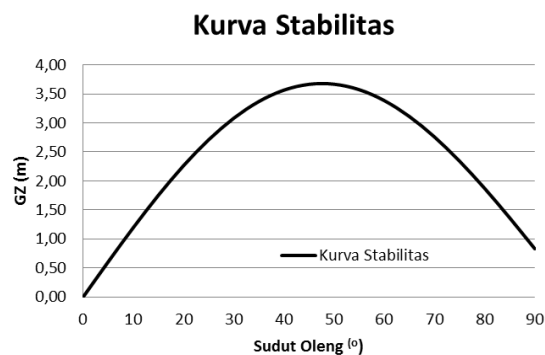
Perhitungan stabilitas melalui pendekatan numerik dilakukan dengan memasukkan setiap input ke dalam persamaan-persamaan yang telah dibahas sebelumnya. Tujuan akhir perhitungan tersebut adalah untuk mengecek stabilitas tersebut sesuai dengan kriteria yang diberikan oleh IMO. Setiap GZ pada masing-masing sudut oleng akan dihitung. Hasil perhitungan tersebut digambarkan dalam bentuk kurva stabilitas statis. Luasan di bawah kurva tersebut dihitung yaitu untuk daerah sudut oleng di bawah 30°, di bawah 40°, dan di bawah batas 30 hingga 40°.

Setelah itu akan dicari lengan penegak (*righting arm*) untuk sudut 30°. Lengan penegak maksimum harus berada pada sudut olengn lebih besar dari 30° dan tidak boleh kurang dari 25°. Kemudian harus dipastikan bahwa tinggi metasenter awal tidak boleh kurang dari 0,15 m. Hasil perhitungan stabilitas diberikan pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai GZ maksimum sebesar 3,668 m terletak pada sudut 50°. Ini menyimpulkan bahwa lengan penegak maksimum terjadi pada sudut $\geq 25^\circ$. Dengan demikian salah satu kriteria yang dipersyaratkan oleh IMO sudah dipenuhi. Apabila nilai pada Tabel 1 diubah kedalam bentuk kurva, maka hasilnya disajikan pada Gambar 2. Bila dilihat dari bentuk kurva, maka kurva stabilitas tersebut sudah memenuhi grafik stabilitas secara umum.

Tabel 1. Nilai GZ pada masing-masing sudut oleng.

Sudut Oleng (°)	GZ (m)	Sudut Oleng (°)	GZ (m)
5	0,607	50	3,668
10	1,197	55	3,574
15	1,754	60	3,386
20	2,263	65	3,112
25	2,709	70	2,760
30	3,081	75	2,342
35	3,369	80	1,872
40	3,566	85	1,363
45	3,666	90	0,832



Gambar 2. Kurva stabilitas kapal tuna.

Tabel 2. Kesimpulan kurva stabilitas dibandingkan dengan regulasi IMO.

Requisite	IMO Regulation A. 749 (18)					
	$e_{0.30} \geq 0.055$	$e_{0.40} \geq 0.09$	$e_{30-40} \geq 0.03$	$h_{30} \geq 0.2$	$f_{max} \geq 25^\circ$	$GM_0 \geq 0.15$
Value	0,143	0,178	0,035	0,939	50°	2,300
Status	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted

Dengan memperhatikan kurva dan menghitung lengan penegak (GZ) pada masing-masing sudut oleng, maka luasan-luasan yang diisyaratkan oleh IMO dapat dihitung. Perhitungan luasan diselesaikan dengan menerapkan aturan Simpson 1 untuk memberi hasil yang lebih teliti. Hasil perhitungan persyaratan kriteria stabilitas menurut IMO diberikan pada Tabel 2. Tabel 2 menyimpulkan bahwa seluruh kriteria yang diisyaratkan IMO dipenuhi melalui hasil perhitungan dengan menggunakan rumus pendekatan. Dengan demikian, stabilitas rawai tuna memenuhi kriteria stabilitas menurut IMO. Gambar 2 menyimpulkan kualitas stabilitas kapal tersebut cukup baik dengan daya apung cadangannya cukup tinggi. Kualitas stabilitas sebuah kapal dikatakan baik bila memiliki luasan di bawah kurva stabilitas dinamis besar serta titik potong (*crossing point*) kurva stabilitas dinamis dengan sudut *heels* terletak pada sudut yang besar. *Crossing point* pada Gambar 2 terletak pada sudut $\geq 90^\circ$. Ini menunjukkan ketika kapal oleng 90° , kapal masih belum terbalik, karena lengan penegaknya masih memiliki nilai yang tidak sama dengan nol. Kurva stabilitas pada Gambar 2 tersebut masih belum memperhitungkan momen angin pada cuaca buruk. Perhitungan momen angin akan menyebabkan hasil kurva stabilitas menjadi lebih lengkap, namun untuk rumus pendekatan, momen angin diabaikan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan. Stabilitas kapal rawai tuna yang dihitung dengan menggunakan rumus pendekatan Barnhart dan Thewlis memenuhi kriteria IMO. Seluruh kriteria yang diberikan berada di atas ketentuan minimum yang diisyaratkan IMO. GZ maksimum bernilai 3,668 m.

Saran. Hasil penelitian ini masih perlu dilanjutkan untuk divalidasi dengan perhitungan stabilitas lainnya misalnya dengan menggunakan bantuan software (Hidromax).

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Bantuan literatur tentang stabilitas banyak diberikan oleh Bapak Ir. Petrus Eko Panunggal. Ph.D. Dengan demikian penulis mengucapkan terimakasih kepada beliau yang telah menyumbang ilmunya dengan sukarela

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Balai Besar Pengembangan Penangkapan Ikan. 2008. Semarang: BBPPI.
- Dickey D. H. (2008): Analysis of Fishing Vessels Casualties (A Review of Lost Fishing Vessels and Crew Fatalities, 1992-2007). United States Coast Guards; Compliance Analysis Division (CG-5452), Washington, DC 423-451.
- Hutauruk, R. M & Lepinus (2011) Perancangan Tuna *Longliner* yang Efisien dan Optimum di Wilayah Perairan Bungus, Sumatera Barat. Prosiding SENTA 2011. Surabaya: ITS.
- IMO-MSC.267(85). (2008): Adoption of the international code on intact stability, 2008 (2008 IS Code).
- KNKT. (2011). Analisis Data Kecelakaan Kapal dan Investigasi Transportasi Laut Tahun 2007-2011. Kementrian Perhubungan.
- Lamb, T. (2003). Ship Design and Construction, SNAME, Jersey City, NJ. Michael G. Parsons, Chapter 11. Parametric Design.
- Manning, G. C. (1980). The Theory And Technique Of Ship Design. A study of the basic principles and the processes employed in the design of ships all classes. New York: The Technology Press of The Massachusetts Institute of technology and John Wilwey & Sons, Inc.
- Marjoni, Iskandar, B. H. & Imron, M. (2010). Stabilitas Statis dan Dinamis Kapal Purse Seini di Pelabuhan Perikanan Pantai Lampulo Kota Banda Aceh, Nanggroe Aceh Darussalam. Marine Fisheries: Vol 1. No. 2.
- Petursdottir G., Hannibalsson O., & Turner J. (2001): Safety at Sea as Part Management of Fisheries, FAO Fishing Circular No. 966. Roma: 1-43.
- Semyonov, V. V. -Tyan-Shanskt. (1969). Statics and Dynamics of the Ship, Peace Publishers, Moscow.