

## MENGHITUNG STABILITAS KAPAL

*Kompetensi : Bangunan dan Stabilitas Kapal*

**NPN - Prod/K.02**



---

**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM DIKMENJUR  
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

**2003**

## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Deskripsi**

Salah satu penyebab kecelakaan kapal di laut ,baik yang terjadi di laut lepas maupun ketika di pelabuhan, adalah peranan dari para awak kapal yang tidak memperhatikan perhitungan stabilitas kapalnya sehingga dapat mengganggu kesetimbangan secara umum yang akibatnya dapat menyebabkan kecelakaan fatal seperti kapal tidak dapat dikendalikan, kehilangan kesetimbangan dan bahkan tenggelam yang pada akhirnya dapat merugikan harta benda, kapal, nyawa manusia bahkan dirinya sendiri. Sedemikian pentingnya pengetahuan menghitung stabilitas kapal untuk keselamatan pelayaran, maka setiap awak kapal yang bersangkutan bahkan calon awak kapal harus dibekali dengan seperangkat pengetahuan dan keterampilan dalam menjaga kondisi stabilitas kapalnya sehingga keselamatan dan kenyamanan pelayaran dapat dicapai.

Modul Menghitung Stabilitas Kapal sebagai bagian dari Kompetensi Bangunan dan Stabilitas Kapal yang pada dasarnya merupakan materi kurikulum yang berfungsi untuk mengembangkan kemampuan siswa SMK Bidang Keahlian Pelayaran Niaga, dan untuk diterapkan ketika berdinamis di atas kapal khususnya dalam tugas-tugas menjaga kondisi stabilitas kapal yang dapat berpengaruh terhadap keselamatan pelayaran.

Modul ini di dalamnya berisi materi yang disajikan dalam beberapa bahan Kegiatan Belajar yaitu :

Kegiatan Belajar 1 : Titik Penting dan Dimensi Pokok Stabilitas Kapal

Kegiatan Belajar 2 : Koefisien Balok dan Stabilitas Kapal

Kegiatan Belajar 3 : Menghitung KG

Kegiatan Belajar 4 : Menghitung KM

## **B. Prasarat**

Untuk mempelajari program diklat ini siswa dipersyaratkan memiliki pengetahuan tentang kapal, daya apung dan daya tenggelam serta teori-teori keseimbangan, supaya siswa dapat dengan mudah memahami dan menerapkan prinsip-prinsip tentang Bangunan dan Stabilitas secara umum dan Menghitung Stabilitas Kapal secara khusus dalam pekerjaan dan kehidupannya sehari-hari sebagai awak kapal.

## **C. Petunjuk Penggunaan Modul**

### **1. Penjelasan Bagi Siswa**

Modul ini membahas tentang Menghitung stabilitas kapal berupa materi keterampilan dasar sebagai salah satu persyaratan yang harus dimiliki oleh awak kapal atau calon awak kapal yang bekerja di atas kapal.

Setelah mempelajari modul ini, siswa diharapkan dapat memahami Stabilitas Kapal, yang secara khusus dapat dirinci dalam bentuk-bentuk perilaku sebagai berikut :

- ✍ Titik-titik Penting dan Dimensi Pokok Stabilitas Kapal
- ✍ Koefisien Balok dan Stabilitas Kapal
- ✍ Menghitung KG
- ✍ Menghitung KM

**a. Langkah-langkah belajar yang harus ditempuh**

Untuk memberikan kemudahan pada siswa dalam mencapai tujuan pembelajaran, pada masing-masing butir bagian, para siswa akan selalu menjumpai uraian materi, bahan latihan, rangkuman/intisari dan tes formatif sebagai satu kesatuan utuh. Oleh karena itu sebaiknya anda mengetahui seluruh pembahasan itu, sedangkan untuk memperkaya pemahaman dan memperluas wawasan mengenai materi, disarankan agar membaca buku rujukan yang sesuai dan dicantumkan di bagian akhir modul ini.

Kepada para siswa sebelum menggunakan modul ini diharapkan berkonsentrasi secara penuh agar dalam memperhatikan uraian-uraian serta langkah-langkah kerja agar benar-benar dapat dipahami dan bukan menghapalkannya. Apabila terdapat kata atau istilah yang tidak anda pahami atau tidak terdapat pada daftar peristilahan/glossary, tanyakanlah langsung kepada guru pembimbing di kelas.

Untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam buatlah kelompok belajar kemudian buatlah berbagai soal-soal latihan sebab semakin banyak berlatih penguasaan materi ataupun keterampilan akan semakin meningkat.

**b. Perlengkapan yang harus dipersiapkan**

Dalam mempelajari modul ini hal-hal yang harus disiapkan :

- ? Gambar umum Kapal (*General arrangement*)
- ? Jenis-jenis kapal dan karakteristiknya
- ? Gambar struktur bangunan dan bagian-bagian pokok kapal

- ? Tabel Trim
- ? Mistar
- ? Pensil runcing 2B.
- ? Penghapus pensil halus.

**c. Hasil pelatihan**

Setelah menyelesaikan modul Menghitung stabilitas kapal ini, diharapkan agar para siswa benar-benar dapat melakukan langkah-langkah cermat dan akurat dalam menghitung stabilitas dan berbagai perubahannya serta memiliki kemampuan, kebiasaan dan kesenangan dalam mengaplikasikannya dengan benar, baik melalui pengamatan, diskusi dan melatih diri sehingga dapat melaksanakan tugas dengan cermat, akurat, efektif dan efisien sesuai kompetensi yang dipersyaratkan

**d. Prosedur sertifikasi**

Pada pembelajaran sub kompetensi menghitung stabilitas kapal dititik beratkan pada penguasaan pengetahuan terhadap penguasaan titik penting dan dimensi pokok stabilitas kapal, koefisien balok dan stabilitas kapal, menghitung KG dan menghitung KM, dan acuan yang yang diterapkan untuk kepentingan stabilitas dan bangunan kapal. Setelah menguasai modul ini, para siswa masih harus menguasai modul-modul lainnya yang berkaitan dengan kompetensi stabilitas dan bangunan kapal kemudian dilanjutkan dengan tahapan ujian atau evaluasi. Apabila para siswa telah menguasai semua modul tersebut maka pihak sekolah dapat merekomendasikan kepada Panitia Pelaksana Ujian Kompetensi dan Sertifikasi (PPUKS) agar

kepada siswa yang bersangkutan dapat diberikan kesempatan mengikuti uji kompetensi.

## **2. Peran guru dalam proses pembelajaran**

Selanjutnya untuk suksesnya proses pembelajaran dan pencapaian kompetensi siswa, kepada rekan guru diharapkan untuk :

- a. membantu siswa dalam merencanakan proses belajar
- b. membimbing siswa melalui tugas-tugas pelatihan yang dijelaskan dalam tahap belajar
- c. membantu siswa dalam memahami konsep dan praktik baru dan menjawab pertanyaan siswa mengenai proses belajar siswa
- d. membantu siswa untuk menentukan dan mengakses sumber tambahan lain yang diperlukan untuk belajar
- e. mengorganisasikan kegiatan belajar kelompok jika diperlukan
- g. merencanakan proses penilaian dan menyiapkan perangkatnya
- h. melaksanakan penilaian
- i. menjelaskan kepada siswa tentang sikap pengetahuan dan keterampilan dari suatu kompetensi, yang perlu untuk dibenahi dan merundingkan rencana pembelajaran selanjutnya
- j. mencatat pencapaian kemajuan siswa

#### **D. Tujuan**

Setelah mempelajari modul ini anda sebagai siswa SMK Bidang Keahlian Pelayaran diharapkan memiliki kemampuan, kebiasaan dan kesenangan menghitung stabilitas kapal dengan cermat, cepat dan benar melalui pengamatan, komunikasi dan pelatihan sehingga dapat melaksanakan tugas dengan cermat, akurat, efektif dan efisien.

#### **E. Kompetensi**

Unit Kompetensi : Bangunan dan Stabilitas Kapal

Kode kompetensi : NPN. Prod/K.02

Sub Kompetensi : Menghitung Stabilitas Kapal

Kompetensi yang diharapkan dapat dicapai/dikuasai oleh setiap siswa dengan menggunakan modul ini secara khusus dapat dirinci dalam bentuk-bentuk perilaku sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi titik penting dan dimensi pokok stabilitas kapal
2. Menggunakan Koefisien Balok untuk menghitung stabilitas kapal
3. Mampu Menghitung KG kapal dengan benar
4. Mampu Menghitung KM kapal dengan benar

Prilaku sebagaimana tersebut diatas dapat diuraikan dalam kriteria unjuk kerja sebagaimana tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Kriteria Unjuk Kerja dari Sub Kompetensi Menghitung Stabilitas Kapal

Kriteria Unjuk Kerja	Lingkup belajar	Materi Pokok Pembelajaran		
		Sikap	Pengetahuan	Keterampilan
Mampu mengidentifikasi titik penting dan dimensi pokok stabilitas kapal	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Titik Penting Stabilitas Kapal</li> <li>☞ Dimensi Pokok Stabilitas Kapal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Cermat dalam mengidentifikasi titik-titik penting stabilitas kapal</li> <li>☞ Cermat dalam mengidentifikasi dan menghitung dimensi pokok stabilitas kapal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Menjelaskan dimensi pokok stabilitas kapal</li> <li>☞ Menjelaskan, menghitung, menggambarkan dimensi pokok stabilitas kapal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Mengidentifikasi titik-titik penting stabilitas kapal</li> <li>☞ Merinci dan menjelaskan bagian-bagian pokok dimensi stabilitas kapal</li> </ul>
Mampu menghitung Koefisien Balok dan Stabilitas Kapal Mampu menggunakan koefisien balok dalam perhitungan stabilitas	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Koefisien Balok dan Stabilitas Kapal</li> <li>☞ Gravity</li> <li>☞ Bouyance</li> <li>☞ Moment keseimbangan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Cermat dalam menghitung koefisien balok dan diaplikasikan dalam perhitungan stabilitas kapal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>? Menjelaskan Struktur bangunan kapal secara umum</li> <li>? Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas Kapal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Mengidentifikasi struktur bangunan kapal secara umum</li> <li>☞ Menggambar dan menjelaskan struktur dan bagian-bagian kapal</li> <li>☞ Menggunakan analogi koefisien balok dalam perhitungan stabilitas kapal</li> </ul>
Mampu Menghitung KG	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Faktor-faktor perhitungan KG</li> <li>☞ Prosedur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Cermat dalam menghitung KG</li> <li>☞ Cermat dalam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Menjelaskan perhitungan KG</li> <li>☞ Menjelaskan prosedur dan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☞ Trampil menerapkan rumus-rumus dalam</li> </ul>



	perhitungan KG ☞Menghitung KG	mengaplikasikan rumus perhitungan KG	cara menghitung KG	menghitung KG
Mampu Menghitung KM	☞Faktor-faktor dalam perhitungan KM ☞Prosedur menghitung KM ☞Rumusan perhitungan KM ☞Menghitung KM	☞Cermat dalam mengaplikasikan rumus-rumus dalam menghitung KM ☞Cermat dalam menghitung KM	☞Menjelaskan perhitungan KM ☞Menjelaskan prosedur dan cara menghitung KM	☞Trampil menerapkan rumus-rumus dalam menghitung KM

**F. Cek Kemampuan**

1. Apa yang anda ketahui tentang kapal
2. Jelaskan apa yang anda ketahui dengan Hukum Archimedes
3. Mengapa kapal dalam berbagai ukuran dapat mengapung di air
4. Mengapa penempatan muatan kapal perlu diatur, Jelaskan !
5. Uraikan sebab-sebab terjadinya kapal tenggelam
6. Apa yang anda ketahui dengan titik berat atau titik pusat gravity
7. Apa yang anda ketahui dengan daya apung
8. Apa yang anda ketahui dengan kemiringan dan rolling
9. Faktor-faktor apa yang dapat mempengaruhi pergeseran kapal di permulaan air
10. Faktor-faktor apa yang dapat mempengaruhi kemiringan kapal

**II. PEMBELAJARAN**

**A. Rencana Belajar Siswa**

Kompetensi : Bangunan dan Stabilitas Kapal

Kode Kompetensi : NPN. Prod/K.02

Sub Kompetensi : Menghitung Stabilitas Kapal

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat belajar	Alasan perubahan	Tanda tangan Guru
1. Titik Penting dan Dimensi Pokok Stabilitas Kapal ✎Pengertian stabilitas ✎Macam-macam keadaan stabilitas ✎Titik-titik penting dalam stabilitas ✎dimensi pokok dalam stabilitas					
2. Koefisien Balok dan Stabilitas Kapal ✎Perhitungan Koefisien balok ✎Tons Per-nchi Immersions (TPI) ✎Koefisien bidang air (Waterplane Coeficient)					
3. Menghitung KG ✎Rumus momen ✎Cara mendapatkan KG kapal kosong pada saat pemuatan					

dan pembongkaran ✎Perubahan titik G vertical ✎Perubahan titik G mendatar ✎Perubahan titik karena pemuatan dan pembongkaran					
4. Menghitung KM ✎Berbagai rumus perhitungan KM ✎Perhitungan KM					

## B. Kegiatan Belajar

### 1. Titik-titik Penting dan Dimensi Pokok Sabilitas

#### a. Tujuan Pembelajaran

Kegiatan belajar ini bertujuan agar siswa mampu mengidentifikasi titik penting dan memahami dimensi pokok stabilitas kapal sebagai bagian dari menghitung stabilitas kapal sehingga titik-titik penting yang memengaruhi stabilitas kapal dapat diidentifikasi dan diterapkan dalam kelancaran pelaksanaan tugas sehari-hari serta dalam menjaga stabilitas kapal yang pada akhirnya dapat menunjang keselamatan pelayaran.

#### b. Uraian Materi

##### (1). Pengertian Stabilitas

Stabilitas adalah keseimbangan dari kapal, merupakan sifat atau kecenderungan dari sebuah kapal untuk kembali kepada kedudukan semula setelah mendapat senget (kemiringan) yang disebabkan oleh gaya-gaya dari luar (Rubianto, 1996). Sama dengan pendapat Wakidjo (1972), bahwa stabilitas merupakan kemampuan sebuah kapal untuk menegak kembali

sewaktu kapal menyenget oleh karena kapal mendapatkan pengaruh luar, misalnya angin, ombak dan sebagainya.

Secara umum hal-hal yang mempengaruhi keseimbangan kapal dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok besar yaitu :

- (a). Faktor internal yaitu tata letak barang/cargo, bentuk ukuran kapal, kebocoran karena kandas atau tubrukan
- (b). Faktor eksternal yaitu berupa angin, ombak, arus dan badai

Oleh karena itu maka stabilitas erat hubungannya dengan bentuk kapal, muatan, *draft*, dan ukuran dari nilai GM. Posisi M hampir tetap sesuai dengan *style* kapal, pusat buoyancy B digerakkan oleh *draft* sedangkan pusat gravitasi bervariasi posisinya tergantung pada muatan. Sedangkan titik M adalah tergantung dari bentuk kapal, hubungannya dengan bentuk kapal yaitu lebar dan tinggi kapal, bila lebar kapal melebar maka posisi M bertambah tinggi dan akan menambah pengaruh terhadap stabilitas. Kaitannya dengan bentuk dan ukuran, maka dalam menghitung stabilitas kapal sangat tergantung dari beberapa ukuran pokok yang berkaitan dengan dimensi pokok kapal.

Ukuran-ukuran pokok yang menjadi dasar dari pengukuran kapal adalah panjang (*length*), lebar (*breadth*), tinggi (*depth*) serta sarat (*draft*). Sedangkan untuk panjang di dalam pengukuran kapal dikenal beberapa istilah seperti LOA (*Length Over All*), LBP (*Length Between Perpendicular*) dan LWL (*Length Water Line*).

Beberapa hal yang perlu diketahui sebelum melakukan perhitungan stabilitas kapal yaitu :

- (a). Berat benaman (isi kotor) atau displasemen adalah jumlah ton air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tenggelam dalam air.
- (b). Berat kapal kosong (*Light Displacement*) yaitu berat kapal kosong termasuk mesin dan alat-alat yang melekat pada kapal.

(c). *Operating load* (OL) yaitu berat dari sarana dan alat-alat untuk mengoperasikan kapal dimana tanpa alat ini kapal tidak dapat berlayar.

$$\text{Displ} = \text{LD} + \text{OL} + \text{Muatan}$$

$$\text{DWT} = \text{OL} + \text{Muatan}$$

Dilihat dari sifatnya, stabilitas atau keseimbangan kapal dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu stabilitas statis dan stabilitas dinamis.

Stabilitas statis diperuntukkan bagi kapal dalam keadaan diam dan terdiri dari stabilitas melintang dan membujur. *Stabilitas melintang* adalah kemampuan kapal untuk tegak sewaktu mengalami senget dalam arah melintang yang disebabkan oleh adanya pengaruh luar yang bekerja padanya, sedangkan *stabilitas membujur* adalah kemampuan kapal untuk kembali ke kedudukan semula setelah mengalami senget dalam arah yang membujur oleh adanya pengaruh luar yang bekerja padanya. Stabilitas melintang kapal dapat dibagi menjadi sudut senget kecil ( $0^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ) dan sudut senget besar ( $>15^{\circ}$ ). Akan tetapi untuk stabilitas awal pada umumnya diperhitungkan hanya hingga  $15^{\circ}$  dan pada pembahasan stabilitas melintang saja.

Sedangkan stabilitas dinamis diperuntukkan bagi kapal-kapal yang sedang oleng atau mengangguk ataupun saat menyenget besar. Pada umumnya kapal hanya menyenget kecil saja. Jadi senget yang besar, misalnya melebihi  $20^{\circ}$  bukanlah hal yang biasa dialami. Senget-senget besar ini disebabkan oleh beberapa keadaan umpamanya badai atau oleng besar ataupun gaya dari dalam antara lain GM yang negative.

Dalam teori stabilitas dikenal juga istilah stabilitas awal yaitu stabilitas kapal pada senget kecil (antara  $0^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ). Stabilitas awal ditentukan oleh 3 buah titik yaitu titik berat (Center of gravity) atau biasa disebut titik G, titik apung

(Center of buoyance) atau titik B dan titik meta sentris (Meta centris) atau titik M.

## **(2). Macam-macam Keadaan Stabilitas**

Pada prinsipnya keadaan stabilitas ada tiga yaitu Stabilitas Positif (stable equilibrium), stabilitas Netral (Neutral equilibrium) dan stabilitas Negatif (Unstable equilibrium).

### **(a). Stabilitas Positif (*Stable Equilibrium*)**

Suatu keadaan dimana titik G nya berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas mantap sewaktu menyenget mesti memiliki kemampuan untuk menegak kembali.

### **(b). Stabilitas Netral (*Neutral Equilibrium*)**

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G nya berhimpit dengan titik M. maka momen penegak kapal yang memiliki stabilitas netral sama dengan nol, atau bahkan tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu menyenget. Dengan kata lain bila kapal senget tidak ada MP maupun momen penerus sehingga kapal tetap miring pada sudut senget yang sama, penyebabnya adalah titik G terlalu tinggi dan berhimpit dengan titik M karena terlalu banyak muatan di bagian atas kapal.

### **(c). Stabilitas Negatif (*Unstable Equilibrium*)**

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G nya berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas negatif sewaktu menyenget tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali, bahkan sudut sengetnya akan bertambah besar, yang menyebabkan kapal akan bertambah miring lagi bahkan bisa menjadi terbalik. Atau suatu kondisi bila kapal miring karena gaya dari luar, maka timbullah sebuah momen yang dinamakan MOMEN PENERUS/Heiling moment sehingga kapal akan bertambah miring

### **(3). Titik-Titik Penting dalam Stabilitas**

Menurut Hind (1967), titik-titik penting dalam stabilitas antara lain adalah titik berat (G), titik apung (B) dan titik M.

#### **(a). Titik Berat (*Centre of Gravity*)**

Titik berat (center of gravity) dikenal dengan titik G dari sebuah kapal, merupakan titik tangkap dari semua gaya-gaya yang menekan ke bawah terhadap kapal. Letak titik G ini di kapal dapat diketahui dengan meninjau semua pembagian bobot di kapal, makin banyak bobot yang diletakkan di bagian atas maka makin tinggilah letak titik Gnya.

Secara definisi titik berat (G) ialah titik tangkap dari semua gaya – gaya yang bekerja kebawah. Letak titik G pada kapal kosong ditentukan oleh hasil percobaan stabilitas. Perlu diketahui bahwa, letak titik G tergantung daripada pembagian berat di kapal. Jadi selama tidak ada berat yang di geser, titik G tidak akan berubah walaupun kapal oleng atau mengangguk.

#### **(b). Titik Apung (*Centre of Buoyance*)**

Titik apung (center of buoyance) diikenal dengan titik B dari sebuah kapal, merupakan titik tangkap dari resultan gaya-gaya yang menekan tegak ke atas dari bagian kapal yang terbenam dalam air. Titik tangkap B bukanlah merupakan suatu titik yang tetap, akan tetapi akan berpindah-pindah oleh adanya perubahan sarat dari kapal. Dalam stabilitas kapal, titik B inilah yang menyebabkan kapal mampu untuk tegak kembali setelah mengalami senget.

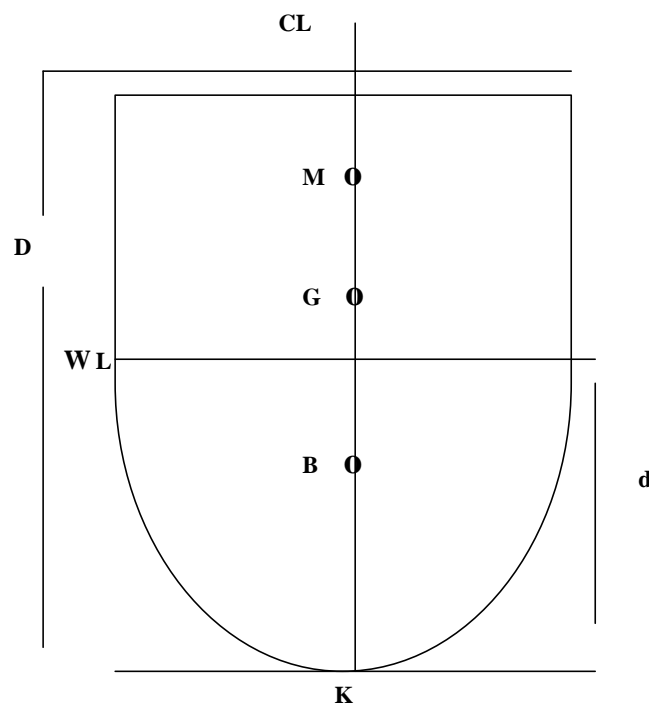
Letak titik B tergantung dari besarnya senget kapal ( bila senget berubah maka letak titik B akan berubah / berpindah. Bila kapal menyenget titik B akan berpindah kesisi yang rendah.

#### **(c). Titik Metasentris**

Titik metasentris atau dikenal dengan titik M dari sebuah kapal, merupakan sebuah titik semu dari batas dimana titik G tidak boleh melewati di atasnya agar supaya kapal tetap mempunyai stabilitas yang positif (stabil). Meta

artinya berubah-ubah, jadi titik metasentris dapat berubah letaknya dan tergantung dari besarnya sudut senget.

Apabila kapal senget pada sudut kecil (tidak lebih dari  $15^0$ ), maka titik apung B bergerak di sepanjang busur dimana titik M merupakan titik pusatnya di bidang tengah kapal (*centre of line*) dan pada sudut senget yang kecil ini perpindahan letak titik M masih sangat kecil, sehingga masih dapat dikatakan tetap.



Gambar 1. Titik-titik penting dalam stabilitas

- Keterangan :
- K = lunas (*keel*)
  - B = titik apung (*buoyancy*)
  - G = titik berat (*gravity*)
  - M = titik metasentris (*metacentris*)
  - d = sarat (*draft*)
  - D = dalam kapal (*depth*)
  - CL = Centre Line
  - WL = Water Line



**(4). Dimensi Pokok Dalam Stabilitas Kapal**

**(a). KM (Tinggi titik metasentris di atas lunas)**

KM ialah jarak tegak dari lunas kapal sampai ke titik M, atau jumlah jarak dari lunas ke titik apung (KB) dan jarak titik apung ke metasentris (BM), sehingga KM dapat dicari dengan rumus :

$$KM = KB + BM$$

Diperoleh dari diagram metasentris atau hydrostatical curve bagi setiap sarat (*draft*) saat itu.

**(b). KB (Tinggi Titik Apung dari Lunas)**

Letak titik B di atas lunas bukanlah suatu titik yang tetap, akan tetapi berpindah-pindah oleh adanya perubahan sarat atau senget kapal (Wakidjo, 1972).

Menurut Rubianto (1996), nilai KB dapat dicari :

Untuk kapal tipe plat bottom,  $KB = 0,50d$

Untuk kapal tipe V bottom,  $KB = 0,67d$

Untuk kapal tipe U bottom,  $KB = 0,53d$

dimana  $d$  = draft kapal

Dari diagram metasentris atau lengkung hidrostatik, dimana nilai KB dapat dicari pada setiap sarat kapal saat itu (Wakidjo, 1972).

**(c). BM (Jarak Titik Apung ke Metasentris)**

Menurut Usman (1981), BM dinamakan jari-jari metasentris atau metacentric radius karena bila kapal mengoleng dengan sudut-sudut yang kecil, maka

lintasan pergerakan titik B merupakan sebagian busur lingkaran dimana M merupakan titik pusatnya dan BM sebagai jari-jarinya. Titik M masih bisa dianggap tetap karena sudut olengnya kecil ( $10^0$ - $15^0$ ).

Lebih lanjut dijelaskan Rubianto (1996) :

$$BM = b^2/10d, \text{ dimana : } b = \text{lebar kapal (m)}$$

$$d = \text{draft kapal (m)}$$

#### **(d). KG (Tinggi Titik Berat dari Lunas)**

Nilai KB untuk kapal kosong diperoleh dari percobaan stabilitas (*inclining experiment*), selanjutnya KG dapat dihitung dengan menggunakan dalil momen. Nilai KG dengan dalil momen ini digunakan bila terjadi pemuatan atau pembongkaran di atas kapal dengan mengetahui letak titik berat suatu bobot di atas lunas yang disebut dengan *vertical centre of gravity* (VCG) lalu dikalikan dengan bobot muatan tersebut sehingga diperoleh momen bobot tersebut, selanjutnya jumlah momen-momen seluruh bobot di kapal dibagi dengan jumlah bobot menghasilkan nilai KG pada saat itu.

$\text{KG total} = \frac{? M}{? W}$
-------------------------------------

dimana, ? M = Jumlah momen (ton)

? W = jumlah perkalian titik berat dengan bobot benda (m ton)

#### **(e). GM (Tinggi Metasentris)**

Tinggi metasentris atau *metacentris high* (GM) yaitu jarak tegak antara titik G dan titik M.

Dari rumus disebutkan :



tegak lurus ke  $B_1M$  maka berhimpit dengan sebuah titik Z. Garis GZ inilah yang disebut dengan lengan penegak (*righting arms*). Seberapa besar kemampuan kapal tersebut untuk menegak kembali diperlukan momen penegak (*righting moment*).

Pada waktu kapal dalam keadaan senget maka displasemennya tidak berubah, yang berubah hanyalah faktor dari momen penegaknya. Jadi artinya nilai GZ nyalah yang berubah karena nilai momen penegak sebanding dengan besar kecilnya nilai GZ, sehingga GZ dapat dipergunakan untuk menandai besar kecilnya stabilitas kapal.

Untuk menghitung nilai GZ sebagai berikut:

$$\sin \theta = GZ/GM$$

$$GZ = GM \times \sin \theta$$

$$\text{Moment penegak} = W \times GZ$$

### (g). Periode Oleng (*Rolling Period*)

Periode oleng dapat kita gunakan untuk menilai ukuran stabilitas. Periode oleng berkaitan dengan tinggi metasentrik. Satu periode oleng lengkap adalah jangka waktu yang dibutuhkan mulai dari saat kapal tegak, miring ke kiri, tegak, miring ke kanan sampai kembali tegak kembali.

Wakidjo (1972), menggambarkan hubungan antara tinggi metasentrik (GM) dengan periode oleng adalah dengan rumus :

$$T = \frac{0,75}{\sqrt{GM}}$$

dimana, T = periode oleng dalam detik

B = lebar kapal dalam meter

Yang dimaksud dengan periode oleng disini adalah periode oleng alami (*natural rolling*) yaitu olengan kapal air yang tenang.

**(h). Pengaruh Permukaan Bebas (*Free Surface Effect*)**

Permukaan bebas terjadi di dalam kapal bila terdapat suatu permukaan cairan yang bergerak dengan bebas, bila kapal mengoleng di laut dan cairan di dalam tanki bergerak-gerak akibatnya titik berat cairan tadi tidak lagi berada di tempatnya semula. Titik G dari cairan tadi kini berada di atas cairan tadi, gejala ini disebut dengan kenaikan semu titik berat, dengan demikian perlu adanya koreksi terhadap nilai GM yang kita perhitungkan dari kenaikan semu titik berat cairan tadi pada saat kapal mengoleng sehingga diperoleh nilai GM yang efektif.

Perhitungan untuk koreksi permukaan bebas dapat mempergunakan rumus

$$gg_1 = r \cdot x \frac{l \times b^3}{12 \times 35 \times W}$$

dimana,

$gg_1$  = pergeseran tegak titik G ke  $G_1$

$r$  = berat jenis di dalam tanki dibagi berat jenis cairan di luar kapal

$l$  = panjang tanki

$b$  = lebar tanki

$W$  = displasemen kapal, (Rubianto, 1996)

**c. Rangkuman**

1. Sifat/kecenderungan atau kemampuan dari sebuah kapal untuk kembali kepada kedudukan semula setelah mendapat senget karena gaya – gaya dari luar disebut stabilitas atau kesetimbangan. Stabilitas kapal terdiri stabilitas awal, satbilitas positif, Stabilitas netral dan (Neutral equilibrium) dan Stabilitas negatif (unstable equilibrium).
2. Dilihat dari sifatnya, stabilitas atau keseimbangan kapal dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu satbilitas statis dan stabilitas dinamis.
3. Titik penting dalam perhitungan stabilitas kapal adalah titik berat (G), Titik apung/Centre of Buoyarcy (B), dan Titik metasentrum / titik pusat meta/Meta center (M).
4. Stabilitas kapal sangatlah dipengaruhi oleh titik penting yang berkaitan dengan dimensi pokok kapal yaitu KM (Tinggi titik metasentris di atas lunas), KB (Tinggi Titik Apung dari Lunas), BM (Jarak Titik Apung ke Metasentris), KG (Tinggi Titik Berat dari Lunas) dan GM (Tinggi Metasentris)
5. Apabila kapal miring karena gaya dari luar, maka timbullah sebuah momen yang dinamakan MOMEN PENERUS/ Heiling moment, sehingga kapal akan bertambah miring, kondisi demikian dapat terjadi pada kapal yang memiliki stabilitas negatif.
6. Momen penagak adalah momen yang akan mengembalikan kapal ke kedudukan tegaknya setelah kapal miring karena gaya-gaya dari luar dan gaya-gaya tersebut tidak bekerja lagi
7. Untuk kesetimbangan dan keselamatan kapal maka dalam menghitung Displacement (Berat benaman) atau berat kapal keseluruhan yang sama dengan berat zat cair yang dipindahkan oleh kapal tersebut dalam longston, maka sebaiknya perhatikan juga Hukum ARCHIMEDES.

8. Dalam menghitung stabilitas perhatikan perbedaan antara Dead Weight Tonnage (Bobot mati) atau DWT, Light Ship Displacement (berat kapal kosong), Gross Register Tonnage (GRT) dan Net Register Tonnage (NRT).
9. Dalam menghitung stabilitas kapal perlu juga diperhatikan beberapa keadaan stabilitas kapal kurang menguntungkan yaitu Kapal yang langsar/Tender dan Kapal yang kaku/Stiff.
10. Periode oleng berkaitan dengan tinggi metasentrik. Satu periode oleng lengkap adalah jangka waktu yang dibutuhkan mulai dari saat kapal tegak, miring ke kiri, tegak, miring ke kanan sampai kembali tegak kembali.
11. Permukaan bebas terjadi di dalam kapal bila terdapat suatu permukaan cairan yang bergerak dengan bebas dan bila kapal mengoleng di laut dan cairan di dalam tanki bergerak-gerak akibatnya titik berat cairan tadi tidak lagi berada di tempatnya semula. Dengan demikian maka titik G dari cairan tadi berpindah dan berada di atas cairan tadi. Dengan demikian perlu adanya koreksi terhadap nilai GM sehingga diperoleh nilai GM yang efektif.

**d. Tugas**

1. Apa yang dimaksud dengan istilah moment penegak (righting moment) lengkapi dengan gambar penjelas
2. Uraikan apa yang dimaksud dengan Dead Weight Tonnage (Bobot mati) atau DWT, Light Ship Displacement (berat kapal kosong), Gross Register Tonnage (GRT) dan Net Register Tonnage (NRT).
3. Uraikan dengan jelas keadaan-keadaan stabilitas kapal
4. Uraikan apa yang dimaksud dengan periode oleng
5. Uraikan dengan jelas kenapa terjadi permukaan bebas diatas kapal

**e. Tes Formatif (K.02.1)**

Pilihlah salah satu kemungkinan jawaban yang menurut anda paling tepat dengan memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c, atau d.

1. Stabilitas kapal sangat tergantung kepada faktor yang mempengaruhinya yaitu :
  - a. Jenis kapal
  - b. Pengaruh luar (angin, ombak dan sebagainya)
  - c. Bahan kapal
  - d. Jenis muatan
2. Stabilitas erat hubungannya dengan bentuk kapal, muatan, *draft*, dan ukuran dari nilai GM. Dalam hal ini titik M tergantung kepada:
  - a. Jenis kapal
  - b. Bentuk kapal
  - c. Muatan
  - d. Bahan kapal
3. Pusat gravitasi bervariasi posisinya tergantung pada:
  - a. Muatan
  - b. Bentuk kapal
  - c. Jenis kapal
  - d. Bahan kapal
4. Kaitannya dengan bentuk dan ukuran kapal , maka dalam menghitung stabilitas kapal sangat tergantung dari beberapa ukuran pokok yang berkaitan dengan
  - a. dimensi pokok kapal
  - b. panjang kapal
  - c. lebar kapal
  - d. tinggi kapal



5. Stabilitas melintang kapal dapat dibagi menjadi
  - a. Sudut senget kecil ( $0^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ) dan sudut senget besar ( $>15^{\circ}$ )
  - b. Sudut senget kecil, sedang dan besar
  - c. Sudut senget kecil, sedang, besar dan maksimum
  - d. Sudut senget kecil dan tak terbatas
6. Pada umumnya kapal hanya menyenget kecil saja ( $0^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ), sedangkan senget-senget besar disebabkan oleh beberapa keadaan yaitu :
  - a. Olang besar atau gaya dari dalam seperti GM negative
  - b. Olang besar atau gaya dari dalam seperti GM positif
  - c. Olang besar atau gaya dari dalam seperti KG
  - d. Olang besar dan Badai
7. Titik berat (center of gravity) kapal yang merupakan titik tangkap dari semua gaya-gaya yang menekan ke bawah dikenal dengan istilah :
  - a. titik G
  - b. titik B
  - c. titik M
  - d. ketiga-tiganya (a,b,c) benar
8. Titik apung (center of buoyance) merupakan titik tangkap dari resultan gaya-gaya yang menekan tegak ke atas dari bagian kapal yang terbenam dalam air, dikenal sebagai
  - a. titik G
  - b. titik M
  - c. titik B
  - d. ketiga-tiganya (a,b, c) salah
9. Tinggi titik apung sebuah kapal yang diukur dari lunas adalah
  - a. KG
  - b. KB
  - c. KM
  - d. draft

10. Tinggi metasentris atau *metacentris high* (GM) sebuah kapal adalah

- a. Jarak tegak antara titik G dan titik M
- b. Jarak tegak antara titik G dan titik B
- c. Jarak tegak antara titik B dan titik M
- d. Jarak tegak antara titik G dan titik lunas

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban yang terdapat pada bagian akhir Modul ini. Hitunglah jumlah jawaban anda yang benar, kemudian gunakanlah rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi Modul ini.

Rumus :

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban anda yang benar}}{10} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan yang anda capai :

90 % - 100 % : Baik sekali

80 % - 89 % : Baik

70 % - 79 % : Cukup

? 69 % : Kurang

Bila tingkat penguasaan anda mencapai 80 % ke atas, anda dapat meneruskan ke kegiatan belajar berikutnya, Bagus, tetapi apabila nilai yang anda capai di bawah 80 %, anda harus mengulangi kegiatan belajar 1, terutama pada bagian yang belum anda kuasai.

**f. Lembar Kerja**

1. Alat

- ? OHP
- ? Pensil runcing 2B.
- ? Penghapus pensil halus.
- ? Mesin hitung (calculator)
- ? dsb.

2. Bahan

- ? General Arrangement Kapal
- ? Maket berbagai jenis kapal
- ? Gambar titik penting pada kapal

3. Langkah kerja

- ? Siswa memahami bahan diklat .
- ? Siswa mempraktekkan bahan diklat.

## 2. Koefisien Balok dan Stabilitas Kapal

### a. Tujuan Pembelajaran

Kegiatan belajar ini bertujuan agar siswa mampu mengidentifikasi dan memahami koefisien balok kaitannya dengan stabilitas kapal dan dapat mengaflikasikannya dalam perhitungan stabilitas kapal dalam kelancaran pelaksanaan tugas sehari-hari serta dalam menjaga stabilitas kapal yang pada akhirnya dapat menunjang keselamatan pelayaran.

### c. Uraian materi

#### (1). Koefisien Balok/ Block Coefisien (CB)

Koefisien balok (cb) ialah bilangan yang menyatakan perbandingan antara volume (isi) kapal yang terbenam di dalam air dengan volume sebuah balok air yang panjangnya sama dengan panjang kapal, lebarnya sama dengan lebar kapal dan tingginya sama dengan sarat kapal. Koefisien balok dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$C_b = \frac{V}{L \times B \times d}$$

dimana,  $V$  = isi benaman kapal

$L$  = pj kapal

$B$  = lb kapal

$d$  = sarat kapal (draft)

Nilai koefisien balok ( $C_b$ ) ini berbeda-beda berdasarkan type kapal

Kapal kotak  $C_b = 1 \quad \text{KB} = 0,5 d$

Kapal U  $C_b = 0,8 \quad \text{KB} = 0,55 d$

Kapal V  $C_b = 0,7 \quad \text{KB} = 0,53 d$

Sedangkan

$$V = cb \times L \times B \times d$$

$$? = V \times \text{Berat Jenis}$$

$$? = Cb \times L \times B \times d \times Bj$$

Contoh :

- (a). Sebuah kapal panjang 360 kaki, lebar 50 kaki  $Cb = 0,75$ , terapung di air yang mempunyai berat jenis = 1,010 pada sarat 23 kaki.

Hitung displacement kapal (tons)

Jawab :

$$\begin{aligned} V &= cb \times L \times B \times d \\ &= 0,75 \times 360 \times 50 \times 23 \\ &= 310 \times 50 \text{ Cft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ? &= V \times \text{Berat Jenis} \\ &= 310 \cdot 500 \text{ cft} \times 1,010 \\ &= 313605 \text{ cft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ? &= \frac{313605 \text{cft}}{0,016} = 19600313 \text{ lbs} \\ &= \frac{19600313}{2240} = 8750,1 \text{ tons} \end{aligned}$$

$$? = \frac{310 \cdot 500 \times 1,010}{0,015625} = \frac{31500 \times 1010}{15,625 \times 2240} = 8960,14 \text{ ton}$$

$$? = \frac{V \times Bj}{15,6 \times 2240} = \frac{V \times Bj}{35}$$

$$V \text{ kapal} = 90.000 \text{ cft} = 100\%$$

$$V \text{ benaman} = 68.292 \text{ cft} = \frac{68292}{90.000} \times 100\% = 75,88\%$$

$$\text{Selisih} = 24,12\%$$

$$V \text{ kapal} = 90.000 \text{ cft}$$

$$V \text{ benaman} = 68.292 \text{ cft}$$

$$\text{Selisih} = 21.708 \text{ cft}$$

$$= \frac{21.708}{68.292} \times 100\% = 31,787\% \approx \frac{31,788}{100} \times 2000 \text{ tons} = 635 \text{ tons}$$

(b). Sebuah kapal berbentuk kotak 150 kaki x 30 kaki x 20 kaki. Bila dimuati dan terapung di air laut displacementnya 2000 tons.

Hitunglah tenaga apung cadangannya (%)

Jawab :

$$? = \frac{V_{\text{bj}}}{35}$$

$$= \frac{C_b \times L \times B \times d}{35}$$

$$2000 = \frac{1 \times 150 \times 30 \times d \times 1,025}{35}$$

$$d = \frac{2000 \times 35}{150 \times 30 \times 1,025}$$

$$= \frac{70.000}{4612,5} = 15,176 \text{ kaki}$$

$$V \text{ kapal} = L \times B \times D$$

$$= 150 \times 30 \times 20 \times 1 = 90.000 \text{ cft}$$

$$V \text{ yang terbenam} = L \times B \times d$$

$$= 150 \times 30 \times 15,176 = 68.292 \text{ cft}$$

$$\text{selisih} = 21.708 \text{ cft}$$

$$\text{Tenaga apung cadangan} = \frac{21.708}{6.292} \times 100\% = 31,78\%$$

(c). Sebuah kapal berbentuk katak 50 kaki x 15 kaki x 6 kaki terapung di air laut pada sarat 3 kaki 6 inci.

Hitunglah displacement dan tenaga apung cadangan (ton)

Jawab :

$$\begin{aligned}
 ? &= \frac{V_{x_{bj}}}{35} \\
 &= \frac{C_{bx}LxBxdx_{Bj}}{35} \\
 &= \frac{1 \times 50 \times 15 \times 3,5 \times 1,016}{35}
 \end{aligned}$$

$$? = 76,2 \text{ tons}$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ kapal} &= L \times B \times D \\
 &= 50 \times 15 \times 6 &= 4.500 \text{ cft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V \text{ yang terbenam} &= L \times B \times d \\
 &= 50 \times 15 \times 3,1 &= 2.625 \text{ cft} \\
 \text{selisih} &= 1875 \text{ cft}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tenaga apung cadangan} = \frac{1875}{2625} \times 100\% = 71,43\%$$

**(2). Tons Per-inch Immersions (TPI)**

TPI ialah jumlah berat yang diperlukan untuk menambah/ mengurangi sarat kapal sebesar 1 inchi. Atau jumlah berat yang harus dibongkar/ dimuatkan untuk merubah sarat kapal sebesar 1 inchi.

Contoh :

Diketahui TPI kapal = 20 ton. Sarat awal kapal 12'.00' setelah dimuat barang saratnya menjadi 12'.06. Berapa ton berat barang yang dimuat tersebut?

$$\text{Jawab : } dz = 12'.06''$$

$$dx = 12'.00''$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat muatan} &= \text{TPI} \times ? d \\
 &= 20 \times 6'' = 120 \text{ tons}
 \end{aligned}$$

$$\text{volum air laut} = A \text{ ft}^2 \times d$$

$$= A \text{ ft}^2 \times 1/12 \text{ ft}$$

$$\text{vol V} = A/12 \text{ ft}^3$$

$$1 \text{ longtons al V} = 35 \text{ ft}^3$$

$$2 \text{ longtons al V} = 2 \cdot 35 \text{ ft}^3$$

$$W \text{ longtons al V} = W \cdot 35 \text{ ft}^3$$

$$W = \frac{V}{35} \text{ ft}^3 = \frac{A}{12} \times 35 \text{ ft}$$

$$\text{TPI} = \frac{A}{420} \text{ ft}^2 \quad \text{A} = 420 \text{ TPI}$$

### (3). Koefisien Bidang Air (*Waterplane Coeficient*)

Koefisien bidang air biasa dikenal dengan simbol Cp atau p. Cp adalah bilangan yang mengatakan perbandingan antara luas bidang air pada sarat tertentu dengan sebuah empat persegi panjang yang panjang dan lebarnya sama dengan panjang kapal. Cp digambarkan dengan rumus :

$$C_p = \frac{\text{luas bidang air}}{L \times B}$$

$$\text{Kembali kepada BM} = \frac{J}{V}$$

$$J = \frac{LB^3}{12} \quad \text{BM} = \frac{J}{V} = \frac{LB^3}{12V}$$

$$\text{Untuk kapal bentuk kotak BM} = \frac{LB^3}{12V} = \frac{L \times B^3}{12 \times L \times B \times D \times C_p}$$

$$\text{BM} = B^2/12 D$$



Untuk kapal bentuk biasa

$$J = \frac{k L B^3}{12} \quad ? \quad BM = \frac{k \times L \times B^3}{12 V}$$

$$BM = kB^2/12Dcb$$

k = merupakan suatu konstanta yang besarnya tergantung dari Cp

Exprimen	Cp	K
	0,70	0,042
	0,75	0,048
	0,80	0,055
	0,85	0,062

### c. Rangkuman

1. Koefisien balok adalah ialah bilangan yang menyatakan perbandingan antara volume (isi) kapal yang terbenam di dalam air dengan volume sebuah balok air yang panjangnya sama dengan panjang kapal, lebarnya sama dengan lebar kapal dan tingginya sama dengan sarat kapal. Koefisien balok biasa juga dikenal dengan Cb. Nilai koefisien balok (Cb) ini berbeda-beda berdasarkan type kapal.
2. TPI ialah jumlah berat yang diperlukan untuk menambah/ mengurangi sarat kapal sebesar 1 inchi. Atau jumlah berat yang harus dibongkar/ dimuatkan untuk merubah sarat kapal sebesar 1 inchi.
3. Cp adalah bilangan yang mengatakan perbandingan antara luas bidang air pada sarat tertentu dengan sebuah empat persegi panjang yang panjang dan lebarnya sama dengan panjang kapal. Cp ini berbeda-beda berdasarkan bentuk kapal. Cp digambarkan dengan rumus :

$$C_p = \frac{\text{luas bidang air}}{L \times B}$$

4. Untuk mendapatkan KB dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya adalah dengan perhitungan dengan menggunakan Rumus Morrish yaitu :

$$KB = \frac{1}{3} \frac{5}{2} D - \frac{V}{A}$$

#### d. Tugas

Setelah anda membaca dan memahami prinsip-prinsip tentang bagaimana menghitung stabilitas kapal khususnya menghitung Koefisien balok dan stabilitas kapal, cobalah anda kerjakan latihan di bawah ini. Dengan demikian anda akan dapat memahami dan menerapkannya dalam pekerjaan sehari-hari diatas kapal.

1. Sebuah kapal panjang 360 kaki, lebar 50 kaki  $C_b = 0,75$ , terapung di air yang mempunyai berat jenis = 1,010 pada sarat 23 kaki. Hitung displacement kapal (tons)
2. Sebuah kapal berbentuk kotak 150 kaki x 30 kaki x 20 kaki. Bila dimuati dan terapung di air laut displacementnya 2000 tons. Hitunglah tenaga apung cadangannya (%)
3. Sebuah kapal berbentuk katak 50 kaki x 15 kaki x 6 kaki terapung di air laut pada sarat 3 kaki 6 inci. Hitunglah displacement dan tenaga apung cadangan (ton)
4. Diketahui TPI kapal = 20 ton. Sarat awal kapal 12'.00' setelah dimuat barang saratnya menjadi 12'.06'. Berapa ton berat kapal barang yang dimuat tersebut?

5. Sebuah kapal dengan sarat rata-rata 28'. Panjang garis airnya = 444', dan lebarnya 62' TPJ = 52. Berat benamannya 14.800 ton, Ditanyakan KM

Untuk memeriksa hasil latihan anda bagian ini tidak disediakan kunci jawaban. Oleh karena itu hasil latihan anda sebaiknya anda bandingkan dengan hasil latihan siswa/kelompok lain. Diskusikanlah dalam kelompok untuk hal-hal yang berbeda dalam hasil latihan itu. Dalam mengkaji hasil latihan itu anda sebaiknya selalu mengamati dan mengidentifikasi struktur dan bagian-bagian kapal yang diuraikan sebelumnya. Jika terdapat hal-hal yang tidak dapat di atasi dalam diskusi kelompok, bawalah persoalan tersebut ke dalam pertemuan tutorial. Yakinlah dalam pertemuan tersebut anda akan dapat memecahkan persoalan itu.

**e. Tes Formatif (k.02.2)**

Pilihlah salah satu kemungkinan jawaban yang menurut anda paling tepat dengan memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c, atau d.

1. Rumus Morrish dapat digunakan untuk menghitung :
  - a. KB
  - b. KG
  - c. KM
  - d. BM
2. Satuan/ notasi untuk ukuran sarat kapal adalah
  - a. meter
  - b. kaki
  - c. centimeter
  - d. decimeter
3. Satuan untuk displacement biasanya menggunakan satuan
  - a. kg
  - b. kuintal

- c. tons
  - d. metric ton
4. Tons Per-inch Immersions (TPI) TPI ialah jumlah berat yang diperlukan untuk menambah/ mengurangi sarat kapal
- a. sebesar 10 cm
  - b. sebesar 1 cm
  - c. sebesar 1 m
  - d. sebesar 1 inchi
5. Pernyataan diatas (poin 4) dapat diartikan jumlah berat yang harus dibongkar/ dimuatkan untuk merubah sarat kapal sebesar :
- a. 1 inchi
  - b. 1 cm
  - c. 1 m
  - d. 10 cm
6. Volume kapal dapat digambarkan dengan persamaan sebagai berikut :
- a.  $L \times B \times D$
  - b.  $L \times B \times d$
  - c.  $L \times B \times cp$
  - d.  $L \times B \times TPI$
7. Sedangkan volume yang terbenam digambarkan dengan persamaan :
- a.  $L \times B \times d$
  - b.  $L \times B \times D$
  - c.  $L \times B \times cp$
  - d.  $L \times B \times TPI$

Nilai koefisien balok ( $C_b$ ) untuk type kapal kotak adalah

- a. 1 atau  $KB = 0,5 d$
- b. 0,8 atau  $KB = 0,55 d$
- c. 0,7 atau  $KB = 0,53 d$
- d. diatas 1 atau  $KB =$  tak terhingga

8. Nilai koefisien balok ( $C_b$ ) untuk type kapal **U** adalah
- a. 1 atau  $KB = 0,5 d$
  - b. 0,8 atau  $KB = 0,55 d$
  - c. 0,7 atau  $KB = 0,53 d$
  - d. diatas 1 atau  $KB = \text{tak terhingga}$
9. Nilai koefisien balok ( $C_b$ ) untuk type kapal **V** adalah
- a. 0,7 atau  $KB = 0,53 d$
  - b. 1 atau  $KB = 0,5 d$
  - c. 0,8 atau  $KB = 0,55 d$
  - d. diatas 1 atau  $KB = \text{tak terhingga}$

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban yang terdapat pada bagian akhir Modul ini. Hitunglah jumlah jawaban anda yang benar, kemudian gunakanlah rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi Modul ini.

Rumus :

$$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban anda yang benar}}{9} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan yang anda capai :

- 90 % - 100 % : Baik sekali
- 80 % - 89 % : Baik
- 70 % - 79 % : Cukup
- ? 69 % : Kurang

Bila tingkat penguasaan anda mencapai 80 % ke atas, anda dapat meneruskan ke kegiatan belajar berikutnya, Bagus, tetapi apabila nilai yang anda capai di bawah 80 %, anda harus mengulangi kegiatan belajar ini, terutama pada bagian yang belum anda kuasai.

**f. Lembar Kerja**

1. Alat

- ? OHP
- ? Pensil runcing 2B.
- ? Penghapus pensil halus.
- ? Mesin hitung (calculator)
- ? dsb.

2. Bahan

- ? General Arrangement Kapal
- ? Capacity Plan Kapal
- ? Gambar titik penting pada kapal
- ? Tabel Trim
- ? Diagram Metacentrum

3. Langkah kerja

- ? Siswa memahami bahan diklat .
- ? Siswa mempraktekkan bahan diklat.

### 3. Menghitung KG

#### a. Tujuan Pembelajaran

Kegiatan belajar ini bertujuan agar siswa mampu menghitung KG dan komponen-komponen lain yang mempengaruhinya serta dapat mengaplikasikannya dalam perhitungan stabilitas kapal. Dengan demikian diharapkan dapat membantu didalam kelancaran pelaksanaan tugas sehari-hari serta dalam menjaga stabilitas kapal yang pada akhirnya dapat menunjang keselamatan pelayaran.

#### b. Uraian materi

Berbagai metode yang biasa digunakan dalam menghitung KG diantaranya adalah :

(1). Dengan rumus momen yaitu  $KG = \frac{? \text{ momen}}{? \text{ Berat}}$

- ? Nilai KG untuk kapal kosong diperoleh dari percobaan stabilitas/*inclining experiment*
- ? Momen – momen dihitung terhadap lunas bidang kapal
- ? Letak titik berat suatu bobot diatas lunas kapal disebut VCG = *Vertical centre of grafit* .

Contoh :

1. Sebuah kapal mempunyai displacement = 5000 ton dan titik beratnya terletak 20 diatas lunas, dimuat 200 ton 10 diatas lunas dan 300 ton 5 di atas titik berat kapal semula. Berapa KG setelah pembongkaran

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Berat x VCG} & = & \text{moment} \\
 5000 \times 20 & = & 100.000 \\
 + 200 \times 10 & = & 2.000 \\
 + 300 \times 25 & = & 7.500 \\
 \hline & & + \\
 5500 \times \text{KG} & = & 109.500 \\
 \text{KG} & = & \frac{109.500}{5.500} = 19.9 \text{ kaki}
 \end{array}$$

2. Sebuah kapal mempunyai displacement = 5000 ton dan titik beratnya terletak 20' diatas lunas. Dibongkar 200 ton, 5 kaki diatas lunas dan 300 ton, 15 kaki diatas lunas, Berapakah KG setelah pembongkaran ?

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Berat x VCG} & = & \text{momen} \\
 5000 \times 20 & = & 100.000 \\
 - 200 \times 5 & = & 1.000 \\
 - 300 \times 15 & = & 4.500 \\
 \hline \\
 4500 \times \text{KG} & = & 94.500 \\
 \text{KG} & = & 94.500/4.500 = 21 \text{ kaki}
 \end{array}$$

3. Displacement sebuah kapal ialah 8000 ton dengan KG = 21 kaki
- Dimuat = 800 ton dengan titik berat 15 kaki diatas lunas  
600 ton dengan titik berat 3 kaki diatas lunas  
1200 ton dengan titik berat 10 kaki diatas lunas
- Di bongkar = 1000 ton dengan titik berat 8 kaki diatas lunas  
700 ton dengan titik berat 4 kaki diatas lunas  
500 ton dengan titik berat 12 kaki diatas lunas



Berapa KG setelah bongkar muat ?

Berat	x	vcg	= Momen
8000	x	21	= 168.000
+ 600	x	3	= 1.800
+ 800	x	15	= 12.000
+ 1.200	x	10	= 12.000
- 1000	x	8	= - 8.000
- 700	x	4	= - 2.800
- 500	x	12	= - 6.000
8.400	x	KG	= 177.000
		KG	= 177.000/ 8.400 = 21 kaki

**(2). Cara Mendapatkan KG (VCG) Kapal Kosong Pada Saat Pemuatan dan Pembongkaran**

Untuk memperoleh KG dapat dilakukan dengan cara mendapatkan nilai G dan perubahannya baik secara vertical maupun horizontal.

Nilai titik G diperoleh dari percobaan stabilitas pada saat kapal kosong

Sedangkan titik G baru yaitu titik G yang telah berubah (karena pemuatan atau pembongkaran) dapat diketahui dengan menggunakan dalil momen.

**(a). Perubahan titik G vertikal**

Cara yang dipakai untuk mengetahuinya adalah :

1. Membagi momen akhir dengan jumlah bobot akhir.

$$KG^1 = \frac{(?_1 \times KG) ? (W_2 \times KG_1) ? (W_3 \times KG_2) ? (W_n ? KG_n)}{?_1 ? W_2 ? W_3 ? .....W_n}$$

2. Mengetahui titik G dari setiap ruangan yang ada di kapal melalui *capacity plan* kapal, yaitu :

? Jika ruangan diisi oleh satu jenis (macam) muatan saja titik berat (G) ruangan langsung dapat kita ketahui.

- ? Jika ruangan diisi akibat bermacam-macam muatan titik G dapat dibentuk dengan jalan mengira.
- ? Bagi muatan yang sejenis mengira-ngiranya lebih mudah momennya merupakan hasil perkalian bobot muatan dengan jarak G diatas lunas.

Contoh :

1. Palkah kapal berisi ikan tuna 100 ton tingginya 4 kaki diatas dasar berganda, tangki BB 2 buah di kiri kanan palkah ikan berisi BB 40 ton tinggi 6 kaki diatas dasar berganda, tangki air tawar diatas tangki BB melintang kapal berisi 80 ton air tawar tingginya 6 kaki diatas tangki BB.

Tinggi dasar berganda 4 kaki

Hitung VCG (KG) kapal tersebut ?

Ada dua cara menghitung VCG

1. Menghitung VCG ruangan diatas dasar berganda

Macam muatan	Berat	VCG	Momen
- Ikan Tuna	100	x 2	= 200
- BB 2 buah	40 (2)	x 3	= 240
- Air Tawar	80	x 9	= 720
	260		1160

$$? \text{ VCG ruangan} = \frac{1160}{260} = 4,46?$$

$$\text{Dasar berganda} = 4?$$

$$\text{KG kapal} = 8,46?$$

2. Menghitung VCG kapal

Macam muatan	Berat	VCG	Momen
- Ikan Tuna	100	x 6	= 600
- BB 2 buah	40 (2)	x 7	= 560
Air Tawar	80	x 13	= 1040
	260		2200

$$? \text{ KG Baru} = \frac{2200}{260} = 8,46?$$

**(b). Perubahan Titik G mendatar (horizontal)**

Perubahan titik G pada prinsipnya terjadi apabila ada muatan yang digeser. Artinya titik akan berubah apabila ada pergeseran muatan diatas kapal. Oleh karena itu unsur-unsur yang diperhitungkan dalam pergeseran/perubahan horizontal yaitu :

Berat bobot yang dimuat dan kemudian di geserkan (W)

- ✍ Jarak geseran (d)
- ✍ Titik berat kapal tanpa muatan (G)
- ✍ Titik berat kapal dengan bobot geseran di sebelah kiri (G<sub>1</sub>)
- ✍ Titik berat kapal dengan bobot geseran di sebelah kanan (G<sub>2</sub>)

Untuk melihat pergeseran titik berat (?) perhatikan rumus berikut:

G<sub>2</sub> // AB

$$G_1G_2 : AB = GG_1 : GA$$

$$G_1G_2 : d = W : ?$$

$$? G_1G_2 = W \times d$$

$$G_1G_2 = \frac{W \times d}{?}$$

**(c). Perubahan titik G karena geseran kebawah atau keatas**

Contoh kasus :

Sebuah kapal dengan displacement 1.000 ton dengan KG = 25 kaki, memindahkan muatan seberat 25 ton 20 kaki keatas. Berapa nilai G yang baru ? berapa kaki bergesernya ?

Berat kapal tidak berubah, hanya sebagian berat yang berpindah  $\approx$  artinya letak titik G yang berpindah.

Berat kapal (?)		KG	Moment
Keadaan sauh	1000	x 25	= 25.000
Kru perpindahan	25	x 20'	= 500
	1000	KG'	25.000

$$KG? = \frac{25 \cdot 500}{1000} = 25,5?$$

$$KG \text{ lama} = 25$$

$$GG? = 0,5?$$

$$? \text{ Perubahan KG} = 0,5? \text{ ke atas } \approx (GG?)$$

$$GG? = KG? - KG$$

$$\frac{\text{momenperubahan}}{?} ? \frac{\text{momenakhir}}{?} ? \frac{\text{momenawal}}{?}$$

$$? \text{ GG?} = \underline{\text{Moment karena berubah}}$$

?

$$= \frac{25 \times 20}{1000} ? \frac{500}{1000} ? 0,5$$

$$25 = \text{ bobot yang dipindah} = W$$

20 = jarak perpindahan = d

$$GG' = \frac{(W \times d)}{?}$$

**(d). Pergeseran titik G karena pemuatan dan pembongkaran**

Contoh kasus :

Sebuah kapal  $\Delta = 1500$  ton,  $KG = 12\text{?}$  dimuat 200 ton dengan titik berat 10? di atas lunas. Ditanya : bagaimana pengaruh muatan tersebut terhadap  $KG$  awal ?

Cara lama

Muatan	Berat	KG	Momen
Disp	1500	x 12	= 18.000
Dimuat	200	x 10	= 2.000
	1700	x $KG'$	20.000

$$KG' = \frac{20.000}{1700} = 11765$$

$$GG' = KG' - KG = 11765 - 12.000 = -0,235$$

atau

$$GG' = \frac{W \times d}{\Delta_{akhir}} = \frac{200 \times 2}{1700} = 0,235$$

Rumus Memuat

$$GG' = \frac{W \times (KG^1 - KG)}{\Delta - W}$$

$$GG' = \frac{W \times d}{\Delta - W}$$

d =  $KG$  perpindahan -  $KG$  lama

Rumus Membongkar

$$GG' = \frac{W \times d}{\Delta + W}$$

d =  $KG$  lama -  $KG$  perpindahan

Contoh soal :

Memuat

$$\begin{aligned}
 GG? &= \frac{Wxd}{? ? W} \\
 &= \frac{20x(12 ? 22)}{1050 ? 20} \\
 &= \frac{? 200}{1070} \\
 &= -0,186
 \end{aligned}$$

$$GG? = -0,019$$

$$KG = 22$$

$$? KG ? = 21,81 \text{ kaki}$$

Membongkar

$$\begin{aligned}
 GG? &= \frac{Wxd}{? ? W} \\
 &= \frac{(150x ? 5) ? (200x ? 1) ? (120x4)}{600 ? (150 ? 200 ? 120)} \\
 &= \frac{? 700 ? 200 ? 480}{130} \\
 &= \frac{? 470}{130}
 \end{aligned}$$

$$GG? = -3,615$$

$$KG = 16$$

$$KG ? = 12,38$$

$$KM = 13,50$$

$$GM = 1,12 \text{ kaki}$$

Soal latihan :

1). Sebuah kapal dengan  $\Delta = 2000$  ton, letak titik beratnya 10 kaki di atas lunas. Letak titik metacentrum 12,5 kaki diatas lunas. Sekarang dipindah muatan sebanyak 100 ton dengan titik berat 4 kaki di atas lunas ke titik berat 8 kaki di atas lunas.

Ditanya : tinggi metacentrum kapal itu sekarang

Jawab :

$$\begin{aligned}
 GG' &= \frac{W \times d}{\Delta} \\
 &= \frac{100 \times (8 - 4)}{2000} \\
 &= \frac{100 \times 4}{2000} \\
 &= \frac{400}{2000}
 \end{aligned}$$

$$GG' = 0,2$$

$$KG = 10$$

$$KG' = 10,2$$

$$KM = 12,5$$

$$GM = 2,3 \text{ kaki}$$

2) Sebuah kapal dengan  $\Delta = 2200$  ton,  $KG = 11'$  dibongkar 50 ton dengan titik berat 16' di atas lunas.

Ditanya : letak titik berat kapal sekarang di atas lunas

Jawab :

Bongkar

$$\begin{aligned}
 GG? &= \frac{Wxd}{? ? W} \\
 &= \frac{50x(11 ? 16)}{2200 ? 50} \\
 &= \frac{? 250}{2150}
 \end{aligned}$$

$$GG? = -0,116$$

$$KG = 11$$

$$KG ? = 10,881 \text{ kaki}$$

**c. Rangkuman**

1. Berbagai metode yang biasa digunakan dalam menghitung KG diantaranya adalah dengan rumus momen yaitu

$$KG = \frac{? \text{ momen}}{? \text{ Berat}}$$

2. Nilai KG untuk kapal kosong diperoleh dari percobaan stabilitas/ inclining experiment.
3. Letak titik berat suatu bobot diatas lunas kapal disebut Vertical Centre of Grafity (VCG)
4. Untuk memperoleh KG dapat dilakukan dengan cara mendapatkan nilai G dan perubahannya baik secara vertical maupun horizontal.
5. Perubahan titik G vertical diperoleh dengan membagi momen akhir dengan bobot akhir dan Mengetahui titik G dari setiap ruangan yang ada di kapal melalui capacity plan kapal.



6. Rumus Memuat adalah :

$$GG? = \frac{W_x(KG^1 ? KG)}{? ? W}$$

$$GG? = \frac{W_x d}{? ? W}$$

$d = KG \text{ perpindahan} - KG \text{ lama}$

7. Rumus Membongkar adalah :

$$GG? = \frac{W_x d}{? ? W} \quad d = KG \text{ lama} - KG \text{ perpindahan}$$

#### **d. Tugas**

Setelah anda membaca dan memahami prinsip-prinsip tentang bagaimana menghitung stabilitas kapal khususnya menghitung KG, cobalah anda kerjakan latihan di bawah ini. Dengan demikian anda akan dapat memahami dan menerapkannya dalam pekerjaan sehari-hari diatas kapal.

1. Uraikan bagaimana KG bisa berubah
2. Uraikan cara menghitung VCG
3. Uraikan cara menghitung KG secara detail
4. Uraikan cara mendapatkan perubahan titik G vertical
5. Uraikan bagaimana cara mencari KG setelah pembongkaran muatan

Untuk memeriksa hasil latihan anda bagian ini tidak disediakan kunci jawaban. Oleh karena itu hasil latihan anda sebaiknya anda bandingkan dengan hasil latihan siswa/kelompok lain. Diskusikanlah dalam kelompok untuk hal-hal yang berbeda dalam hasil latihan itu. Dalam mengkaji hasil latihan itu anda sebaiknya selalu mengamati dan mengidentifikasi struktur dan bagian-bagian kapal yang diuraikan sebelumnya. Jika terdapat hal-hal yang tidak dapat di atasi dalam diskusi kelompok, bawalah persoalan tersebut ke dalam pertemuan tutorial. Yakinlah dalam pertemuan tersebut anda akan dapat memecahkan persoalan itu.

**e. Tes Formatif (K.02.3)**

Pilihlah salah satu kemungkinan jawaban yang menurut anda paling tepat dengan memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c, atau d.

1. Nilai KG untuk kapal kosong diperoleh dari
  - a. Pemuatan dan pembongkaran
  - b. Percobaan stabilitas/ inclining experiment
  - c. Penggeseran momen penegak
  - d. Perhitungan stabilitas murni
2. Nilai titik G diperoleh dari percobaan stabilitas pada saat kapal kosong, sedangkan titik G baru yaitu titik G yang telah berubah (karena pemuatan atau pembongkaran) dapat diketahui dengan menggunakan
  - a. dalil momen
  - b. perubahan titik M
  - c. formula VCG
  - d. perubahan nilai-nilai KB.
3. Dalam perubahan titik G vertical, dapat dihitung dengan mengetahui titik G dari setiap ruangan yang ada di kapal melalui
  - b. maximum capacity kapal
  - c. minimum capacity kapal
  - d. capacity plan kapal
  - e. storage capacity kapal
4. Letak titik berat suatu bobot diatas lunas kapal disebut
  - b. Vertical Centre of Gravity (VCG)
  - c. Horizontal Centre of Gravity (HCG)
  - d. Moment bobot penegak kapal
  - e. Centre of displacement (CD)
5. Untuk memperoleh KG dapat dilakukan dengan cara mendapatkan nilai G dan perubahannya
  - a. Secara vertical

- b. Secara horizontal
  - c. Secara vertical maupun horizontal.
  - d. Secara melintang dan membujur
6. Perubahan titik G vertical diperoleh dengan membagi momen akhir dengan bobot akhir dan mengetahui
- a. titik G dari setiap ruangan yang ada di kapal melalui capacity plan kapal.
  - b. titik B dari setiap ruangan yang ada di kapal melalui capacity plan kapal.
  - c. titik M dari setiap ruangan yang ada di kapal melalui capacity plan kapal.
  - d. titik G dan B dari setiap ruangan yang ada di kapal melalui capacity plan kapal.
7. Dalam memuat seperti tertuang dalam rumusnya, nilai d adalah
- a. KG perpindahan dikurangi KG lama
  - b. KG lama dikurangi KG perpindahan
  - c. KG lama ditambah KG perpindahan
  - d. KG perpindahan dibagi KG lama
8. Dalam membongkar seperti tertuang dalam rumus, nilai d adalah
- a. KG perpindahan dikurangi KG lama
  - b. KG lama dikurangi KG perpindahan
  - c. KG lama ditambah KG perpindahan
  - d. KG perpindahan dibagi KG lama
9. Nilai koefisien balok ( $C_b$ ) untuk type kapal **U** adalah
- a. atau  $KB = 0,5 d$
  - b.  $0,8$  atau  $KB = 0,55 d$
  - c.  $0,7$  atau  $KB = 0,53 d$
  - d. diatas  $1$  atau  $KB =$  tak terhingga

10. Nilai koefisien balok (Cb) untuk type kapal **V** adalah

- a. 0,7 atau KB = 0,53 d
- b. atau KB = 0,5 d
- c. 0,8 atau KB = 0,55 d
- d. diatas 1 atau KB = tak terhingga

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban yang terdapat pada bagian akhir Modul ini. Hitunglah jumlah jawaban anda yang benar, kemudian gunakanlah rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi Modul ini.

Rumus :

$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban anda yang benar}}{10} \times 100\%$
---------------------------------------------------------------------------------------------

Arti tingkat penguasaan yang anda capai :

- 90 % - 100 % : Baik sekali
- 80 % - 89 % : Baik
- 70 % - 79 % : Cukup
- ? 69 % : Kurang

Bila tingkat penguasaan anda mencapai 80 % ke atas, anda dapat meneruskan ke kegiatan belajar berikutnya, Bagus, tetapi apabila nilai yang anda capai di bawah 80 %, anda harus mengulangi kegiatan belajar ini, terutama pada bagian yang belum anda kuasai.

**f. Lembar Kerja**

1. Alat
  - ? OHP
  - ? Pensil runcing 2B.
  - ? Penghapus pensil halus.
  - ? Mesin hitung (calculator)
  - ? dsb.
2. Bahan
  - ? General Arrangement Kapal
  - ? Gambar titik penting pada kapal
3. Langkah kerja
  - ? Siswa memahami bahan diklat .
  - ? Siswa mempraktekkan bahan diklat.

#### 4. Menghitung KM

##### a. Tujuan Pembelajaran

Kegiatan belajar ini bertujuan agar siswa mampu menghitung KM dan komponen-komponen lain yang mempengaruhinya serta dapat mengaplikasikannya dalam perhitungan stabilitas kapal. Dengan demikian diharapkan dapat membantu didalam kelancaran pelaksanaan tugas sehari-hari serta dalam menjaga stabilitas kapal yang pada akhirnya dapat menunjang keselamatan pelayaran.

##### b. Uraian materi

Seperti telah diterangkan sebelumnya bahwa titik M adalah sebuah titik semu yang letaknya selalu berubah-ubah (meta) dan tidak boleh dilampaui oleh titik G agar kapal tetap mempunyai stabilitas positif. Disebut metasentrum karena merupakan titik pusat yang selalu bergerak dan berubah-ubah tempatnya. KM ialah jarak tegak dari lunas kapal sampai ke titik M. Nilai KM tidak dapat dihitung dengan perhitungan biasa tetapi sudah ditentukan oleh si perencana (naval architect). Nilai KM selalu berubah-ubah sesuai dengan perubahan sarat dan bentuk kapal serta sudut senget kapal.

Ada berbagai cara menghitung KM yaitu:

- (1). Dengan rumus  $KM = KG + GM$
- (2). Dengan rumus  $KM = KB + BM$
- (3). Dengan diagram metasentrum

Contoh Soal :

(1).  $KM = KG + GM$

(a). Kapal tegak

$G \neq KG \neq$  diperoleh dari :

? Membagi momen akhir dengan jumlah bobot akhir

? Capacity Plan kapal

M & BM mencari titik M dapat dengan lukisan yaitu :

? Pada sudut senget kecil titik M merupakan titik potong antara ? dengan garis gaya yang bekerja melalui titik apung (B)

? Penggunaan titik M dalam hal tersebut hanya berlaku untuk stabilitas awal saja. Stabilitas awal ialah stabilitas kapal pada sudut senget yang kecil dimana titik M masih dapat dianggap tetap.

? Jika titik M sudah ditentukan sedangkan titik G dapat diperoleh dari KG maka GM dapat diketahui yaitu  $GM = KM - KG$

(b). Kapal Senget

$$GG' = \frac{Wxd}{\rho \cdot V} \dots\dots\dots(1)$$

$$tg \theta = \frac{GG'}{GM} \approx GG' = GM \cdot tg \theta \dots\dots\dots (2)$$

$$(1) \text{ dan } (2) \quad GM \cdot tg \theta = \frac{Wxd}{\rho \cdot V}$$

$$GM = \frac{Wxd}{\rho \cdot V \cdot tg \theta}$$

Baik GM maupun GG' dapat dijadikan ukuran bagi stabilitas sebuah kapal

Kapal barang                      GM = 3 kaki    T = 15 detik

Kapal tangker                    GM = 5,6 kaki    T = 13 detik

Kapal penumpang              GM = 1,6 kaki    T = 28 detik

Contoh soal :

1. Sebuah kapal dimiringkan dengan menggeserkan sebuah bobot seberat 20 ton dengan jarak 25 kaki dari ?. Tali bandul yang panjangnya 30 kaki menunjukkan penyimpangan sebesar 13 inci. Berat badan kapal 3700 ton. Bila KM = 27,87 kaki, berapakah KG?

Jawab :

$$GM = \frac{Wxd}{? \times tga}$$

$$tg? = \frac{13^{11}}{30^1} ? \frac{13}{30 \times 12} = 0,0361$$

$$GM = \frac{20 \times 25}{3700 \times 0,0361}$$

$$GM = 3,74?$$

$$KM = 27,87$$

$$KG = 24,13 \text{ kaki}$$

2. Dalam suatu percobaan stabilitas 100 ton ballast dipindahkan dari lambung kanan ke lambung kiri, titik beratnya berpindah benaman jarak 30 kaki dan kapal miring / senget 8° displacement 9.000 ton.

Ditanyakan tinggi metacentric :

Jawab :

$$GM = \frac{Wxd}{? \times tga}$$

$$= \frac{100 \times 30}{9000 \times tg8} ? \frac{1}{3 \times 0,145} ? 2,37 ?$$

3. Sebuah kapal dalam keadaan miring 6° ke kanan dengan berat benaman = 6000 ton dan GM = 2,5 ft. Akan dimuat 200 ton yang akan ditempatkan di sebelah kiri ?, hingga kapal itu bisa menjadi tegak kembali. Ditanya : berapa jauh dari ? muatan itu harus ditempatkan ?



Jawab :

$$GM = \frac{Wxd}{\rho \times tga}$$

$$2,5 = \frac{100xd}{6000 \times tga} \quad \text{d} = \frac{2,5 \times 600 \times 0,105}{200} = 1,575 \text{ feet}$$

? Baik GM maupun GG? dapat dijadikan ukuran bagi stabilitas sebuah kapal.

Kapal barang            GM = 3 kaki    T = 15 detik

Kapal tangker            GM = 5,6 kaki    T = 13 detik

Kapal penumpang    GM = 1,6 kaki    T = 28 detik

Besar kecilnya GM akan mempengaruhi kembalinya kapal pada kedudukan tegaknya bila kapal menyenget karena pengaruh dari luar yaitu :

(a). Kapal langsar / tender

Kapal            :    Stabilitas positif

Sebab            :    GM-nya kecil, sehingga kembali ke kedudukan tegak lambat (karena konsentrasi muatan ada di bagian atas kapal.

Sifat             :    Olengan lambat

Kerugian        :    Apabila cuaca buruk kapal mudah terbalik

Mengatasi :    1. Mengisi penuh tangki dasar berganda  
                   2. Memindahkan muatan dari atas ke bawah untuk menurunkan letak titik G agar GM bertambah besar.

(b). Kapal Kaku / Stif

Kapal : Stabilitas positif

Sebab : GM-nya terlalu besar  $\Rightarrow$  sehingga momen penegaknya terlalu besar

Sifat : Olengan cepat dan menyentak-nyentak

Kerugian : tidak nyaman bagi orang di kapal dan dapat merusak konstruksi

Mengatasi : 1. Mengosongkan tanki dasar berganda  
2. Memindahkan muatan dari bawah ke atas agar letak titik G bertambah ke atas sehingga GM bertambah kecil.

(2).  $KM = KB + BM$ ,

penentu titik B dan M

B  $\Rightarrow$  KB diperoleh dari :

(a). Untuk kapal berbentuk katak

$$KB = \frac{1}{2} \text{ sarat kapal}$$

$$KB = \frac{1}{2} D$$

(b). Untuk kapal berbentuk V

$$KB = \frac{2}{3} \text{ sarat kapal}$$

$$KB = \frac{2}{3} D$$

(c). Untuk kapal berbentuk U

$$KB = \frac{11}{20} D$$

(d). Rumus Morrish

$$KB = \frac{1}{3} \left( \frac{5}{2} D \right) \frac{V}{A}$$

D = sarat

V = volume benaman

A = luas bidang air pada badan kapal

M merupakan titik potong antara dengan garis gaya melalui titik apung

$$BM = \frac{J}{V} \quad \text{? ? } \frac{? B^3}{12}$$

$$BM = \frac{B^2}{12D} \quad V = ? BD$$

J : adalah momen enersial (kelambanan) yaitu suatu momen atau kuantitas dari massa seluruh partikel suatu benda yang berkedudukan pada sumbu benda tersebut.

$$J_1 = ? \int y^2 B dy$$

$$J_2 = ? \int y^2 B dy$$

$$\begin{aligned} J_{12} &= ? \int \int y^2 B dy dy \\ &= ? \int \frac{1}{2} B^2 dy \\ &= ? \frac{1}{2} \frac{1}{3} B^3 \\ &= ? \frac{1}{12} B^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BM &= \frac{? B^3}{? BD} \\ &= \frac{B^2}{12D} \end{aligned}$$

Contoh soal

1. Panjang sebuah tongkang 50 kaki, lebarnya 30 kaki dan saratnya = 10 kaki. Tentukan BM tongkang tersebut ? dan berapa ? ?

$$BM = \frac{B^2}{12D} = \frac{30^2}{12 \cdot 10} = \frac{900}{120} = 7,5 \text{ kaki}$$

$$? = \frac{? B^3}{12} = \frac{50 \times 27.000}{12} = 112.500 \text{ kaki}$$

2. Sebuah kapal displacement 3650 ton, KG = 22?, KM = 23? Memuat 8.060 ton, KG = 24?, 860 ton bongkar KG 12?

\* Mesin berat 85 ton KG 25? dimuat di lambung kanan deck muka, dengan center of gravity 8 ? dari center line. Tanki kamar mesin kapasitas 80 ton, KG = 3 dengan center of gravity 12? dari center line di lambung kiri. Hitung sudut senget dan arahnya kemana ?

Berat	KG	Moment
3.650	22	80.300
8.060	24	193.440
860	12	10.320
85	25	2.125
80	3	240
12.735		286.425

$$KG = \frac{286.425}{12.735} = 22,49?$$

$$KM = 23,00?$$

$$GM = 0,51?$$

$$GM = \frac{Wxd}{? xtg?}$$

$$0,51 = \frac{(80 \times 12) - (85 \times 8)}{12.735 \times tg?}$$

$$\operatorname{tg} \theta = 0,043111$$

$$\theta = 2,468^\circ \text{ ke kiri}$$

$$= 2,47$$

3. Sebuah kapal displacement 4000 ton, KG = 15, GM = 2,4, memuat 135 ton di lambung kiri 14 dari CL, KG = 19, dan 82 ton di sebelah kanan 16 dari center line, KG = 19. Hitunglah sudut senget ke arah mana

$$KG = 15$$

$$GM = 2,4$$

$$KM = 17,4$$

Berat	KG	Moment
4000	15	60.000
135	19	4.123
82	19	1.558
4.217		65.681

$$KG = \frac{65.681}{4.217}$$

$$= 15,58$$

$$KM = 17,4$$

$$GM = 1,82$$

$$GM = \frac{W \times d}{\Delta \times \operatorname{tg} \theta}$$

$$1,82 = \frac{(135 \times 14) - (82 \times 16)}{4217 \times \operatorname{tg} \theta}$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{1890 - 1312}{4217 \times 1,82}$$

$$\operatorname{tg} \theta = 0,13712$$

$$= 7,8^\circ \text{ ke kiri}$$

(3). Mencari KM dengan diagram Metacenter

- ? Setelah selesai memuat / membongkar pwa yang bertanggung jawab terhadap muatan harus segera mengetahui GMnya  $\approx$  apakah terlalu besar atau terlalu kecil.
- ? Untuk itu diperlukan suatu diagram yaitu diagram metacenter lukisan berbentuk bagan dari KB dan BM, serta saratnya KM dapat diperoleh bagi setiap sarat pada saat itu.
- ? Apabila KG diketahui dan KM diperoleh dari diagram maka GM dapat dihitung.
- ? Apabila GM akhir ditentukan sedangkan nilai KM dapat diperoleh dari diagram itu, maka KG akhir dapat ditentukan.
- ? Diagram metacenter dilukis bagi sarat antara displacement kapal kosong dan displacement kapal penuh (hight and load displacement)

Contoh Soal

Diketahui sebuah kapal :

Keadaan bermuatan penuh, sarat = 16?

$$KB = 8?$$

$$KM = 12,5$$

Keadaan bermuatan kosong, sarat = 3?

$$KB = 1,5?$$

$$KM = 16,25$$

- (a). Hitung KB dan BM pada sarat-sarat tertentu kapal itu
- (b). Buatlah skala tegak sarat kapal dalam kaki dan garis dasar (base line) mendatar
- (c). Buat garis dengan sudut  $45^0$  dari titik tangkapnya

- (d). Buat garis sarat maksimum (A) 16', kemudian tarik mendatar dengan memotong garis 45° di B.

KB = 8' sarat 8 yaitu C

1. Buat garis sarat minimum = 3' EF

KB minimum 1,5' 6H

(jika KB sesuai sarat tertentu dibuat terus sesuai sarat kapal) maka titik-titik B akan berada pada satu garis yaitu OD garis titik B

2. KB minimum = 1,5'

KM minimum = 16,5'

KB maksimum = 8'

KM maksimum = 12,5'

3. Buat garis lengkung metacenter dengan menghubungkan dengan titik M minimum dan titik M maksimum dan permukaan kapal sampai sarat maksimum yang diperbolehkan (sampai dengan free board), dimana M dapat di paralel

4. Bila diminta menghitung BM pada saat tertentu, maka :

? Tariklah garis mendatar pada sarat itu sampai memotong garis 45°

? Tarik garis tegak melalui titik itu yang memotong center of buoyancy dan garis lengkung metacenter maka BM dapat dihitung

Contoh : Tentukan BM pada sarat 5'

1. Tarik garis mendatar dari skala sarat 5 kaki memotong garis 45° di S.
2. Tarik garis tegak dari S sehingga memotong center of buoyancy di T dan memotong lengkung metacenter P. Maka  $BM = TP = 12$  kaki

**c. Rangkuman**

1. KM ialah jarak tegak dari lunas kapal sampai ke titik M. Nilai KM tidak dapat dihitung dengan perhitungan biasa tetapi sudah ditentukan oleh si perencana (naval architect).
2. Nilai KM selalu berubah-ubah sesuai dengan perubahan sarat dan bentuk kapal serta sudut senget kapal.
3. Ada berbagai cara menghitung KM yaitu:
  - a. Dengan rumus  $KM = KG + GM$
  - b. Dengan rumus  $KM = KB + BM$
  - c. Dengan diagram metasentrum
4. Besar kecilnya GM akan mempengaruhi kembalinya kapal pada kedudukan tegaknya bila kapal menyenget karena pengaruh dari luar.
5. Kapal langsar / tender memiliki stabilitas positif sebab GM-nya kecil, sehingga kembali ke kedudukan tegak lamban (karena konsentrasi muatan ada di bagian atas kapal, Olangan lambat tetapi apabila cuaca buruk kapal mudah terbalik .
6. Kapal langsar dapat diatasi dengan cara mengisi penuh tangki dasar berganda dan memindahkan muatan dari atas ke bawah untuk menurunkan letak titik G agar GM bertambah besar.
7. Kapal Kaku / Stif disebabkan oleh GM-nya terlalu besar sehingga momen penegaknya terlalu besar. Kapal ini memiliki sifat olangan cepat dan menyentak-nyentak sehingga tidak nyaman bagi orang di kapal dan dapat merusak konstruksi
8. Kapal kaku dapat diatasi mengosongkan tanki dasar berganda dan memindahkan muatan dari bawah keatas agar letak titik G bertambah ke atas sehingga GM bertambah kecil.



9.  $KM = KB + BM$ , penentu titik B dan M, B (KB) diperoleh dari perhitungan  $KB = \frac{1}{2}$  sarat kapal atau  $KB = \frac{1}{2} D$  (untuk kapal berbentuk katak),  $KB = \frac{2}{3}$  sarat kapal,  $KB = \frac{2}{3} D$  (untuk kapal berbentuk V) dan  $KB = \frac{11}{20} D$  (untuk kapal berbentuk U).
10. Momen enersia (kelambanan) dilambangkan dengan J yaitu suatu momen atau kuantitas dari massa seluruh partikel suatu benda yang berkedudukan pada sumbu benda tersebut.

**d. Tugas**

1. Uraikan cara mencari KM dengan diagram metacenter
2. Bila diketahui sebuah kapal keadaan bermuatan penuh dengan

sarat = 16?

KB= 8?

KM = 12,5'

Keadaan bermuatan kosong sarat = 3?

KB = 1,5?

KM= 16,25'

Tugas anda adalah Hitung KB dan BM pada sarat-sarat tertentu kapal itu

**e. Tes Formatif (K.02.4)**

Pilihlah salah satu kemungkinan jawaban yang menurut anda paling tepat dengan memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c, atau d.

1. KM ialah jarak tegak dari ..... sampai ke titik M.
  - a. lunas kapal
  - b. garis air
  - c. garis benaman
  - d. garis sarat kapal
2. Nilai KM adalah nilai yang
  - a. dapat dihitung dengan perhitungan biasa
  - b. sudah ditentukan oleh si perencana (naval architect).
  - c. selalu tetap
  - d. semuanya benar
3. Nilai KM selalu berubah-ubah sesuai dengan perubahan sarat dan bentuk kapal serta sudut senget kapal.
  - a. pernyataan tersebut salah
  - b. tidak dipengaruhi oleh senget kapal
  - c. pernyataan tersebut benar
  - d. tidak dipengaruhi oleh bentuk kapal
4. Ada berbagai cara menghitung KM yaitu:
  - a. Dengan rumus  $KM = KG + GM$
  - b. Dengan rumus  $KM = KB + BM$
  - c. Dengan diagram metasentrum
  - d. Semuanya benar
5. Kapal langsar / tender memiliki stabilitas positif, tetapi
  - a. GM-nya kecil, sehingga kembali ke kedudukan tegak lamban
  - b. Konsentrasi muatan ada di bagian bawah kapal
  - c. Olgangan cepat
  - d. Apabila cuaca buruk kapal sulit terbalik

6. Kapal langsar dapat diatasi dengan cara
  - a. mengisi penuh tangki dasar berganda dan memindahkan muatan dari atas ke bawah untuk menurunkan letak titik G
  - b. mengosongkan tangki dasar dan memindahkan muatan dari bawah keatas agar titik G naik
  - c. menyebarkan muatan secara horizontal
  - d. menggerser muatan ke satu sisi atau sudut tertentu.
  
7. Kapal Kaku / Stif disebabkan oleh
  - a. GM-nya terlalu besar
  - b. GM-nya terlalu kecil
  - c. momen penegaknya terlalu kecil
  - d. Kapal ini memiliki sifat olangan lambat
  
8. Kapal kaku dapat diatasi dengan
  - a. mengosongkan tanki dasar berganda dan memindahkan muatan dari bawah keatas agar letak titik G bertambah ke atas sehingga GM bertambah kecil.
  - b. Memperbesar GM
  - c. Meratakan GM dengan mengatur muatan secara horizontal
  - d. Menghilangkan GM
  
9. Nilai KB untuk kapal berbentuk kotak adalah
  - a.  $\frac{1}{2}$  sarat kapal atau  $KB = \frac{1}{2} D$
  - b.  $\frac{2}{3}$  sarat kapal,  $KB = \frac{2}{3} D$
  - c.  $\frac{11}{20} D$
  - d.  $1 \times D$

10. Nilai KB untuk kapal berbentuk V adalah

- a.  $\frac{1}{2}$  sarat kapal atau  $KB = \frac{1}{2} D$
- b.  $\frac{2}{3}$  sarat kapal,  $KB = \frac{2}{3} D$
- c.  $\frac{11}{20} D$
- d.  $1 \times D$

Cocokkanlah jawaban anda dengan kunci jawaban yang terdapat pada bagian akhir Modul ini. Hitunglah jumlah jawaban anda yang benar, kemudian gunakanlah rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi Modul ini.

Rumus :

$\text{Tingkat Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban anda yang benar}}{10} \times 100\%$
---------------------------------------------------------------------------------------------

Arti tingkat penguasaan yang anda capai :

- 90 % - 100 % : Baik sekali
- 80 % - 89 % : Baik
- 70 % - 79 % : Cukup
- ? 69 % : Kurang

Bila tingkat penguasaan anda mencapai 80 % ke atas, anda dapat meneruskan ke kegiatan belajar berikutnya, Bagus, tetapi apabila nilai yang anda capai di bawah 80 %, anda harus mengulangi kegiatan belajar ini, terutama pada bagian yang belum anda kuasai.

**f. Lembar Kerja**

1. Alat

- ? OHP
- ? Pensil runcing 2B.
- ? Penghapus pensil halus.
- ? Mesin hitung (calculator)
- ? dsb.

2. Bahan

- ? General Arrangement Kapal
- ? Gambar titik penting pada kapal

3. Langkah kerja

- ? Siswa memahami bahan diklat .
- ? Siswa mempraktekkan bahan diklat.

### III. EVALUASI

Kompetensi : Bangunan dan Stabilitas Kapal

Kode Kompetensi : NPN. Prod/K.02

Sub Kompetensi : Menghitung Stabilitas Kapal (C2)

Nama Siswa :

Nomor Induk siswa:

Waktu	Nilai	Kognitif skill	Psikomotor skill	Attitude skill	Produk/benda kerja sesuai standar
		Menjelaskan titik penting dan dimensi pokok stabilitas kapal	? Mengidentifikasi titik-titik penting dan dimensi pokok stabilitas kapal ? Menggambarkan titik-titik penting stabilitas kapal dengan tepat. ? Menentukan bagian-bagian penting bangunan kapal sesuai general arrangement kapal	Cermat dalam menjelaskan, mengidentifikasi, menentukan dan menggambarkan titik-titik penting dan dimensi pokok stabilitas kapal	
		Menjelaskan koefisien balok dan stabilitas kapal	? Mengidentifikasi koefisien balok dan stabilitas kapal	Cermat dalam menjelaskan, dan mengaplikasikan koefisien balok dalam perhitungan stabilitas kapal	

		Menjelaskan perhitungan KG Kapal	? Menghitung KG Kapal	Cermat dalam menghitung KG Kapal	
		Menjelaskan perhitungan KM Kapal	? Menghitung KM Kapal	Cermat dalam menghitung KM Kapal	

## **EVALUASI**

### **a. Kognitif Skill**

Kognitif skill adalah kemampuan yang harus dimiliki secara akademik oleh seluruh siswa setelah proses pembelajaran dilaksanakan. Evaluasi ini dapat dilakukan dengan berbagai model tes formatif.

### **b. Psikomotor Skill**

Gambarkan bagian-bagian penting dari bangunan kapal dari Anjungan sampai lunas dan dari haluan ke buritan dengan urutan yang benar sesuai dengan kedudukannya.

### **c. Attitude Skill**

### **d. Produk/Benda Kerja Sesuai Kriteria Standar**

### **e. Batasan Waktu Yang Telah Ditetapkan**

### **f. Kunci Jawaban**

**KUNCI JAWABAN TES FORMATIF**

? **Kode (K.02.1)**

- |      |      |      |      |       |
|------|------|------|------|-------|
| 1. b | 3. a | 5. a | 7. a | 9. b  |
| 2. b | 4. a | 6. a | 8. c | 10. a |

? **Kode (K.02.2)**

- |      |      |      |      |       |
|------|------|------|------|-------|
| 1. a | 3. c | 5. a | 7. a | 9. b  |
| 2. b | 4. d | 6. a | 8. a | 10. a |

? **Kode (K.02.3)**

- |      |      |      |      |       |
|------|------|------|------|-------|
| 1. b | 3. a | 5. c | 7. c | 9. a  |
| 2. a | 4. a | 6. a | 8. a | 10. b |

? **Kode (K.02.4)**

- |      |      |      |      |       |
|------|------|------|------|-------|
| 1. a | 3. c | 5. a | 7. a | 9. a  |
| 2. b | 4. d | 6. a | 8. a | 10. b |



#### **IV. PENUTUP**

Dengan menggunakan modul ini diharapkan siswa dapat mencapai kompetensi puncak dan dapat menampilkan potensi maksimumnya sehingga tujuan pencapaian kompetensi dapat terlaksana. Seperti diterangkan dimuka bahwa tujuan akhir dari proses pembelajaran dengan menggunakan modul ini adalah siswa memiliki kemampuan, kebiasaan dan kesenangan serta menerapkan prinsip-prinsip dalam menghitung stabilitas kapal melalui pengamatan, komunikasi dan pelatihan. Untuk itu kepada para siswa dan pengguna modul ini disarankan untuk membaca literatur lain khususnya yang berkaitan dengan perhitungan stabilitas agar pemahaman materi ini menjadi lebih baik dan lengkap.

Demikian semoga modul ini benar-benar dapat digunakan oleh yang memerlukannya.

**DAFTAR PUSTAKA**

Istopo. 1972. **Stabilitas Kapal Untuk Perwira Kapal Niaga**

Kemp & Young, 1976. **Ship Construction Sketches & Notes**. A Kandy Paperback.

Stokoe, E. A. 1975. **Ship Construction for Marine Students**. Principle Lecture in Naval Architecture at South Shields Marine and Technical College. Published by Thomas Reed Publications Limited Sunderland and London.

Wakidjo, P. 1972. **Stabilitas Kapal Jilid II**. Penuntun Dalam Menyelesaikan Masalah.