

STABILITAS KAPAL IKAN



Fitria F. Lungari, S.Pi., M.T

Ir. Julius F. Wuaten, S.Pi., M.Si

Ishak Bawias, S.Pi., M.T

Yuliana V. Tatontos, S.Pd., M.Pd

Handoko J. Palawe, S.Pi., M.Si

Fitria F. Lungari, S.Pi., M.T
Ir. Julius F. Wuaten, S.Pi., M.Si
Ishak Bawias, S.Pi., M.T
Yuliana V. Tatontos, S.Pd., M.Pd
Handoko J. Palawe, S.Pi., M.Si

Stabilitas Kapal Ikan





STABILITAS KAPAL IKAN


Penulis : 1. Fitria F. Lungari, S.Pi., M.T
2. Ir. Julius F. Wuaten, S.Pi., M.Si
3. Ishak Bawias, S.Pi., M.T
4. Yuliana V. Tatontos, S.Pd., M.Pd
5. Handoko J. Palawe, S.Pi., M.Si
Penyunting : Syaifullah
Tata isi : Fitria F. Lungari, S.Pi., M.T

Cetakan Pertama, **2025**
ISBN **978-634-96015-5-9**

Penerbit **Professorline**

 Jl. Dg. Ngadde Raya, Parangtambung, Makassar,
Sulawesi Selatan, Indonesia

 professorline123@gmail.com
adminbook@professorline.com

 +62851-9154-7225

 www.professorline.com

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.
Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku
baik secara elektronik maupun mekanik tanpa izin tertulis
Penerbit Professorline.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga Buku Ajar Stabilitas Kapal Ikan ini dapat dikerjakan dan masih terus disempurnakan. Buku ini disusun untuk menjadi panduan dalam memahami konsep-konsep dasar dan prinsip-prinsip penting terkait stabilitas kapal, khususnya yang beroperasi sebagai kapal penangkap ikan.

Buku ini dirancang dengan harapan dapat membantu menguasai materi secara sistematis, mulai dari teori dasar hingga aplikasinya. Pembahasan mencakup definisi stabilitas, faktor-faktor yang memengaruhinya, perhitungan stabilitas awal, hingga langkah-langkah praktis untuk menjaga keselamatan kapal. Pengetahuan ini sangat krusial bagi calon perwira atau ahli perikanan agar dapat mengoperasikan kapal secara aman dan efisien.

Kami menyadari bahwa Buku ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran, kritik, dan masukan yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga Buku ini dapat memberikan manfaat sebesar-besarnya dan menjadi bekal berharga bagi para mahasiswa dalam meniti karier di dunia maritim. Terima kasih.

Oktober 2025

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
BAB I.....	- 1 -
PENDAHULUAN	- 1 -
1.1. Pengertian Kapal	- 1 -
1.2. Prinsip Archimedes	- 6 -
1.3. Stabilitas Kapal	- 8 -
1.4. Titik G, Titik B Dan Titik M (<i>Metacentre</i>)	- 18 -
BAB II.....	- 25 -
MACAM-MACAM STABILITAS PADA KAPAL.....	- 25 -
2.1. Stabilitas Positif (Stabilitas Awal).....	- 25 -
2.2. Stabilitas Netral.....	- 27 -
2.3. Stabilitas Negatif	- 28 -
BAB III.....	- 43 -
HUBUNGAN TINGGI METACENTER DAN WAKTU OLENG:.....	- 43 -
Tinggi Metacentre, Waktu Oling, Momen Penegak Dan Trim	- 43 -
3.1. GM dan Waktu Oling.....	- 43 -
3.2. Tinggi Metasenter (GM) dan Waktu Oling	- 44 -
3.3. Momen Penegak dan Tinggi Metacentre (GM) ..	- 45 -
3.4. Trim dan Stabilitas Kapal	- 46 -
BAB IV	- 63 -

KONDISI KAPAL PADA SAAT SAGING, HOGING DAN PENGARUH NILAI DISPLACEMENT MAUPUN COEFISIEN BALOK (<i>C_b</i>)	63 -
Sagging dan Hogging	63 -
Pengaruh <i>Displacement</i> (Berat Benaman).....	67 -
Pengaruh Coefisien Balok (<i>Block Coefficient, C_b</i>)....	68 -
BAB V	80 -
DIMENSI UTAMA KAPAL	80 -
5.1. Panjang Kapal.....	80 -
5.2. Lebar Kapal/ <i>Breadth</i> (B)	83 -
5.3. Sarat (<i>Draft</i>).....	84 -
5.4. Dalam (Depth/Moulded Depth).....	84 -
RENCANA GARIS (<i>LINES PLAN</i>)	93 -
6.1. <i>Body Plan</i> (Rencana Potongan Melintang).....	94 -
6.2. <i>Sheer Plan</i> (Rencana Tampak Samping)	96 -
6.3. Half Breadth Plan.....	98 -
BAB VII.....	113 -
MEMBUAT MINIATUR KAPAL IKAN BERDASARKAN LINES PLAN: Menentukan Skala Berdasarkan Lines Plan, Menyiapkan Bahan, Pembuatan Lunas dan Gading ...	113 -
7.1. Menentukan Skala Berdasarkan Lines Plan	113 -
7.2. Menyiapkan Bahan dan Alat.....	114 -
7.3. Pembuatan Lunas dan Gading.....	115 -
BAB VIII.....	125 -
BAHAYA PELETAKAN MUATAN PADA SAAT KONDISI EKSTRIM DI KAPAL.....	125 -

8.1. Bahaya Saat Membawa Beban Berat (Alat Tangkap & Perbekalan).....	- 125 -
8.2. Bahaya Akibat Cuaca Buruk.....	- 127 -
Karakteristik Muatan Kapal Ikan yang Berbahaya .-	130
-	

REFERENSI

BAB I

PENDAHULUAN

Stabilitas kapal adalah salah satu prinsip desain dan operasi kapal yang paling mendasar dan kritis. Secara sederhana, stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali tegak ke posisi keseimbangan awalnya setelah menerima gangguan dari luar, seperti angin, ombak, atau pergeseran muatan.

Pada kapal ikan, stabilitas memiliki peran yang jauh lebih vital dan kompleks dibandingkan kapal niaga biasa, dimana kapal ikan sering membawa muatan yang berat dan bergerak, seperti jaring/alat tangkap (ditempatkan tinggi di atas dek), hasil tangkapan yang terpusat, serta cairan bebas (air laut, air lelehan es, atau minyak) di dalam palka dan tangki. Kedua, kapal ikan sering beroperasi di perairan yang keras dan dalam kondisi cuaca ekstrem saat melakukan penangkapan dan stabilitas dapat berubah drastis dan cepat saat ikan diangkat ke dek, atau saat bahan bakar/air tawar dikonsumsi.

Prinsip dasar stabilitas berlaku untuk semua kapal, namun karakteristik dan persyaratan stabilitas sangat bergantung pada jenis kapal tersebut. Setiap jenis kapal dirancang untuk tujuan tertentu, dan desain lambungnya, pengaturan muatan, serta operasionalnya secara langsung memengaruhi stabilitasnya.

1.1. Pengertian Kapal

Kapal adalah salah satu moda transportasi tertua dan terpenting, khususnya bagi negara kepulauan seperti Indonesia yang dikenal sebagai negara maritim. Pada fungsinya kapal digunakan sebagai kendaraan air yang

berukuran relatif besar, yang dirancang khusus untuk mengangkut penumpang, barang (muatan), atau melakukan tugas tertentu (seperti pertahanan, penelitian, atau penangkapan ikan) melalui perairan (laut, sungai, danau, dan sebagainya).

Sedangkan menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran, kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah.

Dalam penggunaan dan fungsinya kapal memiliki berbagai macam tipe atau jenis, diantaranya yaitu seperti yang ada pada gambar berikut:



Gambar 1. Jenis Kapal

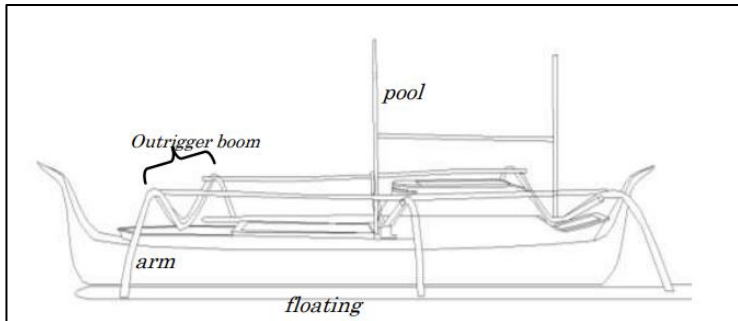
- 1) Kapal Kargo (Kapal Barang). Kapal kargo berfungsi untuk mengangkut barang dari satu pelabuhan ke pelabuhan lain. Mereka adalah tulang punggung perdagangan global. Jenis-jenis kapal kargo bervariasi tergantung pada jenis muatan yang diangkut.
- 2) Kapal Kontainer (Container Ship): Kapal ini dirancang khusus untuk mengangkut peti kemas (kontainer) standar dalam jumlah besar. Keunggulannya adalah proses bongkar muat yang sangat cepat dan efisien, memungkinkan pengiriman berbagai jenis barang dalam satu wadah.
- 3) Kapal Curah Kering (Bulk Carrier): Kapal ini mengangkut muatan curah (tanpa kemasan), seperti bijih besi, batu bara, gandum, atau semen. Kapal ini memiliki palka besar tanpa sekat untuk menampung muatan dalam jumlah massal.
- 4) Kapal Tanker (Tanker Ship): Kapal ini berfungsi mengangkut muatan cair dalam jumlah besar, seperti minyak mentah, bahan kimia, atau gas cair (LNG/LPG). Kapal tanker memiliki tangki khusus dan struktur lambung ganda untuk keamanan ekstra.
- 5) Kapal Roro (Roll-on/Roll-off): Kapal ini dirancang untuk mengangkut kendaraan beroda, seperti mobil, bus, atau truk. Kapal ini memiliki pintu rampa (ramp) yang memungkinkan kendaraan naik dan turun dengan mudah tanpa bantuan derek.
- 6) Kapal Penumpang. Sesuai namanya, kapal ini berfungsi untuk mengangkut orang. Kapal penumpang memiliki beragam fasilitas untuk

kenyamanan pelayaran, mulai dari jarak pendek hingga pelayaran mewah.

- 7) Kapal Feri (Ferry): Kapal ini digunakan untuk penyeberangan jarak pendek, biasanya antar pulau atau melintasi selat. Kapal feri sering mengangkut penumpang bersama dengan kendaraan mereka.
- 8) Kapal Pesiar (*Cruise Ship*): Kapal ini dirancang untuk tujuan rekreasi dan hiburan. Mereka sering disebut "hotel terapung" karena dilengkapi dengan fasilitas mewah seperti restoran, kolam renang, bioskop, dan toko. Kapal pesiar biasanya berlayar dalam rute wisata yang sudah ditentukan.
- 9) Kapal Samudra (*Ocean Liner*): Meskipun popularitasnya menurun, kapal samudra berfungsi untuk mengangkut penumpang dari satu benua ke benua lain. Kapal ini dirancang untuk berlayar di perairan terbuka dan sering beroperasi dalam pelayaran terjadwal.
- 10) Kapal Khusus. Kategori ini mencakup kapal yang dirancang untuk fungsi-fungsi non-komersial atau tugas spesifik lainnya.
- 11) Kapal Tunda (*Tugboat*): Kapal kecil yang bertenaga besar, berfungsi untuk membantu kapal-kapal besar bermanuver, terutama saat merapat atau meninggalkan pelabuhan. Kapal tunda juga sering digunakan untuk menarik tongkang.
- 12) Kapal Keruk (*Dredger*): Kapal ini memiliki peralatan khusus untuk mengeruk material (pasir, lumpur, atau kerikil) dari dasar laut atau sungai. Fungsinya penting untuk menjaga kedalaman alur pelayaran atau kegiatan reklamasi.

- 13) Kapal Pengebor (*Drillship*): Kapal yang dilengkapi dengan peralatan pengeboran untuk mencari dan mengeksplorasi sumber daya alam seperti minyak dan gas di lepas pantai.
- 14) Kapal Angkatan Laut (*Naval Ship*): Kapal ini digunakan untuk kepentingan militer dan pertahanan negara, seperti kapal perang, kapal induk, dan kapal patroli. Fungsinya adalah untuk menjaga kedaulatan wilayah laut dan operasi militer.
- 15) Kapal Penangkap Ikan (*Fishing Vessel*): Kapal ini digunakan oleh nelayan untuk menangkap ikan atau hasil laut lainnya. Ukurannya bervariasi, dari kapal kecil yang digunakan nelayan tradisional hingga kapal pabrik (*factory ship*) berukuran besar yang dilengkapi fasilitas pengolahan dan pembekuan.
- 16) Kapal Penangkap Ikan. Kapal Penangkap Ikan adalah kapal yang digunakan untuk menangkap ikan, termasuk menampung, menyimpan, mendinginkan, dan/atau mengawetkan ikan (Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 1/Permen-Kp/2017 Tentang Surat Laik Operasi Kapal Perikanan). Di Kabupaten kepulauan Sangihe terdapat kapal penangkap ikan yang memiliki bentuk/konstruksi khas, perahu ini dinamakan *pumpboat*. Konstruksi teknis perahu katir dicirikan oleh bentuk haluan dan buritan yang melengkung ke atas. Stabilitas perahu ditingkatkan melalui sistem katir yang terdiri dari outrigger boom, float, arm, dan tiang. Untuk fungsi perlindungan, perahu ini dilengkapi bangunan atas (superstruktur) sebagai pelindung air masuk ke

kamar mesin, serta dek tertutup yang berfungsi mencegah air masuk ke ruang di bawah dek.



Gambar 2. Kapal Penangkap ikan jenis *pumpboat* di Kepulauan Sangahe

Tugas: Mengapa Kapal Yang berukuran Besar dan dapat memuat muatan dalam jumlah yang besar tapi tidak tenggelam saat ada gelombang?

1.2. Prinsip Archimedes

Archimedes ialah Matematikawan yang hidup pada abad III SM, yang mendapat penghargaan dengan menemukan cara bagaimana kerja gaya apung. Menurut legendanya Archimedes masuk ke kamar mandi pada suatu hari dan juga melihat bahwa semakin Archimedes membenamkan dirinya di dalam air, semakin tinggi tingkat air yang akan naik. Dia menyadari bahwa tubuhnya tersebut menggeser air di bak mandi. yang setelahnya Archimedes memutuskan bahwa benda yang berada didalam airnya akan kurang dari benda di udara. Melalui ini dan juga realisasi lainnya, Archimedes mendirikan apa yang kemudian dikenal dengan Prinsip Archimedes.

"Gaya apung yang bekerja pada benda yang terbenam di dalam zat cair memiliki kesesuaian dengan berat zat cair yang berpindah dari benda, dan bereaksi memberikan tekanan ke atas melewati pusat volumenya."

Atau lebih mudah dikenal dengan bunyi:

"Gaya apung memiliki besar sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh benda dan mengarah vertikal ke atas."

Konsekuensi pada Kapal

Dalam konteks kapal, Prinsip Archimedes memiliki dua konsekuensi krusial:

1. Daya Apung = Berat Kapal: Kapal akan mengapung secara stabil hanya jika Gaya Apung (F_b) yang bekerja ke atas, sama persis besarnya dengan Gaya Berat (W) total kapal yang bekerja ke bawah. Gaya Apung ini berasal dari berat volume air yang dipindahkan oleh bagian lambung yang tercelup. Berat air yang dipindahkan ini disebut Benaman (*Displacement*) Kapal (Δ).

**Gaya apung (F_b)=
Berat Air yang Dipindahkan=Berat Kapal (W)**

2. Titik Apung (B): Gaya Apung bekerja ke atas melalui titik yang disebut Titik Apung (*Center of Buoyancy*/B). Titik B ini merupakan pusat geometris dari volume lambung kapal yang

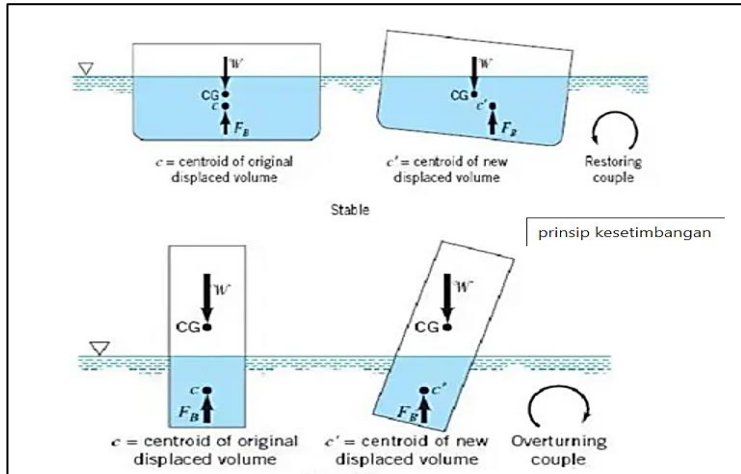
terendam air. Ketika kapal miring, bentuk volume yang terendam berubah, sehingga titik B akan bergeser, dan pergeseran ini menciptakan Momen Penegak yang esensial untuk stabilitas.

1.3. Stabilitas Kapal

Sebuah benda dikatakan stabil apabila benda tersebut kembali ke posisikesetimbangannya semula apabila benda tersebut diusik (meskipun sedikit). Untuk bendaterapung, masalah kestabilan lebih rumit karena jika benda berotasi, lokasi dari pusatapungnya bisa berubah.

Sehingga Stabilitas kapal perikanan dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke posisi tegak atau seimbang setelah mengalami kemiringan akibat gaya dari luar. Gaya luar ini bisa berupa ombak, angin, arus, atau gaya internal saat operasi penangkapan ikan, seperti menarik jaring atau memuat hasil tangkapan.

Stabilitas ini sangat penting bagi kapal perikanan karena aktivitas penangkapan ikan sering dilakukan di kondisi perairan yang tidak menentu dan operasi yang unik, seperti menarik beban berat dari satu sisi kapal.



Gambar 3. Prinsip Kesetimbangan

Pada Gambar di atas terlihat membandingkan dua kondisi kesetimbangan sebuah benda apung (kapal) saat miring (*heeled*):

1) Kondisi Atas: Kesetimbangan Stabil (*Stable*)

- Kapal Tegak (Kiri Atas): Titik Berat (CG) berada di atas Titik Apung awal (c).
- Kapal Miring (Kanan Atas): Ketika kapal miring, Titik Apung bergeser C dari C' ke (Titik Apung yang baru, atau B').
- Pembentukan Kopel: Gaya Berat (W) yang bekerja ke bawah melalui dan Gaya Apung (F_B) yang bekerja ke atas melalui c' membentuk sepasang gaya yang disebut Kopel Penegak (*Restoring Couple*).
- Hasil: Kopel Penegak memiliki momen yang cenderung mengembalikan kapal ke posisi tegak semula. Ini terjadi karena posisi CG berada di

bawah Titik Metasentrum (M), menunjukkan kondisi Stabilitas Positif ($GM > 0$).

- 2) Kondisi Bawah: Kesetimbangan Labil (*Unstable*)
- Kapal Tegak (Kiri Bawah): Titik Berat (CG) berada sangat tinggi, jauh di atas Titik Apung awal (c).
 - Kapal Miring (Kanan Bawah): Ketika kapal miring, Titik Apung bergeser c ke c' (Titik Apung yang baru, atau B').
 - Pembentukan Kopel: Gaya Berat (W) dan Gaya Apung (F_B) membentuk sepasang gaya yang disebut Kopel Penerus (*Overtuning Couple*).
 - Hasil: Kopel Penerus memiliki momen yang cenderung membuat kapal miring semakin jauh dari posisi tegak. Ini terjadi karena posisi CG berada di atas Titik Metasentrum (M), menunjukkan kondisi Stabilitas Negatif ($GM < 0$). Kapal akan terbalik (*capsize*).

Kapal dikatakan dalam keadaan seimbang (tegak) apabila Titik Berat (G) dan Titik Apung (B) berada pada satu garis vertikal lurus. Ketika kapal miring karena gaya luar, Titik Apung (B) akan bergeser ke B' pada sisi yang miring. Pergeseran ini menyebabkan dua gaya utama (Gaya Berat dari G dan Gaya Apung dari B') membentuk Kopel Stabilitas (*Stability Couple*).

Kopel Stabilitas ini menciptakan:

- Momen Penegak (*Righting Moment*): Jika kapal mampu tegak kembali.
- Momen Penerus (*Capsizing Moment*): Jika kapal miring semakin jauh (terbalik).

Kunci untuk menentukan stabilitas adalah jarak antara G dan M, yang disebut Tinggi Metasentrum (GM).

- KM= Jarak dari Lunas (*Keel*) ke M .
- KG= Jarak dari Lunas (*Keel*) ke G.

Kestabilan suatu kapal ikan tidak hanya ditentukan oleh jenisnya, tetapi lebih pada desain lambung dan manajemen muatan yang diterapkan selama operasi. Namun, ada beberapa jenis kapal ikan dan tipe lambung yang secara inheren (dari desain dasarnya) memiliki keunggulan stabilitas yang lebih baik.

Berikut adalah beberapa contoh bagaimana jenis kapal memengaruhi pertimbangan stabilitas:

Tabel 1. Contoh bagaimana jenis kapal mempengaruhi pertimbangan stabilitas

Jenis Kapal	Pertimbangan Stabilitas Utama
Kapal Kargo Curah (Bulk Carrier)	Stabilitas sangat dipengaruhi oleh penataan muatan (padat, cair, atau butiran) yang dapat bergeser (shifting cargo) atau menyerap air, serta risiko kehilangan stabilitas karena kerusakan lambung.
Kapal Tanker	Stabilitas dipengaruhi oleh efek permukaan bebas (free surface effect) dari cairan yang bergerak dalam tangki (minyak, LNG). Pengisian dan pengosongan tangki harus diatur untuk menjaga GM tetap positif.
Kapal Penumpang	Selain stabilitas normal, penting juga stabilitas kerusakan (damage stability). Kapal harus tetap terapung dan stabil meskipun satu atau lebih kompartemennya bocor/terendam air, mengingat tingginya jumlah orang di dalamnya.
Kapal Kontainer	Stabilitas dipengaruhi oleh tinggi muatan (kontainer ditumpuk tinggi di atas dek). Pusat gravitasi (G) cenderung naik, yang dapat mengurangi GM.

Kapal Penangkap Ikan	Kapal kecil rentan terhadap penambahan berat di atas (es atau hasil tangkapan di dek) yang dapat mengurangi GM secara drastis, terutama dalam cuaca buruk.
----------------------	--

Berikut adalah jenis-jenis kapal ikan dan faktor desain yang berkontribusi pada stabilitas yang baik. Bentuk lambung kapal (*hull form*) adalah salah satu penentu utama karakteristik operasional kapal, terutama stabilitas, kecepatan, dan kemampuan muatannya. Desain bagian bawah lambung memengaruhi bagaimana Titik Apung (B) bergeser saat kapal miring, yang secara langsung menentukan stabilitas awal (*GM*).

Berikut adalah bentuk-bentuk lambung utama dan kaitannya dengan stabilitas:

1) Lambung Datar (*Flat-Bottomed Hull*)

Bentuk lambung ini memiliki dasar yang rata, seringkali dengan bilga (sudut antara dasar dan sisi) berbentuk kotak (*hard chine*).

- Keunggulan Stabilitas: Stabilitas awal (initial stability) sangat tinggi atau "kaku" (*stiff*). Saat kapal miring sedikit, bidang garis air yang lebar terbentuk dengan cepat, menyebabkan Titik Apung (B) bergeser jauh ke samping, menghasilkan Momen Penegak yang besar (*GM* tinggi).
- Kekurangan Stabilitas/Kenyamanan:
 - Gerakan oleng (*rolling*) sangat cepat dan menyentak (*harsh*), yang tidak nyaman bagi awak kapal.

- o Tidak cocok untuk laut bergelombang tinggi, karena dapat mengalami benturan keras (*slamming*).
- Contoh Kapal: Kapal tongkang (*barge*), kapal sungai, dan kapal yang beroperasi di perairan dangkal.

2) Lambung U-Bottom / Lambung Penuh (*Round Bilge / Full Hull*)

Bentuk lambung ini memiliki penampang melintang yang berbentuk U dengan bilga (sudut bawah) yang membulat (*round bilge*). Lambung ini memberikan volume muatan yang besar.

- Keunggulan Stabilitas: Menawarkan kompromi yang baik antara stabilitas dan kenyamanan. Bentuk yang penuh memberikan daya muat (koefisien blok) yang tinggi. Stabilitas awalnya baik, dan periode olengnya cenderung lebih lambat dan "enak" (*tender*) dibandingkan lambung datar.
- Kekurangan Stabilitas/Kenyamanan: Stabilitas awal mungkin tidak setinggi lambung datar atau lambung kotak yang sangat lebar, namun stabilitas dinamisnya (pada sudut besar) seringkali lebih baik karena kemampuan lambung membelah gelombang.
- Contoh Kapal: Mayoritas kapal niaga modern (tanker, *bulk carrier*, kapal kargo), dan kapal ikan berukuran sedang hingga besar (seringkali dengan modifikasi bilga).

3) Lambung V (*V-Bottomed Hull*)

Bentuk lambung ini memiliki dasar yang lancip menyerupai huruf V, dengan sudut bilga yang runcing.

- Keunggulan Stabilitas/Performa:
 - Memiliki hambatan air yang kecil dan efisien untuk kecepatan tinggi karena mudah membelah gelombang.
 - Memberikan kenyamanan berlayar (*seakeeping*) yang baik di laut berombak karena memotong gelombang alih-alih membenturnya.
- Kekurangan Stabilitas: Stabilitas awal (GM) cenderung lebih rendah dibandingkan lambung datar atau lambung penuh pada lebar yang sama, karena pergeseran Titik Apung (B) saat miring kecil. Kapal harus sangat lebar atau memiliki *keel* (lunas) dalam untuk mengompensasi ini.
- Contoh Kapal: Kapal cepat (*speed boat*), kapal patroli, dan yacht balap.

4) Lambung Multi-badan (*Multihull: Catamaran & Trimaran*)

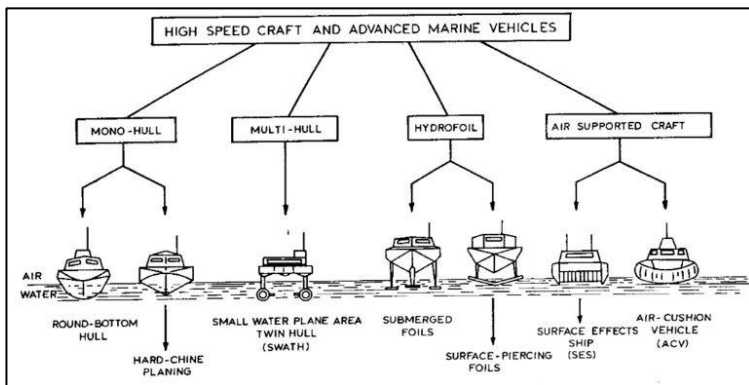
Meskipun bukan bentuk penampang tunggal, konfigurasi ini sangat penting dalam stabilitas.

- Prinsip Stabilitas: Stabilitas pada *multihull* (dua badan/katamaran atau tiga badan/trimaran) tidak bergantung pada lebar satu lambung, melainkan pada jarak bentang melintang antar-lambung.
- Keunggulan Stabilitas: Memiliki stabilitas sangat tinggi (nilai sangat besar) karena gaya apung didistribusikan pada dua atau tiga garis air yang jauh terpisah.

- Kekurangan: Kapal *multihull* sangat kaku dan olengannya cepat, yang dapat tidak nyaman (Gerakan *pitching* dan *heaving* mungkin lebih terasa).

Tabel 2 Bentuk Lampung Kapan dan kaitannya dengan stabilitas kapal

Bentuk Lambung	Stabilitas Awal (GM)	Kenyamanan Oleng (Rolling)	Daya Muat (Koefisien Blok)	Kecepatan Khas
Datar / Kotak	Sangat Tinggi (Kaku)	Cepat, Menyentak	Tinggi	Rendah/Menengah
U-Bottom / Bulat	Baik	Sedang, Lebih Nyaman	Tinggi	Sedang
V-Bottom	Menengah/Rendah	Lambat, Nyaman di Gelombang	Rendah/Menengah	Tinggi
Multihull	Sangat Tinggi (Sangat Kaku)	Cepat, Sangat Stabil	Sedang/Tinggi	Tinggi



Gambar 4. Bentuk-bentuk lambung kapal

Gambar 4 di atas merupakan pengelompokkan kapal canggih menjadi empat kategori utama, yang masing-masing memiliki karakteristik stabilitas yang berbeda:

➤ **Kapal Lambung Tunggal (*Mono-Hull*)**

Kapal-kapal ini mengandalkan gaya apung dan stabilitas lambung tunggal.

- Round-Bottom Hull (Lambung Bulat/U-Bottom):
 - Stabilitas: Memiliki stabilitas yang baik dan periode oleng (*rolling*) yang lebih nyaman (*tender*). Stabilitas awal (GM) utamanya bergantung pada pergeseran Titik Apung (B).
 - Kinerja: Cocok untuk kecepatan sedang, daya muat tinggi, dan pelayaran yang lebih nyaman.
- Hard-Chine Planing (Lambung Datar/Kotak Planing):
 - Stabilitas: Memiliki stabilitas awal (GM) yang sangat tinggi (*stiff*) karena lambung yang lebar dan datar di garis air. Stabilitas pada kecepatan tinggi didukung oleh efek hidrodinamik (*planing*).
 - Kinerja: Dirancang untuk mencapai kecepatan tinggi, di mana kapal sebagian besar didukung oleh gaya angkat hidrodinamik (seperti meluncur di permukaan air), bukan hanya gaya apung.

➤ **Kapal Lambung Majemuk (*Multi-Hull*)**

Kapal ini menggunakan dua atau lebih lambung paralel.

- Small Water Plane Area Twin Hull (SWATH):

- Prinsip Stabilitas: Stabilitasnya didominasi oleh bentang melintang yang lebar antara dua lambung bawah air, bukan pada luas garis air (*waterplane area*) yang kecil.
- Keunggulan Stabilitas: Memiliki stabilitas yang luar biasa di laut bergelombang (*seakeeping*) karena lambung utamanya terendam di bawah zona aksi gelombang.

➤ **Hidrofoil (*Hydrofoil*)**

Kapal yang menggunakan sirip terendam (*foils*) untuk mengangkat lambung keluar dari air saat berkecepatan tinggi.

- Submerged Foils (Sirip Terendam):
 - Stabilitas: Stabilitas diatur oleh sistem kontrol aktif (mirip autopilot) yang menyesuaikan sudut serang sirip. Stabilitas tergantung pada kontrol elektronik, bukan hanya bentuk lambung.
- Surface-Piercing Foils (Sirip Menembus Permukaan):
 - Stabilitas: Stabilitas dicapai secara intrinsik (alami) karena perubahan luas sirip yang menembus air. Jika kapal miring, salah satu sirip akan menenggelamkan area sirip yang lebih luas, memberikan gaya angkat penegak yang kuat.
 - Kinerja: Stabilitas dan kecepatan diperoleh dari gaya angkat hidrodinamik, mengurangi hambatan air secara drastis.

➤ **Kapal Dukungan Udara (*Air Supported Craft*)**

Kapal yang memanfaatkan tekanan udara untuk menopang sebagian besar atau seluruh beratnya.

- Surface Effects Ship (SES) / Kapal Efek Permukaan:
 - **Stabilitas:** Stabilitas diperoleh dari kombinasi bantalan udara yang ditutup di samping oleh dinding (*side-hulls*) yang sempit. Stabilitasnya adalah campuran antara gaya apung (dari lambung) dan gaya tekan (*pneumatic*) dari bantalan udara.
- Air-Cushion Vehicle (ACV) / Hovercraft:
 - **Stabilitas:** Stabilitas utamanya berasal dari tekanan dan penyebaran bantalan udara yang terperangkap oleh rok fleksibel (*skirt*). Stabilitasnya bersifat dinamis dan aerostatik.

Perbedaan ini menunjukkan bahwa semakin canggih dan cepat sebuah kapal, semakin stabilitasnya bergeser dari mengandalkan geometri lambung statis (seperti pada *Mono-Hull*) menjadi mengandalkan gaya angkat hidrodinamik (seperti pada *Planing Hull* dan *Hydrofoil*) atau sistem kontrol aktif dan bantalan udara.

1.4. Titik G, Titik B Dan Titik M (*Metacentre*)

Pada prinsip kesetimbangan benda terapung kita juga mengenal adanya metacenter M yang merupakan titik pertemuan garis-garis yang bekerja pada gaya apung sebelum dan setelah rotasi benda tersebut atau titik perpotongan antara sumbu vertikal dengan garis vertikal yang melalui *centre of buoyancy* pada saat menempati kedudukan barunya (pada saat miring).

Dalam penentuan stabilitas kapal perikanan, ada tiga titik penting yang harus diperhatikan: titik berat, titik apung,

dan metasenter. Hubungan antar ketiga titik ini sangat menentukan apakah kapal akan stabil atau tidak.

1. Titik Berat (*Centre of Gravity, G*)

Titik berat adalah titik di mana seluruh gaya berat kapal terkonsentrasi. Gaya ini mencakup berat lambung kapal itu sendiri, mesin, bahan bakar, alat tangkap, awak kapal, dan terutama, muatan hasil tangkapan ikan. Posisi titik G dapat berubah-ubah. Semakin banyak muatan yang diletakkan di bagian atas kapal (misalnya tumpukan jaring atau tangki di dek), maka titik G akan semakin naik. Kenaikan titik G akan mengurangi stabilitas kapal. Oleh karena itu, penempatan muatan yang tepat sangat krusial untuk menjaga titik G serendah mungkin.

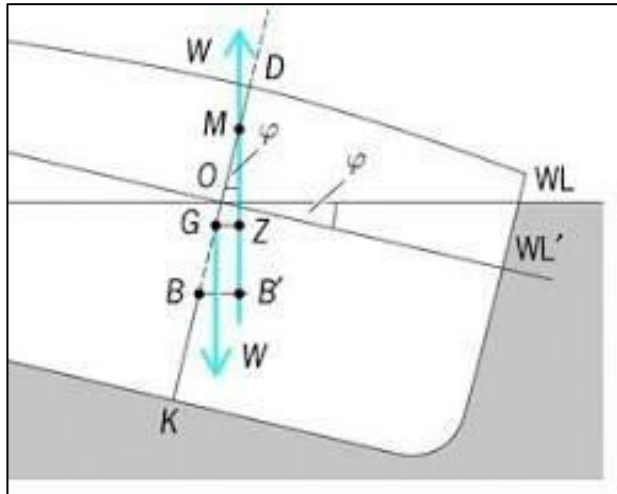
2. Titik Apung (*Centre of Buoyancy, B*)

Titik apung adalah titik pusat dari gaya angkat ke atas yang diberikan oleh air pada bagian lambung kapal yang terendam. Gaya apung ini berfungsi menopang berat kapal. Letak titik B dipengaruhi oleh bentuk lambung kapal dan seberapa banyak bagian kapal yang terendam air (sarat air). Ketika kapal miring, bentuk bagian lambung yang terendam akan berubah, menyebabkan titik B bergeser ke sisi yang lebih dalam. Pergeseran ini menciptakan momen penegak yang berusaha mengembalikan kapal ke posisi tegak.

3. Metasenter (*Metacentre, M*)

Metasenter adalah titik imajiner yang menjadi acuan utama dalam penentuan stabilitas. Titik M adalah titik perpotongan antara garis vertikal yang melalui

titik apung baru (setelah kapal miring) dengan garis tengah kapal. Jarak vertikal antara titik G dan titik M, yang dikenal sebagai tinggi metasenter (GM), adalah indikator paling penting dari stabilitas kapal.



Gambar 4. Posisi titik penting penentu stabilitas kapal

Stabilitas kapal sepenuhnya bergantung pada arah Momen yang dihasilkan saat kapal miring. Jika Momen tersebut bersifat mengembalikan (*Restoring*), kapal stabil. Jika Momen tersebut bersifat meneruskan (*Overtuning*), kapal labil.

Latihan Soal

Objektif:

- 1) Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran, manakah dari berikut ini yang TIDAK termasuk dalam definisi kapal?
 - a) Alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah.
 - b) Kendaraan di bawah permukaan air.
 - c) Kendaraan yang digerakkan dengan tenaga angin.
 - d) Pesawat terbang yang melintasi perairan.

Jawaban: d

- 2) Jenis kapal apa yang secara khusus dirancang untuk mengangkut muatan cair dalam jumlah besar seperti minyak mentah atau bahan kimia?
 - a) Kapal Tanker (*Tanker Ship*)
 - b) Kapal Kontainer (*Container Ship*)
 - c) Kapal Curah Kering (*Bulk Carrier*)
 - d) Kapal Kargo (Kapal Barang)

Jawaban : a

- 3) Menurut Prinsip Archimedes, bagaimana besar gaya apung yang bekerja pada benda yang terbenam dalam zat cair?
 - a) Sama dengan berat zat cair yang dipindahkan oleh benda.
 - b) Lebih besar dari berat zat cair yang dipindahkan.
 - c) Lebih kecil dari berat zat cair yang dipindahkan.
 - d) Tidak berhubungan dengan berat zat cair yang dipindahkan.

Jawaban: a

- 4) Dalam penentuan stabilitas kapal, titik mana yang perannya paling penting dan menjadi acuan utama untuk menentukan apakah kapal stabil atau tidak?
- a) Metasenter (M)
 - b) Titik Apung (B)
 - c) Titik Berat (G)
 - d) Titik Tengah Kapal

Jawaban: a

- 5) Mengapa penempatan muatan yang tepat sangat krusial bagi stabilitas kapal?
- a) Untuk menghindari perlunya palka tambahan.
 - b) Untuk memastikan kapal terlihat seimbang dari kejauhan.
 - c) Untuk menjaga titik berat (G) tetap rendah.
 - d) Untuk meningkatkan kecepatan kapal di perairan.

Jawaban; C

Essay:

- 6) Jelaskan definisi kapal perikanan menurut Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia?

Menurut Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 1/Permen-KK/2017, kapal perikanan adalah kapal, perahu, atau alat apung lain yang dipergunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan, dan penelitian/eksplorasi perikanan.

Definisi ini mencakup berbagai aktivitas yang berkaitan dengan industri perikanan.

- 7) Sebutkan dan jelaskan dua jenis kapal kargo yang berbeda berdasarkan jenis muatan yang diangkutnya!
 - Kapal Kontainer (*Container Ship*): Kapal ini dirancang khusus untuk mengangkut peti kemas (kontainer) standar. Keunggulannya adalah proses bongkar muat yang sangat cepat dan efisien, memungkinkan pengiriman berbagai jenis barang dalam satu wadah.
 - Kapal Tanker (*Tanker Ship*): Kapal ini berfungsi mengangkut muatan cair dalam jumlah besar, seperti minyak mentah, bahan kimia, atau gas cair. Kapal tanker memiliki tangki khusus dan struktur lambung ganda untuk keamanan ekstra.
- 8) Jelaskan secara ringkas bunyi Prinsip *Archimedes*! Prinsip *Archimedes* menyatakan bahwa gaya apung yang bekerja pada benda yang terbenam di dalam zat cair memiliki besar yang sama dengan berat zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut, dan gaya ini mengarah secara vertikal ke atas. Prinsip ini menjelaskan mengapa benda dapat mengapung atau tenggelam.
- 9) Mengapa stabilitas kapal perikanan sangat penting, terutama saat sedang beroperasi? Stabilitas sangat penting bagi kapal perikanan karena aktivitas penangkapan ikan sering dilakukan di perairan yang tidak menentu dan melibatkan operasi yang unik. Misalnya, saat menarik beban berat dari satu sisi kapal (seperti jaring atau pukat), keseimbangan kapal dapat terganggu. Stabilitas

yang baik memastikan kapal mampu kembali ke posisi tegaknya setelah mengalami kemiringan akibat gaya eksternal (ombak, angin) atau internal (aktivitas penangkapan), sehingga mencegah risiko terbalik.

10) Jelaskan peran Titik Berat (G) dan Titik Apung (B) dalam menentukan stabilitas kapal, dan bagaimana keduanya saling berkaitan!

- Titik Berat (G) adalah titik di mana seluruh gaya berat kapal (termasuk muatan, mesin, dan awak) terkonsentrasi. Posisi titik G dapat berubah tergantung pada penempatan muatan.
- Titik Apung (B) adalah pusat dari gaya angkat ke atas yang diberikan oleh air. Titik ini bergeser ketika kapal miring.
- Hubungan keduanya sangat berkaitan: stabilitas kapal ditentukan oleh posisi relatif titik G dan B. Saat kapal miring, titik B akan bergeser, menciptakan momen yang, jika G berada di bawah metasenter (M), akan bekerja untuk mengembalikan kapal ke posisi tegak. Oleh karena itu, menjaga titik G serendah mungkin dengan penempatan muatan yang tepat sangat penting untuk memastikan stabilitas positif.

BAB II

MACAM-MACAM STABILITAS PADA KAPAL

Stabilitas bukanlah konsep tunggal, melainkan sebuah subjek rekayasa yang terbagi menjadi beberapa kategori utama, masing-masing penting pada fase pelayaran yang berbeda atau jenis gangguan yang diterima. Memahami pembagian stabilitas ini sangat penting bagi insinyur, nakhoda, dan awak kapal untuk memastikan bahwa kapal siap menghadapi kondisi laut yang beragam. Tanpa stabilitas yang memadai, kapal berisiko tinggi untuk terbalik (capsize), tenggelam, atau mengalami kerusakan struktural. Terdapat tiga macam stabilitas pada sebuah kapal, yang ditentukan oleh posisi relatif antara titik berat (G) dan titik metasenter (M), yaitu:

2.1. Stabilitas Positif (Stabilitas Awal)

Stabilitas positif adalah kondisi ideal di mana kapal berada dalam keadaan stabil. Ini terjadi ketika titik metasenter (M) berada di atas titik berat (G) (M berada di atas G). Pada kondisi ini, saat kapal miring karena gangguan eksternal (seperti ombak atau angin), gaya apung yang bergeser akan menciptakan momen penegak (righting moment) yang berfungsi mengembalikan kapal ke posisi tegaknya. Semakin besar jarak antara M dan G (tinggi metasenter atau GM), semakin stabil kapal tersebut.

Ciri-Ciri Stabilitas Positif:

- ❖ Tinggi Metasenter (GM) Bernilai Positif: jarak vertikal antara titik G dan M memiliki nilai positif.

Semakin besar nilai GM, semakin besar momen penegaknya, yang berarti kapal akan semakin cepat kembali tegak.

- ❖ Aman dan Terkendali: kapal dapat berlayar dengan aman di berbagai kondisi cuaca, karena ia mampu menahan gaya dari luar tanpa risiko terbalik.
- ❖ Momen Penegak: ketika kapal miring, titik apung (B) akan bergeser ke sisi yang miring. Pergeseran ini menciptakan momen yang melawan kemiringan, mengembalikan kapal ke posisi seimbang.
- ❖ Menjaga stabilitas positif sangat penting dalam operasional kapal, terutama kapal perikanan yang sering kali mengubah beban muatan (hasil tangkapan, es, dan jaring) yang dapat memengaruhi posisi titik berat (G) kapal.

Dalam kondisi stabilitas positif, operasional penangkapan ikan dapat berjalan dengan aman dan efisien. Penebaran dan Penarikan Jaring: Saat adalah ditarik dari satu sisi kapal, beban di sisi tersebut bertambah, menyebabkan kapal miring sementara. Namun, berkat stabilitas positif, kapal akan segera tegak setelah berada di dek dan beban tersebar. Muatan Ikan: Kapal tetap seimbang meskipun palka mulai terisi penuh dengan hasil tangkapan. Dengan penempatan muatan yang benar (ikan, es, dan peralatan lainnya), pusat gravitasi kapal tetap rendah, menjaga stabilitas. Menghadapi Cuaca: Ketika ombak menghantam lambung kapal, kapal akan bergoyang (rolling) tetapi dengan cepat kembali ke posisi tegaknya, memberikan rasa aman bagi awak kapal.

2.2. Stabilitas Netral

Stabilitas netral adalah kondisi di mana kapal tidak memiliki kemampuan untuk kembali ke posisi tegak atau semakin miring. Ini terjadi ketika titik metasenter (M) dan titik berat (G) berada pada posisi yang sama (M dan G berhimpitan). Pada kondisi ini, tidak ada momen penegak atau momen penerus yang tercipta. Kapal akan tetap berada pada sudut kemiringan yang diberikan oleh gaya eksternal, dan sedikit saja pergeseran muatan bisa membuatnya menjadi tidak stabil.

Ciri-Ciri Stabilitas Netral:

- ❖ Tinggi Metasenter (GM) Bernilai Nol: Jarak vertikal antara titik G dan M adalah nol. Ini adalah indikator paling jelas dari stabilitas netral.
- ❖ Tidak Ada Momen Penegak (Righting Moment): Saat kapal miring, tidak ada kekuatan alami yang tercipta untuk mengembalikannya ke posisi seimbang. Kapal akan tetap berada pada sudut kemiringan yang sama sampai ada intervensi dari luar.
- ❖ Sangat Berbahaya dalam Operasi: Meskipun tidak langsung terbalik seperti pada stabilitas negatif, kondisi netral sangat berbahaya. Pergeseran kecil pada muatan, angin sepoi-sepoi, atau riak ombak bisa dengan mudah mengubahnya menjadi kondisi tidak stabil (stabilitas negatif), yang dapat menyebabkan kapal terbalik.

Dalam praktiknya, stabilitas netral sangat dihindari karena dianggap sebagai kondisi yang tidak aman dan tidak dapat diprediksi. Kapal dirancang dan dioperasikan untuk selalu memiliki stabilitas positif.

2.3. Stabilitas Negatif

Stabilitas negative adalah kondisi yang sangat berbahaya karena kapal menjadi tidak stabil dan berisiko terbalik. Ini terjadi jika titik metasenter (M) berada di bawah titik berat (G) (M berada di bawah G). Saat kapal miring, gaya apung akan menciptakan momen penerus (heeling moment) yang justru memperparah kemiringan, bukan mengembalikannya ke posisi tegak. Kondisi ini bisa disebabkan oleh penempatan muatan yang terlalu tinggi di kapal.

Ciri-Ciri Stabilitas Negatif:

- ❖ Tinggi Metasenter (GM) Negatif: Jarak antara titik G dan M memiliki nilai negatif. Ini Adalah indicator yang paling jelas dari stabilitas negatif dan menandakan bahaya besar.
- ❖ Adanya Momen Penerus (*Heeling Moment*): Saat kapal miring, titik apung (B) akan menciptakan momen penerus yang justru memperparah kemiringan. Alih-alih kembali tegak, kapal akan semakin miring, yang bisa berujung pada terbaliknya kapal.
- ❖ Sangat Berisiko dan Berbahaya: Kondisi ini sangat berbahaya dan harus dihindari. Stabilitas negatif bisa disebabkan oleh penempatan muatan yang terlalu tinggi (misalnya tumpukan hasil tangkapan di dek), atau air yang masuk ke dalam lambung kapal.
- ❖ Tidak Bisa Berlayar dengan Aman: Kapal dengan stabilitas negatif tidak dapat berlayar dengan aman, bahkan di perairan yang tenang. Pergerakan kecil dari awak kapal, angin, atau

ombak bisa menyebabkan kemiringan yang tidak dapat diperbaiki.

Memastikan kapal selalu berada dalam kondisi stabilitas positif adalah prioritas utama dalam keselamatan pelayaran.

❖ Tugas: Gambarkan posisi titik G, B dan M pada masing-masing kondisi stabilitas Positif, Netral dan negative!

➤ **Pembagian Stabilitas Berdasarkan Sifat**

Secara garis besar, stabilitas dibagi menjadi dua jenis utama berdasarkan sifat dan sudut kemiringan yang dialami kapal:

a) Stabilitas Statis (Initial Stability)

Stabilitas statis adalah stabilitas yang dianalisis saat kapal berada dalam kondisi diam atau hanya mengalami kemiringan pada sudut kecil (biasanya kurang dari 10^0 hingga 15^0). Pada sudut kemiringan ini, diasumsikan bahwa Titik Metasentrum (M) relatif tetap.

- Stabilitas statis ditentukan oleh Tinggi Metasentrum (GM), yaitu jarak antara Titik Berat (G) dan Titik Metasentrum (M). Nilai GM yang positif adalah indikator kunci dari stabilitas awal yang baik.
- Jenis stabilitas ini sangat penting dalam penentuan apakah kapal akan stabil, labil, atau netral pada saat pertama kali menerima gangguan. Kapal dengan GM yang tinggi disebut Kapal Kaku (*Stiff*),

dan kapal dengan GM yang terlalu rendah disebut Kapal Langsar (*Tender*).

b) Stabilitas Dinamis (Dynamical Stability)

Stabilitas dinamis adalah kemampuan kapal untuk menahan gangguan dari luar yang bersifat ekstrem atau pada sudut kemiringan yang besar (melampaui 15°). Stabilitas ini berkaitan dengan energi yang dibutuhkan untuk memiringkan kapal hingga batas-batas keselamatan tertentu.

- Stabilitas dinamis diukur dari luas area di bawah kurva stabilitas (*GZ Curve*) hingga sudut di mana Momen Penegak (*Righting Moment*) menjadi nol (titik oleng total). Kurva stabilitas (hubungan antara Sudut Kemiringan dan Lengan Penegak (GZ)) adalah alat utama untuk menganalisis stabilitas dinamis.
- Jenis stabilitas ini menunjukkan cadangan keselamatan kapal, yaitu sejauh mana kapal dapat bertahan dari olengan ekstrem yang disebabkan oleh gelombang besar atau angin badai sebelum mencapai titik terbaliknya.

➤ **Pembagian Stabilitas Berdasarkan Arah Gaya**

Stabilitas juga dikelompokkan berdasarkan sumbu atau arah kemiringan kapal:

a) Stabilitas Melintang (*Transverse Stability*)

Ini adalah jenis stabilitas yang paling sering dibahas dan paling krusial. Stabilitas melintang adalah kemampuan kapal untuk kembali tegak setelah mengalami kemiringan ke sisi kiri atau kanan (oleng atau *roll*).

- Penyebab Gangguan: Gelombang laut, angin kencang, atau pemuatan/pembongkaran muatan.
- Titik Kritis: Titik Metasentrum (M) memainkan peran sentral dalam menentukan Stabilitas Melintang.

b) Stabilitas Membujur (*Longitudinal Stability*)

Stabilitas membujur adalah kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula setelah mengalami kemiringan ke arah depan atau belakang (*pitch* atau anggukan).

- Penyebab Gangguan: Perubahan sarat air depan (*trim*) akibat pergeseran muatan dari haluan ke buritan (atau sebaliknya).
- Peran: Stabilitas membujur hampir selalu jauh lebih besar daripada stabilitas melintang karena ukuran kapal yang jauh lebih panjang daripada lebarnya. Oleh karena itu, kekhawatiran utama dalam operasional kapal adalah Stabilitas Melintang.

➤ **Jenis Stabilitas Khusus**

Selain pembagian dasar di atas, terdapat dua kondisi stabilitas yang memerlukan perhatian khusus dalam rekayasa kapal:

a) Stabilitas Kerusakan (*Damage Stability*)

Stabilitas kerusakan adalah kemampuan kapal untuk tetap mengapung dan mempertahankan stabilitasnya setelah terjadi kecelakaan yang mengakibatkan lambung kapal bocor dan air laut masuk ke dalam kompartemen.

- Fokus: Desain kapal harus mencakup sekat kedap air (*watertight bulkheads*) yang membagi lambung

menjadi kompartemen-kompartemen. Analisis stabilitas kerusakan bertujuan memastikan bahwa setelah satu atau dua kompartemen terendam air (banjir), sisa kapal masih memiliki stabilitas positif yang memadai untuk tetap terapung.

- Pentingnya: Jenis stabilitas ini sangat vital untuk kapal penumpang dan kapal niaga besar, serta diatur ketat oleh konvensi internasional seperti SOLAS.

b) Stabilitas Akibat Permukaan Bebas (*Free Surface Effect*)

Meskipun bukan jenis stabilitas *per se*, Efek Permukaan Bebas adalah fenomena yang secara drastis mengurangi stabilitas kapal. Ini terjadi ketika cairan (bahan bakar, air *ballast*, atau hasil tangkapan seperti ikan campur es) bergerak bebas di dalam tangki atau palka yang hanya terisi sebagian.

- Dampak: Pergerakan cairan tersebut secara efektif menaikkan Pusat Gravitasi semu kapal (G) dan mengurangi GM bahkan jika tidak ada muatan yang benar-benar dipindahkan. Fenomena ini adalah penyebab utama banyak kecelakaan kapal ikan dan kapal tanker.
- Mitigasi: Mengisi tangki/palka hingga penuh atau membaginya dengan sekat anti-oleng (*swash bulkheads*) adalah cara utama untuk mengatasi bahaya ini.

Posisi relatif M dan G menentukan stabilitas:

- Stabilitas Positif: di bawah ($GM > 0$).
- Stabilitas Netral: berimpit dengan ($GM = 0$).

- Stabilitas Negatif: di atas ($GM < 0$).

Stabilitas kapal ikan sangat rentan karena adanya muatan yang bergerak dan perubahan kondisi selama operasi:

- Efek Permukaan Bebas (*Free Surface Effect*)

Pergeseran titik berat kapal (G) ke atas dan ke arah senget yang diakibatkan oleh adanya cairan (air, bahan bakar, atau hasil tangkapan) di dalam tangki atau palka yang tidak terisi penuh. Pentingnya Efek ini dapat sangat mengurangi nilai GM (tinggi metasentrum) dan berpotensi menyebabkan stabilitas negatif (kapal terbalik). Relevansi pada Kapal Ikan yaitu terjadi pada tangki bahan bakar/air tawar yang berkurang, atau palka ikan yang berisi es dan air lelehan.

- Kondisi Muatan Khusus Kapal Ikan

Pengaruh Palka/Hasil Tangkapan: Hasil tangkapan yang ditempatkan tinggi (di atas dek) atau muatan yang bergeser (misalnya palka yang tidak diisi penuh dan bergerak karena olengan) akan menaikkan titik G dan mengurangi stabilitas. Kapal ikan harus memiliki prosedur pemuatan yang baik, memastikan muatan berat (balas/hasil tangkapan) berada serendah mungkin untuk mempertahankan G rendah.

Dalam desain dan operasi, kapal ikan (terutama yang berukuran tertentu) harus memenuhi kriteria stabilitas yang direkomendasikan secara internasional, seperti yang dikeluarkan oleh IMO (International Maritime Organization). Kriteria ini didasarkan pada Kurva Stabilitas Statis (GZ Curve) dan mencakup:

- Nilai Lengan Penegak Maksimum (GZmax): Kapal harus mampu menghasilkan momen penegak yang cukup.
- Sudut GZmax : Biasanya harus terjadi pada sudut oleng yang wajar (misalnya tidak kurang dari 25°).
- Luas di Bawah Kurva (Energi Stabilitas): Luas area di bawah kurva GZ hingga sudut oleng tertentu (misalnya 30° atau 40°) harus memenuhi nilai minimum, menunjukkan energi yang diperlukan untuk mengembalikan kapal ke posisi tegak setelah senget besar.
- Sudut Air Masuk (*Downflooding Angle*): Sudut senget di mana air mulai masuk melalui bukaan (misalnya lubang palka, pintu). Sudut ini harus lebih besar dari sudut GZmax.

Misalkan Kapal ikan jenis pukat cincin ("Purse Seine") bernama "SATAL" memiliki data stabilitas awal dalam kondisi muatan penuh (berangkat melaut) sebagai berikut:

Tabel 3. Parameter perhitungan stabilitas kapal ikan

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
Benaman Kapal	Δ	250	Ton	Berat total kapal
Jarak Lunas ke Metasentrum	KM	4.80	Meter	Diperoleh dari kurva hidrostatik
Jarak Lunas ke Titik Berat	KGawal	4.00	Meter	Diperoleh dari perhitungan awal

Kapal kemudian melakukan pemuatan tambahan berupa jaring pukat dan bekal (*top-heavy load*) sebelum berlayar.

Tabel 4. Muatan tambahan

Muatan Tambahan	Berat (w)	Jarak Lunas ke Titik Berat Muatan (kg)
Jaring dan Bekal	20	Ton

Pertanyaan Perhitungan

1. Hitunglah Tinggi Metasentrum Awal (GM_{awal}) sebelum pemuatan tambahan.
2. Hitunglah Momen Perpindahan Berat Total (Total Moment) setelah penambahan muatan.
3. Hitunglah Jarak Lunas ke Titik Berat Akhir (KG_{akhir}) setelah pemuatan tambahan.
4. Hitunglah Tinggi Metasentrum Akhir (GM_{akhir}) kapal.
5. Tentukan kondisi stabilitas akhir kapal (Stabil/Labil/Netral).

Jawaban dan Penyelesaian

1. Menghitung Tinggi Metasentrum Awal (GM_{awal})
Tinggi Metasentrum Awal dihitung dengan rumus dasar stabilitas:

$$GM_{awal} = KM - KG_{awal}$$

Penyelesaian:

$$GM_{awal} = 4.80 \text{ meter} - 4.00 \text{ meter}$$

$$GM_{awal} = 0.80 \text{ meter}$$

Kesimpulan: Kapal berada dalam kondisi stabil secara positif pada awalnya karena $GM_{awal} > 0$

2. Menghitung Momen Perpindahan Berat Total (*Total Moment*)

Momen perpindahan berat digunakan untuk mencari titik berat total kapal.

Tabel 5. Perhitungan momen perpindahan

Muatan	Berat (w) (Ton)	Jarak (kg) (Meter)	Momen (w×kg) (Ton.Meter)
Kapal Awal	250	4.00	250×4.00=1000
Tambahan (Jaring)	20	6.00	20×6.00=120
Total Akhir	Δ akhir=270	-	Momen total=1120

Momen Perpindahan Berat Total=1120 Ton.Meter

3. Menghitung Jarak Lunas ke Titik Berat Akhir (KG_{akhir})

KG_{akhir} dihitung dengan rumus:

$$KG_{akhir} = \frac{Momen_{Total}}{\Delta_{akhir}}$$

$$KG_{akhir} = \frac{1120 \text{ Ton meter}}{270 \text{ ton}}$$

$$KG_{akhir} \approx 4,148 \text{ m}$$

Analisis: Penambahan muatan di ketinggian 6.00 meter telah menaikkan Titik Berat Kapal (KG) dari 4.00 meter menjadi ≈ 4.15 meter.

4. Menghitung Tinggi Metasentrum Akhir (GM_{akhir})
 Tinggi Metasentrum Akhir dihitung dengan rumus yang sama, tetapi menggunakan KG_{akhir} . Kita asumsikan KM tetap untuk pemuatan yang relatif kecil (sudut senget kecil):

$$GM_{akhir} = KM - KG_{akhir}$$

Penyelesaian:

$$GM_{akhir} = 4.80 \text{ meter} - 4.148 \text{ meter}$$

$$GM_{akhir} = 4.80 \text{ meter} - 4.148 \text{ meter}$$

5. Menentukan Kondisi Stabilitas Akhir Kapal

Tabel 6. Hasil kondisi stabilitas akhir

Parameter	Nilai Akhir
KM	4.80 m
KG_{akhir}	4.148 m
GM_{akhir}	0.652 m

Karena GM_{akhir} bernilai **Positif** ($0.652\text{m} > 0$) dan KG_{akhir} ($\approx 4.15\text{m}$) masih berada di bawah KM (4.80), maka:

Kondisi Stabilitas Akhir Kapal adalah STABIL (Stabilitas Positif).

Meskipun kapal tetap stabil, penambahan muatan *top-heavy* sebesar ton telah menurunkan Tinggi Metasentrum (GM) dari meter menjadi 0.652 m, yang berarti stabilitas kapal berkurang.

Latihan Soal!

Objektif:

- 1) Pada kondisi stabilitas positif, manakah pernyataan di bawah ini yang paling tepat menggambarkan posisi relatif antara titik metasenter (M) dan titik berat (G)?
 - a) Titik M dan titik G berhimpitan.
 - b) Titik G dan titik M selalu berjarak nol.
 - c) Titik M berada di atas titik G.
 - d) Titik G berada di atas titik M.

Jawaban: C

- 2) Dalam operasional kapal, mengapa stabilitas positif sangat penting, terutama bagi kapal perikanan?
 - a) Karena kapal mampu menahan gaya dari luar dan mengembalikan diri ke posisi tegak setelah miring.
 - b) Karena kondisi ini menjamin kapal tidak akan pernah miring.
 - c) Karena menciptakan momen penerus saat kapal miring, yang membantu kapal kembali tegak.
 - d) Karena stabilitas positif memungkinkan penambahan muatan ikan tanpa memengaruhi posisi titik berat (G).

Jawaban: a

- 3) Jika sebuah kapal mengalami stabilitas netral, apa yang terjadi pada tinggi metasenternya (GM)?
 - a) GM bernilai negatif.
 - b) GM bernilai nol.
 - c) GM bernilai positif.
 - d) GM bernilai tak terhingga.

Jawaban: b

- 4) Kondisi stabilitas mana yang paling berbahaya bagi kapal karena berisiko terbalik, dan mengapa?
- a) Stabilitas awal, karena dapat berubah menjadi stabilitas netral.
 - b) Stabilitas negatif, karena menciptakan momen penerus yang memperparah kemiringan.
 - c) Stabilitas positif, karena M berada di atas G.
 - d) Stabilitas netral, karena M dan G berhimpitan.

Jawaban: b

- 5) Penempatan muatan yang terlalu tinggi di kapal dapat menyebabkan kondisi yang sangat tidak aman. Apa hubungan antara penempatan muatan tinggi dengan stabilitas kapal?
- a) Muatan tinggi menyebabkan momen penegak meningkat, membuat kapal lebih cepat kembali tegak.
 - b) Muatan tinggi menyebabkan titik metasenter (M) turun, meningkatkan stabilitas positif.
 - c) Muatan tinggi tidak memengaruhi stabilitas kapal asalkan muatan terdistribusi secara merata.
 - d) Muatan tinggi menyebabkan titik berat (G) naik, sehingga G berada di atas M, menciptakan stabilitas negatif.

Essay

1. Perbedaan Stabilitas: Jelaskan perbedaan mendasar antara stabilitas positif dan stabilitas negatif. Sertakan penjelasan tentang posisi relatif titik metasenter (M) dan titik berat (G), serta jenis momen yang tercipta pada masing-masing kondisi.

2. Pentingnya Stabilitas Positif: Mengapa menjaga stabilitas positif sangat penting dalam operasional kapal, terutama kapal perikanan? Berikan contoh situasi operasional yang menunjukkan pentingnya stabilitas positif.
3. Kondisi Stabilitas Netral: Jelaskan apa yang dimaksud dengan kondisi stabilitas netral pada kapal. Apa ciri-ciri utamanya dan mengapa kondisi ini dianggap berbahaya dalam operasi pelayaran?
4. Faktor-Faktor Pengubah Stabilitas: Sebutkan dan jelaskan bagaimana faktor-faktor seperti penempatan muatan dan masuknya air ke dalam lambung dapat mengubah stabilitas kapal dari positif menjadi negatif.
5. Momen Penegak vs Momen Penerus: Jelaskan secara rinci perbedaan fungsi antara momen penegak (righting moment) dan momen penerus (heeling moment). Mengapa keberadaan kedua momen ini menjadi penentu utama kondisi stabilitas kapal?

Jawaban:

1. Stabilitas Positif: Terjadi ketika titik metasenter (M) berada di atas titik berat (G). Saat kapal miring, kondisi ini menciptakan momen penegak (righting moment) yang bekerja untuk mengembalikan kapal ke posisi tegaknya.
Stabilitas Negatif: Terjadi ketika titik metasenter (M) berada di bawah titik berat (G). Saat kapal miring, kondisi ini menciptakan momen penerus (heeling moment) yang justru memperparah kemiringan, sehingga kapal berisiko terbalik.

2. Stabilitas positif sangat penting karena memastikan kapal dapat beroperasi dengan aman. Kondisi ini memungkinkan kapal menahan gangguan eksternal seperti ombak atau pergeseran beban muatan tanpa risiko terbalik. Contoh: Saat jaring ditarik dari satu sisi kapal, beban di sisi tersebut bertambah dan menyebabkan kapal miring. Berkat stabilitas positif, momen penegak akan segera bekerja untuk mengembalikan kapal ke posisi seimbang setelah beban tersebar.
3. Stabilitas Netral adalah kondisi di mana titik metasenter (M) dan titik berat (G) berada pada posisi yang sama (berhimpitan). Ciri utamanya adalah Tinggi Metasenter (GM) bernilai nol. Kondisi ini berbahaya karena kapal tidak memiliki kemampuan untuk kembali tegak atau semakin miring. Sedikit saja pergeseran muatan atau gangguan eksternal dapat dengan mudah mengubahnya menjadi stabilitas negatif.
4. Penempatan Muatan: Jika muatan ditempatkan terlalu tinggi di kapal (misalnya tumpukan hasil tangkapan di dek), ini akan menyebabkan titik berat (G) kapal naik. Jika G naik melampaui posisi M, maka stabilitas kapal akan berubah menjadi negatif. Masuknya Air: Air yang masuk ke dalam lambung kapal juga dapat menambah bobot dan mengubah pusat gravitasi kapal. Jika air ini menumpuk di bagian atas kapal atau di sisi yang salah, posisi titik berat (G) bisa naik dan bergeser, yang dapat menyebabkan stabilitas negatif.
5. Momen Penegak (*Righting Moment*): Merupakan gaya yang bekerja untuk melawan kemiringan

kapal. Momen ini tercipta pada kondisi stabilitas positif dan berfungsi untuk mengembalikan kapal ke posisi tegaknya setelah miring. Momen Penerus (*Heeling Moment*): Merupakan gaya yang bekerja untuk memperparah kemiringan kapal. Momen ini tercipta pada kondisi stabilitas negatif dan menyebabkan kapal semakin miring, yang bisa berujung pada terbalik. Keberadaan momen-momen ini menjadi penentu utama karena mereka secara langsung mengendalikan apakah kapal akan stabil (kembali tegak) atau tidak stabil (semakin miring) saat menghadapi gangguan.

BAB III

HUBUNGAN TINGGI METACENTER DAN WAKTU OLENG:

Tinggi Metacentre, Waktu Olang, Momen Penegak Dan Trim

3.1. GM dan Waktu Olang

Tinggi metasenter (GM) secara langsung memengaruhi waktu olang kapal, yang merupakan waktu yang dibutuhkan kapal untuk menyelesaikan satu siklus goyangan dari satu sisi ke sisi lain dan kembali lagi.

- ❖ Tinggi GM Besar: Sebuah kapal dengan tinggi GM yang besar memiliki stabilitas yang tinggi dan momen penegak yang besar. Hal ini menyebabkan kapal akan kembali tegak dengan sangat cepat setelah miring. Akibatnya, kapal akan memiliki waktu olang yang pendek dan gerakannya terasa "kaku" atau "patah-patah" di laut.
- ❖ Tinggi GM Kecil: Sebaliknya, kapal dengan tinggi GM yang kecil memiliki stabilitas yang rendah dan momen penegak yang kecil. Kapal akan membutuhkan waktu lebih lama untuk kembali tegak setelah miring. Hal ini menghasilkan waktu olang yang panjang, di mana gerakan kapal terasa lambat dan "halus".

Meskipun waktu olang yang pendek mungkin terdengar baik, gerakan yang terlalu cepat dapat membuat penumpang dan awak kapal merasa tidak nyaman. Oleh karena itu, para desainer kapal berusaha menemukan keseimbangan yang tepat untuk menciptakan stabilitas yang aman namun tetap nyaman.

3.2. Tinggi Metasenter (GM) dan Waktu Oleng

Tinggi *metasenter* atau GM (*Metacentric Height*) adalah jarak vertikal antara titik berat kapal (G) dan titik metasenter (M). Nilai GM merupakan indikator utama dari stabilitas awal kapal.

- GM yang besar berarti titik berat (G) kapal berada jauh di bawah metasenter (M). Ini menunjukkan kapal memiliki stabilitas awal yang sangat baik dan akan kembali ke posisi tegaknya dengan cepat setelah oleng. Namun, ini juga berarti kapal akan bergerak kembali dengan sentakan yang keras dan cepat. Hal ini membuat waktu oleng (rolling period) kapal menjadi singkat. Meskipun stabil, olengan yang cepat dan menyentak-nyentak ini bisa menyebabkan ketidaknyamanan bagi awak kapal dan muatan.
- GM yang kecil menunjukkan kapal memiliki stabilitas awal yang kurang baik. Kapal akan kembali ke posisi tegaknya dengan lambat. Akibatnya, waktu oleng menjadi lebih lama. Kondisi ini sering disebut "lembut" (tender), yang lebih nyaman bagi awak kapal tetapi kurang stabil.
- GM negatif terjadi ketika titik berat (G) berada di atas titik metasenter (M). Dalam kondisi ini, kapal tidak memiliki momen penegak dan akan terus miring hingga terbalik. Ini adalah kondisi yang sangat berbahaya dan tidak stabil.

Hubungan GM dengan waktu oleng (T) dapat digambarkan secara matematis sebagai berikut:

$$T = \frac{C \times B}{\sqrt{GM}}$$

Di mana:

T= Waktu Olang (detik)

B= Lebar Kapal (*Beam*) (meter)

GM= Tinggi Metasentrum (meter)

C= Konstanta (sekitar 0.4 hingga 0.8, tergantung bentuk kapal)

3.3. Momen Penegak dan Tinggi Metacentre (GM)

Momen penegak (Righting Moment) adalah gaya yang mengembalikan kapal ke posisi tegaknya. Momen ini dihasilkan oleh pasangan gaya yang dibentuk oleh gaya berat yang bekerja pada titik berat (G) dan gaya apung yang bekerja pada titik apung (B) ketika kapal miring. Lengan dari pasangan gaya ini disebut lengan penegak (GZ).

Hubungannya dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Momen Penegak} = \Delta \times GZ$$

Dimana Δ adalah berat kapal (**displacement**).

Pada sudut kemiringan kecil (sekitar 0 hingga 10-15 derajat), lengan penegak (GZ) dapat dihitung dengan rumus:

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

Di mana θ adalah sudut kemiringan kapal.

Berdasarkan rumus ini, kita dapat melihat bahwa momen penegak berbanding lurus dengan tinggi metasenter (GM). Semakin besar nilai GM, semakin besar pula momen penegak yang dihasilkan, yang berarti kapal memiliki kemampuan yang lebih besar untuk kembali ke posisi tegak.

3.4. Trim dan Stabilitas Kapal

Trim adalah perbedaan sarat (*draft*) antara haluan dan buritan kapal. Trim menunjukkan kemiringan kapal dalam arah membujur (*longitudinal*). Meskipun trim dan oleng (rolling, kemiringan melintang) adalah dua jenis gerakan yang berbeda, keduanya dipengaruhi oleh distribusi muatan di kapal.

- Distribusi muatan yang tidak seimbang secara memanjang (misalnya, lebih banyak muatan di haluan) akan menyebabkan kapal mengalami trim. Trim memengaruhi stabilitas kapal karena dapat mengubah posisi titik berat (G) dan titik apung (B) secara memanjang.
- Trim yang berlebihan, terutama "trim by the head" (trim depan), dapat mengurangi stabilitas melintang kapal dan meningkatkan hambatan kapal saat berlayar, yang pada akhirnya dapat memengaruhi kinerja kapal dan keselamatannya.
- Berbeda dengan momen penegak yang bekerja untuk mengatasi kemiringan melintang, trim diatur oleh momen penegak membujur yang bekerja untuk

Gambar diatas mengilustrasikan dilema utama stabilitas kapal:

- Stabilitas yang sangat baik (*Stiff*/GM Tinggi) memberikan keamanan struktural tetapi menghasilkan gerakan oleng yang cepat dan tidak nyaman.
- Stabilitas yang nyaman (*Tender*/GM Rendah) menghasilkan periode oleng yang lambat, tetapi mendekati batas labil, meningkatkan risiko *capsize* (terbalik) dalam kondisi ekstrem.

Hubungan antara tinggi metasenter (GM), waktu oleng, momen penegak, dan trim sangat krusial dalam menentukan stabilitas kapal. Secara umum, stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali ke posisi tegaknya setelah terganggu oleh gaya eksternal seperti ombak atau angin. Berikut adalah hubungan dari setiap elemen tersebut:

Pengaruh Terhadap Stabilitas Melintang (GM_L)

Secara umum, *trim* memengaruhi stabilitas melintang (GM) karena perubahan bentuk bagian kapal yang tercelup air, yang pada gilirannya memengaruhi posisi Titik Metasentrum (M).

- Pada kapal berkecepatan tinggi atau kapal ikan modern, perubahan sarat air rata-rata dan trim yang ekstrem dapat mengubah bentuk Garis Air (*Waterline*) dan posisi Titik Apung (B).
- Perubahan B akan memengaruhi Titik Metasentrum melintang (BM), dan dengan demikian memengaruhi secara keseluruhan. Namun, pengaruh *trim* pada GM melintang relatif kecil

dibandingkan dengan perubahan G akibat distribusi muatan vertikal.

Stabilitas Membujur (GM_L)

- *Trim* secara fundamental berkaitan dengan Stabilitas Membujur (GM_L).
- GM_L (jarak metasentrum membujur) biasanya sangat besar pada kapal, yang berarti kapal sangat stabil terhadap kemiringan membujur (mengganggu/*pitching*). Inilah mengapa kapal sangat sulit untuk terbalik dari haluan ke buritan.

Poin Penting untuk Kapal Ikan:

Manajemen muatan (penempatan es, bahan bakar, dan hasil tangkapan) adalah faktor utama yang memengaruhi G dan GM . Kru kapal harus selalu menjaga G serendah mungkin untuk mempertahankan GM positif yang optimal, dan meminimalkan Efek Permukaan Bebas (cairan yang bergerak bebas di palka) yang dapat menyebabkan penurunan secara GM drastis.

Inclining Experiment

Mengukur stabilitas kapal secara manual di kapal ikan, khususnya untuk mengetahui nilai Tinggi Metasentrum (M) aktual, dilakukan melalui uji yang dikenal sebagai Uji Kemiringan (*Inclining Experiment*).

Namun, karena Uji Kemiringan adalah prosedur yang rumit dan hanya dilakukan sekali pada kapal baru, di operasional harian kapal ikan, pengukuran stabilitas manual dilakukan dengan metode yang lebih sederhana untuk memverifikasi posisi Titik Berat (KG) atau memantau periode oleng (*rolling period*) kapal.

Berikut adalah dua cara utama untuk melakukan pengukuran stabilitas secara manual di kapal ikan:

1. Uji Kemiringan Sederhana (Verifikasi)

Uji Kemiringan Sederhana adalah cara paling akurat untuk menentukan posisi Titik Berat Kapal (G) dan menghitung GM setelah adanya perubahan besar pada muatan atau struktur kapal.

a) Prinsip Dasar

Uji ini didasarkan pada pengukuran sudut kemiringan (θ) yang dihasilkan dari perpindahan beban uji (w) melintang sejauh (d).

$$\text{Tinggi Metasentrum (GM)} = \frac{w \times d}{\Delta \times \tan \theta}$$

w : Berat beban uji yang dipindahkan (Ton).

d : Jarak perpindahan beban secara melintang (Meter).

Δ : Benaman atau Berat Total Kapal (Ton).

θ : Sudut kemiringan yang dihasilkan (Derajat).

b) Prosedur Manual

1. Persiapan: Pastikan kapal berada di perairan tenang, tanpa kontak dengan dermaga. Semua muatan, bahan bakar, dan perbekalan harus dalam kondisi terukur atau terisi penuh/kosong untuk menghindari Efek Permukaan Bebas.
2. Peralatan: Siapkan beban uji yang beratnya terukur (biasanya karung semen atau drum air), meteran, dan alat pengukur kemiringan (*pendulum* panjang atau *inclinometer*) yang dipasang di tengah kapal.
3. Pengukuran:
 - o Ukur berat beban uji (w) dan tentukan jarak perpindahan yang akan dilakukan (d).

- Tentukan T_{awal} (Sarat Kapal) untuk mendapatkan Δ (Benaman) dari kurva hidrostatik kapal.
 - Pindahkan beban w dari satu sisi lambung ke sisi lainnya sejauh d .
 - Ukur sudut kemiringan (θ) yang dihasilkan oleh perpindahan tersebut.
4. Perhitungan: Masukkan nilai w , d , Δ dan θ ke dalam rumus di atas untuk mendapatkan nilai GM saat itu.
 5. Verifikasi : KG Dengan KM yang didapat dari kurva hidrostatik, nilai KG (Titik Berat) dapat dihitung: $KG = KM - GM$.

2. Pemantauan Stabilitas Harian Melalui Periode Olang (*Rolling Period*)

Cara ini adalah metode non-invasif dan paling praktis yang digunakan oleh awak kapal saat berlayar untuk menilai stabilitas kapal secara cepat dan kualitatif.

a) Prinsip Dasar

Seperti yang dijelaskan pada analisis gambar sebelumnya, terdapat hubungan terbalik antara GM dan periode olang (T_R):

$$\text{Periode Olang } (T_R) \approx \frac{C}{\sqrt{GM}}$$

- GM Tinggi → Kapal Kaku (*Stiff*) → Periode Olang Pendek.
- GM Rendah → Kapal Langsar (*Tender*) → Periode Olang Panjang.

b) Prosedur Manual

1. Pemicu Olengan: Saat kapal berada di laut dengan gelombang kecil atau sedang, biarkan kapal oleng secara alami.
2. Pengukuran Waktu: Gunakan *stopwatch* untuk mengukur waktu yang dibutuhkan kapal untuk menyelesaikan sejumlah siklus oleng penuh (misalnya, dari sisi kiri ke sisi kanan, dan kembali ke sisi kiri). Lakukan pengukuran ini untuk 5 hingga 10 siklus.
3. Perhitungan :
4. Penilaian Kualitatif:
 - Bandingkan T_R aktual dengan T_R ideal kapal yang tertera di Buku Stabilitas.
 - Jika T_R kapal jauh lebih panjang dari nilai idealnya, berarti GM telah turun drastis (kapal *Tender*), mengindikasikan bahwa Titik Berat (KG) terlalu tinggi (misalnya, karena *free surface effect* atau kelebihan muatan di atas geladak).
 - Jika T_R kapal jauh lebih pendek dari nilai idealnya, berarti GM terlalu tinggi (kapal *Stiff*), yang meskipun aman, dapat menyebabkan gerakan kapal yang keras dan tidak nyaman.

Metode pemantauan T_R ini penting karena penurunan GM (perpanjangan T_R) sering menjadi peringatan dini bahaya stabilitas yang disebabkan oleh muatan air di palka ikan (*free surface effect*).

Stabilitas Kapal Ikan Berdasarkan Tipe Operasi Alat Tangkap

Stabilitas kapal ikan sangat dinamis dan dipengaruhi langsung oleh jenis operasi penangkapan yang dilakukan. Setiap metode penangkapan menciptakan momen oleng (heeling moment) yang berbeda pada kapal.

- **Kapal Pukat Cincin (*Purse Seiner*)**

Kapal pukat cincin (purse seine) adalah kapal yang mengoperasikan alat tangkap berupa jaring besar berbentuk persegi panjang yang dirancang untuk menangkap gerombolan ikan pelagis, seperti tuna, sarden, dan makarel. Jaring ini dipasang mengelilingi kawanan ikan, lalu bagian bawahnya ditarik menggunakan purse line sehingga membentuk seperti kantong atau mangkuk, menjebak ikan di dalamnya.

Kapal pukat cincin adalah salah satu tipe yang memiliki tantangan stabilitas paling ekstrem, terutama pada fase penarikan (hauling) dan pemuatan.

Tabel 7. Prosedur pengendalian tantangan pada setiap fase pengoperasian purse seine

Fase Operasi	Tantangan Stabilitas	Prosedur Pengendalian
Penebaran Jaring (Setting)	Perubahan distribusi berat saat jaring dan kapal pendamping (skiff) diluncurkan.	Pastikan peluncuran jaring dilakukan secara teratur dan dari posisi yang stabil.

<p>Pengerutan/Penarikan Tali Cincin (Purssing)</p>	<p>Momen Tarik Lateral: Penarikan tali cincin (purse line) menghasilkan gaya tarik yang kuat di samping kapal, menyebabkan kemiringan melintang (heel) signifikan.</p>	<p>Gunakan Stabilizer/Outrigger: Aktifkan dan posisikan penstabil (jika ada) untuk melawan momen tarik lateral. Reduksi Kecepatan Tarik: Tarik tali secara bertahap dan perlahan untuk menjaga kemiringan dalam batas aman.</p>
<p>Penarikan Jaring (Hauling)</p>	<p>Peningkatan Titik Berat (G): Jaring yang ditarik menggunakan power block (yang terletak tinggi pada boom) dan ikan yang terkumpul di kantong jaring (mulanya tinggi) menyebabkan Titik G kapal naik.</p>	<p>Jaga Ketinggian Boom: Posisi power block harus dijaga serendah mungkin saat menarik jaring. Pemuatan Cepat dan Rendah: Setelah ikan diangkat ke geladak, segera pindahkan dan simpan ke dalam palka (hold) di bawah garis air untuk menurunkan Titik G kapal.</p>
<p>Pemuatan Ikan Penuh</p>	<p>Kondisi Top-Heavy Sementara: Jumlah hasil tangkapan yang besar, terutama jika menumpuk di geladak sebelum</p>	<p>Monitor Draft dan Freeboard: Pastikan kapal tidak kelebihan muatan hingga mengurangi jarak lambung bebas (freeboard) terlalu jauh, yang meningkatkan</p>

	dipindahkan, dapat membuat kapal top-heavy (G tinggi).	risiko air masuk ke geladak.
--	--	------------------------------

- **Kapal Trawl/Pukat Tarik (*Trawler*)**

Jenis kapal penangkap ikan yang menggunakan jaring berbentuk kantong yang ditarik atau dihela di dalam air. Alat ini bekerja dengan cara menyeret jaring melalui kolom air atau di dasar laut untuk menangkap ikan atau biota laut lainnya. Penggunaan trawler, terutama pukat hela dasar, sering kali merusak ekosistem laut karena sifatnya yang tidak selektif dan mengancam keberlanjutan sumber daya ikan, sehingga dilarang di Indonesia.

Stabilitas pada kapal *trawler* dipengaruhi oleh gaya tarik yang bekerja pada jaring dan kondisi beban yang tiba-tiba.

Tabel 8. Prosedur pengendalian tantangan pada setiap fase pengoperasian Trawl/Pukat Tarik (*Trawler*)

Fase Operasi	Tantangan Stabilitas	Prosedur Pengendalian
1. Penebaran & Penarikan (Towing)	Gaya Tarik ke Belakang: Gaya tarik yang kuat pada tali trawl dapat menyebabkan momen trim ke belakang (trim by stern) dan mengurangi freeboard	Jalur Tarik Rendah: Pastikan titik tarik tali trawl berada serendah mungkin di buritan kapal (dekat dengan garis tengah kapal) untuk meminimalkan momen oleng lateral. Monitor Tegangan Tali: Waspadaai tegangan yang tidak normal, yang

	buritan.	dapat disebabkan oleh jaring tersangkut (hang-up).
2. Jaring Tersangkut (Hang-up)	Momen Oling Mendadak: Jika jaring tersangkut di dasar laut, gaya tarik kapal dapat menciptakan momen oling ekstrem yang berpotensi menyebabkan terbalik (capsizing).	Prosedur Pelepasan Cepat: Kapten harus memiliki prosedur untuk melepaskan tali trawl secara cepat (misalnya, sistem quick release) saat tegangan melebihi batas aman. Ubah Haluan: Segera kurangi kecepatan dan ubah haluan untuk mengurangi momen oling.
3. Hauling (Penarikan Jaring ke Geladak)	Titik G Naik: Penarikan hasil tangkapan yang berat ke geladak (biasanya di sisi lambung atau buritan) menaikkan Titik G kapal.	Penempatan Muatan: Segera amankan dan pindahkan hasil tangkapan dari geladak ke palka di bawah. Jangan biarkan muatan menumpuk di geladak.

- **Kapal Pancing Ulur (Longliner / Vertical Line) & Pancing Tonda (Trolling)**

Kapal pancing ulur (long liner/vertical line) adalah jenis kapal yang menggunakan alat pancing sederhana seperti joran atau tali pancing dengan pemberat untuk menangkap ikan di kedalaman tertentu. Sementara itu, pancing tonda (trolling) adalah jenis kapal yang mengoperasikan alat tangkap berupa tali panjang yang ditarik di belakang kapal yang bergerak, dengan umpan buatan, untuk menangkap

ikan pelagis. Kapal dengan alat tangkap sederhana cenderung memiliki stabilitas yang lebih baik, namun tantangannya muncul dari perubahan kondisi operasional dan cuaca.

Tabel 9. Prosedur pengendalian tantangan pada setiap fase pengoperasian Pancing Ulur & Pancing Tonda

Fase Operasi	Tantangan Stabilitas	Prosedur Pengendalian
1. Setting & Hauling (Pancing Ulur)	Pergerakan ABK: Kru sering berdiri di sisi kapal untuk mengangkat tali pancing atau tali utama, menyebabkan perubahan berat lokal dan oleng.	Aturan Posisi Kru: Batasi jumlah kru yang bekerja di satu sisi kapal pada waktu yang sama. Gunakan Stabilizer/Penyangga: Kapal yang lebih kecil dapat menggunakan outrigger atau penstabil gulingan (roll stabilizers) untuk mengurangi olengan saat beroperasi.
2. Saat Memancing (Pancing Tonda)	Manuver Cepat: Manuver dan belokan tajam (turning) saat mengikuti ikan dapat menciptakan gaya sentrifugal yang menyebabkan kapal miring.	Kecepatan Aman: Pertahankan kecepatan dan radius putar yang wajar untuk menghindari kemiringan berlebihan.
3. Cuaca Buruk	Pengoperasian pada Ombak Tinggi: Kapal kecil lebih	Hentikan Operasi: Hentikan operasi penangkapan saat ketinggian gelombang melebihi

	rentan terhadap gulingan ekstrem dan air yang masuk ke geladak (deck water) saat cuaca memburuk.	batas aman kapal. Tutup Lubang Akses: Pastikan semua palka dan lubang kedap air tertutup rapat untuk mencegah banjir di ruang bawah.
--	--	--

Latihan Soal!

Objektif:

- 1) Apa yang terjadi pada waktu oleng kapal jika memiliki tinggi metasenter (GM) yang besar?
 - a) Kapal tidak akan oleng sama sekali, karena stabilitasnya sempurna.
 - b) Waktu oleng akan sangat pendek, dan gerakan kapal terasa kaku atau "patah-patah".
 - c) Momen penegak kapal akan menjadi nol.
 - d) Waktu oleng akan lebih lama, dan gerakan kapal terasa halus.

Jawaban: b

- 2) Apa hubungan antara momen penegak (Righting Moment) dengan tinggi metasenter (GM) pada sudut kemiringan kecil?
 - a) Momen penegak hanya berhubungan dengan GM ketika kapal dalam kondisi trim.
 - b) Momen penegak berbanding terbalik dengan GM.
 - c) Momen penegak tidak berhubungan dengan GM.
 - d) Momen penegak berbanding lurus dengan GM.

Jawaban: d

- 3) Apa yang ditunjukkan oleh kondisi kapal yang disebut "lembut" (tender)?

- a) Kapal berada dalam kondisi GM negatif.
- b) Kapal memiliki stabilitas yang baik dan waktu oleng yang pendek.
- c) Kapal memiliki stabilitas yang rendah dengan GM yang kecil.
- d) Kapal memiliki GM yang sangat besar, membuatnya sangat stabil.

Jawaban: c

- 4) Bagaimana kondisi kapal jika tinggi metasenter (GM) bernilai negatif?
- a) Kapal akan memiliki stabilitas yang sangat baik dan cepat kembali tegak.
 - b) Gerakan kapal akan terasa lebih nyaman dan halus bagi awak kapal.
 - c) Kapal akan terus miring hingga terbalik karena tidak memiliki momen penegak.
 - d) Kapal akan memiliki waktu oleng yang sangat panjang, tetapi tetap stabil.

Jawaban: c

- 5) Mengapa trim secara tidak langsung dapat memengaruhi stabilitas melintang kapal?
- a) Karena trim hanya memengaruhi pergerakan vertikal kapal, bukan horizontal.
 - b) Karena perubahan trim dapat mengubah posisi titik apung dan titik metasenter.
 - c) Karena trim secara langsung menyebabkan GM kapal menjadi negatif.
 - d) Karena trim menyebabkan momen penegak langsung menghilang.

Jawaban: b

Essay

1. Jelaskan perbedaan mendasar antara kapal yang memiliki Tinggi GM Besar (disebut *Stiff*) dan kapal dengan Tinggi GM Kecil (disebut *Tender*) ditinjau dari kenyamanan dan waktu olengnya.

Jawaban: Kapal dengan GM Besar (Stiff) memiliki stabilitas awal yang sangat tinggi dan waktu oleng yang pendek. Kapal kembali tegak dengan cepat tetapi menghasilkan gerakan yang kaku dan menyentak-nyentak, yang tidak nyaman bagi awak kapal. Sebaliknya, kapal dengan GM Kecil (Tender) memiliki stabilitas awal yang rendah dan waktu oleng yang panjang. Kapal kembali tegak secara perlahan, menghasilkan gerakan yang lambat dan "halus" (lebih nyaman), tetapi lebih mendekati batas labil dan kurang aman dalam kondisi laut ekstrem.

2. Apa yang dimaksud dengan Momen Penegak (*Righting Moment*) dan bagaimana hubungannya dengan Tinggi Metasenter (GM) pada sudut kemiringan kecil? Tuliskan juga rumus dasarnya.

*Jawaban: Momen Penegak adalah gaya putar yang bekerja untuk mengembalikan kapal ke posisi tegaknya setelah miring. Momen ini berbanding lurus dengan Tinggi Metasenter (GM). Semakin besar GM, semakin besar momen penegak yang dihasilkan. Rumus dasar (pada sudut kemiringan kecil): Di mana (*lengan penegak*) dapat diaproksimasi sebagai .*

3. Dalam operasi kapal Pukat Cincin (*Purse Seiner*), sebutkan dua (2) fase operasi yang paling rentan terhadap hilangnya stabilitas dan jelaskan secara singkat mengapa fase tersebut berbahaya.

Jawaban: Dua fase yang paling rentan adalah:

- *Pengerutan/Penarikan Tali Cincin (Purssing): Menghasilkan momen tarik lateral yang sangat kuat di samping kapal, menyebabkan kemiringan melintang (heel) signifikan dan tiba-tiba.*
 - *Penarikan Jaring (Hauling) dengan Power Block: Power block terletak tinggi pada boom. Penarikan jaring dan ikan yang terkumpul di kantong jaring menaikkan Titik Berat (G) kapal secara drastis, menyebabkan kondisi top-heavy dan mengurangi GM.*
4. *Jelaskan mengapa Jaring Tersangkut (Hang-up) pada operasi kapal Trawl/Pukat Tarik dapat menciptakan momen oleng ekstrem dan sebutkan tindakan korektif darurat utama yang harus dilakukan Nahkoda.*

Jawaban: Jaring yang tersangkut di dasar laut saat kapal terus menarik menciptakan gaya tarik yang berlebihan dan tidak terduga pada titik di buritan, menghasilkan momen oleng ekstrem yang berpotensi menyebabkan kapal terbalik (capsizing). Tindakan korektif darurat utamanya adalah Prosedur Pelepasan Cepat (quick release), di mana Nahkoda harus segera memiliki mekanisme untuk melepaskan tali trawl secara cepat (memotong atau menggunakan sistem pelepasan) sebelum tegangan melampaui batas stabilitas kapal.

5. *Apa itu Periode Oleng (Rolling Period) dan bagaimana cara awak kapal ikan melakukan*

Pemantauan Stabilitas Harian secara kualitatif menggunakan periode oleng ini?

Jawaban: Periode Oleng (T) adalah waktu yang dibutuhkan kapal untuk menyelesaikan satu siklus gulingan penuh (dari sisi ke sisi lain dan kembali). Awak kapal melakukan pemantauan stabilitas harian secara kualitatif dengan:

- *Mengukur Waktu Oleng: Menggunakan stopwatch untuk mengukur waktu yang dibutuhkan kapal menyelesaikan sejumlah siklus oleng.*
- *Penilaian Kualitatif: Membandingkan waktu oleng (T atau T_R) aktual dengan waktu oleng ideal kapal (dari Buku Stabilitas). Jika T menjadi jauh lebih panjang, itu adalah indikasi bahwa GM telah menurun drastis (kapal Tender), seringkali karena free surface effect atau Titik G terlalu tinggi, yang merupakan peringatan dini bahaya stabilitas.*

BAB IV

KONDISI KAPAL PADA SAAT SAGING, HOGING DAN PENGARUH NILAI DISPLACEMENT MAUPUN COEFISIEN BALOK (Cb)

Struktur kapal dirancang untuk menahan berbagai jenis gaya yang bekerja padanya selama beroperasi. Dua kondisi penting yang mempengaruhi integritas struktural kapal adalah saging dan hogging. Kondisi ini merujuk pada defleksi longitudinal lambung kapal akibat distribusi bobot dan gaya apung yang tidak merata. Selain itu, karakteristik desain kapal seperti displacement dan koefisien balok (C_b) juga memainkan peran penting dalam perilaku strukturalnya.

Sagging dan Hogging

Dalam operasionalnya, kapal akan mengalami tegangan lentur (*bending stress*) akibat interaksi antara gaya berat (*gravity*) dan gaya apung (*buoyancy*) seperti yang sudah dijelaskan pada pertemuan sebelumnya. Ketidakseimbangan distribusi kedua gaya ini di sepanjang lambung kapal dapat menyebabkan deformasi membujur yang dikenal sebagai *Sagging* dan *Hogging*.

4.1. Sagging

Sagging adalah Kondisi di mana bagian tengah kapal membengkok ke bawah. Ini terjadi ketika gaya berat (misalnya, muatan yang terkonsentrasi di tengah kapal) lebih besar daripada gaya apung di bagian tengah, sedangkan di bagian ujung (haluan dan buritan) gaya

apungnya lebih besar. Ini sering terjadi saat kapal berada di puncak dua gelombang besar, dengan gelombang di ujung kapal dan lembah gelombang di bagian tengah.

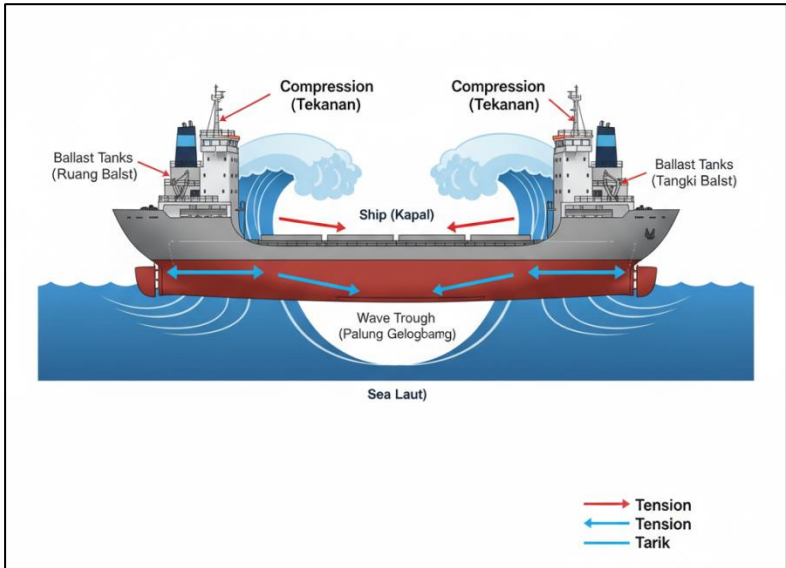
Tegangan yang terjadi pada saat sagging yaitu bagian geladak (*deck*) akan mengalami tegangan tekan (*compression*), sedangkan bagian lunas (*bottom*) akan mengalami tegangan tarik (*tension*).

Penyebab terjadinya sagging:

- Muatan terkonsentrasi di ujung-ujung kapal: Misalnya, tangki ballast penuh di haluan dan buritan, sementara tengah kapal kosong.
- Bobot air di bagian tengah kapal lebih rendah: Ketika kapal berada di antara dua gelombang besar, dengan puncak gelombang berada di haluan dan buritan, dan palung gelombang di tengah.
- Pemuatan muatan berat di haluan dan buritan: Muatan kargo berat di palka depan dan belakang.

Efek pada Struktur Kapal:

- Bagian atas dek (geladak) mengalami gaya tekan (kompresi).
- Bagian bawah lambung (keel) mengalami gaya tarik (tensile).
- Dapat menyebabkan retakan pada struktur dek atau lipatan pada lunas.



Gambar 6. Kondisi kapal mengalami sagging (kapal diantara dua gelombang dengan posisi muatan di ujung)

4.2. Hogging

Hogging: Kondisi di mana bagian tengah kapal membengkok ke atas. Ini terjadi ketika gaya apung di bagian tengah kapal lebih besar daripada gaya berat (misalnya, muatan yang terdistribusi di ujung-ujung kapal), sedangkan di bagian ujung gaya beratnya lebih besar. Ini sering terjadi saat kapal berada di puncak satu gelombang besar di bagian tengahnya.

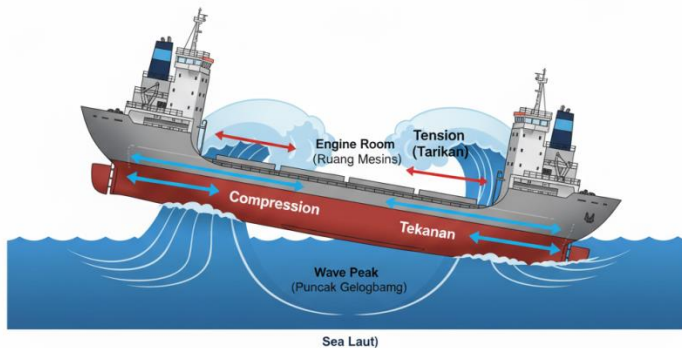
Tegangan yang terjadi pada saat hogging yaitu bagian geladak (deck) akan mengalami tegangan tarik (tension), sedangkan bagian lunas (bottom) akan mengalami tegangan tekan (*compression*).

Penyebab terjadinya hogging:

- Muatan terkonsentrasi di tengah kapal: Misalnya, ruang mesin atau muatan kargo berat di palka tengah, sementara ujung-ujung kapal kosong.
- Bobot air di bagian tengah kapal lebih tinggi: Ketika kapal berada di puncak satu gelombang besar, dengan palung gelombang di haluan dan buritan.
- Pemuatan muatan ringan di haluan dan buritan.

Efek pada Struktur Kapal:

- Bagian atas dek (geladak) mengalami gaya tarik (tensile).
- Bagian bawah lambung (keel) mengalami gaya tekan (kompresi).
- Dapat menyebabkan retakan pada lunas atau lipatan pada struktur dek.



Gambar 7. Kondisi Kapal sedang hogging (kapal di puncak gelombang)

Pengaruh *Displacement* (Berat Benaman)

Displacement (Δ) adalah berat dari volume air yang dipindahkan oleh lambung kapal saat mengapung, yang nilainya sama dengan berat total kapal dan seluruh isinya.

Pengaruh displacement pada *Sagging* dan *Hogging*: Nilai displacement berhubungan langsung dengan berat total kapal. Semakin besar muatan (dan karenanya semakin besar displacement), semakin besar pula momen lentur (bending moment) yang akan dialami kapal saat menghadapi kondisi hogging atau sagging. Oleh karena itu, pengaturan muatan yang tidak tepat pada kapal dengan displacement yang besar dapat menimbulkan tegangan yang sangat signifikan dan berisiko merusak struktur kapal.

Displacement diukur dalam ton (metrik ton atau long ton).

$$\Delta = L \times B \times T \times C_b \times \rho$$

Dimana:

Δ = Displacement (ton)

L = Panjang kapal pada garis air (Length on Waterline)

B = Lebar kapal (Beam)

T = Sarat kapal (Draft)

C_b = Koefisien Blok

ρ = Berat jenis air (misalnya, 1.025 ton/m³ untuk air laut)

Pengaruh Coefisien Balok (*Block Coefficient, Cb*)

Block Coefficient (Cb) adalah rasio antara volume lambung kapal yang terendam air (volume displacement) dengan volume balok imajiner (panjang x lebar x sarat). Nilai Cb menunjukkan tingkat "*kepenuhan*" bentuk lambung kapal. Kapal dengan lambung "*gemuk*" (*full-form hull*) memiliki Cb yang tinggi ($Cb \approx 0.8$), sementara kapal dengan lambung "*langsing*" (*fine-form hull*) memiliki Cb yang rendah ($Cb \approx 0.5$).

Rumus Cb:

$$Cb = \frac{\text{Volume Displacement}}{(L \times B \times T)}$$

Dimana;

- Vol Displ/ (Volume Benaman): Volume badan kapal yang tercelup air.
- L(Panjang Kapal): Biasanya (Length on Waterline) atau (Length between Perpendiculars).
- B (Lebar Kapal): Lebar terbesar kapal pada garis air.
- T (Sarat Kapal): Kedalaman kapal yang tercelup air.

Nilai Cb Umum:

Kapal kargo/tanker (lambat, penuh): Cb mendekati 0.7 - 0.9

Kapal penumpang/ferry (sedang): Cb sekitar 0.6 - 0.75

Kapal cepat/yacht (tirus): Cb sekitar 0.4 - 0.6

Pengaruhnya pada *Sagging* dan *Hogging*:

- Kapal dengan C_b tinggi (seperti kapal tanker atau *bulk carrier*) cenderung memiliki bentuk lambung yang penuh dan persegi. Hal ini menyebabkan distribusi volume apung lebih merata di sepanjang kapal. Karena distribusinya yang lebih merata, kapal-kapal ini cenderung lebih sensitif terhadap perubahan distribusi muatan yang dapat menyebabkan momen lentur yang besar, sehingga perlu perhatian ekstra dalam pengaturan muatannya untuk menghindari hogging dan sagging yang berlebihan.
- Kapal dengan C_b rendah (seperti kapal cepat atau kapal pesiar) memiliki bentuk lambung yang lebih ramping. Distribusi volume apung di sepanjang kapal tidak se-merata kapal dengan C_b tinggi. Oleh karena itu, kapal jenis ini mungkin mengalami tegangan lentur yang lebih bervariasi tergantung pada kondisi gelombang, namun desainnya yang langsing secara umum memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap momen lentur dibandingkan dengan kapal full-form dengan displacement yang sama.

Nilai berkorelasi C_b dengan kecepatan kapal dan tahanan air:

- C_b kecil (mendekati 0,40): Menunjukkan lambung kapal yang ramping (runcing), sehingga memiliki tahanan air yang lebih kecil dan cocok untuk kapal cepat.
- C_b besar (mendekati 0,68): Menunjukkan lambung kapal yang penuh (gemuk), yang berarti kapal dapat membawa muatan yang lebih banyak, tetapi

memiliki tahanan air yang lebih besar dan cocok untuk kapal lambat.

Kisaran Nilai Cb Kapal Ikan:

Kisaran hingga adalah rentang standar untuk kapal ikan. Nilai spesifik akan bervariasi tergantung pada jenis kapal ikan dan kecepatan rancangannya:

- Kapal pukat cincin (purse seine) dan kapal ikan modern lainnya yang membutuhkan kecepatan lebih tinggi untuk mencapai lokasi penangkapan biasanya memiliki di sisi yang lebih kecil (sekitar 0,45–0,60).
- Kapal penangkap ikan tradisional atau kapal yang dirancang untuk kecepatan rendah dan daya angkut besar dapat memiliki di sisi yang lebih besar (sekitar 0,60–0,68).

Pencegahan dan Mitigasi:

- Perencanaan Pemuatan (Load Plan): Perencanaan pemuatan yang cermat adalah kunci. Pemuatan harus didistribusikan sedemikian rupa untuk meminimalkan momen lentur longitudinal.
- Penggunaan Ballast: Tangki ballast digunakan untuk mengatur trim dan stabilitas kapal, serta mengurangi tegangan struktural.
- Pemantauan Struktural: Kapal modern dilengkapi dengan sistem pemantauan tegangan struktural yang memberikan data real-time kepada crew.
- Pembatasan Kecepatan: Dalam kondisi gelombang ekstrem, mengurangi kecepatan kapal dapat mengurangi tegangan akibat sagging dan hogging.
- Desain Struktural: Kapal dirancang dengan kekuatan struktural yang memadai untuk menahan momen lentur longitudinal yang diperkirakan.

Cara mengatasi atau mengurangi efek *Sagging* dan *Hogging* pada kapal penangkap ikan terutama berfokus pada manajemen muatan dan operasional yang hati-hati. Kedua fenomena ini adalah masalah tegangan membujur (*longitudinal stress*) yang disebabkan oleh distribusi gaya berat (muatan) dan gaya apung (gelombang) yang tidak merata.

1. Pencegahan Melalui Manajemen Muatan (Saat Berada di Pelabuhan)

Pencegahan terbaik dilakukan dengan memastikan bahwa distribusi muatan kapal seimbang.

a) Untuk Mengurangi Sagging (Pusat Kapal Tekan ke Bawah)

Sagging terjadi ketika beban terberat berada di ujung-ujung kapal (haluan dan buritan), sementara bagian tengah kapal relatif ringan (atau ketika palung gelombang berada di tengah kapal).

- Pemuatan Ikan: Jangan memusatkan muatan ikan atau es di palka paling depan dan paling belakang secara berlebihan.
- Tangki *Ballast*: Jika memungkinkan, hindari mengisi tangki *ballast* di haluan dan buritan secara penuh sementara tangki tengah kosong, terutama sebelum berlayar ke laut lepas.
- Bahan Bakar: Atur penggunaan bahan bakar sehingga tangki-tangki di tengah kapal habis terakhir, atau pastikan muatan di tengah kapal seimbang saat tangki di ujung sudah penuh.

b) Untuk Mengurangi Hogging (Pusat Kapal Tekan ke Atas)

Hogging terjadi ketika beban terberat berada di tengah kapal, sementara ujung kapal relatif ringan (atau ketika puncak gelombang berada di tengah kapal).

- Pemuatan Ikan: Hindari pemusatan seluruh hasil tangkapan ikan di palka tengah kapal saja. Distribusikan muatan ke palka depan dan belakang.
- Bahan Bakar: Jika tangki bahan bakar di tengah kapal kosong, lakukan transfer cairan ke sana atau tambahkan muatan berat (non-ikan) yang lain di bagian tengah untuk mengompensasi bobot ujung kapal.
- Tangki *Ballast*: Jika diperlukan, tambahkan air *ballast* di tangki haluan dan buritan untuk memberikan momen menahan (*opposing moment*) terhadap beban berat di tengah.

2. Mitigasi Selama Operasi di Laut

Efek Sagging dan Hogging sering diperparah oleh kondisi gelombang. Mitigasi harus berfokus pada pengurangan gaya gelombang yang ekstrem.

a) Mengurangi Tegangan Gelombang

- Hindari Berlayar Tegak Lurus: Saat menghadapi gelombang tinggi, hindari berlayar tepat tegak lurus (haluan atau buritan menghadap langsung) dengan arah gelombang. Posisi ini memaksa kapal berada pada titik-titik kritis (puncak satu gelombang di tengah untuk Hogging, atau puncak dua gelombang di ujung untuk Sagging).
- Ubah Sudut (*Course*): Berlayar dengan sudut miring (*oblique angle*) terhadap gelombang. Ini mengurangi

panjang gelombang efektif relatif terhadap kapal, yang pada gilirannya mengurangi tegangan membujur.

- Kurangi Kecepatan (*Speed*): Mengurangi kecepatan secara signifikan akan mengurangi tumbukan (*pounding*) dan gaya inersia yang memperparah Sagging dan Hogging saat kapal menabrak atau terangkat oleh gelombang.

b) Perhatian Khusus pada Kapal Ikan

- Pembekuan Es (*Icing*): Jika kapal ikan beroperasi di perairan dingin, penumpukan es di tiang dan superstruktur akan menaikkan Titik Berat (G) dan memberikan beban tambahan, yang dapat memperparah kondisi Hogging struktural. Es harus dibuang secara berkala.
- Prosedur *Ballasting* Tepat: Kapal penangkap ikan harus memiliki prosedur *ballasting* yang jelas. Setelah hasil tangkapan dibongkar, tangki *ballast* harus diisi segera, seringkali dimulai dari tangki bawah dan tengah, untuk menjaga integritas struktural dan stabilitas yang memadai.

3. Desain Struktural Jangka Panjang

Meskipun bukan cara mengatasi operasional, desain struktural menjadi solusi permanen.

- Kekuatan Membujur: Insinyur kapal mendesain kapal dengan material dan konstruksi yang kuat di sepanjang lunas (*keel*) dan geladak (*deck*) untuk menahan tegangan tarik (tension) dan tekan (compression) berulang yang diakibatkan Hogging dan Sagging.

- Posisi Sekat Utama: Sekat melintang (*transverse bulkheads*) ditempatkan secara strategis untuk membatasi momen lentur maksimum yang dialami lambung kapal.

Latihan Soal

Objektif

Berikut adalah beberapa soal latihan untuk menguji pemahaman Anda.

Petunjuk: Pilih satu jawaban yang paling tepat untuk setiap pertanyaan.

1. Kondisi di mana bagian tengah kapal membengkok ke bawah dan geladak kapal mengalami tegangan tekan (compression) disebut... A. Hogging B. Lurching C. Sagging D. Pitching
2. Apa yang menjadi penyebab utama terjadinya kondisi hogging pada kapal? A. Tumpukan muatan di bagian tengah kapal. B. Tumpukan muatan di bagian ujung-ujung kapal. C. Tegangan tarik pada lunas kapal. D. Perubahan nilai koefisien balok (C_b) saat berlayar.
3. Pada kondisi hogging, bagian lambung kapal manakah yang akan mengalami tegangan tarik (tension)? A. Lunas (bottom) B. Geladak (deck) C. Geladak dan lunas D. Tidak ada yang mengalami tegangan tarik
4. Apabila kapal berada di puncak satu gelombang besar tepat di bagian tengahnya, kemungkinan besar kapal akan mengalami... A. Sagging B. Rolling C. Hogging D. Pitching
5. Perhatikan pernyataan berikut:

1. Tegangan tekan pada geladak kapal.
 2. Tegangan tarik pada lunas kapal.
 3. Tumpukan muatan di bagian tengah.
 4. Tumpukan muatan di bagian ujung.
Pernyataan yang secara spesifik menggambarkan kondisi sagging adalah...
A. 1, 2, dan 3 B. 1, 2, dan 4 C. 1 dan 3 D. 2 dan 4
6. Bagaimana pengaruh peningkatan nilai displacement (Δ) terhadap kondisi sagging dan hogging pada kapal? A. Meningkatkan momen lentur, sehingga tegangan yang terjadi pada lambung kapal akan lebih besar. B. Menurunkan momen lentur, sehingga tegangan yang terjadi pada lambung kapal akan lebih kecil. C. Tidak memiliki pengaruh langsung karena displacement hanya terkait dengan berat kapal. D. Membuat kapal lebih stabil, sehingga mengurangi risiko sagging dan hogging.
 7. Kapal dengan Block Coefficient (C_b) yang tinggi (seperti kapal tanker) cenderung... A. Lebih tahan terhadap tegangan lentur. B. Memiliki distribusi gaya apung yang lebih terpusat. C. Memiliki bentuk lambung yang lebih ramping. D. Lebih sensitif terhadap momen lentur akibat distribusi muatan yang tidak merata.
 8. Apa yang terjadi pada bagian lunas (bottom) kapal saat mengalami kondisi sagging? A. Mengalami tegangan tekan (compression). B. Mengalami tegangan tarik (tension). C. Tidak mengalami tegangan. D. Mengalami putus sambungan.

9. Manakah pernyataan yang paling tepat mengenai perbedaan hogging dan sagging? A. Hogging terjadi karena kelebihan gaya apung di tengah, sagging karena kelebihan gaya berat di tengah. B. Hogging terjadi karena kelebihan gaya berat di tengah, sagging karena kelebihan gaya apung di tengah. C. Hogging menyebabkan tegangan tekan di lunas, sagging menyebabkan tegangan tarik di lunas. D. Hogging terjadi di air tenang, sagging terjadi di perairan gelombang.
10. Mengapa pengaturan muatan menjadi sangat penting untuk mencegah terjadinya sagging atau hogging? A. Untuk menjaga kecepatan kapal agar tetap maksimal. B. Untuk memastikan kapal selalu dalam kondisi *even keel*. C. Untuk menyeimbangkan distribusi gaya berat dan gaya apung di sepanjang lambung kapal. D. Untuk meningkatkan nilai koefisien balok (Cb) kapal.

Kunci Jawaban dan Pembahasan

1. Jawaban: C. Sagging
 - Pembahasan: Sagging adalah deformasi di mana bagian tengah kapal membengkok ke bawah. Karena membengkok ke bawah, geladak (deck) akan tertekan dan lunas (bottom) akan tertarik.
2. Jawaban: B. Tumpukan muatan di bagian ujung-ujung kapal.
 - Pembahasan: Hogging terjadi saat gaya apung di tengah kapal lebih besar daripada gaya berat di area yang sama. Kondisi ini bisa disebabkan oleh muatan yang lebih

banyak di ujung-ujung kapal (haluan dan buritan), atau saat kapal berada di puncak gelombang di bagian tengah.

3. Jawaban: B. Geladak (deck)
 - Pembahasan: Pada kondisi hogging, bagian tengah kapal terangkat. Ini menyebabkan geladak meregang (mengalami tegangan tarik) dan lunas tertekan (mengalami tegangan tekan).
4. Jawaban: C. Hogging
 - Pembahasan: Jika puncak gelombang berada di tengah kapal, gaya apung (buoyancy) di area tersebut akan sangat besar. Ini menciptakan momen lentur yang menyebabkan bagian tengah kapal terangkat, atau yang dikenal sebagai kondisi hogging.
5. Jawaban: A. 1, 2, dan 3
 - Pembahasan: Ketiga pernyataan ini adalah karakteristik utama dari kondisi sagging: geladak tertekan, lunas tertarik, dan penyebab utamanya adalah konsentrasi muatan di bagian tengah kapal.
6. Jawaban: A. Meningkatkan momen lentur, sehingga tegangan yang terjadi pada lambung kapal akan lebih besar.
 - Pembahasan: Displacement adalah berat total kapal. Semakin besar displacement, semakin besar pula gaya berat total. Jika gaya berat ini tidak didistribusikan dengan baik, momen lentur yang dihasilkan akan

lebih besar, yang berarti tegangan pada struktur kapal juga akan meningkat.

7. Jawaban: D. Lebih sensitif terhadap momen lentur akibat distribusi muatan yang tidak merata.
 - o Pembahasan: Kapal dengan C_b tinggi memiliki volume lambung yang penuh, yang membuat gaya apung lebih merata. Oleh karena itu, perubahan kecil pada distribusi muatan dapat dengan mudah mengganggu keseimbangan dan menciptakan momen lentur yang signifikan.
8. Jawaban: B. Mengalami tegangan tarik (tension).
 - o Pembahasan: Pada kondisi sagging, lunas kapal "tertarik" ke bawah karena bagian tengah kapal melengkung ke bawah.
9. Jawaban: A. Hogging terjadi karena kelebihan gaya apung di tengah, sagging karena kelebihan gaya berat di tengah.
 - o Pembahasan: Ini adalah perbedaan mendasar dalam hal penyebab deformasi. Hogging disebabkan oleh gaya apung yang dominan di tengah (terangkat), sementara sagging disebabkan oleh gaya berat yang dominan di tengah (melengkung ke bawah).
10. Jawaban: C. Untuk menyeimbangkan distribusi gaya berat dan gaya apung di sepanjang lambung kapal.
 - o Pembahasan: Hogging dan sagging pada dasarnya adalah masalah ketidakseimbangan antara gaya berat dan gaya apung. Pengaturan muatan yang tepat (yang merupakan bagian dari gaya berat)

bertujuan untuk menyeimbangkan distribusi gaya ini, sehingga momen lentur dapat diminimalkan.

BAB V

DIMENSI UTAMA KAPAL

Dimensi utama kapal adalah ukuran dasar yang sangat krusial dalam perancangan, pembangunan, dan operasi kapal. Ukuran-ukuran ini menentukan karakteristik hidrodinamika, stabilitas, dan kapasitas kapal. Ada beberapa istilah penting yang digunakan untuk mendefinisikan dimensi ini.

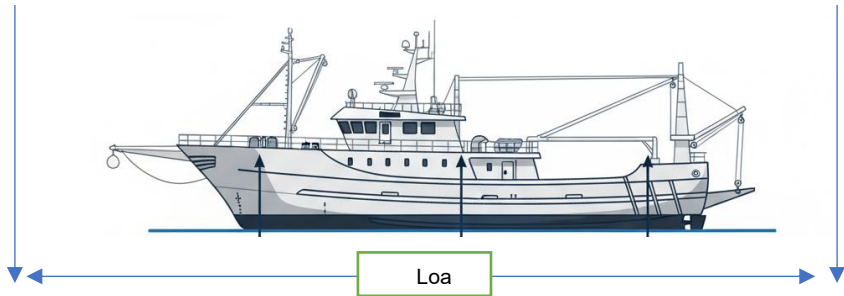
5.1. Panjang Kapal

a. LOA (*Length Over All*)

LOA adalah panjang kapal keseluruhan, diukur dari titik terdepan di haluan hingga titik terbelakang di buritan. Ini termasuk semua bagian permanen kapal seperti bulbous bow, pagar, atau struktur lainnya yang menonjol. LOA sangat penting untuk menentukan apakah kapal dapat masuk ke pelabuhan, berlabuh di dermaga, atau melewati terusan tertentu seperti Terusan Panama. Banyak peraturan navigasi dan keselamatan, termasuk yang berkaitan dengan tonase dan peralatan keselamatan, didasarkan pada LOA.

Pengukuran dilakukan secara horizontal dari titik paling depan (misalnya, ujung bowsprit atau stem) hingga titik paling belakang (misalnya, ujung buritan atau stern).

$$\text{LOA} = \text{Panjang Haluan} + \text{Panjang Lambung Utama} + \text{Panjang Buritan}$$



Gambar 8. LOA (*Length Over All*) pada kapal ikan

b. **LPP (*Length Between Perpendiculars*)**

LPP adalah panjang yang diukur antara dua garis tegak lurus (perpendiculars):

- Garis tegak haluan (Fore Perpendicular/FP): Garis tegak yang melewati titik potong antara garis air muat (LWL) dengan sisi depan lambung kapal.
- Garis tegak buritan (After Perpendicular/AP): Garis tegak yang biasanya melewati sumbu poros kemudi atau titik di bagian belakang kapal.

LPP adalah panjang utama yang digunakan dalam sebagian besar perhitungan teknis kapal, seperti hidrodinamika, stabilitas, dan kekuatan struktural. Para desainer kapal menggunakan LPP untuk menentukan koefisien bentuk kapal. Pengukuran dilakukan secara horizontal dari FP hingga AP pada garis air muat yang direncanakan. diasumsikan sebagai persentase tertentu dari LOA (misalnya, $LPP \approx 0.95-0.98 \times LOA$) atau sebagai dasar perhitungan LWL.

c. LWL (*Length on Waterline*)

LWL adalah panjang kapal yang diukur pada garis air muat (*waterline*) yang direncanakan. Ini adalah panjang bagian lambung kapal yang terendam air. LWL adalah parameter kritis untuk menghitung volume perpindahan air (*displacement*), stabilitas, dan resistansi kapal terhadap air. Selain itu panjang garis air (LWL) memiliki pengaruh langsung pada kecepatan kapal, karena gelombang yang dihasilkan oleh kapal sangat terkait dengan LWL. Cara Pengukuran: Diukur secara horizontal dari titik potong garis air di haluan hingga titik potong garis air di buritan. Dalam perancangan awal, LWL sering dikaitkan dengan LPP.

$$\text{LWL} \approx \text{LPP} + 2\text{-}3\% \text{ LPP}$$

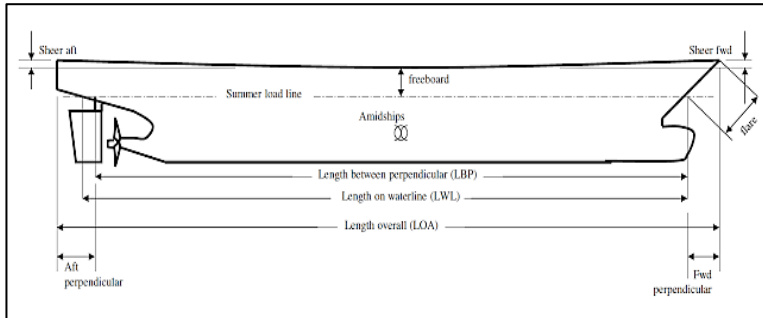
Jika sebuah kapal ikan memiliki Lpp sebesar 100 meter, maka perkiraan Lwl adalah:

Hitung 2% dari : $100\text{m} \times 0.02 = 2\text{m}$

Hitung 3% dari : $100\text{m} \times 0.03 = 3\text{m}$

Perkiraan	Lwl:	Lwl
$\approx 100 \text{ meter} + (2 \text{ meter sampai } 3 \text{ meter})$		

Hasil: Lwl kapal tersebut diperkirakan berkisar antara 102 meter sampai 103 meter



Gambar 9. Cara pengukuran LWL, LBP dan LWL

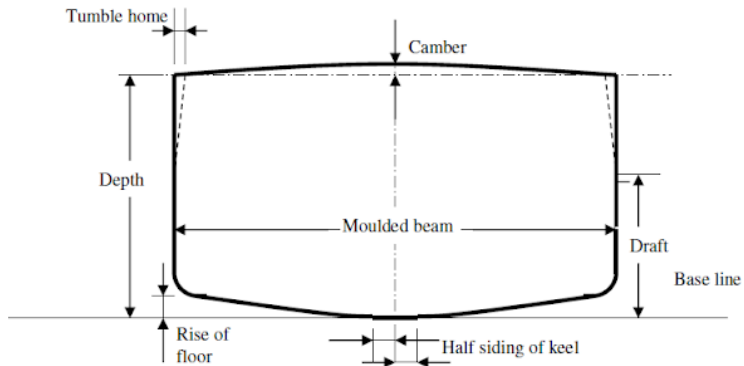
5.2. Lebar Kapal/ *Breadth* (B)

Breadth adalah lebar kapal. Ada beberapa jenis pengukuran lebar:

- a. *Breadth Overall* (BOA): Lebar terluar kapal dari sisi kiri ke sisi kanan, termasuk semua struktur permanen. Ini mirip dengan LOA tetapi untuk lebar.
- b. *Breadth Moulded* (B): Lebar kapal yang diukur dari sisi luar gading (rangka kapal) di sisi kiri hingga sisi luar gading di sisi kanan. Pengukuran ini tidak termasuk ketebalan plat lambung. Ini adalah ukuran yang paling umum digunakan dalam perhitungan teknis.

Breadth sangat memengaruhi stabilitas melintang kapal. Semakin lebar kapal, semakin besar stabilitasnya. Lebar kapal juga berkorelasi dengan kapasitas muatan dan ukuran ruang internal. Sama seperti LOA, *Breadth* menentukan apakah kapal dapat masuk ke dermaga atau lock di terusan. Pengukuran dilakukan pada bagian terlebar kapal, yang biasanya berada di tengah-tengah lambung.

Breadth Moulded diukur dari luar gading, sementara *Breadth Overall* dari sisi luar lambung.



Gambar 10. Cara pengukuran Breadth pada kapal

5.3. Sarat (*Draft*)

Draft merupakan jarak vertikal dari lunas (bagian terbawah kapal) hingga garis air. *Draft* menunjukkan seberapa dalam kapal terendam di air. Pada kapal ikan, *draft* bervariasi tergantung jumlah tangkapan, bahan bakar, dan es yang dimuat.

5.4. Dalam (*Depth/Moulded Depth*)

Depth/Moulded Depth adalah jarak vertikal dari bagian dalam lunas hingga dek utama. Ukuran ini digunakan untuk menghitung volume ruang internal kapal, yang berkaitan dengan tonase.

Rasio Dimensi Utama dan Stabilitas

Stabilitas dan kinerja sebuah kapal tidak hanya dilihat dari ukuran tunggal, tetapi dari perbandingan (rasio)

antar dimensi utama, yang memberikan karakteristik desain:

- Rasio Panjang terhadap Lebar (L/B)
 - Jika rasio L/B besar (kapal ramping): Kapal cenderung lebih cepat dan memiliki hambatan yang rendah, namun GM (stabilitas awal) cenderung lebih rendah.
 - Jika rasio L/B kecil (kapal lebar): Kapal memiliki GM yang tinggi sehingga lebih stabil (kaku), tetapi kecepatannya cenderung lebih rendah. Kapal ikan yang rentan terhadap beban operasional asimetris (seperti *Purse Seine*) sering memiliki rasio L/B yang relatif kecil.

Tabel 10. Pengaruh Nilai rasio dimensi utama kapa (L/B)

Nilai Rasio	Pengaruh Terhadap Kapal
L/B Besar (Kapal Langsing)	- Tahanan (Hambatan) Rendah: Baik untuk kapal kecepatan tinggi karena lebih mudah membelah air.
	- Kekuatan Memanjang Baik: Distribusi massa lebih merata.
	- Olah Gerak Buruk: Manuver (belok) lebih sulit.
	- Stabilitas Melintang Menurun: Cenderung lebih tender.
L/B Kecil (Kapal Gemuk)	- Tahanan (Hambatan) Tinggi: Kurang efisien untuk kecepatan tinggi.
	- Stabilitas Melintang Baik: Cenderung lebih stiff (kaku) karena memiliki momen penegak yang besar.
	- Olah Gerak Baik: Lebih mudah bermanuver di pelabuhan.
Rentang	Umumnya berkisar antara 4 hingga 7 (tergantung

Tipikal	jenis kapal). Kapal cepat/container biasanya memiliki L/B lebih besar.
---------	--

- Rasio Lebar terhadap Dalam (B/D)
 - Rasio ini memengaruhi kekakuan struktural dan stabilitas. Nilai B/D yang optimal sangat penting untuk memastikan kapal tidak mengalami deformasi saat membawa muatan berat dan menghadapi gelombang.

Tabel 11. Pengaruh Nilai rasio dimensi utama kapal (B/D)

Nilai Rasio	Pengaruh Terhadap Kapal
B/D Besar	- Stabilitas Meningkat: Lebih lebar dibandingkan tinggi lambung.
	- Ruang Muat Dek Besar: Baik untuk kapal dengan muatan yang volumenya besar di geladak.
B/D Kecil	- Ruang Muat Rendah: Kurang optimal untuk daya angkut muatan.

- Sarat kapal (T) Secara langsung menentukan seberapa baik kapal dapat menahan kemiringan. Semakin besar B/T, semakin tinggi stabilitasnya.

Tabel 12. Pengaruh Nilai rasio dimensi utama kapal (B/T)

Nilai Rasio	Pengaruh Terhadap Kapal
B/T Besar (Lebar relatif terhadap Sarat)	- Stabilitas Melintang Meningkat: Kapal lebih stabil dan kaku (stiff).
	- Kemampuan Mendorong Buruk: Mungkin memengaruhi efisiensi propulsi.

B/T Kecil (Sarat relatif terhadap Lebar)	- Stabilitas Melintang Menurun: Kapal kurang stabil (tender).
	- Tahanan Gesek Rendah: Bentuk badan kapal lebih optimal untuk pergerakan.
Rentang Tipikal	Umumnya berkisar antara 2,0 hingga 3,5 (tergantung jenis dan fungsi kapal).

- Rasio Panjang terhadap Dalam (L/D)
 - Rasio adalah perbandingan antara panjang kapal (L) dengan dalam kapal (D), yaitu tinggi lambung dari lunas hingga geladak utama). Rasio ini merupakan indikator penting untuk kekuatan memanjang (longitudinal strength).
Tabel 13. Pengaruh Nilai rasio dimensi utama kapal (L/D)

Nilai Rasio	Pengaruh Terhadap Kapal
L/D Besar	- Kekuatan Memanjang Menurun: Kapal rentan terhadap lendutan (sagging atau hogging) dan potensi patah jika panjang gelombang laut mendekati panjang kapal.
	- Kapal Ringan: Cocok untuk kapal yang tidak membawa muatan berat dan membutuhkan konstruksi ringan.
L/D Kecil	- Kekuatan Memanjang Meningkatkan: Kapal lebih kuat secara struktural (kaku terhadap lenturan).
	- Bobot Struktur Berat: Material lambung dan geladak cenderung lebih tebal/banyak.

Rentang Tipikal	Umumnya berkisar antara 10 hingga 15. Kapal kargo besar seperti tanker atau bulker sering memiliki L/D yang lebih kecil untuk memastikan kekuatan memanjang.
-----------------	--

Memahami dan menyeimbangkan rasio dimensi utama inilah yang memungkinkan seorang perancang kapal ikan menciptakan desain yang cepat saat mencari ikan, memiliki kapasitas yang memadai, dan yang paling penting, memiliki stabilitas yang mumpuni untuk menjamin keselamatan ABK dan hasil tangkapan

Ukuran utama (terutama Loa dan Boa) harus memperhatikan batasan fasilitas seperti ukuran dermaga pelabuhan yang dituju, lebar terusan (misalnya, *Panamax* atau *Suezmax*), dan kapasitas galangan kapal tempat pembangunan atau perbaikan. Dimensi ini juga merupakan penentu utama dalam perhitungan biaya pembangunan (semakin besar dimensi, semakin banyak material, dan semakin mahal).

Keselamatan dan keberlangsungan operasi pelayaran sangat bergantung pada dua aspek rekayasa kapal yang fundamental: Stabilitas dan Integritas Struktural. Stabilitas mendefinisikan kemampuan kapal untuk mempertahankan posisinya, melawan kemiringan, dan kembali tegak. Sementara integritas struktural menentukan kemampuan kapal untuk menahan tegangan internal dan eksternal tanpa mengalami deformasi atau kegagalan.

Latihan Soal

Objektif:

- 1) Panjang kapal yang pengukurannya melibatkan titik terdepan di haluan hingga titik terbelakang di buritan, termasuk semua bagian permanen kapal yang menonjol, dikenal sebagai... A. (Length on Waterline) B. (Length Between Perpendiculars) C. (Length Over All) D. Draft (Sarat)

Jawaban: C

- 2) Dalam perhitungan teknis seperti hidrodinamika, stabilitas, dan penentuan koefisien bentuk kapal, dimensi panjang utama yang paling sering digunakan adalah Lpp. Dimensi Lpp diukur antara Garis Tegak Haluan (FP) dan Garis Tegak Buritan (AP) pada... A. Garis dasar (Base Line) B. Garis Geladak Utama C. Garis Air Muat (Lwl) D. Lebar Terbesar Kapal (B)

Jawaban: C

- 3) Sebuah kapal memiliki Rasio Panjang terhadap Lebar (L/B) yang besar (kapal ramping). Karakteristik kinerja yang paling mungkin terjadi pada kapal tersebut adalah... A. Stabilitas awal (GM) cenderung tinggi dan kecepatan rendah. B. Kapal cenderung lebih cepat dan hambatan rendah. C. Rentan terhadap deformasi struktural saat membawa muatan berat. D. Cocok untuk kapal ikan yang rentan terhadap beban operasional asimetris.

Jawaban: B

- 4) Dalam pengukuran Lebar Kapal, terdapat dua istilah utama. Istilah yang mengacu pada lebar yang diukur dari sisi luar gading (tidak termasuk ketebalan plat lambung) dan paling umum digunakan dalam perhitungan teknis

adalah... A. Breadth Overall (Boa) B. Breadth Extreme C. Breadth Moulded (B) D. Draft

Jawaban: C

- 5) Dimensi vertikal kapal yang diukur dari bagian dalam lunas hingga dek utama, dan digunakan untuk menghitung volume ruang internal kapal yang berkaitan dengan tonase, disebut... A. Draft B. Lwl C. Loa D. Depth/Moulded Depth

Jawaban: D

Essay

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jelas dan ringkas!

- 1) Jelaskan perbedaan mendasar antara (Length Over All) dan (Length Between Perpendiculars), serta sebutkan satu fungsi utama dari masing-masing dimensi tersebut.

Jawaban: Perbedaan: - LOA adalah panjang keseluruhan kapal (ujung haluan hingga ujung buritan, termasuk bagian menonjol). - LPP adalah panjang antara dua garis tegak lurus (FP dan AP), diukur pada garis air muat. Fungsi Utama: - LOA: Untuk menentukan batasan operasional (misalnya, apakah kapal dapat masuk ke terusan atau berlabuh di dermaga). - LPP: Untuk perhitungan teknis utama seperti hidrodinamika, stabilitas, dan penentuan koefisien bentuk kapal.

- 2) Jelaskan mengapa Rasio Panjang terhadap Lebar (L/B) menjadi pertimbangan krusial bagi perancang kapal dalam menyeimbangkan kinerja kapal. Sebutkan efek dari rasio yang terlalu kecil (kapal lebar).

Jawaban: Rasio L/B krusial karena merupakan kompromi antara kecepatan dan stabilitas. - Efek Rasio

L/B Kecil (Kapal Lebar): Kapal akan memiliki stabilitas awal (GM) yang tinggi sehingga lebih kaku (stabil) dan mampu menahan beban asimetris. Namun, kapal akan cenderung lebih lambat karena hambatan air (resistansi) yang lebih besar.

- 3) Definisikan istilah Sarat (Draft) dan Dalam (Depth/Moulded Depth) pada kapal. Mengapa kedua ukuran vertikal ini memiliki peran berbeda dalam operasional kapal?

Jawaban: - Sarat (Draft, T): Jarak vertikal dari lunas (bagian terbawah kapal) hingga garis air. - Dalam (Depth/Moulded Depth, D): Jarak vertikal dari bagian dalam lunas hingga dek utama. Peran Berbeda: - Draft berperan dalam aspek operasional (menentukan kedalaman air minimum yang dibutuhkan kapal untuk berlayar) dan perhitungan hidrodinamika (displacement). - Depth berperan dalam aspek struktural dan komersial (menghitung volume ruang internal kapal yang menentukan tonase).

- 4) Mengapa dimensi (Length Over All) dan (Breadth Overall) dianggap sangat penting dalam aspek operasional dan ekonomi (biaya) kapal, meskipun jarang digunakan dalam perhitungan hidrodinamika?

Jawaban: LOA dan BOA penting dalam aspek operasional dan ekonomi karena: - Batasan Fasilitas: Dimensi ini menentukan apakah kapal dapat masuk dan berlabuh di pelabuhan, dok, atau terusan yang memiliki batasan ukuran (misalnya, Panamax). - Biaya Pembangunan: Semakin besar dimensi keseluruhan (LOA dan BOA), semakin banyak material yang dibutuhkan, sehingga menjadi penentu utama dalam perhitungan biaya pembangunan kapal.

- 5) Apa yang dimaksud dengan Garis Tegak Buritan (After Perpendicular/AP) dalam konteks pengukuran? Dan apa kaitan AP ini dengan struktur permanen kapal?

Jawaban: Garis Tegak Buritan (AP) adalah garis tegak lurus (perpendicular) yang menandai batas belakang LPP. Kaitannya dengan Struktur: AP ini secara tradisional ditetapkan sebagai garis tegak yang melewati sumbu poros kemudi (rudder stock) atau titik tetap lainnya di bagian belakang kapal. Ini menjadikannya titik acuan geometris yang permanen dalam gambar rencana kapal.

BAB VI

RENCANA GARIS (*LINES PLAN*)

Rencana Garis atau Lines Plan, adalah gambar teknik dasar dalam perancangan kapal yang menunjukkan bentuk lambung kapal secara tiga dimensi dalam dua dimensi. Gambar ini sangat penting karena menjadi acuan utama untuk pembuatan kapal, mulai dari perhitungan hidrostatis hingga proses konstruksi.

Lines Plan (Rencana Garis) adalah blueprint geometris kapal. Dokumen ini adalah satu-satunya representasi yang menyediakan semua data dimensi dan bentuk lambung kapal di bawah garis air. Ini adalah sumber utama yang digunakan untuk perhitungan hidrodinamika, penentuan volume, dan yang terpenting, pembuatan cetakan kerangka (lunas dan gading). Lines Plan terdiri dari tiga pandangan (proyeksi) yang saling terhubung dan harus konsisten satu sama lain. Setiap pandangan mewakili dimensi kapal dari sudut yang berbeda, dan semuanya digambar berdasarkan skala yang sama.

Rencana Garis terdiri dari tiga pandangan utama yang saling berkesinambungan dan saling melengkapi:

- **Body Plan (Tampak Depan & Belakang):** Menunjukkan bentuk penampang melintang lambung kapal pada setiap stasiun (station) tertentu, dilihat dari depan dan belakang.
- **Sheer Plan (Tampak Samping):** Menampilkan bentuk lambung jika dilihat dari sisi samping, menunjukkan garis-garis profil lambung dan garis dek.

- Half Breadth Plan (Tampak Atas): Menampilkan bentuk lambung jika dilihat dari atas, yang secara khusus menunjukkan setengah lebar kapal.

6.1. Body Plan (Rencana Potongan Melintang)

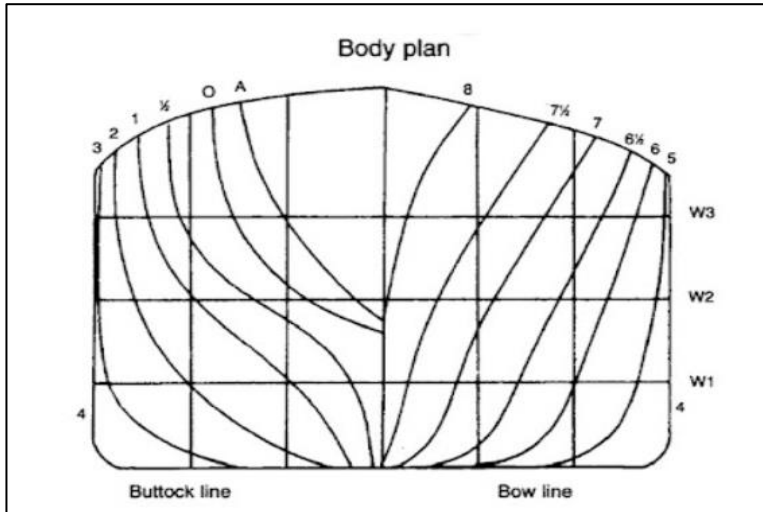
Body Plan adalah pandangan yang menunjukkan bentuk penampang melintang (potongan melintang) dari lambung kapal. Jika kapal diiris secara vertikal melintang pada setiap titik stasiun (station), hasilnya adalah serangkaian kurva yang kemudian diproyeksikan ke dalam satu bidang gambar. Pandangan ini seolah-olah Anda melihat kapal dari arah haluan (depan) atau buritan (belakang).

Tujuan dan Fungsi

- Menentukan Bentuk Penampang: Menggambarkan bentuk sebenarnya dari gading-gading (frames) kapal pada setiap stasiun. Ini adalah referensi utama untuk pembuatan gading di galangan kapal.
- Analisis Hidrostatik: Kurva-kurva pada *Body Plan* digunakan untuk menghitung luas area penampang terendam, yang merupakan data krusial untuk menentukan volume perpindahan (*displacement*), pusat gravitasi, dan stabilitas kapal.
- *Fairing* (Pengadilgarisan): *Body Plan* adalah alat paling penting untuk memeriksa keadilan dan kelancaran garis-garis lambung. Setiap "patah" atau kelengkungan yang tidak wajar pada kurva-kurva ini menunjukkan adanya kesalahan dalam desain yang harus diperbaiki.

Elemen-elemen dalam Body Plan

- Garis Dasar (*Base Line*): Garis horizontal terbawah, yang merupakan titik acuan vertikal (ketinggian nol).
- Garis Tengah (*Centerline*): Garis vertikal di tengah, membagi gambar menjadi dua.
- Sisi Kiri dan Kanan: Sisi kiri gambar (*port side*) biasanya digunakan untuk menampilkan potongan stasiun di bagian buritan (*aft*) kapal, sedangkan sisi kanan (*starboard side*) digunakan untuk stasiun di bagian haluan (*forward*).
- Garis Stasiun (*Station Lines*): Garis-garis melengkung yang merupakan hasil perpotongan lambung dengan bidang vertikal melintang. Setiap kurva mewakili satu stasiun.
- Garis Air (*Waterline - WL*): Garis-garis horizontal yang merupakan proyeksi dari garis air yang ada di *Half Breadth Plan*. Garis ini menjadi referensi ketinggian.
- Garis Buttock (*Buttock Line - BL*): Garis-garis vertikal melengkung yang merupakan proyeksi dari garis buttock yang ada di *Sheer Plan*. Garis ini menjadi referensi lebar.



Gambar 11. *Body plan* tampak belakang kapal

6.2. Sheer Plan (Rencana Tampak Samping)

Sheer Plan adalah pandangan yang menunjukkan profil lambung kapal jika dilihat dari samping. Gambar ini adalah proyeksi dari perpotongan lambung dengan bidang-bidang vertikal yang sejajar dengan garis tengah kapal, yang disebut Buttock Plane.

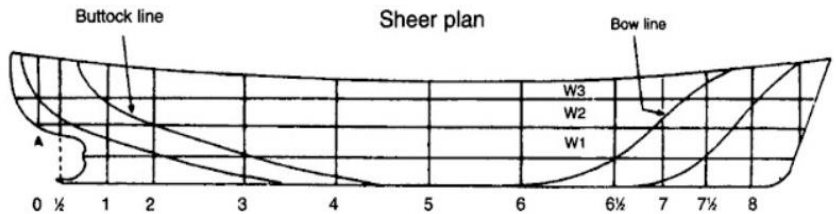
Tujuan dan Fungsi

- Menunjukkan Profil Kapal: Menggambarkan bentuk garis lunas, garis dek, dan lekukan-lekukan memanjang kapal.
- Menentukan Kelengkungan Memanjang: Menunjukkan "kelengkungan" lambung secara memanjang (sheer), termasuk kemiringan haluan (*rake of stem*) dan buritan (*rake of stern*).

- Fairing (Pengadilgarisan): Sheer Plan digunakan untuk memeriksa kelancaran garis-garis buttock. Garis *buttock* yang lurus dan mulus menunjukkan bahwa lambung kapal adil di arah memanjang.

Elemen-elemen dalam Sheer Plan

- Garis Dasar (*Base Line*): Garis horizontal terbawah, titik acuan ketinggian nol.
- Garis Tegak (Perpendiculars - AP & FP): Garis vertikal yang menjadi acuan panjang kapal, yaitu garis tegak buritan (After Perpendicular) dan garis tegak haluan (Forward Perpendicular).
- Garis Stasiun (Station Lines): Garis-garis vertikal yang membagi panjang kapal menjadi beberapa bagian, biasanya 20 stasiun.
- Garis Air (Waterline - WL): Garis-garis horizontal lurus yang menunjukkan ketinggian air. Proyeksi ini merupakan referensi penting untuk ketinggian.
- Garis Buttock (Buttock Line - BL): Garis-garis vertikal melengkung yang menjadi ciri khas Sheer Plan. Garis ini terbentuk dari perpotongan lambung dengan bidang vertikal memanjang.
- Garis Dek (Deck Line): Garis yang menunjukkan profil dek, termasuk sheer, yaitu kelengkungan dek dari haluan ke buritan.



Gambar 12. Sheer Plan tampak samping kapal

6.3. Half Breadth Plan

Half Breadth Plan adalah proyeksi pandangan atas dari lambung kapal. Nama "half breadth" (setengah lebar) digunakan karena bentuk lambung kapal simetris terhadap garis tengah (centerline), sehingga hanya setengah dari lebar kapal yang perlu digambarkan untuk menghemat ruang dan waktu. Rencana ini menunjukkan perpotongan lambung dengan bidang-bidang horizontal yang disebut Waterline (WL).

Tujuan utama dari Half Breadth Plan adalah:

- Menentukan Bentuk Garis Air: Menggambarkan bentuk lambung kapal pada berbagai ketinggian sarat air (draft), yang sangat penting untuk analisis hidrodinamis, seperti perhitungan tahanan kapal.
- Menjadi Basis Gambar Lain: Data yang terdapat pada Half Breadth Plan, yaitu nilai-nilai setengah lebar pada setiap waterline dan station, digunakan untuk menggambar Body Plan dan Sheer Plan.
- Memeriksa Keadilan Garis (Fairness): Memastikan semua garis melengkung pada lambung kapal terhubung dengan mulus dan tidak patah (fairness).

Untuk membuat Half Breadth Plan, kita memerlukan beberapa elemen dasar:

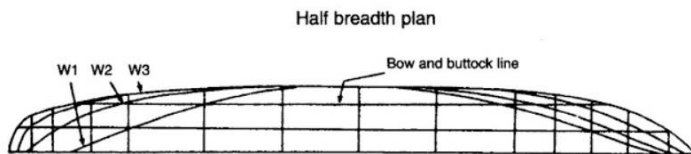
- Centerline (CL): Garis vertikal yang membagi gambar menjadi dua, mewakili garis tengah memanjang kapal.
- Station: Garis-garis tegak lurus terhadap centerline yang memotong panjang kapal menjadi beberapa bagian, biasanya 20 stasiun.
- Waterline (WL): Garis-garis horizontal yang mewakili penampang melintang lambung pada ketinggian air tertentu. Ini adalah garis-garis utama yang digambar pada Half Breadth Plan.

Proses menggambar Half Breadth Plan biasanya dimulai setelah Body Plan selesai atau secara bersamaan. Berikut langkah-langkah umumnya:

- Siapkan Bidang Gambar: Buat garis lurus horizontal sebagai centerline dan garis-garis vertikal sebagai stasiun (station) dengan jarak yang sama, sesuai dengan panjang kapal yang direncanakan.
- Tentukan Waterline: Tentukan ketinggian waterline (WL) yang akan digambar. Misalnya, WL 1, WL 2, WL 3, dan seterusnya.
- Pindahkan Data dari Body Plan: Ukur nilai setengah lebar (half breadth) dari setiap titik perpotongan antara waterline dan garis stasiun pada Body Plan. Pindahkan nilai-nilai ini ke Half Breadth Plan.
- Plot Titik: Plot nilai setengah lebar yang sudah diukur tadi pada Half Breadth Plan, yaitu pada titik pertemuan antara garis stasiun dan garis waterline yang sesuai.

- Hubungkan Titik: Hubungkan titik-titik yang telah diplot dengan kurva yang mulus. Ini akan membentuk garis-garis waterline pada Half Breadth Plan.
- Periksa Keadilan Garis: Pastikan setiap garis waterline melengkung dengan mulus dan tidak ada transisi yang mendadak. Proses ini dikenal sebagai fairing atau pengadilgarisan.

Desain kapal ikan memiliki karakteristik khusus karena fungsinya. Half Breadth Plan untuk kapal ikan akan menunjukkan beberapa fitur penting. Bentuk Haluan dan Buritan kapal ikan sering kali memiliki bentuk haluan yang penuh (*blunt*) untuk memberikan volume yang besar, namun tetap dirancang untuk mengurangi tahanan air. Garis Air Sarat Penuh (Full Draft Waterline) yaitu terjadi saat membawa muatan ikan, akan menunjukkan area yang terendam dan membantu dalam perhitungan stabilitas dan daya angkut. Selain itu Rencana ini juga akan menunjukkan garis dek, yang penting untuk menentukan area kerja di atas kapal.



Gambar 13. *Half breadth plan* tampak atas

Pada bagian ini, pendekatan manual juga masih sering dilakukan oleh nelayan kecil yang ada di kepulauan Sangihe.

Langkah-Langkah Penggambaran Lambung Kapal Persiapan Awal

1. Persiapan Kapal:

- Pastikan kapal ikan berada di daratan (misalnya di galangan) dan disangga oleh balok penahan (*blocking*) dengan posisi tegak lurus (*even keel*).
- Bersihkan area lambung kapal dari kotoran atau lumut.

2. Persiapan Alat dan Bahan:

Siapkan meteran rol, Mistar kecil, Waterpast, Bandul, Tali senar, Siapkan kertas milimeterblock atau kertas gambar yang akan digunakan untuk menggambar. Siapkan spidol/pensil dan tali rafia (berwarna).

Penentuan Titik Ukur dan Pembagian Kapal

1. Menentukan Panjang Garis Air (lwl): Ukur panjang garis air penuh kapal (LWL) yang akan menjadi patokan utama.
2. Pembagian Segmen (Ordinat):
 - Bagi panjang kapal (lwl) menjadi 10 atau 20 bagian yang sama panjang (disebut ordinat atau *station*), mulai dari ujung buritan hingga ujung haluan.
 - Tandai setiap titik pembagian ini pada lambung kapal menggunakan kapur atau spidol. Pembagian ini penting untuk memudahkan penggambaran penampang melintang lambung (*Body Plan*).



Gambar 14. Pembagian ordinat dan pengukuran

3. Menggambar di Kertas Gambar Pemasangan Kertas Gambar



Gambar 15. Proses menggambar di kertas gambar

- Hasil pengukuran kemudian sisalin ke atas kertas milimeterblok dengan menggunakan skala
- Kemudian titik-titik itu dihubungkan menjadi body kapal.

Keakuratan Lines Plan bergantung pada sistem koordinat atau jaringan garis (*grid system*) yang teratur, yang memungkinkan transfer dimensi antar-proyeksi:

- Garis Air (*Waterlines - WL*): Garis horizontal yang sejajar dengan garis air desain, menggambarkan bentuk lambung pada berbagai kedalaman.
- Garis Gading (*Stations/Frames*): Garis vertikal yang membagi panjang kapal menjadi interval yang sama. Digunakan untuk mendapatkan pola gading pada *Body Plan*.
- Garis Pinggang (*Buttocks*): Garis vertikal yang memotong lambung sejajar dengan *centerline*. Garis ini memberikan gambaran tentang kelancaran (keadilan) lambung secara longitudinal.

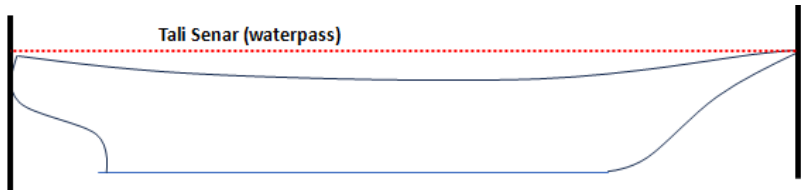
Salah satu langkah terpenting dalam membuat *Lines Plan* adalah Fairing (Pengepasan atau Pemerataan Garis). Ini adalah proses memastikan bahwa semua garis (*Waterlines*, *Buttocks*, dan *Frames*) pada ketiga proyeksi saling berpotongan dengan mulus dan menghasilkan kurva yang adil (*fair*), tanpa ada benjolan atau lekukan tiba-tiba yang akan menyebabkan masalah konstruksi atau hambatan hidrodinamika. Pada pembuatan miniatur, *fairing* harus dilakukan secara manual setelah kerangka lunas dan gading dipasang. Ini dilakukan dengan mengamplas dan

menyesuaikan tepi gading hingga permukaannya membentuk kurva yang mulus dan tanpa patahan, siap untuk ditutup dengan kulit lambung (*planking*).

Langkah Kerja Praktikum Lines Plan

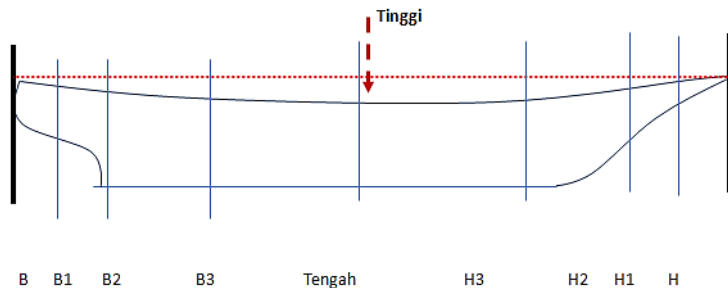
- ❖ Pengukuran Perahu Pelang (Polnustar)
- ❖ Alat dan Bahan: Selang Waterpass, Meteran rol, Tali senar, Tali Lot, Penggaris, Buku dan Pensil/Pulpen
- ❖ Pembagian Kelompok:
 - 1.
 - 2.
 - 3.
 - 4.
- ❖ Langkah-langkah Pengukuran (Satuan ukur : Centi Meter)
 1. Perahu dalam posisi rata
 2. Tarik tali senar dari haluan sampai ke buritan pada posisi rata menggunakan selang waterpass
 3. Ukur Panjang Total (LOA)
 4. Tentukan section/ titik pengukuran (titik Tengah, Tengah Haluan dan Buritan)
 5. Ukur tinggi bagian perahu dari setiap titik ke Tali senar yg di waterpass
 6. Ukur lebar perahu setiap titik/section
 7. Ukur lambung perahu setiap titik menggunakan tali lot tiap 10 cm.
 8. Ukur Haluan dan Buritan menggunakan tali lot tiap 10 cm.
 9. Ukur (jarak, Panjang, lebar, tinggi dan diameter) Katir dan Sema2

10. Ukur bagian2 tambahan pada perahu (tempat duduk dll)
11. Catat semua pengukuran disertai dengan gambar
12. Foto setiap pengukuran bagian2 perahu.



Panjang Total :.....CM

Gambar 16. Pengukuran Loa



Gambar 17. Pembagian Section

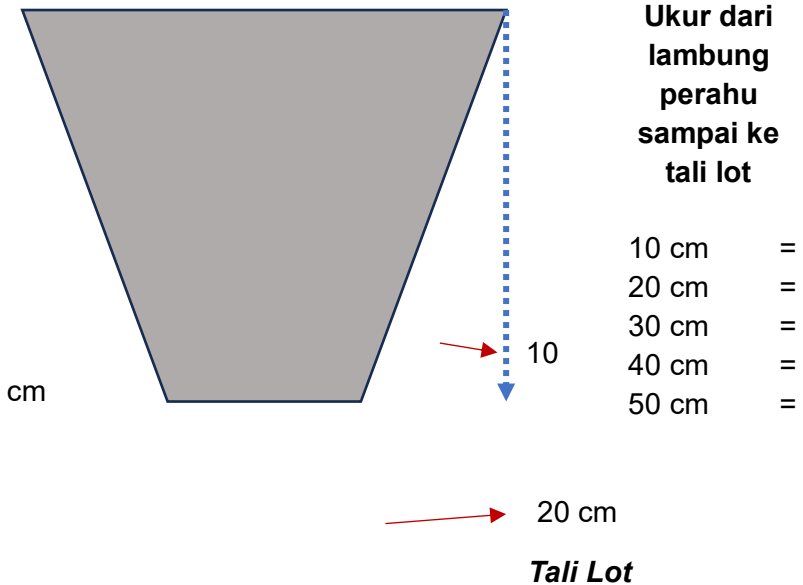
Tabel 10. Pembagian section

No	Nama Section/titik	Tinggi Dari Senar ke Bagian atas Perahu	Lebar Perahu
1	H (Haluan)		

2	H1 (Haluan 1)		
3	H2 (Haluan 2)		
4	H3 (Haluan 3)		
5	Tengah (T)		
6	B3 (Buritan 3)		
7	B2 (Buritan 2)		
8	B1 (Buritan 1)		
9	B (Buritan)		

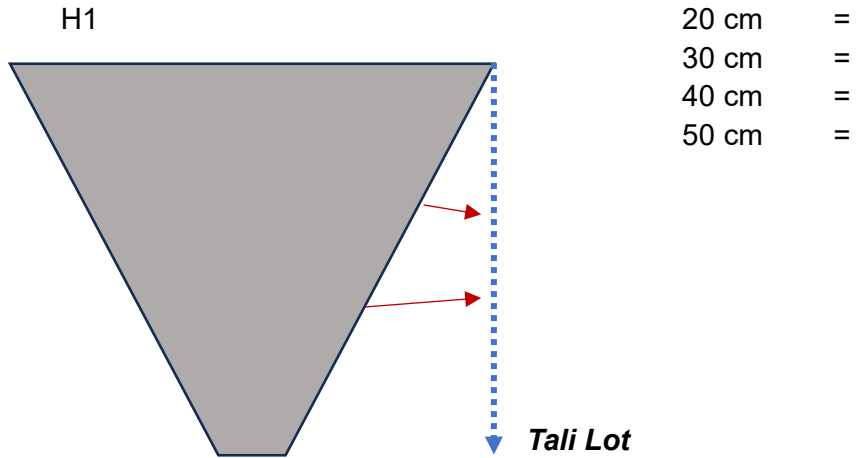
Pengukuran Lambung

Tengah

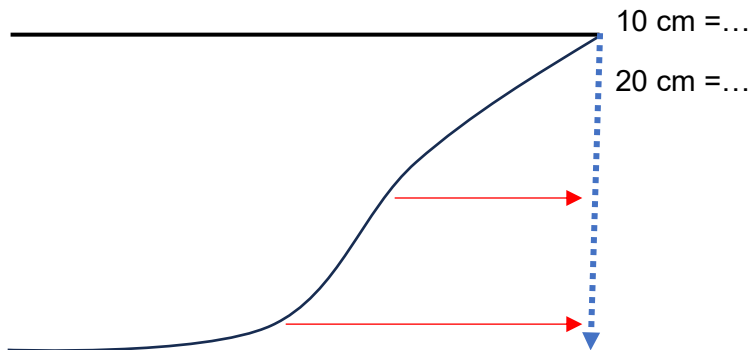


Gambar 18. Pengukuran lambung bagian tengah

10 cm =



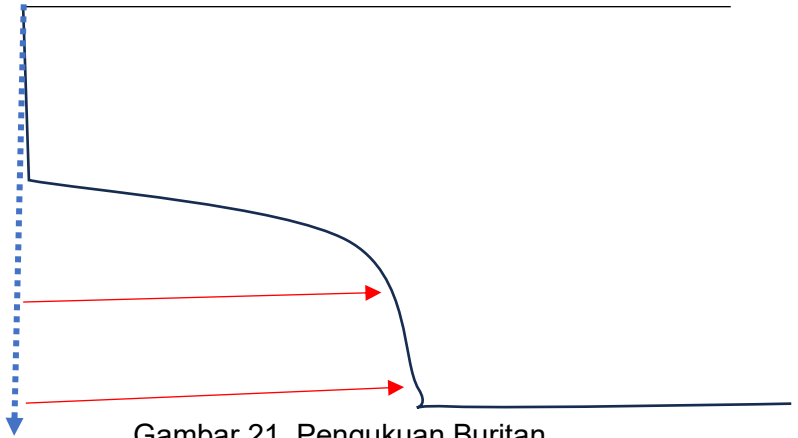
Gambar 19. Pengukuran lambung bagian tengah
H2, H3 dan seterusnya.....



Gambar 20. Pengukuran haluan

10 cm =

20 cm =.....



Gambar 21. Pengukuran Buritan

Ukur panjang, lebar, tinggi, diameter, jarak.....



Gambar 22. Pengukuran Katir dan bagian2 tambahan pada perahu

Latihan Soal!

Objektif

- 1) Pandangan utama dalam *Lines Plan* yang berfungsi untuk menunjukkan bentuk penampang melintang lambung kapal pada setiap stasiun (gading), serta digunakan sebagai alat penting untuk *Fairing* (pengadilgarisan) bentuk lambung, adalah... A. Half Breadth Plan B. Sheer Plan C. Body Plan D. Buttock Plan

Jawaban: C

- 2) Pada *Body Plan*, sisi kiri gambar (*port side*) biasanya digunakan untuk menampilkan potongan stasiun di bagian... A. Buritan (*Aft*) B. Haluan (*Forward*) C. Garis Tengah (*Centerline*) D. Garis Air Penuh (*Full Waterline*)

Jawaban: A

- 3) Pertanyaan: Garis-garis melengkung yang menjadi ciri khas utama pada *Sheer Plan* dan terbentuk dari perpotongan lambung dengan bidang vertikal memanjang (sejajar dengan garis tengah) disebut... A. Waterline (WL) B. Buttock Line (BL) C. Station Line D. Centerline

Jawaban: B

- 4) Mengapa *Half Breadth Plan* hanya menggambarkan setengah dari lebar kapal? A. Untuk memisahkan potongan buritan dan haluan. B. Karena kapal memiliki bentuk yang simetris terhadap garis tengah (*centerline*). C. Untuk mengurangi *free surface effect* dalam perhitungan. D. Untuk menghindari tumpang tindih antara *Waterline* dan *Buttock Line*.

Jawaban: B

- 5) Dalam langkah penggambaran *Half Breadth Plan*, nilai setengah lebar (*half breadth*) pada setiap titik *Waterline* dan *Station* diukur dan dipindahkan dari pandangan... A. Sheer Plan B. Profile View C. Body Plan D. Deck Plan

Jawaban: C

Essay:

- 1) Sebutkan dan jelaskan secara singkat tiga pandangan utama yang membentuk Rencana Garis (*Lines Plan*), serta jelaskan mengapa gambar ini menjadi acuan utama konstruksi kapal.

Jawaban: Body Plan (Tampak Depan & Belakang): Menunjukkan bentuk penampang melintang kapal pada setiap stasiun. Sheer Plan (Tampak Samping): Menampilkan profil lambung memanjang dan garis dek. Half Breadth Plan (Tampak Atas): Menunjukkan setengah lebar kapal pada berbagai ketinggian air (Waterline). Lines Plan menjadi acuan utama karena menggambarkan bentuk lambung secara tiga dimensi dalam dua dimensi. Ini adalah referensi primer untuk perhitungan hidrostatis (displacement, stabilitas) dan acuan pembuatan gading selama proses konstruksi di galangan kapal.

- 2) Jelaskan tujuan dan fungsi utama dari Body Plan dalam proses perancangan kapal, khususnya yang berkaitan dengan gading kapal dan analisis hidrostatis.

Jawaban: Menentukan Bentuk Gading: Menggambarkan bentuk sebenarnya dari gading-gading (frames) kapal pada setiap stasiun, yang merupakan referensi utama untuk pembuatan

gading di galangan kapal. Analisis Hidrostatik: Kurva-kurva pada Body Plan digunakan untuk menghitung luas area penampang terendam, data krusial untuk menentukan volume perpindahan (displacement) dan stabilitas kapal.

- 3) Dalam *Lines Plan*, dikenal istilah "Fairing" atau "Pengadilgarisan". Jelaskan apa yang dimaksud dengan *Fairing* dan peranannya pada *Body Plan* serta *Sheer Plan*.

Jawaban: Fairing atau Pengadilgarisan adalah proses memastikan bahwa semua garis melengkung pada lambung kapal mulus, lancar, dan tidak ada "patah" atau kelengkungan yang tidak wajar. Ini adalah proses koreksi agar kapal memiliki bentuk yang ideal.

Peran pada Body Plan: Memastikan garis-garis stasiun (gading) memiliki kelengkungan yang wajar dan mulus.

Peran pada Sheer Plan: Memastikan garis-garis buttock (potongan memanjang) lurus dan mulus, yang menunjukkan keadilan lambung di arah memanjang.

- 4) Garis Air (*Waterline - WL*) muncul di ketiga pandangan utama (*Body Plan*, *Sheer Plan*, dan *Half Breadth Plan*). Jelaskan bagaimana bentuk *Waterline* pada masing-masing pandangan tersebut.

Jawaban: Bentuk Garis Air (Waterline - WL) pada masing-masing pandangan:

Sheer Plan: Waterline muncul sebagai garis-garis horizontal lurus karena pandangan diambil dari samping.

Body Plan: Waterline muncul sebagai garis-garis horizontal lurus yang menjadi referensi ketinggian lambung.

Half Breadth Plan: Waterline muncul sebagai garis-garis melengkung yang merupakan bentuk sebenarnya lambung kapal jika dilihat dari atas pada ketinggian air tertentu.

- 5) Jelaskan langkah-langkah dasar untuk membuat Half Breadth Plan, terutama mengenai bagaimana data lebar diukur dan dipindahkan dari pandangan lain.

Jawaban: Siapkan Bidang Gambar: Buat centerline dan garis-garis station (ordinat) vertikal.

Pindahkan Data: Ukur nilai setengah lebar (half breadth) dari setiap titik perpotongan antara waterline dan garis station pada gambar Body Plan.

Plot Titik: Pindahkan dan plot nilai setengah lebar tersebut pada Half Breadth Plan (pada titik pertemuan station dan waterline yang sesuai).

Hubungkan Titik: Hubungkan titik-titik yang di-plot dengan kurva yang mulus untuk membentuk garis-garis waterline.

BAB VII

MEMBUAT MINIATUR KAPAL IKAN

BERDASARKAN LINES PLAN: Menentukan Skala Berdasarkan Lines Plan, Menyiapkan Bahan, Pembuatan Lunas dan Gading

Miniatur atau model skala dalam desain kapal bukan sekadar pajangan, melainkan alat rekayasa yang vital. Model skala berfungsi sebagai prototipe fisik yang memungkinkan insinyur untuk memvalidasi desain, mengoptimalkan kinerja hidrodinamika, dan memastikan keselamatan operasional, semuanya dilakukan dengan biaya yang jauh lebih rendah sebelum melangkah ke konstruksi skala penuh yang memerlukan investasi miliaran rupiah.

Miniatur kapal ikan adalah representasi skala dari kapal penangkap ikan sebenarnya. Pembuatan miniatur yang ilmiah dan presisi (model skala) didasarkan pada Rencana Garis (Lines Plan) kapal asli.

7.1. Menentukan Skala Berdasarkan Lines Plan

Menentukan skala adalah langkah pertama yang paling krusial. Skala miniatur adalah perbandingan antara ukuran miniatur dengan ukuran kapal asli. Alasan utama mengapa miniatur atau model skala dibuat terlebih dahulu sebelum konstruksi kapal ukuran sebenarnya (skala penuh atau full scale) adalah untuk pengujian, validasi, dan penghematan biaya.

Rumus yang digunakan sangat sederhana:

$$\text{Ukuran Miniatur} = \text{Ukuran Asli} / \text{Angka Skala}$$

Contoh: Jika kapal asli memiliki panjang (L_{pp}) 12 meter dan Anda ingin membuat miniatur dengan skala 1:50. Panjang miniatur = $12 \text{ m} / 50 = 0.24 \text{ m} = 24 \text{ cm}$. Jika lebar (B) asli 3 meter: Lebar miniatur = $3 \text{ m} / 50 = 0.06 \text{ m} = 6 \text{ cm}$. Dan seterusnya untuk semua dimensi lainnya (tinggi, sarat, dll).

Hal -Hal yang perlu diperhatikan:

- Tujuan Miniatur: Untuk pajangan, skala 1:50 atau 1:100 ideal karena detailnya masih terlihat. Untuk keperluan studi atau tugas, skala 1:20 atau 1:25 dapat digunakan untuk mempermudah detail pengerjaan.
- Ketersediaan Bahan: Pastikan bahan yang akan digunakan tersedia dalam ukuran yang sesuai dengan skala yang dipilih.
- Ruang Penyimpanan: Pertimbangkan di mana miniatur akan diletakkan setelah selesai. Jangan memilih skala yang terlalu besar jika ruang Anda terbatas.

7.2. Menyiapkan Bahan dan Alat

Pilihan bahan akan sangat memengaruhi proses dan hasil akhir. Bahan yang diperlukan yaitu:

- Kayu lapis (*plywood*) atau triplek tebal (3-5 mm) sangat direkomendasikan untuk pembuatan lunas dan gading karena kuat, stabil, dan mudah dipotong. Kayu balsa atau mahoni juga dapat digunakan untuk detail-detail lain.
- Lem: Gunakan lem kayu atau lem G (super glue) untuk merekatkan bagian-bagian kayu dengan kuat.

- Bahan Pelapis: Opsional, Anda bisa menyiapkan fiber resin atau plitur untuk melapisi lambung kapal.

Alat Ukur:

- Penggaris, jangka sorong (vernier caliper) untuk mengukur dimensi kecil dengan akurat.
- Gergaji kecil (seperti gergaji ukir atau gergaji triplek), cutter, atau pisau cutter dengan mata pisau tajam.
- Kertas amplas dengan berbagai tingkatan kekasaran untuk menghaluskan dan membentuk bagian-bagian.

Pensil dan Spidol: Untuk menandai pola pada bahan.

7.3. Pembuatan Lunas dan Gading

Lunas (keel) dan gading (frames) adalah kerangka dasar yang membentuk bentuk lambung kapal. Langkah ini merupakan fondasi utama dari miniatur.

Proses Pembuatan Lunas (Keel)

- Cetak Pola Lunas: Proyeksikan gambar Sheer Plan pada kertas. Skalikan gambar tersebut ke ukuran miniatur yang telah ditentukan.
- Pindahkan ke Kayu: Tempelkan atau jiplak pola lunas ke lembaran kayu lapis yang sudah disiapkan.
- Potong: Potonglah kayu mengikuti garis pola dengan gergaji atau cutter secara hati-hati. Pastikan bagian depan (haluan) dan belakang (buritan) sesuai dengan rencana.
- Haluskan: Amplas tepi-tepi potongan lunas hingga halus dan simetris.

Proses Pembuatan Gading (*Frames*)

- Cetak Pola Gading: Proyeksikan gambar Body Plan pada kertas. Setiap garis lengkung pada Body Plan adalah pola untuk satu gading. Skalakan semua pola gading sesuai dengan skala miniatur.
- Pindahkan ke Kayu: Tempelkan atau jiplak setiap pola gading ke lembaran kayu lapis.
- Potong dan Beri Tanda: Potong setiap gading dengan hati-hati. Beri tanda pada bagian atas dan bawah setiap gading. Tanda ini penting untuk penentuan posisi saat perakitan.
- Buat Slot untuk Lunas: Buat celah atau slot kecil di bagian tengah bawah setiap gading. Celah ini berfungsi untuk tempat memasukkan lunas nantinya.
- Haluskan: Amplas semua gading yang sudah dipotong hingga halus dan rapi. Pastikan bagian-bagian slot gading pas dengan ketebalan lunas.

Proses Perakitan (Lunas dan Gading)

- Tandai Posisi Gading: Berdasarkan Lines Plan, ukur dan tandai posisi setiap gading pada lunas.
- Rekatkan: Mulai dari gading tengah (midship frame), rekatkan gading ke lunas dengan lem. Pastikan gading berdiri tegak lurus (90 derajat) terhadap lunas.
- Keringkan: Biarkan lem mengering dengan sempurna sebelum melanjutkan ke langkah berikutnya.
- Periksa Keberlanjutan: Periksa apakah semua gading terpasang dengan rapi dan membentuk kelengkungan yang mulus. Jika ada yang tidak

pas, amplas atau sesuaikan hingga kerangka kapal terlihat adil (fair).

- Setelah lunas dan gading terpasang, kerangka kapal dasar sudah siap. Langkah selanjutnya adalah memasang stringers dan planking untuk membentuk kulit lambung kapal.



Gambar 23. Proses pembuatan Miniatur Kapal Ikan



Gambar 24. Miniatur Kapal Ikan yang sudah jadi

Beberapa Fungsi dan manfaat membuat miniature kapal

1. Pengujian Hambatan Kapal (*Resistance Test*):
 - Fungsi terpenting adalah untuk mengukur gaya hambat (tahanan) total yang dialami model kapal ketika bergerak di air pada kecepatan tertentu.
 - Pengujian ini biasanya dilakukan di Kolam Uji Kapal (*Towing Tank*). Hasil pengukuran gaya hambat pada model kemudian diskala (dinaikkan) ke ukuran penuh menggunakan Prinsip Kesamaan Froude, untuk memprediksi secara akurat daya mesin yang dibutuhkan kapal aslinya.
 - *Miniatur membantu menentukan daya mesin yang paling efisien dan ekonomis.*
2. Pengujian Olah Gerak dan Kelaiklautan (*Seakeeping Test*):
 - Miniatur digunakan untuk menguji bagaimana kapal akan bereaksi terhadap gelombang dan cuaca buruk (*heave, pitch, roll*).
 - Pengujian ini sangat krusial, terutama untuk kapal perikanan yang sering beroperasi di perairan ekstrem atau membawa beban dinamis (*shifting cargo*).
 - *Miniatur membantu mengevaluasi stabilitas dan kenyamanan operasional kapal.*
3. Evaluasi Stabilitas Awal dan Desain:
 - Miniatur menjadi representasi visual dari distribusi massa dan bentuk lambung. Dengan mempelajari model, perancang dapat memvisualisasikan pengaruh

penempatan alat tangkap berat (seperti *power block* pada *purse seine*) terhadap Titik Berat Vertikal (KG) kapal.

- o *Miniatur berfungsi sebagai alat validasi visual dan geometris terhadap desain di atas kertas.*

4. Alat Peraga Pendidikan dan Praktikum:

- o Di perguruan tinggi model skala digunakan sebagai alat praktikum untuk mata kuliah Kapal Perikanan, Desain Kapal, dan Hidrodinamika.
- o Miniatur memudahkan mahasiswa untuk memahami konsep abstrak seperti Rencana Garis (Lines Plan) dan Koefisien Bentuk Kapal.

Perhitungan Miniatur Kapal Ikan (Penentuan Skala)

Anda akan membuat miniatur dari Kapal Ikan "Barakuda" dengan data dimensi asli (skala penuh) sebagai berikut:

Tabel 14. Data dimensi utama

Dimensi	Simbol	Ukuran Asli	Satuan
Panjang antara Garis Tegak	LPP	18.00	Meter
Lebar Kapal	B	5.00	Meter
Sarat Kapal	T	2.50	Meter

Anda memutuskan untuk membuat miniatur yang panjangnya tidak melebihi 40 cm karena keterbatasan ruang penyimpanan dan bahan.

Pertanyaan Perhitungan

- 1) Tentukan Angka Skala (1:X) terbesar yang dapat Anda gunakan agar panjang miniatur tidak melebihi 40cm.
- 2) Berapakah ukuran Lebar (B) miniatur dan Sarat (T) miniatur jika menggunakan skala yang ditemukan pada Jawaban No. 1?
- 3) Jika Anda memilih skala standar 1:5, hitunglah ukuran miniatur Lpp dan tentukan apakah ukuran ini sesuai dengan batasan 40cm.

Jawaban dan Penyelesaian

- 1) Menentukan Angka Skala (X) Terbesar
Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Ukuran miniatur} = \frac{\text{Ukuran asli}}{\text{Angka skala (X)}}$$

Untuk menemukan skala terbesar (nilai X terkecil), kita atur batas:

$$\text{Angka skala X} = \frac{\text{Panjang Asli (Lpp)}}{\text{Panjang miniatur maksimum}}$$

Penyelesaian:

1. Konversi satuan Lpp ke sentimeter (cm) agar konsisten dengan batas miniatur:

$$\text{Lpp} = 18.00 \text{ meter} = 1800 \text{ cm}$$

2. Tentukan X berdasarkan batas maksimum 40cm:

$$X = \frac{1800 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} = 45$$

Jawaban:

1.

Angka Skala terbesar yang dapat digunakan adalah 1:45

(Catatan: Skala yang lebih besar, misalnya 1:40, akan menghasilkan miniatur yang lebih panjang dari 40cm).

2. Menghitung Dimensi Miniatur dengan Skala 1:45

Gunakan rumus $= \frac{\text{Ukuran Asli}}{45}$

a. Lebar (B) miniature :

$$B_{\text{miniatur}} = \frac{5.00 \text{ meter}}{45}$$

$$B_{\text{miniatur}} \approx 0.111m$$

$$B_{\text{miniatur}} \approx 11.11cm$$

b. Sarat (T) miniature:

$$T_{\text{miniatur}} = \frac{2.50 \text{ meter}}{45}$$

$$T_{\text{miniatur}} \approx 0.050m$$

$$B_{\text{miniatur}} \approx 5.56cm$$

3. Menghitung Ukuran Lpp Miniatur dengan Skala 1:50

Gunakan skala 1:50 (Angka Skala X=50).

$$L_{\text{pp miniatur}} = \frac{\text{Lpp Asli}}{\text{Angka skala}}$$

$$L_{\text{pp miniatur}} = \frac{18.00m}{50}$$

$$L_{\text{pp miniatur}} = 0.36m$$

$$L_{\text{pp miniatur}} = 36cm$$

Ukuran Lpp miniatur adalah 36 cm. Ukuran ini sesuai dengan batasan maksimum 40 cm ($36 \text{ cm} < 40 \text{ cm}$).

Latihan Soal

Objektif:

- 1) Jika kapal ikan asli memiliki (Panjang antara Garis Tegak) sepanjang 15 meter, dan miniatur akan dibuat dengan skala 1:50, berapakah panjang miniatur yang harus dibuat? A. 30 cm B. 35 cm C. 40 cm D. 25 cm

Jawaban: A. 30 cm *Penjelasan:* Ukuran Miniatur = Ukuran Asli / Angka Skala.

- 2) Dalam pembuatan kerangka dasar miniatur kapal, pola gading (*frames*) didapatkan dari proyeksi gambar teknik yang mana? A. Sheer Plan B. Half Breadth Plan C. Body Plan D. Deck Plan

Jawaban: C. Body Plan Penjelasan: *Body Plan* menampilkan bentuk penampang melintang lambung kapal pada setiap stasiun, dan setiap garis lengkungnya menjadi pola untuk gading.

- 3) Mengapa kayu lapis (*plywood*) atau triplek direkomendasikan untuk pembuatan lunas (*keel*) dan gading (*frames*) pada miniatur skala? A. Karena mudah diukir untuk detail lambung. B. Karena harganya paling mahal dan prestisius. C. Karena kuat, stabil, dan mudah dipotong, ideal untuk kerangka dasar. D. Karena dapat langsung dilapisi dengan *fiber resin* tanpa pengamplasan.

Jawaban: C. Karena kuat, stabil, dan mudah dipotong, ideal untuk kerangka dasar. Penjelasan: Kayu lapis memberikan stabilitas dan kekuatan yang diperlukan untuk menopang seluruh struktur kerangka miniatur.

- 4) Apa tujuan utama pembuatan slot atau celah kecil di bagian tengah bawah setiap gading? A. Untuk mempermudah proses pengamplasan. B. Untuk tempat merekatkan *stringers* (rusuk memanjang). C. Untuk tempat memasukkan dan merekatkan lunas (*keel*) saat perakitan. D. Untuk memudahkan pengukuran saat proses *fairing*.

Jawaban: C. Untuk tempat memasukkan dan merekatkan lunas (*keel*) saat perakitan. Penjelasan: Slot pada gading berfungsi sebagai jalur dan titik

koneksi yang kuat antara lunas dan gading, memastikan gading berdiri tegak lurus.

- 5) Fungsi utama miniatur atau model skala dalam konteks rekayasa perkapalan adalah... A. Sebagai objek seni bernilai jual tinggi. B. Untuk pengujian, validasi desain, dan menghemat biaya sebelum konstruksi skala penuh. C. Untuk dekorasi kantor perusahaan pelayaran. D. Sebagai alat penarik perhatian investor.

Jawaban: B. Untuk pengujian, validasi desain, dan menghemat biaya sebelum konstruksi skala penuh.

Penjelasan: Miniatur berfungsi sebagai prototipe fisik untuk pengujian hidrodinamika dan validasi desain struktural dengan biaya yang jauh lebih rendah.

Essay

- 1) Jelaskan alasan utama mengapa miniatur kapal atau model skala dibuat terlebih dahulu sebelum dilakukannya konstruksi kapal ukuran sebenarnya (*full scale*)?

Jawaban: Alasan utamanya adalah untuk pengujian, validasi desain, dan penghematan biaya. Model skala memungkinkan insinyur menguji kinerja hidrodinamika (seperti hambatan dan stabilitas) dengan biaya yang jauh lebih rendah daripada membangun prototipe ukuran penuh.

- 2) Apa fungsi Rencana Garis (*Lines Plan*) dalam pembuatan miniatur kapal ikan yang presisi?

Jawaban: *Lines Plan* berfungsi sebagai acuan teknis atau cetak biru utama yang menyediakan semua dimensi dan bentuk lambung (termasuk pola lunas

dan gading) yang harus diskalakan secara akurat ke ukuran miniatur.

- 3) Sebutkan dua (2) hal yang perlu dipertimbangkan saat menentukan skala miniatur kapal.

Jawaban: Dua hal yang perlu dipertimbangkan adalah:

- Tujuan Miniatur: Apakah untuk pajangan (skala kecil, misalnya 1:100) atau untuk studi/pengujian (*towing tank* / praktikum, skala lebih besar, misalnya 1:20).
- Ruang Penyimpanan/Pengerjaan: Kapasitas ruang penyimpanan dan ketersediaan bahan yang sesuai dengan skala yang dipilih.

- 4) Dalam perakitan kerangka, lunas (*keel*) dan gading (*frames*) direkatkan. Jelaskan satu (1) prosedur penting yang harus dipastikan setelah gading direkatkan pada lunas.

Jawaban: Prosedur penting yang harus dipastikan adalah: Gading harus berdiri tegak lurus (90 derajat) terhadap lunas, serta memeriksa keberlanjutan atau *fairness* agar kerangka kapal terlihat mulus dan adil.

- 5) Jika kapal asli memiliki Lebar (B) 4m dan miniatur akan dibuat dengan skala 1:20. Berapakah lebar miniatur dalam satuan sentimeter (cm)? Tunjukkan perhitungannya.

Jawaban: Perhitungan: $\text{Lebar Miniatur} = \frac{\text{Lebar Asli}}{\text{Angka Skala}}$
 $\text{Lebar Miniatur} = \frac{4 \text{ m}}{20} = 0,2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$

BAB VIII

BAHAYA PELETAKAN MUATAN PADA SAAT KONDISI EKSTRIM DI KAPAL

Keselamatan pelayaran merupakan prioritas tertinggi dalam industri maritim. Sementara kapal didesain untuk menghadapi kondisi laut yang beragam, faktor cuaca buruk atau kondisi ekstrim seperti gelombang tinggi, angin kencang, dan olengan (*rolling*) yang hebat, dapat meningkatkan risiko bahaya secara eksponensial.

Di antara semua faktor risiko, penataan dan pengikatan muatan (*stowage and lashing*) memegang peranan krusial. Peletakan muatan yang tidak tepat, bahkan kesalahan kecil dalam kondisi pelayaran normal bisa ditoleransi, namun akan berubah menjadi bencana (*catastrophic failure*) ketika kapal berada dalam kondisi laut ekstrim.

Berbeda dengan kapal niaga yang jadwal dan rutenya lebih terencana, kapal perikanan sering kali harus menghadapi kondisi cuaca ekstrem (gelombang tinggi, angin kencang, badai) secara mendadak, terutama saat dalam perjalanan pulang dengan muatan penuh hasil tangkapan. Keselamatan pelayaran sangat bergantung pada dua faktor utama: kondisi cuaca dan kondisi kapal. Dalam konteks kapal perikanan, salah satu faktor internal yang paling krusial, namun sering diabaikan adalah tata letak dan pengamanan muatan (*stowage*).

8.1. Bahaya Saat Membawa Beban Berat (Alat Tangkap & Perbekalan)

Kapal ikan seringkali harus membawa beban yang sangat berat, baik saat berangkat (perbekalan, bahan

bakar, es) maupun saat pulang (hasil tangkapan ikan, air laut). Beban yang tidak diatur dengan baik dapat menimbulkan bahaya Bahaya yang ditimbulkan yaitu:

- Hilangnya Stabilitas (Stabilitas Negatif)
Beban berat (terutama yang terpusat di dek atas) dapat menaikkan titik berat kapal (center of gravity / G). Ketika titik G naik, jarak antara titik G dan titik metasentrum (metacentre / M) menjadi lebih kecil. Jika G berada di atas M, maka stabilitas kapal menjadi negatif. Kapal akan cenderung terbalik saat miring karena gaya yang bekerja justru akan menambah kemiringan, bukan mengembalikannya ke posisi tegak.
- Deformasi Lambung (Hogging & Sagging)
Penyebab: Distribusi beban yang tidak merata sehingga berpeluang terjadi Hogging Dimana beban terkonsentrasi di ujung kapal (haluan dan buritan) sementara bagian tengah kapal ringan. Ini membuat lambung melengkung ke atas di bagian tengah. Selain itu bisa terjadi sagging: Beban terkonsentrasi di bagian tengah kapal (misalnya, palka penuh ikan) sementara ujung kapal kosong. Ini membuat lambung melengkung ke bawah di bagian tengah. Tekanan yang berlebihan pada struktur kapal bisa menyebabkan retak atau bahkan patah pada lambung, terutama pada kapal dengan konstruksi yang kurang kuat.
- Peningkatan Sarat (*Draft*)
Penyebab: Tambahan beban akan membuat kapal terbenam lebih dalam. Dampak: Peningkatan sarat dapat mengurangi tinggi lambung bebas (freeboard), sehingga ombak lebih mudah naik ke

dek kapal. Ini meningkatkan risiko banjir di dek dan hilangnya stabilitas.

8.2. Bahaya Akibat Cuaca Buruk

Gelombang dan angin kencang adalah ancaman terbesar bagi keselamatan kapal di laut. Interaksi antara kapal dan gelombang dapat menyebabkan kondisi yang sangat berbahaya. Hal-hal yang umumnya terjadi pada cuaca buruk yaitu:

- Posisi di Puncak Gelombang (*Cresting*)
Kondisi: Kapal berada tepat di puncak gelombang. Bagian haluan dan buritan terangkat, sementara bagian tengah kapal berada di udara. Bahaya: Kondisi ini menyebabkan lambung kapal mengalami Hogging. Struktur kapal mengalami tekanan ekstrem yang bisa menyebabkan patahnya lunas (*keel*) atau lambung. Di kondisi cuaca sangat buruk, fenomena ini disebut "*breaking the back*" of the ship.
- Posisi di Dasar Gelombang (*Trouching*)
Kondisi: Kapal berada di dasar dua gelombang. Bagian haluan dan buritan terbenam dalam air, sementara bagian tengah kapal berada di puncak gelombang yang rendah. Bahaya: Kondisi ini menyebabkan lambung kapal mengalami *Sagging*. Bagian tengah lambung menanggung beban yang sangat berat dan bisa menyebabkan kerusakan struktural serius.
- *Beam Seas* (Gelombang Melintang)
Kondisi: Gelombang datang tegak lurus dari sisi kapal (*beam*). Bahaya: Ini adalah salah satu kondisi paling berbahaya karena menyebabkan kapal mengguling (*rolling*) dengan sangat parah. Jika periode gulingan

kapal (waktu yang dibutuhkan untuk satu gulingan penuh) sama dengan periode gelombang, terjadi fenomena resonansi. Gulingan kapal akan semakin besar dan tidak terkendali, yang bisa menyebabkan terbalik.

- Quartering Seas (Gelombang Seperempat)
Kondisi: Gelombang datang dari arah belakang, dengan sudut sekitar 45 derajat. Bahaya: Gelombang ini dapat menyebabkan kapal terlempar dan miring secara tiba-tiba ke satu sisi (broaching), yang bisa menyebabkan kapal terbalik. Kapal juga akan mengalami gerakan oleng (yawing) yang tidak stabil, sehingga sulit untuk dikendalikan.
- Angin Lambung (Lee Shore)
Kondisi: Kapal berada dekat dengan daratan dan angin bertiup kencang dari arah laut menuju daratan (onshore wind). Bahaya: Angin lambung akan mendorong kapal terus-menerus ke arah daratan. Jika mesin mati atau kemudi tidak berfungsi, kapal akan hanyut dan terdampar (grounding), yang dapat menghancurkan kapal dan membahayakan awaknya.

Muatan Tangkapan (Ikan)

Hasil tangkapan yang dimasukkan ke dalam palka (ruang penyimpanan) memiliki risiko bahaya ganda:

1. Efek Permukaan Bebas (*Free Surface Effect*):
 - Ikan yang disimpan di palka sering kali dicampur dengan air laut dan es.
 - Saat kapal bergoyang (roll), air dan ikan yang tidak terbagi rata atau tidak terkemas

rapat di dalam palka akan bergerak dari sisi ke sisi.

- Gerakan ini menciptakan efek permukaan bebas yang parah, secara efektif menaikkan pusat gravitasi semu kapal (G yang dihitung) dan secara drastis mengurangi tinggi metasentrum (GM).
- Bahaya: Stabilitas kapal melemah seketika, meningkatkan risiko kapal terbalik (*capsize*) hanya dalam beberapa ayunan keras.

2. Pergeseran Muatan (*Shifting Cargo*):

- Jika ikan atau es hanya ditumpuk dan tidak di-sekat (*stowage*) dengan benar di dalam palka, ayunan kapal yang ekstrem (akibat ombak besar) dapat menyebabkan seluruh muatan bergeser ke salah satu sisi kapal.
- Bahaya: Kapal akan mengalami kemiringan permanen (*angle of list*). Jika kemiringan ini terlalu besar, kapal mungkin tidak bisa kembali tegak, menyebabkan hilangnya stabilitas total.

Beban di Atas Dek (*Top-Heavy Load*)

Kapal ikan sering menumpuk peralatan, hasil tangkapan, atau es di dek atas (terutama kapal kecil dan menengah) yang beroperasi dalam waktu singkat.

- Peningkatan Pusat Gravitasi (G): Penambahan berat pada ketinggian di atas garis air akan meningkatkan Pusat Gravitasi Kapal (G).
- Bahaya: Kenaikan G menyebabkan penurunan GM dan membuat kapal menjadi kaku (*tender*) (periode

ayunan melambat) atau bahkan tidak stabil (*crank*). Saat terjadi kondisi ekstrem, kapal akan bergoyang dengan sudut kemiringan yang besar dan berbahaya.

Karakteristik Muatan Kapal Ikan yang Berbahaya

Kondisi ekstrem seperti badai, ombak besar, dan angin kencang memperburuk bahaya peletakan muatan:

1. Pembekuan Es pada Struktur (*Icing*):
 - Di perairan dingin, semprotan ombak yang mengenai superstruktur, tali-temali, dan peralatan di dek akan membeku.
 - Dampak: Ini adalah penambahan beban yang tidak seimbang di atas kapal (Top-Heavy Load) yang terjadi secara cepat dan di luar kendali.
 - Bahaya: dapat berkurang hingga negatif dalam waktu singkat. Kapal penangkap ikan dikenal rentan terhadap bahaya ini.
2. Air Laut di Dek (*Water on Deck*):
 - Saat menghadapi ombak besar, air dapat menumpuk di atas dek dan tidak mengalir cepat melalui lubang pengering (*freeing port*).
 - Dampak: Mirip dengan *free surface effect*, air yang menumpuk dan bergerak di dek akan mengurangi stabilitas secara signifikan, terutama jika ketinggian lambung bebas (*freeboard*) rendah.

8.3. Pencegahan dan Mitigasi

Pemuatan yang Tepat: Muatlah perbekalan dan hasil tangkapan secara merata di seluruh palka. Hindari menumpuk beban di satu titik. Jika memungkinkan, letakkan beban terberat di bawah dek untuk menjaga titik G tetap rendah.

Pemahaman Cuaca: Selalu perhatikan perkiraan cuaca dan hindari berlayar saat ada peringatan cuaca buruk. Pengaturan Haluan Kapal: Saat menghadapi cuaca buruk, arahkan haluan kapal untuk memotong gelombang dari depan (head seas) dengan sudut tertentu. Ini akan meminimalkan gulingan dan menjaga kendali. Memeriksa Stabilitas: Sebelum berlayar, pastikan perhitungan stabilitas kapal sudah benar, terutama jika membawa muatan yang tidak biasa.

Kapal ikan memiliki tantangan stabilitas yang unik dibandingkan kapal niaga lainnya. Muatan kapal ikan bersifat sangat dinamis dan tidak terduga, terutama saat menghadapi cuaca ekstrem.

Untuk mengatasi bahaya muatan saat kondisi ekstrem di kapal ikan, setiap awak kapal, terutama juru mudi, harus menguasai prosedur pencegahan dan penanganan muatan yang ketat.

Tabel 15. Prosedur mitigasi di kapal ikan

Prosedur	Penjelasan dan Manfaat Stabilitas
Penyekatan Palka (Securing Cargo)	Muatan ikan harus diatur dan disekat serapat mungkin. Gunakan sekat atau pembatas untuk membagi palka agar meminimalkan gerakan muatan, mengurangi shifting cargo dan <i>free surface effect</i> .
Pengendalian Air	Air buangan dan lelehan es harus segera

di Palka	dipompa keluar (bilging) agar tidak menambah volume cairan yang bergerak bebas. Pastikan sistem pemompaan berfungsi sempurna.
Pengaturan Bahan Bakar/Ballast	Atur tangki bahan bakar dan air ballast agar dapat menahan kapal tetap tegak (trim dan list yang seimbang). Saat kondisi ekstrem, muatan ballast mungkin diperlukan untuk menurunkan G (pusat gravitasi).
Menghindari Beban Atas	Sebisa mungkin, hindari penumpukan peralatan, jaring, atau hasil tangkapan di atas dek. Jika tidak terhindarkan, muatan tersebut harus segera diamankan atau diturunkan ke palka sesegera mungkin.
Pengamatan Dini Es	Di perairan dingin, awasi tanda-tanda awal pembentukan es. Jika terjadi icing, segera ubah haluan ke perairan yang lebih hangat atau gunakan alat pemecah es (jika tersedia) untuk membuang beban es dari struktur atas.

Prinsip Penanganan Saat Badai

Saat kapal ikan menghadapi kondisi ekstrem, penanganan kapal harus mempertimbangkan muatan yang telah ditempatkan:

1. Kurangi Kecepatan: Mengurangi kecepatan akan meminimalkan gaya sentrifugal dan sudut ayunan ekstrem yang dapat memperparah *shifting cargo*.
2. Ubah Haluan: Hindari ombak yang datang langsung dari samping (*beam sea*), karena ini menyebabkan ayunan (roll) yang paling parah. Lebih baik mengambil haluan *head sea* (ombak dari depan)

atau *quartering sea* (ombak dari sudut), meskipun akan lebih tidak nyaman, karena lebih aman bagi stabilitas.

3. Tindak Cepat terhadap Kemiringan: Jika kapal mengalami kemiringan (*list*) permanen akibat pergeseran muatan, tindakan korektif segera harus dilakukan (misalnya, mengisi/mengosongkan ballast) sebelum kemiringan menjadi tidak terkendali.

Banyak kecelakaan kapal ikan yang fatal disebabkan oleh kombinasi *free surface effect* dan *icing*. Salah satu kasus nyata menunjukkan bahwa kapal penangkap ikan dengan muatan yang tidak disekat penuh dan palka yang penuh air lelehan es dapat kehilangan GM hanya dalam hitungan menit setelah menghadapi gelombang tunggal yang besar.

Di kapal ikan, peletakan muatan yang aman adalah perpanjangan dari keselamatan kapal. Stabilitas kapal ikan berada di ujung tanduk saat kondisi ekstrem karena sifat muatannya yang cair dan bergerak. Kedisiplinan dalam stowage dan penanganan cairan di palka (*bilging*) adalah kunci utama untuk memastikan kapal dapat bertahan dalam badai.

Peletakan muatan yang tidak tepat, baik itu hasil tangkapan (ikan), es balok, bekal/logistik, maupun bahan bakar akan secara langsung memengaruhi stabilitas kapal dan dapat memicu bencana besar, terutama ketika kapal dihadapkan pada gerakan ekstrem di laut (*rolling dan pitching*).

Contohnya kapal *Purse Seine* dirancang untuk membawa jaring yang sangat besar dan berat serta hasil

tangkapan dalam jumlah tonase yang masif. Kaitan bahaya peletakan muatan saat kondisi ekstrem terpusat pada tiga karakteristik utama kapal ini yaitu beban dek yang tinggi, palka yang berukuran besar, dan operasi penangkapan ikan yang berisiko.

Untuk kapal *purse seine*, manajemen muatan harus diprioritaskan melebihi jenis kapal lain karena desainnya yang secara inheren membawa risiko stabilitas yang lebih besar:

1. Prioritaskan *Lashing* Berat: Pastikan jaring pukut dan *power block* terikat kuat (*lashing*) sesuai dengan standar yang diizinkan untuk kapal di laut lepas, terutama sebelum menghadapi cuaca buruk.
2. Manajemen Palka Kritis: Palka harus diisi sepenuhnya (baik ikan, es, maupun air laut) atau dikelola dengan sekat atau *cofferdam* untuk meminimalkan efek permukaan bebas. Palka yang diisi parsial adalah bahaya tersembunyi.
3. Keseimbangan Lateral: Pastikan pembagian muatan (terutama hasil tangkapan) di sisi kanan dan kiri kapal seimbang untuk mencegah *initial list* (kemiringan awal) yang akan diperparah oleh gelombang ekstrem.

Soal Latihan

Objektif

- 1) Kondisi struktural kapal di mana beban terkonsentrasi di ujung kapal (haluan dan buritan) sementara bagian tengah kapal ringan, menyebabkan lambung melengkung ke atas di bagian tengah, disebut... A. Sagging B. Beam Seas C. Hogging D. Broaching

Jawaban: C. Hogging
Penjelasan: *Hogging* terjadi ketika ujung kapal terangkat (seperti di puncak gelombang atau akibat beban di haluan dan buritan), menyebabkan lambung melengkung ke atas.

- 2) Fenomena yang terjadi ketika muatan cair (air laut dan lelehan es) di dalam palka bergerak bebas dari sisi ke sisi saat kapal bergoyang, yang secara drastis mengurangi stabilitas kapal (*GM*), disebut... A. *Icing* B. *Shifting Cargo* C. *Free Surface Effect* D. *Quartering Seas*

Jawaban: C. *Free Surface Effect*
Penjelasan: *Free Surface Effect* adalah hilangnya stabilitas efektif yang disebabkan oleh pergerakan cairan atau muatan semi-cair di dalam palka yang tidak terisi penuh.

- 3) Kondisi *Beam Seas* (gelombang melintang) dianggap salah satu yang paling berbahaya karena dapat menyebabkan fenomena... A. *Hogging* yang parah. B. Kapal terdorong ke daratan (*Grounding*). C. *Rolling* (gulingan) hebat yang tidak terkendali (Resonansi). D. *Sagging* yang parah.

Jawaban: C. Rolling (gulingan) hebat yang tidak terkendali (Resonansi). Penjelasan: *Beam Seas* (gelombang tegak lurus lambung) menyebabkan gulingan (*rolling*) maksimal, yang berisiko resonansi jika periode gelombang sama dengan periode olengan kapal.

- 4) Dalam manajemen muatan kapal *Purse Seine*, tindakan paling kritis untuk meminimalkan *Free Surface Effect* pada palka hasil tangkapan adalah...
- A. Menumpuk *power block* di tengah dek.
 - B. Mengisi palka ikan sepenuhnya (penuh air/es/ikan) atau menggunakan sekat.
 - C. Mengarahkan haluan ke *Beam Seas* saat badai.
 - D. Mengurangi sarat (*Draft*) kapal.

Jawaban: B. Mengisi palka ikan sepenuhnya (penuh air/es/ikan) atau menggunakan sekat. Penjelasan: Palka yang terisi penuh atau tersekat akan mencegah air dan muatan bergerak bebas, sehingga menghilangkan atau meminimalkan *Free Surface Effect*.

- 5) Penambahan beban berat di atas dek kapal ikan (*Top-Heavy Load*) secara langsung menyebabkan...
- A. Peningkatan nilai *GM* (*Metacentric Height*).
 - B. Penurunan *Draft* (Sarat).
 - C. Kenaikan Pusat Gravitasi (G) kapal.
 - D. Kapal cenderung mengalami *Hogging*.

Jawaban: C. Kenaikan Pusat Gravitasi (G) kapal. Penjelasan: Beban di atas (ketinggian) akan menaikkan Titik Berat Kapal (\bar{G}), yang pada gilirannya akan mengurangi *GM* dan menurunkan stabilitas kapal.

Essay

- 1) Jelaskan perbedaan antara bahaya struktural Hogging dan Sagging yang disebabkan oleh distribusi beban yang tidak merata.

Jawaban:

- Hogging: Terjadi ketika beban terkonsentrasi di haluan dan buritan, menyebabkan lambung melengkung ke atas di bagian tengah.
- Sagging: Terjadi ketika beban terkonsentrasi di bagian tengah kapal (misalnya palka penuh), menyebabkan lambung melengkung ke bawah di bagian tengah.

- 2) Pertanyaan: Mengapa pergeseran muatan (*Shifting Cargo*) pada palka ikan dapat menyebabkan hilangnya stabilitas total?

Jawaban: *Shifting Cargo* menyebabkan seluruh muatan bergeser ke salah satu sisi kapal. Hal ini menciptakan kemiringan permanen (*angle of list*) yang besar. Jika kemiringan ini terlalu ekstrem, kapal tidak mampu kembali tegak (kehilangan momen pemulih), yang dapat menyebabkan terbalik (*capsize*).

- 3) Apa yang dimaksud dengan bahaya Icing (Pembekuan Es) pada kapal ikan dan mengapa ini sangat berbahaya bagi stabilitas?

Jawaban:

- Icing: Pembentukan es akibat semprotan ombak yang membeku pada *superstructure*, tali-temali, dan peralatan di dek kapal di perairan dingin.

- Bahaya Stabilitas: Icing menambahkan beban yang tidak seimbang (*Top-Heavy Load*) secara cepat dan signifikan di ketinggian, yang secara drastis menaikkan Pusat Gravitasi () kapal dan dapat menyebabkan stabilitas menjadi negatif.
- 4) Sebutkan dan jelaskan secara singkat dua (2) tindakan mitigasi (pencegahan/penanganan) muatan yang harus dilakukan oleh awak kapal ikan saat menghadapi kondisi cuaca ekstrem.

Jawaban: (Pilih dua dari daftar berikut):

- Penyekatan Palka (*Securing Cargo*): Muatan ikan diatur dan disekat serapat mungkin untuk meminimalkan gerakan muatan dan mengurangi risiko *Shifting Cargo* dan *Free Surface Effect*.
 - Pengendalian Air di Palka: Air buangan atau lelehan es harus segera dipompa keluar (*bilging*) untuk mencegah penambahan volume cairan bergerak bebas yang mengurangi stabilitas.
 - Menghindari Beban Atas: Sebisa mungkin, hindari penumpukan peralatan atau hasil tangkapan di atas dek untuk menjaga Pusat Gravitasi () tetap rendah.
- 5) Mengapa dalam kondisi badai, nakhoda kapal ikan disarankan untuk menghindari ombak yang datang langsung dari samping (*Beam Seas*) dan lebih memilih mengambil haluan *head sea* (ombak dari depan)?

Jawaban: Ombak dari samping (*Beam Seas*) menyebabkan ayunan (*rolling*) yang paling parah, yang berisiko menciptakan fenomena resonansi

(gulingan tak terkendali) dan memperparah *shifting cargo*. Mengambil haluan *head sea* (ombak dari depan) atau *quartering sea* (ombak dari sudut) lebih aman karena meminimalkan gulingan dan memudahkan pengendalian kapal, meskipun gerakan kapal mungkin lebih tidak nyaman.

REFERENSI

- Ardidja., S. 2010. Kapal Penangkap Ikan. STP Press. Jakarta
- Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. (1985). Fishing Boats of the World (Vol. 3: Fishing Gear and Deck Machinery). Fishing News Books.
- International Maritime Organization. (2020). *International Code on Intact Stability (2008 IS Code)*. London: IMO Publishing
- Introduction to Naval Architecture oleh Eric C. Tupper: Edisi kelima diterbitkan pada tahun 2013.
- Lamb, T. (Ed.). (2003). Ship Design and Construction (2nd ed.). The Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME).
- Lungari F.F dan Kumaseh, E.I. 2018. Hubungan Ukuran Utama Dan Daya Penggerak Perahu Katir (Pumpboat) Tuna Hand Line Di Kabupaten Kepulauan Sangihe. Jurnal Wave Volume 12 Nomor 1, Juli 2018: Hal: 23-30.
- Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 1/Permen-Kp/2017 Tentang Surat Laik Operasi Kapal Perikanan

Principles of Naval Architecture (SNAME): Edisi revisi kedua (Volume I, II, dan III) diterbitkan pada tahun 1988.

Rawson, K. J., & Tupper, E. C. (2001). Basic Naval Architecture (4th ed.). Pearson Education.

Ship Stability for Masters and Mates oleh D. R. Derrett: Edisi ketujuh diterbitkan pada tahun 2012.

Tupper, E. C. (2004). Introduction to Naval Architecture. Butterworth-Heinemann.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran

Universitas Maritim Indonesia. (2023). Modul Praktikum Perancangan Kapal: Pembuatan Model Skala dan Lines Plan

STABILITAS KAPAL IKAN

Stabilitas Kapal Ikan menyajikan pemahaman mendalam tentang prinsip-prinsip stabilitas kapal yang dirancang khusus untuk perikanan. Buku ini mengulas teori dasar, faktor-faktor yang memengaruhi kestabilan, serta aplikasi praktis dalam desain dan operasional kapal ikan. Cocok untuk mahasiswa perkapalan, teknik kelautan, dan praktisi yang ingin memperkuat fondasi teknis dalam bidang stabilitas kapal.



ISBN 978-634-96015-5-9



9

786349

601559