

METODE SEDERHANA UNTUK MEMILIH JENIS LAMBUNG KAPAL KECIL (BOAT) SESUAI DENGAN FUNGSIYANYA BERDASARKAN PERTIMBANGAN STABILITAS YANG COCOK AGAR DAPAT MENGHINDARI KECELAKAAN DI LAUT

Iswadi Nur

Fakultas Teknik UPN "Veteran" Jakarta
Program Studi Teknik Perkapalan

Abstract

Stability of boat is the significant factor to be recommended to choose the purpose of boat. The stability of boat to be affected by the value of transverse metacentre, where the transverse metacentre to be calculated by transverse inertia moment, and the transverse inertia moment to be influenced by value of breadth of boat. This research had calculated three kind of hull such as a monohull boat, a catamaran boat, and an outrigger boat. The three kind of boat have similar main dimension, and so it has many similar value of calculation between a monohull boat and a catamaran boat such as displacement volume = 9,75 m³, water plan area = 19,50 m², coefficient of water line = 0,8125, coefficient of midship = 1,00, Ton per centimeter immersion (TPC) = 0,1998 ton/cm, and the three kind of boat have similar value of calculation longitudinal position, likes longitudinal metacentre = 7,4167 m, moment to change 1 cm (MTC) = 0,09265 ton.m/cm. But an outrigger boat has result calculation higher then both before cause addition factor of outrigger, such as displacement volume = 10,166 m³, water plan area = 21,58 m², coefficient of water line = 0,825, coefficient of midship = 1,00, Ton per centimetre immersion (TPC) = 0,2211 ton/cm. There are many differences of transverse calculation position, likes transverse metacentre of monohull boat = 1,3269 m, transverse metacentre of catamaran boat = 10,456 m, and transverse metacentre of outrigger boat = 3,3445 m. The formula of stability moment = $A \times MG \sin \theta$, where MG to be influenced by the distance of transverse metacentre. Based on result of calculation to be recommended that the catamaran boat has best stability and the outrigger boat has good stability, so that the catamaran boat and outrigger boat are suitable for the research boat, seawater bus, river transportation boat, fishing boat. And the monohull boat has enough stability, therefore it is suitable for speed boat, sport boat, patrol boat, cruiser boat, and fishing boat, and so on.

Keyword : boat, monohull, catamaran, outrigger, stability

PENDAHULUAN

Stabilitas kapal kecil (*boat*) dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain tinggi metasenter melintang, jarak titik berat (*centre of gravity*) tinggi atau rendah terhadap garis dasar kapal (*ship baseline*), jika jarak titik berat terhadap dasar kapal rendah maka stabilitas kapal tersebut akan menjadi baik, sebaliknya jika jarak titik berat terhadap dasar kapal tinggi maka stabilitasnya menjadi kurang baik. Jarak titik berat sangat tergantung dari bentuk rencana umum boat serta tergantung juga terhadap pendistribusian komponen *dead weight*. Kapal kecil sebagian besar digunakan untuk transportasi penumpang dari pelabuhan satu ke pelabuhan lainnya, jika para penumpang saat boat berlayar bergerak ke atas *deck* maka posisi titik berat juga bergeser menjauhi garis dasar sehingga apabila *boat* oleng, kondisi tersebut akan mengurangi stabilitas.

Metode perhitungan stabilitas pada boat sama dengan kapal-kapal besar, terdapat dua komponen yang mempengaruhi yaitu pertama komponen berat kapal kedua komponen hidrostatika. Hidrostatika adalah beberapa parameter besaran yang menunjukkan statika zat cair yang dipindahkan oleh badan kapal yang tercelup dalam air, dimana sifat atau karakteristiknya sangat dipengaruhi oleh bentuk badan kapal yang tercelup di dalam air, hal tersebutnya yang akan menjadi dasar metode penelitian ini.

Pada masa sekarang terdapat beberapa jenis bentuk lambung kapal kecil (*boat*) seperti *monohull boat*, *catamaran boat*, *trimaran boat*, dan *outrigger boat*. Pada penelitian ini untuk mempermudah perhitungan dibuat bentuk lambung *boat* yang sederhana yaitu pada bagian tengah *water plan* dengan bentuk persegi panjang dan pada bagian ujung buritan dan ujung haluan dengan bentuk

segitiga, serta diambil ukuran utama yang sama agar didapat perhitungan yang sama pula seperti volume displasemen, luas bidang garis air, luas bidang tengah kapal, titik apung memanjang, titik buoyancy memanjang, beberapa nilai kesamaan tersebut dilakukan agar penelitian mudah diambil kesimpulan. Indikator penilaian adalah nilai dari besarnya jari-jari metasenter melintang, semakin besar jarak semakin baik stabilitasnya.

TUJUAN

Untuk mendapatkan metode sederhana untuk memilih jenis lambung kapal kecil sesuai dengan fungsinya berdasarkan pertimbangan stabilitas yang cocok agar dapat menghindari kecelakaan di laut.

MANFAAT

Metode sederhana untuk pemilihan jenis lambung kapal kecil sesuai dengan fungsinya seperti untuk keperluan *research boat, water bus, river transportation boat, speed boat, sport boat, patrol boat, fishing boat*, berdasarkan pertimbangan stabilitas yang cocok agar dapat menghindari kecelakaan di laut.

PEMBATASAN MASALAH

Pada penelitian ini hanya untuk mendapatkan indikator stabilitas yang baik dari metode sederhana perhitungan berdasarkan rumus-rumus pada teknik perkapalan. Model lambung yang dipakai adalah *monohull boat, catamaran boat, dan outrigger boat*. Ketiga jenis model mempunyai bentuk bidang garis air sama serta mempunyai ukuran utama yang sama.

TINJAUAN PUSTAKA

Dispasemen kapal kecil (*boat*) dapat dihitung berdasarkan berat kapal penuh dimana berat kapal penuh tersebut harus setara dengan berat dari volume air yang dipindahkan, sesuai prinsip hukum Archimedes yaitu sebuah benda padat, baik seluruhnya maupun sebagian tenggelam dalam suatu zat cair, akan mengalami gaya tekan ke atas seberat sebesar gaya berat zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut. Perhitungan displasemen (Δ) = $\rho \times L \times B \times T$ (ton), dimana ρ = koefisien blok. Besar kecilnya nilai dari koefisien blok akan menunjukkan kerampingan kapal. Nilai koefisien blok dihitung berdasarkan perbandingan volume bagian kapal yang tercelup air dengan volume kotak dimensi bagian kapal yang terelup air ($L \times B \times T$). Density air (ρ) didapat dari density dari air dimana kapal berlayar. Dalam perhitungan penelitian ini

merujuk kepada teori dari Ricky Lukman T, "Kemantapan Benda Terapung" dan I Gusti Made Santoso, "Teori Bangunan Kapal".

Displasemen terbagi dua yaitu displasemen moulded dan displasemen total, perhitungan dapat dilakukan dengan dua cara. Cara pertama dengan mengintegrasikan berdasarkan luas penampang melintang ordinat (*station*) di bawah garis air kearah memanjang kapal atau sumbu X, rumusnya sebagai berikut:

Rumus :

$$dV = SA \cdot dX$$

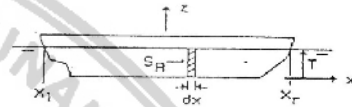
$$V = \int SA \cdot dX \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\Delta = \rho \times \int SA \cdot dX \text{ (ton), dimana}$$

SA = Luas Penampang Melintang

(*Sectional Area*) merupakan fungsi dari X

$$\text{Station Area (SA)} = 2 \int Y \cdot dZ$$



Gambar 1: Displasemen kapal fungsi dari SA

Atau dengan cara kedua yaitu dengan mengintegrasikan berdasarkan luas garis air kearah sumbu Z dari garis air terendah sampai garis air maksimum, rumusnya sebagai berikut:

Rumus:

$$dV = AWL \cdot dX$$

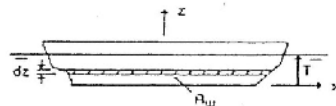
$$V = \int AWL \cdot dX \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\Delta = \rho \times \int AWL \cdot dX \text{ (ton), dimana:}$$

AWL = Luas Penampang Garis Air (*Water*

Line Area) sebagai fungsi dari X.

$$AWL = 2 \int Y \cdot dZ \text{ atau}$$



Gambar 2: Displasemen kapal fungsi dari AWL

Koefisien Bidang Garis Air (Coeficient of Water Line = Cw)

Koefisien yang menunjukkan perbandingan antara luasan bidang garis air (*area of water line = AWL* atau *water plan area = WPA*) dengan luasan persegi panjang yang di dapat dari perkalian panjang (L) dengan lebar (B) kapal pada setiap perubahan sarat air.

$$\text{Rumus } C_w = \frac{AWL}{L \times B} \text{ atau}$$

$$C_w = \frac{1}{L \times B} \times 2 \int Y \cdot dX$$

Luas Bidang Tengah Kapal (Area of Midship Midship Sectional Area = A_m)

Mengambarkan luasan bidang tengah kapal pada setiap perubahan sarat air dari sarat air paling bawah sampai dengan sarat air maksimum pada daerah tengah kapal.

$$\text{Rumus } A_M = 2 \int Y \cdot dZ \text{ (m}^2\text{), dari sarat air } z = 0 \text{ sampai } z = \text{sarat maksimum}$$

Koefisien Bidang Tengah Kapal (Coefficient of Midship = C_m)

Koefisien yang menunjukkan perbandingan antara luasan bidang tengah kapal (SA) dengan luasan persegi panjang dari perkalian lebar (B) dengan sarat air (T) kapal pada setiap perubahan sarat air.

$$\text{Rumus } C_m = \frac{\text{Sectional Area}}{B \times T}$$

$$C_m = \frac{SA}{B \times T}$$

Dimana Station Area (SA) = 2

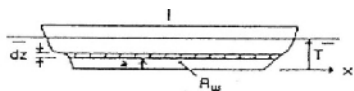
Koefisien Balok Kapal (Block Coefficient = C_b)

Koefisien yang menunjukkan perbandingan antara volume *carene* bagian lambung kapal yang tercelup di dalam air (V) dengan volume balok yang didapat dari perkalian panjang (L) dikalikan lebar (B) dikalikan sarat air (T) kapal, pada setiap perubahan sarat air.

$$\text{Rumus } C_b = \frac{V}{L \times B \times T}, \text{ atau}$$

$$C_b = \frac{1}{L \times B \times T} \int SA \cdot dX \text{ atau}$$

$$C_b = \frac{1}{L \times B \times T} \int SA \cdot dX$$



Gambar 3 : Koefisien Blok

Koefisien Prismatic Memanjang (Longitudinal Prismatic Coefficient = C_{pL})

Koefisien yang menunjukkan perbandingan antara volume *carene* badan kapal yang tercelup di dalam air (V) dengan volume suatu prisma yang didapat dari perkalian luas tengah kapal (A_m) dikalikan panjang kapal (L).

$$\text{Rumus; } C_{pL} = \frac{V}{A_w \times L}$$

$$\text{Atau } C_{pL} = \frac{L \times B \times T \times C_b}{C_w \times L \times B \times T}$$

$$C_{pL} = \frac{C_b}{C_w}$$



Gambar 4 : Koefisien Prismatic Memanjang

Koefisien Prismatic Tegak (Vertical Prismatic Coefficient = C_{pV})

Koefisien yang menunjukkan perbandingan antara volume badan kapal yang tercelup di dalam air (V) dengan volume prisma yang didapat dari perkalian luas bidang garis air (A_w) dikalikan sarat air (T) kapal.

$$\text{Rumus } C_{pV} = \frac{V}{A_w \times T}$$

$$C_{pV} = \frac{L \times B \times T \times C_b}{C_w \times L \times B \times T}$$

$$C_{pV} = \frac{C_b}{C_w}$$



Gambar 5 : Koefisien Prismatic Vertikal

Titik Tekan Ke Atas Vertikal (Vertical Centre Of Buoyancy = VCB).

Titik tekan ke atas vertikal (*vertical centre of buoyancy*) merupakan jarak titik tekan ke atas (B) terhadap keel kapal (K), sehingga perhitungannya merupakan integrasi momen pertama yang didapat dari perkalian luasan bidang garis air (AW) dikalikan jarak vertikal dari dasar kapal atau keel atau merupakan fungsi dari pada sumbu Z atau sarat kapal T.

$$\text{Rumus KB atau VCB} = \frac{1}{V} \int AW \cdot Z \cdot dZ$$

dari Z = 0 sampai Z = T maks.

$$\text{Atau KB} = \frac{1}{V} \int 2Y \cdot dX \cdot Z \cdot dZ \text{ (m).}$$

karena Area of Waterline (AW) = 2Y · dX

$$\text{dan MS} = \int 2Y \cdot dX \cdot Z \cdot dZ = MS \cdot dZ$$



Gambar 6 : Titik Tekan Vertikal (KB)

Titik Tekan Ke Atas Memanjang (Longitudinal Centre Of Buoyancy = LCB)

Titik tekan ke atas memanjang (*longitudinal centre of buoyancy*) merupakan jarak titik tekan ke atas (B) terhadap tengah kapal (*midship*) atau terhadap AP, sehingga perhitungannya merupakan integrasi momen pertama yang didapat dari perkalian luasan bidang ordinat (AS) dikalikan jarak horizontal dari tengah kapal atau AP merupakan fungsi dari pada sumbu X atau panjang kapal (L), dibagi volume air.

Rumus :

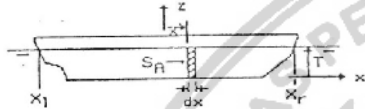
$$LCB = \frac{1}{V} \int SA \cdot X \cdot dX \text{ (m)}$$

Karena:

$$Sa = 2Y \cdot dZ$$

$$MS = 2Y \cdot dZ \cdot X \cdot dX = Ms \cdot dX = \text{Momen}$$

Pertama Bidang Station sumbu x.



Gambar 7 : Titik Tekan Memanjang (LCB)

Titik Apung Longitudinal (Longitudinal Centre of Floatation = LCF)

Titik apung longitudinal (*longitudinal centre of floatation*) merupakan jarak titik apung terhadap tengah kapal (*midship*) atau terhadap AP, sehingga perhitungannya merupakan rumus integrasi dari momen pertama bidang garis air (AWL = WPA) dibagi luas bidang kotak L x B, rumus persamaan di bawah merupakan fungsi dari pada sumbu X atau jarak memanjang kapal.

$$LCF = \frac{\int Y \cdot X \cdot dX}{\int Y \cdot dX} \text{ (m)}$$

Ton Per Centimeter Immersion (TPC)

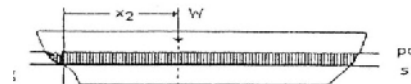
Ton per centimeter Immersion dimaksudkan berapa ton beban yang dibutuhkan oleh kapal tersebut untuk menurunkan dan menaikkan sarat air sebesar 1 centimeter.

$$\text{Rumus : TPC} = Aw \cdot dT \cdot (V)$$

$$\text{TPC} = Aw \cdot dT \cdot (1,025); \text{ dimana}$$

$$dT = 1 \text{ cm} = \frac{1}{100} \text{ m}$$

$$\text{TPC} = \frac{Aw \cdot 1,025}{100} \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Cm}} \right)$$



Gambar 8 : Ton Per Cm Immersion.

Momen To Change Trim 1 Centometer (MTC)

Momen to change trim 1 centimeter adalah suatu besaran yang menunjukkan berapa besar momen yang dibutuhkan untuk membuat *trim* sebesar 1 centimeter.

$$\text{Rumus : MTC} = \frac{IL \times 1,0225}{100 \times L}; dT = \frac{1}{100} \text{ m atau}$$

Per Centimeter

$$dT \text{ (Per Cm)} = \frac{p \times e \cdot l}{MTC} > MTC = \frac{p \times e \cdot l}{Cm \times Lpp} >$$

$$MTC = \frac{D \times MGL}{100 \times Lpp};$$

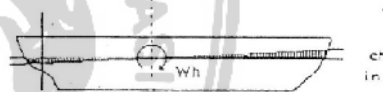
$$MTC = \frac{D \times MBL}{100 \times Lpp} \text{ dimana } MGL = MBL$$

$$MTC = \frac{1,025 \times V \times IL}{V \times 100 \times Lpp}; \text{ dan } D = 1,025 V;$$

$$MBL = \frac{IL}{V}$$

$$MTC = \frac{1,025 \times V \times IL}{V \times 100 \times Lpp}$$

$$MTC = \frac{1,025 \times IL}{100 \times Lpp} \left(\frac{\text{Ton} \times M^4}{M^3 \times Cm} \right) = \frac{\text{Tonm}}{Cm}$$



Gambar 9 : Moment To Change Trim 1 CM

Momen Inersia Memanjang (IL)

Momen inersia memanjang disebut juga kedua terhadap sumbu putar Y, dengan rumus sebagai berikut:

$$IL = 2 \int X^2 \cdot Y \cdot dX$$

IL terhadap Titik Apung Bidang Garis Air adalah:

$$IL_F = IL - (AWL \times OF^2)$$

$$IL_F = 2 \int X^2 \cdot Y \cdot dX - (2 \cdot \int Y \cdot dX \cdot OF^2) \text{ (m}^4\text{)}$$

Dimana :

$$X = \text{jarak OF dari AP}$$

$$M_{yy} = X \cdot AWL = X \cdot 2 \cdot \int Y \cdot dX$$

$$AWL = 2 \cdot \int Y \cdot dX$$

$$IL_f = I_{yy} - AWL \cdot X^2$$

Moment Inersia Melintang (IT)

Momen inersia melintang disebut juga momen kedua terhadap sumbu putar X, dengan rumus integrasi sebagai berikut:

$$IT = \int y^2 \cdot dA$$

$$IT = \frac{2}{3} \cdot y^3 \cdot dx \text{ (m}^4\text{)}$$

Jari-jari Metasenter Memanjang (Longitudinal Metacentre = MBL)

Jarak yang menunjukkan jarak titik metasenter (M) terhadap titik tekan (B) arah memanjang kapal, dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut:

$$MBL = \frac{I_{LP}}{Volume}$$

$$MBL = \frac{1}{V} \left[\int x^2 \cdot y \cdot dx + 2 \cdot \int y \cdot dx \right], \text{ dimana:}$$

$$Myy = WPA \cdot X = X \cdot 2 \cdot x ;$$

$$WPA = \int y \cdot dx \cdot 2, \text{ dimana } X \text{ titik } F \text{ dari } AP.$$

Jari-jari Metasenter Melintang (Transverse Metacentre = MBT)

Jarak yang menunjukkan jarak titik metasenter (M) terhadap titik tekan (B) arah memanjang kapal, dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut:

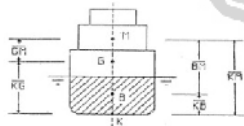
$$MBT = \frac{IT}{V} \text{ (m)}$$

$$MBT = \frac{1}{V} \cdot \left\{ \frac{2}{3} \int y^3 \cdot dx \right\}$$

Jarak Jari-jari Metasenter Melintang Terhadap Keel

Jarak jari-jari metasenter melintang terhadap keel adalah didapat dengan menambahkan KB dengan MBT melintang kapal.

$$\text{Rumus ; } KM_T = KB + MBT \text{ (m)}$$

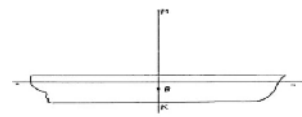


Gambar 10 : KMT

Jarak Jari-jari Metasenter Memanjang Terhadap Keel

Jarak jari-jari metasenter memanjang terhadap keel adalah didapat dengan menambahkan KB dengan MBL memanjang kapal.

$$\text{Rumus ; } KML = KB + MBL \text{ (m)}$$



Gambar 11 : $KML = 19,50 \text{ m}^2 \times 0,5 \text{ m} = 9,75 \text{ m}^3$

PEMBAHASAN

Ukuran Utama Monohull Boat	
Panjang	8,00 m
Lebar	3,00 m
Tinggi	1,00 m
Sarat Air	0,50 m
Parallel Middle Body	5,00 m

Gambar 12 : Bidang Garis Air

Perhitungan Monohull Boat: Luas Bidang Bidang Garis Air (Water Plan Area = WPA atau Area of Water Line = AWL)

- Lambung Bidang Segitiga = $2 \left(\frac{1}{2} \times B \times t \right)$
 $= 2 \left(\frac{1}{2} \times 3,00 \text{ m} \times 1,50 \text{ m} \right) = 2 (2,25) \text{ m}^2 = 4,50 \text{ m}^2$

- Lambung Bidang Persegi Panjang = $L \times B$
 $= 5,00 \text{ m} \times 3,00 \text{ m} = 15,00 \text{ m}^2$

WPA monohull = $4,50 \text{ m}^2 + 15,00 \text{ m}^2 = 19,50 \text{ m}^2$

Koefisien Garis Air (Coefficient of Waterline = C_w)

$$C_w = \frac{\text{WaterPlanArea}}{L \times B}$$

$$C_w = \frac{19,50}{8,00 \times 3,00} = \frac{19,50}{24} = 0,8125$$

Luas Bidang Tengah Kapal (Area of Midship = A_m)

- Area of Midship = $B \times T \times C_m = 3,00 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \times 1,0 = 1,50 \text{ m}^2$

- $C_m = 1,0$ karena bentuknya kotak

Koefisien Tengah Kapal (Coefficient of Midship = C_m)

$$C_m = \frac{\text{Area of Midship}}{B \times T}$$

$$C_m = \frac{1,50}{3,00 \times 0,50} = \frac{1,50}{1,50} = 1,0, \text{ karena bentuknya kotak}$$

Letak Titik Apung Memanjang (Longitudinal Centre of Floatation = LCF)

- $LCF = 0 \text{ m}$

- Atau tepat pada midship karena haluan dan buritan bentuknya sama

Volume Displasemen (Volume of Displacement = ∇)

$$\nabla = L \times B \times T \times C_b = WPA \times T$$

Koefisien Blok (*Block Coefficient = Cb*)

$$- Cb = \frac{\text{Volume of Displacement}}{L \times B \times T}$$

$$- Cb = \frac{9,75}{8,00 \times 3,000 \times 0,50} = \frac{9,75}{12,00} = 0,8125$$

Displacement ()

- = Volume of displacement x y
- Dimana y air laut = 1,025 ton/m³ dan _ air tawar = 1,00 ton/m³
- = 9,75 m³ x 1,025 ton/m³ = 9,99375 ton

Momen Inersia Memanjang (*Longitudinal Moment of Inertia = IL*)

IL (Ixx) *monohull boat* = IL persegi panjang + IL segi tiga

$$- \text{IL persegi panjang} = \frac{B \times L^3}{12} = \frac{3 \times 5^3}{12} = 31,25 \text{ m}^4$$

$$- \text{IL segi tiga} = 2 \times \left(\frac{B \times T^3}{36} \right) = 2 \times \left(\frac{3 \times (1,5)^3}{36} \right)$$

$$- \text{IL segi tiga} = 2 \times (0,28125) = 0,5625 \text{ m}^4$$

$$- \text{IL segitiga pengaruh jarak (a) kuadrat} = 2 (A \times a^2); a = 2,5 + 1/3 \times 1,5 = 3,00 \text{ m}$$

$$- \text{IL segitiga pengaruh jarak (a) kuadrat} = 2 (2,25 \times 3^2) = 40,5 \text{ m}^4$$

$$- \text{IL segitiga total} = 0,5625 + 40,5 = 40,0625$$

$$\text{IL (Ixx) monohull boat} = 31,25 + 40,0625 = 72,3125 \text{ m}^4$$

Momen Inersia Melintang (*Transvers Moment of Inertia = IT*)

IT (Iyy) *monohull boat* = IL persegi panjang + IL segi tiga

$$- \text{IT persegi panjang} = \frac{L \times B^3}{12} = \frac{3 \times 5^3}{12} = 11,25 \text{ m}^4$$

$$- \text{IT segi tiga} = 2 \times \left(\frac{T \times X^3}{48} \right) = 2 \times \left(\frac{1,5 \times (3,0)^3}{48} \right)$$

$$- \text{IT segi tiga} = 2 \times (0,84375) = 1,6875 \text{ m}^4$$

$$\text{IL (Iyy) monohull boat} = 11,25 + 1,6875 = 12,9375 \text{ m}^4$$

Jari-jari Metasenter Memanjang (*Longitudinal Metacentre = MBL*)

$$\text{MB}_L = \frac{IL}{V} = \frac{72,3125}{9,75} = 7,4167 \text{ m}$$

Jari-jari Metasenter Melintang (*Transvers Metacentre = MBT*)

$$\text{MB}_T = \frac{IT}{V} = \frac{12,9375}{9,75} = 1,3269 \text{ m}$$

Ton Per Cm Immersion (TPC)

$$- \text{TPC} = \frac{Aw \times 1,025}{100} \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Cm}} \right), \text{ dimana } Aw = WPA = 19,50 \text{ m}^2$$

$$- \text{TPC} = \frac{19,50 \times 1,025}{100} \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Cm}} \right)$$

$$- \text{TPC} = 0,1998 \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Cm}} \right)$$

Moment To Change 1 CM (MTC)

$$- \text{MTC} = \frac{Dx \text{ MGL}}{100 \times Lpp}; \text{ dimana } \text{MGL} = \text{MB}_L, D = \text{displasemen}$$

$$- \text{MTC} = \frac{Dx \text{ MBL}}{100 \times Lpp}; \text{ dan } D = 1,025 \text{ V}; \text{ MLB} = \frac{IL}{V}$$

$$- \text{MTC} = \frac{1,025 \times V \times IL}{V \times 100 \times Lpp}$$

$$- \text{MTC} = \frac{1,025 \times OL}{100 \times Lpp}, IL = 72,3125$$

$$- \text{MTC} = \frac{1,025 \times IL}{100 \times Lpp} = \frac{1,025 \times 72,3125}{100 \times 8,00} \left(\frac{\text{Ton} \times \text{M}^4}{\text{m}^3 \times \text{Cm}} \right) = 0,09265 \left(\frac{\text{Tonm}}{\text{Cm}} \right)$$

Perhitungan Catamaran Boat:

Ukuran Utama:

Panjang	8,00 m
Lebar	1,50 m
Tinggi	1,00 m
Sarat Air	0,50 m
Parallel Middle Body	5,00 m

Luas Bidang Bidang Garis Air (*Water Plan Area = WPA*)

$$- \text{Lambung Bidang Segitiga} = 4 (1/2 \times B \times t) = 4 (1/2 \times 1,50 \text{ m} \times 1,50 \text{ m}) = 4 (1,125) \text{ m}^2 = 4,50 \text{ m}^2$$

$$- \text{Lambung Bidang Persegi Panjang} = 2 \times (L \times B) = 2 (5,00 \text{ m} \times 1,50 \text{ m}) = 2 \times (7,5) = 15,00 \text{ m}^2$$

$$\text{WPA catamaran} = 4,50 \text{ m}^2 + 15,00 \text{ m}^2 = 19,50 \text{ m}^2$$

Koefisien Garis Air (*Coefficient of Waterline = Cw*)

$$- Cw = \frac{\text{WaterPlanArea}}{2 \times (L \times B)}$$

$$- Cw = \frac{19,50}{2(8,00 \times 1,50)} = \frac{19,50}{24} = 0,8125$$

Luas Bidang Tengah Kapal (*Area of Midship = Am*)

- *Area of Midship* = 2 (B x T x Cm) = 2 x (1,50 m x 0,50 m x 1,0) = 1,50 m²
- Cm = 1,0 karena bentuknya kotak

Koefesien Tengah Kapal (*Coefficient of Midship = Cm*)

- $Cm = \frac{\text{Area of Midship}}{2 \times (B \times T)}$
- $Cm = \frac{1,50}{2 \times (1,50 \times 0,50)} = \frac{1,50}{1,50} = 1,0$, karena bentuknya kotak

Letak Titik Apung (*Centre of Floatation = LCF*)

- Cf = 0 m
- Atau tepat pada midship karena haluan dan buritan bentuknya sama

Volume Displasemen (*Volume of Displacement = -*)

- $- = 2 \times (L \times B \times T \times Cb) = 2 \text{ (WPA} \times T)$
- $- = 2 \times (9,75 \text{ m}^2 \times 0,5 \text{ m}) = 9,75 \text{ m}^3$

Koefisien Blok (*Block Coefficient = Cb*)

- $Cb = \frac{\text{Volume of Displacement}}{2 \times (L \times B \times T)}$
- $Cb = \frac{9,75}{2 \times (8,00 \times 1,50 \times 0,50)} = \frac{9,75}{12,00} = 0,8125$

Displacement ()

- = *Volume of displacement* x _
- Dimana _ air laut = 1,025 ton/m³ dan _ air tawar = 1,00 ton/m³
- = 9,75 m³ x 1,025 ton/m³ = 9,99375 ton

Momen Inersia Memanjang (*Longitudinal Moment of Inertia = IL*)

IL (Ixx) catamaran = IL persegi panjang + IL segi tiga

- IL persegi panjang = $2 \times \left(\frac{B \times L^3}{12}\right) = 2 \left(\frac{1,50 \times 5^3}{12}\right) = 31,25 \text{ m}^4$
- IL segi tiga = $4 \times \left(\frac{B \times T^3}{36}\right) = 4 \times \left(\frac{1,5 \times 1,5^3}{36}\right)$
- IL segi tiga = $4 \times (0,140625) = 0,5625 \text{ m}^4$
- IL segitiga pengaruh jarak kuadrat = $4 (A \times a^2)$; a = 2,5 + 1/3 x 1,5 = 3,00 m
- segitiga pengaruh jarak kuadrat = $4 (1,125 \times 3^2) = 40,5 \text{ m}^4$
- IL segitiga total = 0,5625 + 40,5 = 40,0625 m⁴

IL (Ixx) catamaran = 31,25 + 40,06275 = 72,3125 m⁴

Momen Inersia Melintang (*Tranvers Moment of Inertia = IT*)

- IT (Iyy) = IL persegi panjang + IL segi tiga
- IT persegi panjang = $2 \times \left(\frac{L \times B^3}{12}\right)$
- IT persegi panjang = $2 \times \left(\frac{5 \times 1,50^3}{12}\right) = 2 \times (1,40625) = 2,8125 \text{ m}^4$
- IT segi tiga = $4 \times \left(\frac{T \times B^3}{48}\right) = 2 \times \left(\frac{1,5 \times (1,50)^3}{48}\right)$
- IT segi tiga = $4 \times (0,10546875) = 0,421975 \text{ m}^4$
- IT WPA pengaruh jarak kuadrat = 2 (WPA x a²) ; a = 2,25 m
- IT WPA pengaruh jarak kuadrat = 2 (9,75 x (2,25)²) = 2 x (49,3594) = 98,71875 m⁴
- IT (Ixx) catamaran = 2,8125 + 0,421975 + 98,71875 = 101,953225 m⁴

Jari-jari Metasenter Memanjang (*Longitudinal Metacentre = MBL*)

$$MB_L = \frac{IT}{V} = \frac{73,3125}{9,75} = 4,4167 \text{ m}$$

Jari-jari Metasenter Melintang (*Tranvers Metacentre = MBT*)

$$MB_T = \frac{IT}{V} = \frac{101,953225}{9,75} = 10,456 \text{ m}$$

Ton Per Cm Immersion (TPC)

- $TPC = \frac{Aw \times 1,025}{100} \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Cm}}\right)$, dimana AW=WPA = 19,50 m²
- $TPC = \frac{19,50 \times 1,025}{100} \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Cm}}\right)$
- $TPC = 0,1998 \left(\frac{\text{Ton}}{\text{Cm}}\right)$

Moment To Change 1 CM (MTC)

- $MTC = \frac{Dx MGL}{100 \times Lpp}$; dimana $MGL = MB_L - D$, D = displasemen
- $MTC = \frac{Dx MBL}{100 \times Lpp}$ dan D = 1,025 V ; $MLB = \frac{IL}{V}$
- $MTC = \frac{1,025 \times V \times IL}{V \times 100 \times Lpp}$, IL = 72,3125 m⁴
- $MTC = \frac{1,025 \times IL}{100 \times Lpp} = \frac{1,025 \times 72,3125}{100 \times 8,00}$
- $\left(\frac{\text{Ton} \times \text{m}^4}{\text{m}^3 \times \text{Cm}}\right) = 0,09265 \left(\frac{\text{Tonm}}{\text{Cm}}\right)$

Perhitungan *Outtrigger Boat*:

Ukuran Utama *Monohull*

Panjang	8,00 m
Lebar	3,00 m
Tinggi	1,00
Sarat Air	0,50 m
<i>Parallel Middle Body</i>	5,00 m

Ukuran Cadik (*Outtrigger*) :

Panjang	5,40 m
Lebar	0,20 m
Tinggi	0,20 m
Sarat Air	0,10 m
<i>Parallel Middle Body</i>	5,00 m

Bentuk cadik sama dengan bentuk lambung monohull boat, sehingga cara perhitungan sama lambung dengan monohull boat, perhitungan cadik (*outrigger*) akan dapat mempengaruhi dan sebagai penambah stabilitas, perhitungannya sebagai berikut:

Luas Bidang Bidang Garis Air Cadik (*Outtrigger*)

- Lambung Bidang Segitiga = $4 \left(\frac{1}{2} \times B \times t \right)$
= $4 \left(\frac{1}{2} \times 0,20 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} \right) = 4 \left(0,02 \right)$
 $\text{m}^2 = 0,08 \text{ m}^2$
- Lambung Bidang Persegi Panjang = $2 \times (L \times B)$

$$= 2 \left(5,00 \text{ m} \times 0,20 \text{ m} \right) = 0,3 \times (1) = 2 \text{ m}^2$$

$$\text{WPA cadik} = 0,08 \text{ m}^2 + 2 \text{ m}^2 = 2,08 \text{ m}^2$$

$$\text{WPA outrigger boat} = 19,50 \text{ m}^2 + 2,08 \text{ m}^2 = 21,58 \text{ m}^2$$

Koefisien Garis Air (*Coefficient of Waterline = Cw*)

$$- Cw = \frac{\text{WaterPlanArea}}{2 \times (L \times B) + (2 \times (L \times B \text{or}))}$$

$$- Cw = \frac{21,58}{2(8,00 \times 1,50) + 2 \times (5,4 \times 0,2)} = \frac{21,58}{24 + 2,16} = 0,825$$

Luas Bidang Tengah Kapal (*Area of Midship = Am*)

- Area of Midship = $2 \left(B \times T \times Cm \right) = 2 \times \left(1,50 \text{ m} \times 0,50 \text{ m} \times 1,0 \right) = 1,50 \text{ m}^2$
- $Cm = 1,0$ karena bentuknya kotak

Volume Displasemen (*Volume of Displacement =*) cadik

$$- \text{ } = 2 \times (L \times B \times T \times Cb) = 2 \left(\text{WPA} \times T \right)$$

$$- \text{ } = 2 \times (2,08 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m}) = 0,416 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume monohull} = 9,75 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume outrigger boat} = 9,75 + 0,416 = 10,166 \text{ m}^3$$

Momen Inersia Memanjang (*Longitudinal Moment of Inertia = IL*)

IL (Ixx) cadik = IL persegi panjang + IL segi tiga

$$- \text{IL persegi panjang} = 2 \times \left(\frac{B \times L^3}{12} \right) = 2 \times \left(\frac{3 \times 5^3}{12} \right) = 2 \times 2,033 = 4,1667 \text{ m}^4$$

$$- \text{IL segi tiga} = 4 \times \left(\frac{B \times T^3}{36} \right) = 2 \times \left(\frac{0,20 \times (0,2)^3}{36} \right)$$

$$- \text{IL segi tiga} = 4 \times (0,0000444) = 0,0001778 \text{ m}^4$$

$$- \text{IL segitiga pengaruh jarak kuadrat} = 4 \left(A \times a^2 \right); a = 2,5 + \frac{1}{3} \times 0,2 = 2,566$$

$$- \text{IL segitiga pengaruh jarak kuadrat} = 4 \left(0,02 \times (2,566)^2 \right) = 4 \times 0,1317 = 0,5267 \text{ m}^4$$

$$\text{IL (Ixx) cadik} = 4,1667 + 0,0001778 + 0,5267 = 4,6935 \text{ m}^4$$

$$\text{IL (Ixx) monohull} = 72,0825 \text{ m}^4$$

$$\text{IL (Ixx) outrigger boat} = 72,0825 + 4,6935 = 76,776 \text{ m}^4$$

Momen Inersia Melintang (*Tranvers Moment of Inertia = IT*)

IT (Iyy) cadik = IL persegi panjang + IL segi tiga

$$- \text{IT persegi panjang} = 2 \times \left(\frac{B \times L^3}{12} \right)$$

$$- \text{IT persegi panjang} = 2 \times \left(\frac{5 \times 0,20^3}{12} \right) = 2 \times (0,0006667) = 0,001333 \text{ m}^4$$

$$- \text{IT segi tiga} = 4 \times \left(\frac{T \times B^3}{48} \right) = 2 \times \left(\frac{0,20 \times (0,2)^3}{36} \right)$$

$$- \text{IT segi tiga} = 4 \times (0,0000333) = 0,0001333 \text{ m}^4$$

$$- \text{IT WPA cadik pengaruh jarak kuadrat} = 2 \left(\text{WPA cadik} \times a^2 \right); a = 2,25 \text{ m}$$

$$- \text{IT WPA cadik pengaruh jarak kuadrat} = 2 \left(2,08 \times (2,25)^2 \right) = 2 \times (10,53) = 21,06 \text{ m}^4$$

$$\text{IT (Iyy) cadik} = 0,001333 + 0,0001333 + 21,06 = 21,0615 \text{ m}^4$$

$$\text{IT (Iyy) monohull} = 12,9375 \text{ m}^4$$

$$\text{IT (Iyy) outrigger boat} = \text{IT (Iyy) monohull} + \text{IT (Iyy) cadik}$$

$$\text{IT (Iyy) outrigger boat} = 12,9375 + 21,0615 = 33,999 \text{ m}^4$$

Jari-jari Metasentra Memanjang (*Longitudinal Metacentre = MBL*)

$$\text{MBL} = \frac{IT}{V} = \frac{76,776}{10,166} = 7,552 \text{ m, bandingkan dengan}$$

$$\text{MBL monohull} = 7,393 \text{ m}$$

Jari-jari Metasentra Melintang (*Tranvers Metacentre = MBT*)

$$\text{MBT} = \frac{IT}{V} = \frac{33,999}{10,166} = 3,3445 \text{ m, bandingkan dengan}$$

MBT monohull = 1,3269 m

Ton Per Cm Immersion (TPC)

- $TPC = \frac{Aw \times 1,025}{100} \left(\frac{Ton}{Cm} \right)$, dimana $AW = WPA = 21,58 \text{ m}^2$
- $TPC = \frac{21,58 \times 1,025}{100} \left(\frac{Ton}{Cm} \right)$
- $TPC = 0,2211 \left(\frac{Ton}{Cm} \right)$

Moment To Change 1 CM (MTC)

- $MTC = \frac{D \times MGL}{100 \times Lpp}$; dimana $MGL = MBL$, $D =$ displasemen
- $MTC = \frac{D \times MBL}{100 \times Lpp}$; dan $D = 1,025 V$; $MBL = \frac{IL}{V}$
- $MTC = \frac{1,025 \times V \times IL}{V \times 100 \times Lpp}$; $IL = 76,776 \text{ m}^4$
- $MTC = \frac{1,025 \times IL}{100 \times Lpp} = \frac{1,025 \times IL}{100 \times Lpp} = \frac{1,025 \times 76,776}{100 \times 8,00} \left(\frac{Ton \times M^4}{m^3 \times Cm} \right) = 0,0983 \left(\frac{Tonm}{Cm} \right)$

KESIMPULAN

Monohull Boat mempunyai jari-jari metasenter memanjang (MBL) = 7,4167 m, dan jari-jari metasenter melintang (MBT) = 1,3269 m, TPC = 0,1998 ton/cm, MTC = 0,09265 ton.m/cm

Catamaran Boat mempunyai jari-jari metasenter memanjang (MBL) = 7,4167 m, dan jari-jari metasenter melintang (MBT) = 10,456 m, TPC = 0,1998 ton/cm, MTC = 0,09265 ton.m/cm

Outrigger Boat mempunyai jari-jari metasenter memanjang (MBL) = 7,552 m, dan jari-jari metasenter melintang (MBT) = 3,3445 m, TPC = 0,2211 ton/cm, MTC = 0,0983 ton.m/cm

Ketiga jenis boat tersebut berdasarkan perhitungan posisi memanjang kapal nilai TPC dan MTC, untuk *monohull boat* dan *catamaran boat* nilainya sama, sedangkan untuk *outrigger boat* terdapat perbedaan sedikit karena terdapat tambahan nilai dari perhitungan cadik.

Hasil perhitungan dari ketiga jenis boat berdasarkan perhitungan secara melintang mempunyai perbedaan yang relatif besar seperti nilai jari-jari metasenter MBT untuk *monohull boat* = 1,3269 m, *catamaran boat* = 10,456 m, dan *outrigger boat* = 3,3445 m.

Karena indikator stabilitas awal dapat dilihat dari besarnya jarak titik metasenter melintang terhadap titik berat MG atau MB, sehingga jenis *catamaran boat* paling baik, *outrigger boat* mempunyai nilai yang lumayan baik, sedangkan *monohull boat* mempunyai nilai cukup.

Berdasarkan hasil perhitungan dari metode sederhana tersebut di atas, maka dapat disarankan untuk memilih jenis lambung kapal kecil (boat) berdasarkan pertimbangan stabilitas yang cocok sesuai dengan fungsinya seperti *outrigger boat* cocok untuk kebutuhan kapal cepat, kapal patroli, kapal pesiar, kapal ikan, dan kapal olah raga, untuk *catamaran boat* dan *outrigger boat* cocok untuk kebutuhan kapal riset laut, kapal transportasi sungai, kapal ikan, kapal penumpang (*sea water bus*) antar pulau daerah terpencil kepulauan Indonesia.

Terdapat beberapa kelemahan dari ketiga jenis lambung tersebut untuk *monohull boat* mempunyai periode oleng sangat cepat sehingga kenyamanan penumpang kurang baik, untuk

catamaran boat dan *outrigger boat* mempunyai karakteristik olah gerak lambat dan memerlukan radius yang panjang pada saat berputar.

Terdapat beberapa kelebihan dari ketiga jenis lambung tersebut untuk *monohull boat* mempunyai olah gerak yang sangat cepat, untuk *catamaran boat* dan *outrigger boat* mempunyai stabilitas yang sangat baik dan periode oleng relatif lama sehingga penumpang lebih nyaman.

Apabila pemilihan jenis lambung kapal kecil (*boat*) sesuai dengan fungsinya dan sudah berdasarkan pertimbangan stabilitas yang cocok, maka kecelakaan di laut pada saat kapal kecil beroperasi akan dapat dihindari.

DAFTAR PUSTAKA

Economic and Social Commission for Asia and Pacific, Hidraulic The Netherland, 2000, Delf.
IMO, International Code On Intact Stability, 2008, 2009.

I Gusti Made Santoso dkk, "Teori Bangunan Kapal", Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1983.

Iswadi Nur dkk, "Perancangan Bis Air Kapasitas 40 Penumpang Sebagai Sarana Transportasi Alternatif pada Banjir Kanal Timur Provinsi DKI Jakarta". Bina Teknika FT UPN "Veteran" Jakarta, Volume 8 Nomor 2, Edisi Desember 2012, hal. 203 -209, ISSN 1693-8550.

Ricky Lukman T, "Kemantapan Benda Terapung", Jurusan Teknik Kelautan, ITB, 2000.

Sukarsono, "Fishing Vessel", Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada, 2002

The Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers, "Osa Aqua Bus", Aqua Liner Naniwa no.2, 2009,Japan.

Teguh Sastrodiwongso, "Kemudi dan Olah Gerak Kapal", Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada, 2002

Virliani, Putri, "Perencanaan Bis Air Sebagai Sarana Transportasi Angkutan Penumpang Di Banjir Kanal Barat, ITS Surabaya, 2009.

Wasono, Kamus Istilah Teknik Kapal Dan Industri Kapal, Iperindo, 2003

