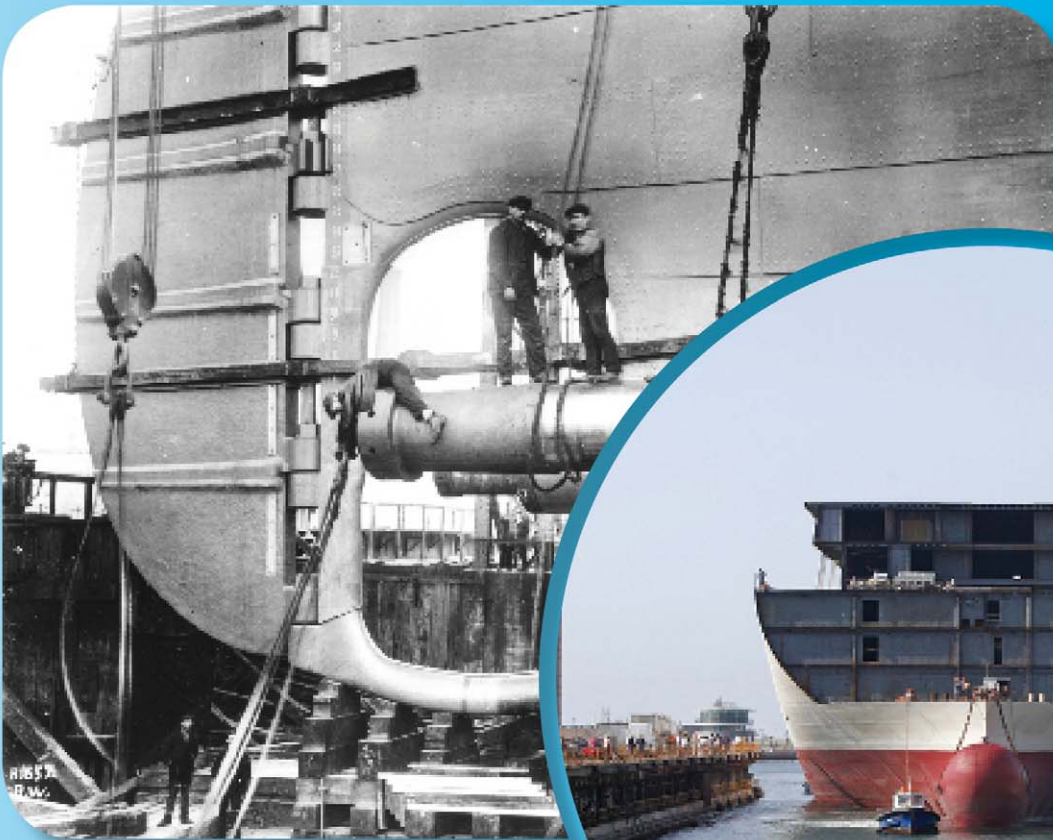


Indra Kusna Djaya

Teknik Konstruksi Kapal Baja

JILID 1



untuk
Sekolah Menengah Kejuruan



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Moch. Sofi', dkk.

TEKNIK KONSTRUKSI KAPAL BAJA JILID 1

SMK



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

TEKNIK KONSTRUKSI KAPAL BAJA JILID 1

Untuk SMK

Penulis : Moch. Sofi'i
Indra Kusna Djaja

Perancang Kulit : TIM

Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

SOF SOFI'I, Moch

t Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid 1 untuk SMK /oleh
Moch. Sofi'i, Indra Kusna Djaja ---- Jakarta : Direktorat Pembinaan
Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen
Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan
Nasional, 2008.

x,311 hlm

Daftar Pustaka : Lampiran. A

Glosarium : Lampiran. B

ISBN : 978-979-060-078-2

ISBN : 978-979-060-079-9

Diterbitkan oleh

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Tahun 2008

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan karunia Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, telah melaksanakan kegiatan penulisan buku kejuruan sebagai bentuk dari kegiatan pembelian hak cipta buku teks pelajaran kejuruan bagi siswa SMK. Karena buku-buku pelajaran kejuruan sangat sulit di dapatkan di pasaran.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK dan telah dinyatakan memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para pendidik dan peserta didik SMK. Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Dengan ditayangkan *soft copy* ini diharapkan akan lebih memudahkan bagi masyarakat khususnya para pendidik dan peserta didik SMK di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri untuk mengakses dan memanfaatkannya sebagai sumber belajar.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para peserta didik kami ucapkan selamat belajar dan semoga dapat memanfaatkan buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, 17 Agustus 2008
Direktur Pembinaan SMK

KATA PENGANTAR

Dengan didorong oleh keinginan yang luhur dalam menyumbangkan pikiran dalam proses pengembangan dunia pendidikan, terutama dalam bidang teknik konstruksi kapal, penulis mendapat kesempatan dalam menyusun sebuah buku Teknik Konstruksi kapal.

Buku ini ditulis secara sederhana agar dapat dengan mudah dipahami oleh para siswa sehingga tujuan kurikulum dapat tercapai. Disamping itu penulisan buku ini didasarkan atas pustaka yang ada dan ditunjang oleh pengalaman yang dipunya oleh penulis, terutama dalam industri perkapalan, sehingga pengungkapan masalah banyak berlandaskan pada pengalaman tersebut.

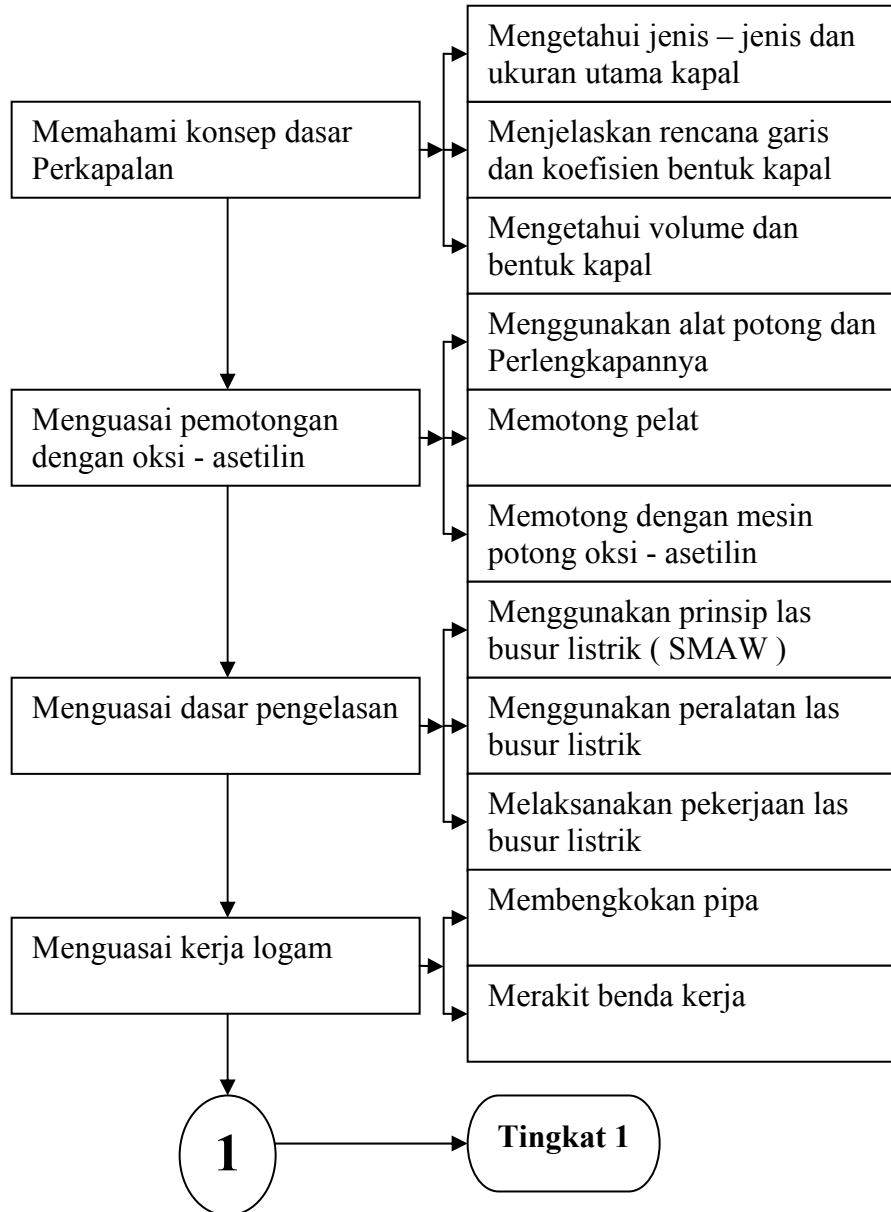
Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu penulisan buku ini dengan harapan bahwa, apabila masih terdapat kekurangan, buku ini dapat disempurnakan. Mengingat keterbatasan waktu dan kemampuan yang dimiliki oleh penulis, kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan guna memberikan masukan dalam penyempurnaan buku ini.

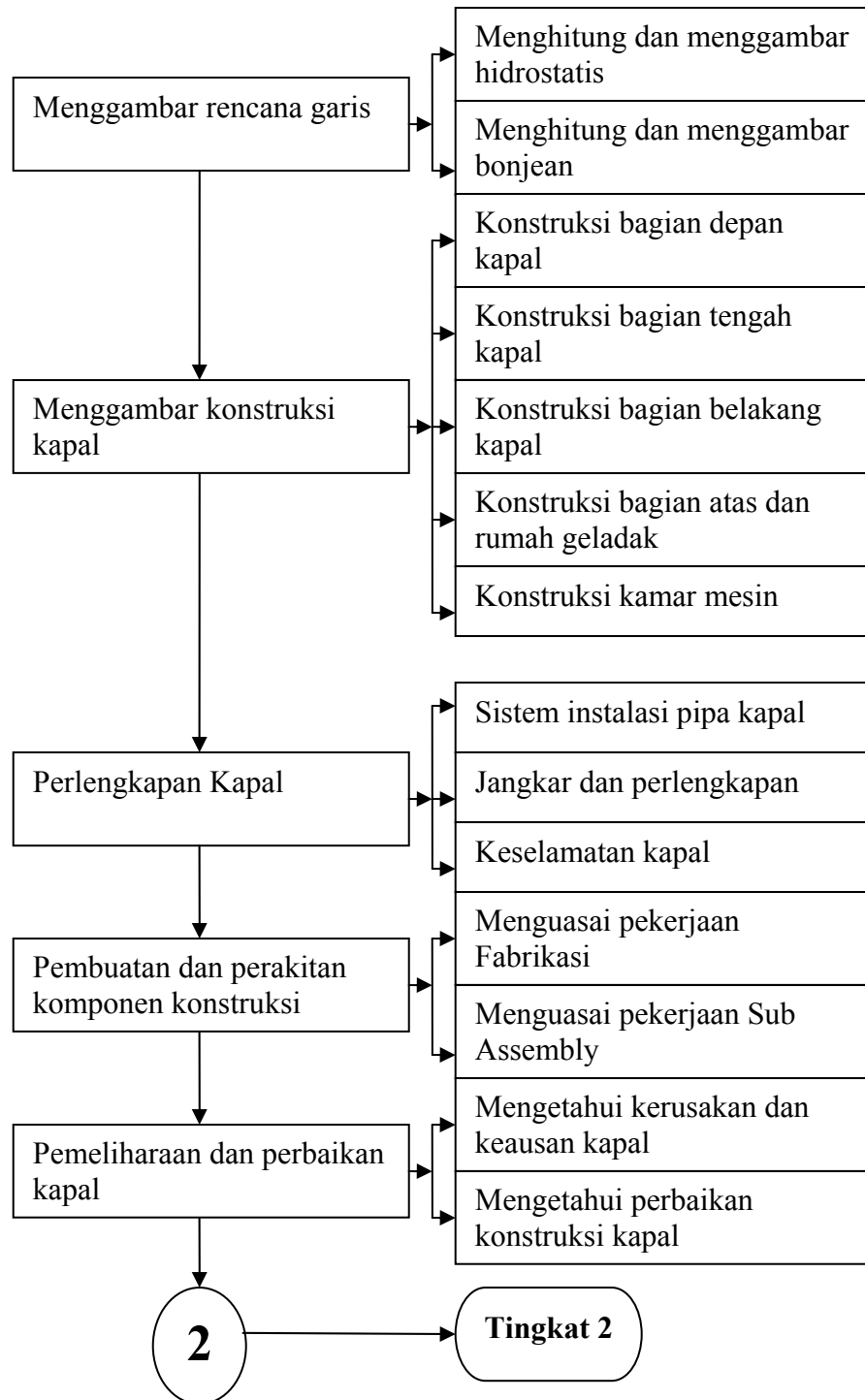
Penulis

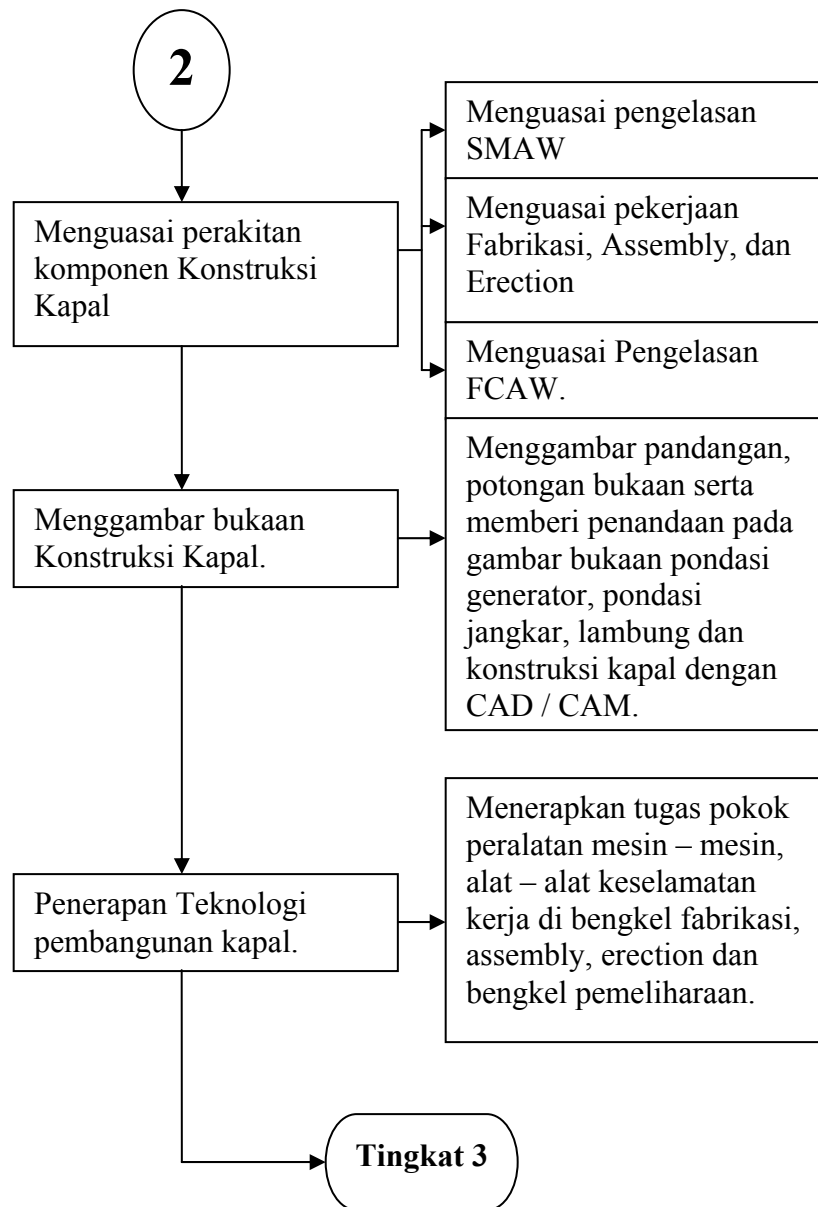
**PEMETAAN KOMPETENSI
PROGRAM KEAHLIAN KONSTRUKSI KAPAL BAJA**

Standart Kompetensi

Kompetensi Dasar









iOS segera hadir

Unduh buku lainnya melalui aplikasi. Gratis.

Buku BSE dilengkapi dengan daftar isi untuk memudahkan navigasi. Tersedia juga majalah, tabloid, buku dan koran yang lebih hemat hingga 80% dibanding edisi cetak.

Unduh aplikasi myedisi reader gratis
myedisi.com/reader

myedisi 

Buku BSE terbaru belum tersedia di myedisi? Sampaikan melalui email **bse@myedisi.com**

DAFTAR ISI

	Halaman
Kata Pengantar	(i)
Pemetaan Kompetensi	(ii)
Daftar Isi	(v)
JILID 1	
BAB I Pendahuluan	(1)
BAB II Macam-Macam Kapal.....	(3)
A. Kapal Menurut Bahannya.	(3)
B. Kapal Berdasarkan Alat Penggeraknya.	(4)
C. Kapal berdasarkan Mesin Penggerak Utamanya	(4)
D. Kapal Khusus Berdasarkan fungsinya.....	(6)
BAB III Ukuran Utama Kapal (Pincipal Dimension)	(16)
A. Panjang Kapal ..	(16)
B. Lebar Kapal ..	(18)
C. Tinggi Kapal	(18)
D. Sarat Kapal	(18)
BAB IV Koefisien Bentuk dan Perbandingan Ukuran Utama	(19)
A. Koefisien Bentuk Kapal	(19)
1. Koefisien Garis Air	(19)
2. Koefisien Midship	(19)
3. Koefisien Blok	(19)
4. Koefisien Prismatic	(20)
B. Perbandingan ukuran utama kapal	(24)
BAB V Volume dan Berat Kapal	(27)
A. Isi Karene	(27)
B. Displacement	(27)
C. Bobot Mati (Dead Weight)	(29)
D. Berat Kapal Kosong (Light Weight)	(29)
E. Volume Ruang Muat	(30)
F. Tonnage (Tonnage)	(32)
BAB VI Rencana Garis (Lines Plan)	(33)
A. Garis Air (Water Line)	(33)
B. Garis Dasar (Base Line)	(33)
C. Garis Muat (Load Water Line)	(33)
D. Garis Geladak Tepi (Sheer Line)	(33)
E. Garis Geladak Tengah (Camber)	(33)
F. Garis Tegak Potongan Memanjang (Buttock Line)	(39)
G. Garis Tegak Potongan Melintang (Station or Ordinat)	(41)
H. Gading Ukur (Station)	(41)
1. Gading nyata	(41)

2. Garis Sent	(40)
3. Geladak Kimbul (Poop Deck)	(41)
4. Geladak Akil (Fore Casle Deck)	(41)
5. Geladak Kubu-kubu (Bulwark)	(46)
BAB VII Metasentra dan Titik dalam Bangunan Kapal	(47)
A. Titik Berat (Centre of Gravity)	(47)
B. Titik tekan (Centre of Buoyancy)	(48)
C. Titik Berat Garis Air (Centre of floatation)	(51)
D. Metasentra	(59)
BAB VIII Luas Bidang Lengkung	(60)
A. Perhitungan Cara Trapesium	(60)
B. Perhitungan Cara Simpson	(70)
C. Momen Statis Dan Momen Inersia	(76)
D. Lengkung Hidrostatik	(83)
1. Lengkung Luas Garis Air	(87)
2. Lengkung Luas Displacement	(89)
3. Lengkung Luar Permukaan Basah	(91)
4. Lengkung Letak Titik Berat Garis Air Terhadap Penampang Tengah Kapal	(94)
5. Lengkung Letak Titik Tekan Terhadap Penampang Tengah Kapal	(96)
6. Lengkung Letak Titik Tekan Terhadap Keel (KB)	(96)
7. Lengkung Letak Titik Tekan Sebenarnya	(97)
8. Lengkung Momen Inersia Melintang Garis Air Dan Lengkung Momen Inersia Memanjang Garis Air	(98)
9. Lengkung Letak Metasentra Melintang	(100)
10. Lengkung Letak Metasentra Memanjang	(100)
11. Lengkung Koefisien Garis Air, Lengkung Koefisien Blok, Lengkung Mendatar.....	(101)
12. Per Sentimeter Perubahan Sarat	(102)
13. Perubahan Displacement Karena Kapal Mengalami Trim Buritan Sebesar 1 Centimeter	(103)
14. Momen Untuk Mengubah Trim Sebesar 1 Sentimeter	(111)
15. Tabel Perhitungan Lengkung Hidrostatik	(113)
E. Lengkung Bonjean	(113)
1. Bentuk Lengkung Bonjean	(114)
2. Perhitungan Lengkung Bonjean	(115)
3. Pelaksanaan Pembuatan Lengkung Bonjean	(118)
4. Pemakaian Lengkung Bonjean	(120)
F. Rencana Umum (General Arrangement)	(124)

G. Lambung Timbul (Freeboard).....	(128)
BAB IX Sistim Konstruksi Kapal	(136)
A. Kontruksi Kapal	(136)
1. Jenis Konstruksi	(136)
2. Sistem Konstruksi Melintang	(136)
3. Sistem Konstruksi Memanjang	(138)
4. Sistem Konstruksi Kombinasi	(139)
5. Dasar Pertimbangan Dalam Pemilihan Sistem Konstruksi	Kapal (140)
B. Elemen – Elemen Konstruksi	(141)
1. Bahan Dan Profil	(141)
2. Fungsi Elemen-Elemen Pokok Badan Kapal	(146)
3. Beban Yang Diterima Badan Kapal	(146)
4. Kekuatan Kapal	(151)
BAB X Konstruksi Bagian Depan Kapal	(152)
A. Linggi Haluan	(152)
1. Konstruksi Linggi Pelat	(154)
2. Konstruksi Linggi Batang	(156)
3. Konstruksi Haluan Bola (Bulbous Bow)	(157)
B. Sekat Tubrukan (Collision Bulkhead)	(159)
C. Ceruk Haluan	(160)
D. Sekat Berlubang (Wash Bulkhead)	(161)
Bab XI Konstruksi Bagian Tengah Kapal	(165)
A. Konstruksi Alas (Dasar)	(165)
B. Lunas Kapal	(165)
C. Pelat Alas	(169)
D. Konstruksi Dasar Tunggal	(171)
E. Konstruksi Dasar Ganda	(172)
G. Konstruksi Lambung	(180)
1. Gading	(180)
2. Pelat Bilga Dan Lunas Bilga	(186)
3. Pelat Sisi	(191)
4. Kubu-Kubu Dan Pagar	(196)
H. Konstruksi Geladak	(199)
1. Macam-Macam Geladak	(199)
2. Pelat Geladak	(205)
3. Balok Geladak	(209)
4. Penumpu Geladak	(211)
I. Lubang Palkah Dan Penutupnya	(217)
1. Konstruksi Lubang Palkah	(217)
2. Konstruksi Penutup Lubang Palkah	(224)
J. Konstruksi Sekat (Bulkhead)	(229)

1. Sekat Melintang	(229)
2. Sekat Mamanjang	(230)
3. Sekat Bergelombang	(231)

JILID 2

BAB XII Konstruksi Bagian Belakang Kapal	(232)
A. Linggi Buritan	(232)
1. Linggi Baling-Baling Pejal	(236)
2. Linggi Baling-Baling Pelat	(237)
3. Linggi Baling-Baling Baja Tuang	(237)
4. Sepatu Kemudi	(237)
B. Sekat Ceruk Buritan	(239)
C. Ceruk Buritan	(239)
D. Tabung Poros Baling-Baling	(240)
E. Penyangga Poros Baling-Baling	(246)
F. Kemudi	(249)
1. Daun Kemudi	(250)
2. Tongkat Kemudi	(254)
3. Kopling Kemudi	(257)
 BAB XIII Konstruksi Bangunan Atas Dan Rumah Geladak.....	 (254)
A. Bangunan Atas Bagian Belakang	(259)
B. Bangunan Atas Bagian Depan	(260)
C. Rumah Geladak	(262)
D. Lubang-Lubang Pada Dinding Bangunan Atas	(265)
 BAB XIV Konstruksi Kamar Mesin	 (264)
A. Wrang Pada Kamar Mesin	(271)
B. Pondasi Kamar Mesin	(272)
C. Gading Dan Senta Dikamar Mesin	(274)
D. Selubung Kamar Mesin	(275)
E. Terowongan Poros	(278)
 Bab XV Instalasi Pipa Dalam Kapal	 (281)
A. Material Instalasi Pipa	(281)
B. Sistim Instalasi Air Tawar Untuk Akomodasi	(284)
C. Sistim Instalasi Air Laut Untuk Akomodasi	(285)
D. Sistim Instalasi Air Laut Untuk Ballast, Bilga dan Pemadam (287)	
E. Sistim Instalasi Pipa Mesin Induk / Mesin Bantu	(327)

BAB XVI Jangkar dan Perlengkapannya	(329)
A. Jangkar	(330)
1. Jenis jangkar	(330)
2. Gaya yang bekerja pada jangkar	(330)
3. Ukuran jangkar	(334)
B. Tabung jangkar	(338)
C. Bak rantai jangkar	(339)
D. Mesin derek jangkar	(342)
BAB XVII Peralatan keselamatan kapal	(345)
A. Sekoci penolong	(347)
1. Jenis sekoci	(348)
2. Bahan sekoci	(348)
3. Penempatan Sekoci	(349)
B. Dewi-Dewi (Davit penolong)	(351)
1. Cara Menuang	(354)
2. Cara Grafitasi	(354)
C. Pelampung Penolong	(358)
D. Rakit Penolong	(360)
BAB XVIII Stabilitas kapal	(370)
A. Titik-titik penting dalam kapal	(370)
B. Stabilitas Stabil	(372)
C. Stabilitas Indifferen	(375)
D. Stabilitas Labil	(375)
BAB XIX Pembuatan dan Perakitan Komponen Badan Kapal	(376)
A. Fabrikasi	(376)
B. Sub Assembly	(380)
C. Assembly	(381)
D. Erection	(387)
BAB XX Deformasi pada permukaan konstruksi las	(413)
A. Gambaran Umum Deformasi	(413)
B. Sambungan Las Perubahan Bentuk	(414)
C. Perubahan Bentuk Karena Pemotongan Gas	(417)
D. Mencegah dan Pelurusan Perubahan Bentuk	(418)
BAB XXI. Fibreglass	(425)
A. Gambaran Umum Fibreglass	(425)
B. Pembuatan Fibreglass	(426)
1. Choped Strand Mat (Matto)	(427)
2. Woven Roving (Cross)	(427)
3. Woven Cloth	(427)
4. Triaxial	(427)
5. Sifat-sifat dari Fibreglass	(428)

C. Material Dan Peralatan Untuk Membuat Kapal Fibreglass	(428)
1. Material	(428)
a. Resin	(428)
b. Serat Penguat (Fibreglass Reinforcement)	(430)
c. Bahan Pendukung	(433)
d. Lapisan Inti	(435)
2. Peralatan yang digunakan	(436)
a. Peralatan Untuk Pengerjaan Kayu	(436)
b. Peralatan Untuk Pengerjaan Fibreglass	(437)

BAB XXII Pembersihan dan Perbaikan Konstruksi Badan Kapal (439)

A. Pembersihan Badan Kapal	(439)
B. Perbaikan Konstruksi Badan Kapal	(440)
1. Persiapan sebelum pekerjaan reparasi konstruksi Kapal	(440)
2. Batas ketebalan minimum pelat badan kapal	(440)
3. Reparasi kumpuh las	(442)
4. Reparasi sebagian dari lajur pelat	(442)
5. Penggantian satu lajur pelat	(444)
6. Reparasi balok-balok konstruksi	(446)
C. Reparasi Geladak Kapal	(449)

BAB XXIII Penggambaran 2 Dimensi dan 3 Dimensi

Dengan Autocad	(455)
A. Menjalankan Autocad 2 Dimensi	(455)
B. Menjalankan Autocad 3 Dimensi	(477)

Daftar Pustaka	A
Daftar Istilah (Glosari)	B
Lampiran	C

BAB I PENDAHULUAN

Kapal adalah kendaraan pengangkut penumpang di laut, pada semua daerah yang mempunyai perairan tertentu.

Sejak dahulu, orang sudah menggunakan kapal sebagai sarana transportasi laut. Hal ini sudah menjadi kebiasaan hubungan antara kelompok orang dengan kelompok orang lainnya. Semua ini diperlukan sebagai sarana transportasi laut. Alat untuk transportasi itu adalah kapal atau perahu. Dengan menggunakan kapal, orang akan dapat menuju ke suatu tempat untuk berkomunikasi dengan orang lain untuk tujuan tertentu..

Dengan adanya perbedaan tempat oleh perairan, yang memiliki sifat dan kedalaman yang berbeda-beda, maka diperlukan sebuah kapal yang mampu untuk melintasi perairan yang luas. Dengan adanya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, maka peranan penggunaan kapal pun ikut berkembang. Bila dahulu kapal hanya digunakan untuk sarana transportasi laut, maka sekarang ini kapal digunakan untuk membawa muatan, berperang, mencari minyak, ekspor / impor dan lain-lainya.

Sehubungan dengan Dunia Perkapalan saat ini, sarana transportasi laut diisi oleh armada-armada kapal dagang. Kapal-kapal tersebut berguna untuk membawa muatan melalui perairan dengan aman, cepat dan ekonomis. Sebagian besar 3/5 permukaan bumi terdiri dari air. Pada abad ini dan yang akan datang kapal masih berfungsi sebagai kebutuhan hidup di muka bumi ini, baik langsung maupun tidak langsung. Untuk itu diperlukan peranan kapal, misalnya untuk mengangkut orang atau barang, penelitian di laut, penambangan minyak dan, penangkapan ikan serta penambangan mineral lainnya.

Kapal dengan bentuk dan konstruksinya mempunyai fungsi tertentu yang tergantung, pada tiga faktor utama, yaitu jenis (macam) kargo yang di bawa, bahan baku kapal, daerah operasi (pelayaran) kapal.

Kapal pembawa muatan dibagi menjadi tiga bagian yaitu : kapal kargo, kapal tangki, dan kapal penumpang.

Sedangkan kapal kargo juga dibagi lagi menurut cara muatannya yaitu kapal peti kemas (kontainer), kapal palet, kapal roll on roll off (Ro-ro).

Kapal tangki adalah kapal yang khusus digunakan untuk membawa minyak mentah, minyak hasil penyulingan gas alam cair, dan lain-lain.

Kapal penumpang dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu kapal penyeberang (feri), kapal penumpang umum.

Pengkhususan terhadap jenis muatan memberi dampak peningkatan efisiensi dan produktifitas. Karakteristik sebuah kapal akan berpengaruh terhadap konstruksi kapal tersebut. Berkaitan dengan konstruksi kapal tersebut sangat erat hubungan antara susunan kerangka utama dengan

pelat-pelat kulit kapal sebagai konstruksi yang dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu: (a) Konstruksi Memanjang, (b) Konstruksi Melintang, (c) Konstruksi Kombinasi (kombinasi antara konstruksi memanjang dan melintang).

Secara umum perlu pula diperhatikan cara pembangunan konstruksi kapal perlu sarana dan prasarana dengan memakai cara/metode yang lebih efisien. Kemampuan konstruksi diartikan sebagai pemakaian ilmu dan pengalaman konstruksi dalam perencanaan, perancangan (design), operasi lapangan untuk memperoleh objektifitas proyek keseluruhan. Untuk tujuan ini, putusan kemampuan konstruksi diarahkan sebagai berikut :

- Pengurangan jumlah waktu konstruksi, dengan cara menciptakan kondisi memaksimalkan potensi untuk konstruksi secara bersamaan dan mengurangi kerja ulang serta waktu terbuang.
- Pengurangan biaya peralatan konstruksi dengan cara pemakaian peralatan lebih efisien, mengurangi keperluan biaya tinggi.
- Pengurangan biaya material, dengan memperbaiki kualitas desain, material yang lebih murah dan meminisasi buangan

BAB II MACAM – MACAM KAPAL

Secara umum penggolongan kapal dapat dibedakan menjadi.

A. Kapal Menurut Bahannya.

Bahan untuk membuat kapal bermacam-macam adanya dan tergantung dari tujuan serta maksud pembuatan itu. Tentunya dicari bahan yang paling ekonomis sesuai dengan keperluannya.

- 1) Kapal kayu adalah kapal yang seluruh konstruksi badan kapal dibuat dari kayu
- 2) Kapal fiberglass adalah kapal yang seluruh konstruksi badan kapal dibuat dari fiberglass.
- 3) Kapal ferro cement adalah kapal yang dibuat dari bahan semen yang diperkuat dengan baja sebagai tulang-tulanganya.
Fungsi tulangan ini sangat menentukan karena tulangan ini yang akan menyanggah seluruh gaya-gaya yang bekerja pada kapal.
Selain itu tulangan ini juga digunakan sebagai tempat perletakan campuran semen hingga menjadi satu kesatuan yang benar-benar homogen, artinya bersama-sama bisa menahan gaya yang datang dari segala arah.
- 4) Kapal baja adalah kapal yang seluruh konstruksi badan kapal dibuat dari baja.
Pada umumnya kapal baja selalu menggunakan sistem konstruksi las, sedangkan pada kapal-kapal sebelum perang dunia II masih digunakan konstruksi keling.
Kapal pertama yang menggunakan sistem konstruksi las adalah kapal Liberty, yang dipakai pada waktu perang dunia II. Pada waktu itu masih banyak kelemahan-kelemahan pada sistem pengelasan, sehingga sering dijumpai keretakan-keretakan pada konstruksi kapalnya.
Dengan adanya kemajuan-kemajuan dalam teknik pengelasan dan teknologi pembuatan kapal, kelemahan-kelemahan itu tidak dijumpai lagi.
Keuntungan sistem las adalah bahwa pembuatan kapal menjadi lebih cepat jika dibandingkan dengan konstruksi keling. Disamping pada konstruksi las berat kapal secara keseluruhan menjadi lebih ringan.

B. Kapal Berdasarkan Alat Penggeraknya.

Penggerak kapal juga menentukan klasifikasi kapal sesuai dengan tujuannya.

- 1) Kapal dengan menggunakan alat penggerak layar.
Pada jenis ini kecepatan kapal tergantung pada adanya angin. Banyak kita jumpai pada kapal-kapal latih dan pada kapal barang tetapi hanya terbatas pada kapal-kapal kecil saja.
- 2) Kapal dengan menggunakan alat penggerak *padle wheel*
Sistim *padle wheel*, pada prinsipnya adalah gaya tahanan air yang menyebabkan/menimbulkan gaya dorong kapal (seperti dayung). *Padle wheel* dipasang dikiri dan kanan kapal dan gerak putarnya dibantu oleh mesin. Umumnya digunakan di daerah yang mempunyai perairan yang tenang misalnya di danau, sungai sebagai kapal-kapal pesiar.
- 3) Kapal dengan menggunakan alat penggerak *jet propultion*
Sistim ini pada prinsipnya adalah air diisap melalui saluran di muka lalu didorong ke belakang dengan pompa hingga menimbulkan *impuls* (jet air ke belakang).
Sistim ini banyak kita jumpai pada *tug boat* tetapi fungsinya untuk mendorong bukan menarik.
- 4) Kapal dengan menggunakan alat penggerak *propeller* (baling-baling).
Kapal bergerak karena berputarnya baling yang dipasang di belakang badan kapal sehingga menimbulkan daya dorong.
Alat penggerak inilah yang pada umumnya digunakan pada saat sekarang.

C. Kapal Berdasarkan Mesin Penggerak Utamanya.

Beberapa faktor ekonomis dan faktor-faktor design akan menentukan mesin macam apa yang cocok untuk dipasang pada suatu kelas tertentu dari sebuah kapal.

Jenis-jenis yang biasa dipakai diantaranya:

- 1) *Mesin uap torak (Steam reciprocating engine)*
Biasanya yang dipakai adalah *triple expansion engine (bersilinder tiga)* atau *double Compound engine*.
Keuntungan:
 - mudah pemakaian dan pengontrolan.
 - mudah berputar balik (*reversing*) dan mempunyai kecepatan putar yang sama dengan perputaran propeller.

Kerugiannya:

- konstruksinya berat dan memakan banyak tempat serta pemakaian bahan bakar besar.

2) *Turbine uap (Steam turbine)*

Tenaga yang dihasilkan oleh mesin semacam ini sangat rata dan uniform dan pemakaian uap sangat efisien baik pada tekanan tinggi ataupun rendah.

Kejelekannya yang utama adalah tidak dapat berputar balik atau *non reversible* sehingga diperlukan *reversing turbine* yang tersendiri khusus untuk keperluan tersebut.

Juga putarannya sangat tinggi sehingga, *reduction propeller gear*, sangat diperlukan untuk membuat perputaran propeller jangan terlalu tinggi.

Vibration sangat kecil dan pemakaian bahan bakar kecil kalau dibandingkan dengan mesin uap torak. Mesin semacam ini dapat dibuat bertenaga sangat besar, oleh karena itu digunakan untuk kapal yang membutuhkan tenaga besar.

3) *Turbine Electric Drive.*

Beberapa kapal yang modern memakai sistem dimana suatu turbin memutarakan sebuah elektrik generator, sedangkan propeller digerakkan oleh suatu motor yang terpisah tempatnya dengan mempergunakan aliran listrik dari generator tadi.

Disini *reversing turbine* yang tersendiri dapat dihapuskan dengan memakai sistim ini sangat mudah operasi mesin-mesinnya.

4) *Motor pembakaran dalam (internal combustion engine).*

Mesin yang paling banyak dipakai adalah motor bensin untuk tenaga kecil (motor tempel atau out board motor). Sedangkan tenaga yang lebih besar dipakai mesin diesel yang dibuat dalam suatu unit yang besar untuk kapal-kapal yang berkecepatan rendah dan sedang.

Keuntungannya dapat langsung diputar balik dan dapat dipakai dengan cara kombinasi dengan beberapa unit kecil.

Untuk tenaga yang sama, jika dibandingkan dengan mesin uap akan lebih kecil ukurannya. Dengan adanya kemajuan dalam pemakaian *turbo charger* untuk *supercharging* maka beratnyapun dapat diperkecil dan penghasilan tenaga dapat dilipat gandakan.

5) *Gas turbine.*

Prinsipnya adalah suatu penggerak yang mempergunakan udara yang dimampatkan (dikompresikan) dan dinyalakan dengan menggunakan bahan bakar yang disemprotkan dan kemudian setelah terjadi peledakan udara yang terbakar akan berkembang. Kemudian campuran gas yang dihasilkan itu yang dipakai untuk memutar turbine. Gas yang telah terpakai memutar turbine itu sebelum dibuang masih dapat dipakai untuk "*heat exchangers*" sehingga pemakaiannya dapat seefektif mungkin.

Type mesin ini yang sebetulnya adalah kombinasi dari “*Free Piston Gas Fier*” dan gas turbine belum banyak dipakai oleh kapal-kapal dagang. Research mengenai mesin ini masih banyak dilakukan.

6). Nuclear Engine

Bentuk Propulsi ini hanya dipakai pada kapal-kapal besar non komersil seperti kapal induk, kapal perang sehingga kapal yang memakainya masih terbatas.

D. Kapal Khusus Berdasarkan Fungsinya

Kapal-kapal yang digunakan dalam kegiatan bukan untuk perang, akan disebut juga sesuai dengan barang/muatan yang pokok pada kapal itu.

1) Kapal dengan muatan barang disebut kapal barang (*cargo ship*).

Pada dasarnya sebelum kapal tersebut direncanakan untuk dibangun ditentukan terlebih dahulu jenis barang yang diangkut. Hal ini penting ditentukan sehubungan dengan besarnya ruangan yang dibutuhkan di dalam kapal untuk mengangkut barang dalam satuan berat yang sudah ditentukan oleh pemesan. Kalau kapal yang direncanakan untuk mengangkut bermacam-macam muatan (general) maka kapal tersebut dinamakan *General Cargo*.

Pada umumnya kapal-kapal barang terutama general cargo dapat membawa penumpang kelas sampai 12 penumpang dan tetap dinamakan kapal barang.

Kapal barang mempunyai kecepatan berkisar antara 8 s/d 25 Knot.



Gambar 2.1 Kapal General cargo

2) Kapal dengan muatan barang dan penumpang disebut Kapal barang penumpang (*Cargo passenger ship*).

Untuk membatasi istilah kapal barang penumpang dan kapal penumpang barang pada umumnya selalu membingungkan. Maka dapat dipakai suatu ketentuan, bahwa jika kapal tersebut terutama digunakan untuk mengangkut barang disamping muatan penumpang disebut kapal barang penumpang. Sedangkan jika kapal tersebut

digunakan terutama untuk mengangkut penumpang dalam jumlah yang cukup besar, disamping itu juga barang misalnya seratus penumpang disamping muatan barang yang dibawanya maka disebut Kapal penumpang Barang. Apabila kapal mengangkut penumpang lebih dari 12 orang maka kapal tersebut harus menggunakan persyaratan keselamatan pelayaran sebagai kapal penumpang.

Kapal penyeberangan atau kapal Ferry adalah termasuk kapal penumpang barang.

Kapal penyeberangan fungsinya adalah untuk menghubungkan selat sebagai penyambung perhubungan darat yang terputus karena adanya selat. Oleh karena itu kapal penyeberangan dilengkapi dengan tempat fasilitas kendaraan, misal: mobil, truk, bus dan bahkan sarana tempat gerbong kereta api.



Gambar 2.2 Cargo passenger ship

- 3) Kapal Penumpang (*passanger ship*) ialah kapal yang khusus mengangkut penumpang.

Kapal penumpang ada yang besar dan ada yang kecil. Kapal penumpang kecil kebanyakan digunakan untuk pesiar antar pulau yang tak begitu jauh menyusuri pantai/sungai yang menghubungkan antar kota sebagai komunikasi transport.

Kapal penumpang besar biasanya dipakai untuk pelayaran antar pulau yang jauh atau antar benua untuk tourist dan lain-lain. Kapal ini biasanya dilengkapi dengan akomodasi penumpang yang lebih baik dan fasilitas rekreasi misalnya kolam renang, bioskop dan tempat-tempat relaks lainnya.

Selain itu kapal penumpang dilengkapi dengan alat keselamatan pelayaran yang lebih lengkap, dibandingkan dengan kapal-kapal lainnya

misalnya sekoci penolong, baju penolong dan perlengkapan keselamatan lainnya. Semua kapal penumpang kecuali kapal penumpang cepat biasanya selalu membawa sedikit muatan barang.



Gambar 2.3. Passenger Ship

- 4) *Kapal pengangkut kayu (timber carrier atau log carrier)* ialah kapal yang fungsinya mengangkut kayu baik berupa kayu balok, kayu papan ataupun kayu gelondongan. Umumnya sebagai muatan kayu yang diangkut diletakkan di atas geladak dan jumlah muatan digeladak kurang lebih 30% dari seluruh muatan yang diangkut. Oleh karena itu konstruksi dari dek/geladaknya harus dipasang perlengkapan untuk keperluan itu. Kayu yang diangkut di atas geladak dan diikat kuat dapat menambah daya apung cadangan, sehingga lambung timbul kapal pengangkut kayu relatif lebih kecil dibandingkan kapal barang. Oleh karena itu dikatakan bahwa kapal pengangkut kayu dianggap mempunyai free board khusus. Dalam menentukan stabilitas harus dianggap muatan geladak yang diikat dengan kuat merupakan satu bagian dari badan kapal.
- 5) Kapal yang mengangkut muatan cair misalnya (*Kapal tank*) Muatan pada kapal tanker mempunyai sifat khusus yang menjadi perhatian untuk mengkonstruksikannya. Mengingat sifat zat cair yang selalu mengambil posisi yang sejajar dengan garis air, pada waktu kapal mengalami keolengan dan hal ini terjadi pada tangki-tangki yang tak diisi penuh. Oleh karena itu kapal tanker pada umumnya dilengkapi dengan sekat melintang dan sekat memanjang.

Kapal tersebut dilengkapi dengan pompa dan instalasi pipa untuk bongkar dan muat minyak dari kapal dan ke kapal. Lambung timbul umumnya lebih kecil dibandingkan dengan kapal barang biasa untuk ukuran kapal yang relatif sama. Letak kamar mesin selalu di belakang terutama dimaksud untuk menghindari bahaya kebakaran.



Gambar 2.4. Kapal Tanker

6) *Kapal pen gangkut peti kemas (Container Ship)*

Kapal yang dimaksud mengangkut barang yang sudah diatur di dalam peti-peti. Muatan peti kemas disamping di dalam palkah juga diletakkan di atas dek dengan pengikatan yang kuat, sehingga peti kemas tersebut tidak bergeser dari tempatnya semula pada saat berlayar.

Dengan adanya muatan di atas geladak maka harus diperhatikan mengenai stabilitas kapal. Yang perlu diperhatikan ialah periode keolengan jangan sampai terlalu lincah, sebab membahayakan container yang ada di atas dek, lebih –lebih apabila sistim pengikatannya kurang sempurna.

Konstruksi peti kemas dibuat sedemikian rupa sehingga barang-barang yang ada didalamnya terjamin keamanan dari kerusakan dan lain-lain. Kapal pengangkut peti kemas harus mempunyai fasilitas pelabuhan khusus Container.



Gambar 2.5. Kapal peti kemas

7) *Kapal pengangkut muatan curah (Bulk Carrier).*

Kapal yang mengangkut muatan tanpa pembungkusan tertentu, berupa biji-bijian yang dicurahkan langsung ke dalam palkah kapal.

Ditinjau dari jenis muatannya ada beberapa macam yaitu sebagai berikut:

- Kapal pengangkut biji tambang yaitu kapal yang mengangkut muatan curah berupa biji-bijian hasil tambang misalnya biji besi, chrom, mangaan, bauxit dan sebagainya.
- Kapal pengangkut biji tumbuh-tumbuhan yaitu kapal yang mengangkut muatan curah berupa biji-bijian hasil tumbuh-tumbuhan misal jagung, bulgur, beras, kedele dan lain-lain.
- Kapal pengangkut batubara atau sering disebut Collier yaitu kapal yang mengangkut muatan curah berupa batubara, cokes atau coal.

Kapal pengangkut muatan curah umumnya dibuat single dek dan sistim bongkar muatnya dilakukan dengan sistim isap untuk grain carrier.

Tetapi untuk ore atau coal dipakai grab (bucket) & conveyer.

Khusus ore carrier biasanya mempunyai double bottom tank top yang tinggi dengan maksud untuk mempertinggi letak titik berat muatan, sehingga memperbaiki rolling periode kapal, lagi pula gerak kapal tidak terlalu kaku.

Pada bulk carrier umumnya letak kamar mesin di belakang dengan maksud untuk mempermudah sistim bongkar muat.



Gambar 2.6 Kapal bulk carrier

8) *Kapal pendingin. (refrigated cargo vessels).*

Kapal khusus yang digunakan untuk pengangkutan muatan yang perlu didinginkan gunanya untuk mencegah pembusukan dan kerusakan muatan. Ruang muat dilengkapi dengan sistim isolasi dan sistim pendinginan. Umumnya muatan dingin hanya diangkut pada satu jurusan saja.

Jenis muatan misalnya : Buah-buahan, sayur-sayuran, daging dingin, daging beku, ikan, udang dan lain-lainnya.

Meskipun ruang muat sudah dilengkapi dengan instalasi pendingin untuk mengawetkan muatan, tetapi kecepatan kapal masih relatif lebih cepat dibandingkan dengan kapal-kapal pada umumnya.

Misal : kapal pengangkut buah-buahan kecepatan dinas antara 18 -21 Knots.



Gambar 2.7 Kapal pendingin

9) *Kapal pengangkut ternak.*

Karena muatannya adalah ternak, maka kapal jenis ini harus menyediakan fasilitas yang diperlukan untuk ternak tersebut misalnya tempat makan, tempat kotoran yang dengan mudah dapat dibersihkan.

E. Kapal-kapal Khusus

Kapal yang mempunyai tugas khusus, artinya bukan untuk pengangkutan, disebut juga sesuai dengan tugas pekerjaan yang dilaksanakan.

1) *Kapal Keruk (dredger).*

Fungsinya adalah memperdalam kolam pelabuhan, alur pelayaran, sungai dan lain-lainnya dan juga menyediakan tanah untuk reklamasi rawa-rawa (untuk perluasan daerah menjadi daratan).

Pemakaian type-type keruk tergantung dari jenis tanah galian.



Gambar 2.8 Kapal keruk

Type-type kapal keruk:

- *Plain Suction Dredger*:
Pengerukan dengan cara menghisap dengan pipa isap. Jenis yang modern mempunyai water jet disekeliling ujung pipa yang gunanya untuk menghancurkan material yang keras dengan menyembrotkan air dengan tekanan tinggi.
- *Cutter Suction Dredger* :
Pada prinsipnya sama dengan jenis di atas hanya dilengkapi dngan cutter (alat penghancur) di ujung pipa isap sehingga dapat mengeruk tanah galian yang agak keras.
- *Grab Dredger* :
Sangat baik digunakan untuk beroperasi di sekitar Graving dock, dermaga dan bagian-bagian sudut dari kade, karena alat ini merapat sampai ke tepi. Daya penggaliannya tergantung dari berat grab bucket, tetapi hasil kerusakannya tidak rata sehingga sukar untuk menentukan dalamnya penggalian.
- *Bucket Dredger* :
Pengerukan tanah galian dengan menggunakan timba. Sangat sesuai pada segala jenis galian baik tanah padat maupun batu-batuan, tetapi bukan tanah padas yang keras.
- *Dipper Dredger* :
Dipergunakan untuk pekerjaan penggalian yang sukar dan ada rintangan, dimana jenis kapal keruk yang lain tidak mampu mengerjakannya.
Sesuai dengan pekerjaan jenis tanah yang keras dengan ukuran yang besar.

2) Kapal Tunda

Kapal yang fungsinya menarik atau mendorong kapal-kapal lainnya. Dibedakan atas beberapa jenis antara lain kapal tunda Samudra, kapal tunda pelabuhan dan lain-lain.



Gambar 2.9 Kapal tunda

3) Kapal Penangkap Ikan

Kapal yang fungsinya untuk menangkap ikan apabila ditinjau dari penangkapannya dapat dibedakan atas 3 macam yaitu :

1. Kapal yang dilengkapi dengan alat tembak terutama khusus untuk kapal penangkap ikan paus.
2. Kapal yang dilengkapi dengan alat jaring
3. Kapal yang dilengkapi dengan alat kail.



Gambar.2.10 Kapal ikan

Kapal-kapal ikan dimana operasi penangkapannya agak jauh dari pangkalannya, yang sehari-hari memerlukan waktu dalam operasinya biasanya dilengkapi dengan kotak ikan yang didinginkan, sehingga ikan-ikan hasil tangkapan tidak cepat menjadi busuk. Bahkan untuk kapal-kapal ikan yang modern dilengkapi dengan pabrik ikan dalam kaleng.

4) Kapal Pemadam Kebakaran

Kapal yang fungsinya membantu memadamkan kebakaran pada kapal lain atau kebakaran pada dermaga pelabuhan. Operasinya biasanya dilakukan sekitar pelabuhan.



Gambar 2.11. Kapal pemadam kebakaran

5) Kapal Peneliti

Kapal yang fungsinya mengadakan penelitian di lautan, kapal tersebut dilengkapi dengan peralatan-peralatan penelitian.

- 6) Kapal Rumah Sakit
Dilengkapi dengan peralatan kedokteran.
- 7) Kapal Perang
Karena fungsinya untuk berperang atau menjaga keamanan maka perencanaan dan konstruksinya lebih ditekankan pada segi kekuatan, sehingga faktor ekonomis kurang mendapat perhatian.



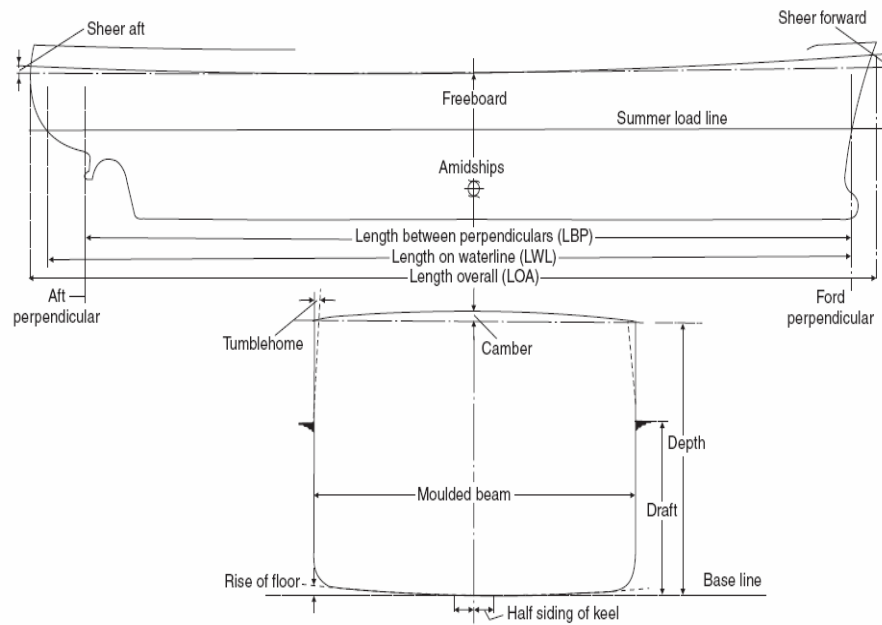
Gambar 2.12. Kapal perang

BAB III UKURAN UTAMA KAPAL

1. Panjang Kapal.

Loa : Length over all

Adalah panjang kapal keseluruhan yang diukur dari ujung buritan sampai ujung haluan.





- LPP : Length between perpendiculars.
Panjang antara kedua garis tegak buritan dan garis tegak haluan yang diukur pada garis air muat.
- AP : Garis tegak buritan (After perpendicular)
Letaknya pada linggi kemudi bagian belakang atau pada sumbu poros kemudi.
- FP : Garis tegak haluan (fore perpendicular)
Adalah merupakan perpotongan antara linggi haluan dengan garis air muat.
- Lwl : Panjang garis air (Length of water line)
Adalah jarak mendatar antara ujung garis muat (garis air), yang diukur dari titik potong dengan linggi buritan sampai titik potongnya dengan linggi haluan dan diukur pada bagian luar linggi buritan dan linggi haluan.

Lebar Kapal.

- B : Breadth (lebar yang direncanakan).
Adalah jarak mendatar dari gading tengah yang diukur pada bagian luar gading. (tidak termasuk tebal pelat lambung).
- Bwl : Breadth of water line (lebar pada garis air muat).
Adalah lebar yang terbesar yang diukur pada garis air muat.
- Boa : Breadth over all (lebar maksimum).
Adalah lebar terbesar dari kapal yang diukur dari kulit lambung kapal disamping kiri sampai kulit lambung kapal samping kanan.

2. Tinggi Geladak.

- H (D) : Depth (tinggi terendah dari geladak).
Adalah jarak tegak dari garis dasar sampai garis geladak yang terendah, umumnya diukur di tengah – tengah panjang kapal.

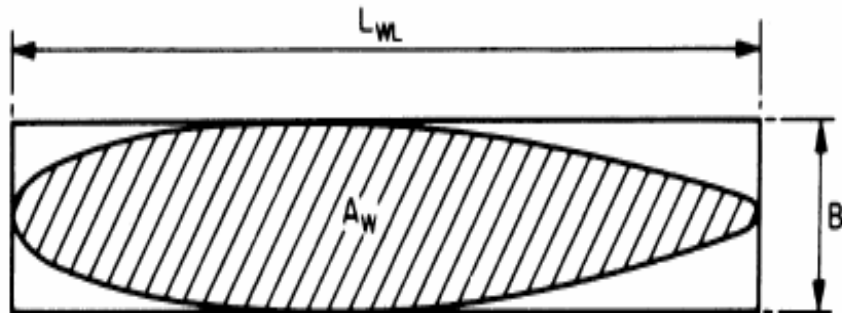
3. Sarat Kapal.

- T : Draft (sarat yang direncanakan).
Adalah jarak tegak dari garis dasar sampai pada garis air muat.

BAB IV KOEFSISIEN BENTUK DAN PERBANDINGAN UKURAN UTAMA

A. Koefisien Bentuk Kapal.

1. Koefisien garis air (Water Plane area coefficient) dengan notasi C_{wl} atau α .



Gambar 4.1 Koefisien Garis Air

C_{wl} adalah perbandingan antara luas bidang garis air muat (A_{wl}) dengan luas sebuah empat persegi panjang dengan lebar B .

$$C_{wl} = \frac{A_{wl}}{L_{wl} B}, \text{ dimana :}$$

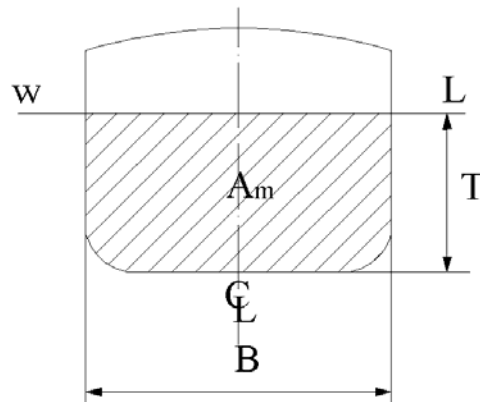
A_{wl} = Luas bidang garis air.

L_{wl} = Panjang garis air.

B = Lebar kapal (Lebar Garis Air).

Pada umumnya harga C_{wl} terletak antara 0,70 ~ 0,90

2. Koefisien Gading besar dengan Notasi C_m (Midship Coefficient).



Gambar 4.2 Koefisien Midship

C_m adalah perbandingan antara luas penampang gading besar yang terendam air dengan luas suatu penampang yang lebarnya = B dan tingginya = T.

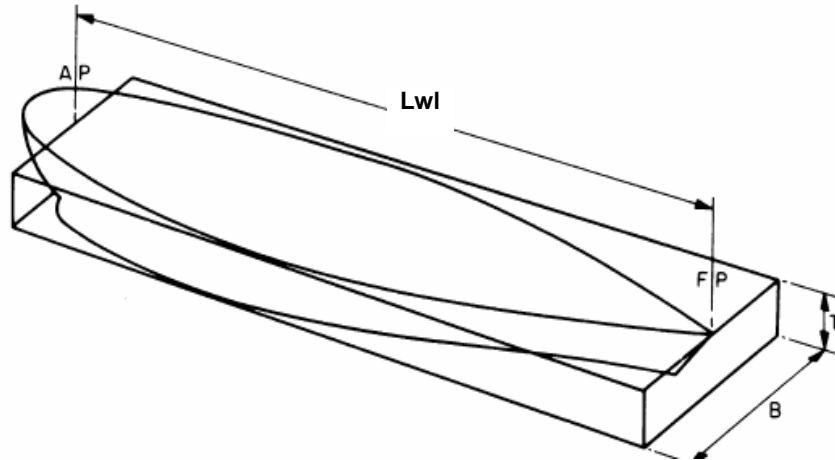
$$C_m = \frac{A_m}{B.T}$$

Penampang gading besar (midship) yang besar terutama dijumpai pada kapal sungai dan kapal – kapal barang sesuai dengan keperluan ruangan muatan yang besar. Sedang bentuk penampang gading besar yang tajam pada umumnya didapatkan pada kapal tunda sedangkan yang terakhir di dapatkan pada kapal – kapal pedalaman.

Harga C_m terletak antara 0,50 ~ 0,995 dimana harga yang pertama di dapatkan pada kapal tunda sedangkan yang terakhir di dapatkan pada kapal – kapal pedalaman.

Bentuk penampang melintang yang sama pada bagian tengah dari panjang kapal dinamakan dengan **Parallel Middle Body**.

3. Koefisien Blok (Block Coeficient).



Gambar 4.3 Koefisien Prismatic

Koefisien Blok dengan Notasi Cb.

Koefisien blok adalah merupakan perbandingan antara isi karene dengan isi suatu balok dengan panjang = Lwl, lebar = B dan tinggi = T.

$$C_b = \frac{V}{L_{wl}.B.T}$$

V = Isi karene.

Lwl = Panjang garis air.

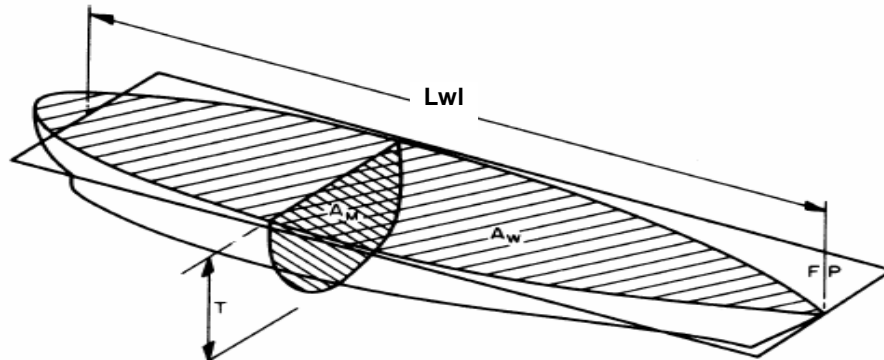
B = Lebar karene atau lebar kapal.

T = Sarat kapal.

Dari harga Cb dapat dilihat apakah badan kapal mempunyai bentuk yang gemuk atau ramping.

Pada umumnya kapal cepat mempunyai harga Cb yang kecil dan sebaliknya kapal – kapal lambat mempunyai harga Cb yang besar. Harga Cb terletak antara 0,20 ~ 0,84.

4. Koefisien Prismatic (Prismatic Coefficient)



Gambar 4.4 Koefisien Blok

a. Koefisien Prismatic Memanjang.

(Longitudinal Prismatic Coefficient).

Koefisien prismatic memanjang dengan notasi C_p adalah perbandingan antara volume badan kapal yang ada di bawah permukaan air (Isi Karene) dengan volume sebuah prisma dengan luas penampang midship (A_m) dan panjang L_{wl}

$$C_p = \frac{V}{A_m \cdot L_{wl}} \quad \text{dimana :}$$

V = Isi Karene.

A_m = Luas penampang gading besar (luas midship).

L_{wl} = Panjang garis air.

Kalau dijabarkan lebih lanjut rumus tersebut menjadi $C_p = \frac{C_b}{C_m}$ Seperti dijabarkan berikut ini.

$$C_p = \frac{V}{A_m \cdot L_{wl}} \dots\dots\dots(1)$$

$$C_b = \frac{V}{L_{wl} \cdot B \cdot T}$$

$$V = L_{wl} \cdot B \cdot T \cdot C_b \dots\dots\dots(2)$$

$$C_m = \frac{A_m}{B \cdot T}$$

$$A_m = B \cdot T \cdot C_m \dots\dots\dots(3)$$

Kalau (2) dan (3) dimasukkan pada (1), maka diperoleh :

$$C_p = \frac{Lwl.B.T.Cb}{Lwl.B.T.Cm}$$

$$C_p = \frac{Cb}{Cm}$$

Jadi koefisien prismatik memanjang sama dengan koefisien balok dibagi koefisien midship.

Harga C_p pada umumnya menunjukkan kelangsingan bentuk dari kapal.

Harga C_p yang besar terutama menunjukkan adanya perubahan yang kecil dari bentuk penampang melintang disepanjang panjang Lwl . Pada umumnya kapal mempunyai harga C_p yang terletak antara 0,50 dan 0,92.

b. Koefisien Prismatik Tegak (Vertical Prismatic Coefficient).

Koefisien Prismatik tegak dengan notasi C_{pv} adalah perbandingan antara volume badan kapal yang ada dibawah permukaan air (Isi Karene) dengan volume sebuah prisma yang berpenampang Awl dengan tinggi = T .

$$C_{pv} = \frac{V}{Awl.T}$$

V = Isi Karene.

Awl = Luas Penampang garis air.

T = Sarat air.

Kalau dijabarkan lebih lanjut dengan mengganti harga $V = Lwl.B.T.Cb$ dan $Awl = Lwl.B.Cwl$, maka di peroleh

$$\text{Harga : } C_{pv} = \frac{V}{Awl.T}$$

$$C_{pv} = \frac{Lwl.B.T.Cb}{Lwl.B.T.Cwl}$$

$$C_{pv} = \frac{Cb}{Cwl}$$

B. Perbandingan Ukuran Utama

Perbandingan ukuran utama kapal adalah :

$$\frac{L}{B} ; \frac{L}{H} ; \frac{B}{T} \text{ dan } \frac{H}{T}$$

Dibawah ini diberikan uraian secara singkat ukuran utama dan pengaruhnya terhadap perencanaan kapal. Panjang kapal (L), terutama mempunyai pengaruh pada kecepatan kapal dan pada kekuatan memanjang kapal.

Perbandingan $\frac{L}{B}$ yang besar terutama sesuai untuk kapal – kapal dengan kecepatan yang tinggi dan mempunyai perbandingan ruangan yang baik, akan tetapi mengurangi kemampuan oleh gerak kapal dan mengurangi pula Stabilitas Kapal.

Perbandingan $\frac{L}{B}$ yang kecil memberikan kemampuan stabilitas yang baik akan tetapi dapat juga menambah tahanan kapal.

Perbandingan $\frac{L}{H}$ terutama mempunyai pengaruh terhadap kekuatan memanjang kapal.

Untuk harga $\frac{L}{H}$ yang besar akan mengurangi kekuatan memanjang kapal sebaliknya.

Untuk harga $\frac{L}{H}$ yang kecil akan menambah kekuatan memanjang kapal.

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) 2004 mensyaratkan sebagai berikut :

$$\frac{L}{H} = 14 \text{ Untuk daerah pelayaran samudra}$$

$$\frac{L}{H} = 15 \text{ Untuk daerah pelayaran pantai}$$

$$\frac{L}{H} = 17 \text{ Untuk daerah pelayaran local}$$

$$\frac{L}{H} = 18 \text{ untuk daerah pelayaran terbatas}$$

Dari ketentuan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa daerah yang mempunyai gelombang besar atau pengaruh–pengaruh luar

lainnya yang lebih besar sebuah kapal mempunyai persyaratan harga perbandingan $\frac{L}{H}$ yang lebih kecil.

Penyimpangan–penyimpangan dari ketentuan di atas masih dimungkinkan atas dasar bukti perhitungan kekuatan yang dapat di pertanggung jawabkan.

Lebar kapal (B), terutama mempunyai pengaruh pada tinggi metasentra melintang. Kapal dengan displacement yang sama, yang mempunyai B besar akan memiliki tinggi metasentra (KM) yang lebih besar.

Perbandingan $\frac{B}{T}$, terutama mempunyai pengaruh pada Stabilitas Kapal.

Harga perbandingan $\frac{B}{T}$ yang rendah akan mengurangi Stabilitas Kapal.

Untuk kapal – kapal sungai harga perbandingan $\frac{B}{T}$ dapat di ambil sangat besar, Karena harga T dibatasi oleh kedalaman sungai yang pada umumnya sudah tertentu. Tinggi Dek (H), terutama mempunyai pengaruh pada tinggi titik berat kapal (KG) atau center of Gravity dan juga pada kekuatan kapal serta ruangan dalam kapal.

Pada umumnya kapal barang mempunyai harga KG sebesar 0,6 H.

Sarat air (T), terutama mempunyai pengaruh pada tinggi Center of Bouyancy (KB).

Perbandingan $\frac{H}{T}$, terutama berhubungan dengan reserve displacement atau daya apung cadangan. Harga $\frac{H}{T}$ yang besar dapat dijumpai pada kapal – kapal penumpang. Harga H – T disebut lambung timbul (Free Board), dimana secara sederhana dapat disebutkan bahwa lambung timbul adalah tinggi tepi dek dari permukaan air.

Daftar koefisien bentuk dan perbandingan ukuran utama

Sebagai gambaran diberikan data – data mengenai koefisien bentuk dan perbandingan ukuran utama dengan tujuan supaya dapat diketahui apakah kapal yang direncanakan mempunyai bentuk dan ukuran yang wajar dan tidak menyimpang dari kebiasaan.

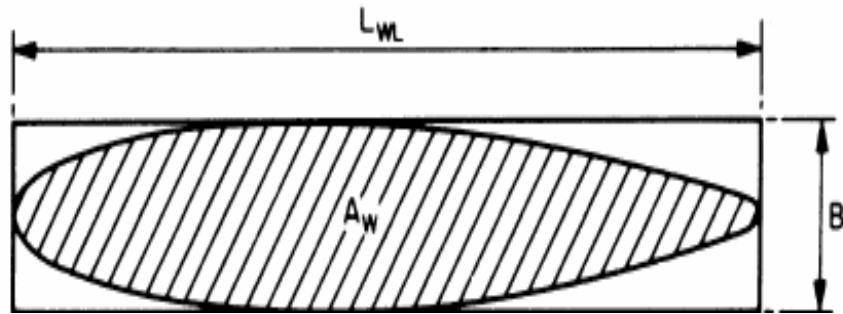
Tabel 4.1 Daftar Koefisien Bentuk Dan Perbandingan Ukura Utama

No	Type Kapal	L/B	T/B	B/H	T/H	L/H	Cb	Cm	Cw
1.	Kapal cepat besar (Vd = 22 Knot).	8,50-9,90	0,37-0,43	1,45-1,55	0,58-0,66	12,8-14,9	0,59-0,63	0,93-0,96	0,72-0,76
2.	Kapal barang besar (Vd = 15-18 Knot)	8,90-9,00	0,40-0,50	1,50-1,70	0,64-0,80	13,30-15	0,67-0,75	0,94-0,97	0,78-0,84
3.	Kapal barang besar (Vd = 10-15).	7,0-8,50	0,40-0,50	1,50-1,80	0,66-0,82	11,6-14,0	0,75-0,82	0,96-0,98	0,85-0,87
4.	Kapal Sedang.	7,0-8,50	0,40-0,50	1,50-1,80	0,66-0,82	11,6-14,0	0,75-0,82	0,96-0,98	0,85-0,87
5.	Kapal cepat jarak pendek (Vd = 16-23 Knot).	7,50-8,50	0,25-0,35	1,55-2,20	0,70-0,99	11,0-15,4	0,73-0,80	0,95-0,99	0,83-0,87
6.	Kapal Ikan	5,00-6,0	0,40-0,50	1,50-1,80	0,74-0,84	8,5-10,00	0,45-0,55	0,72-0,82	0,72-0,78
7.	Kapal Tunda Samudra	4,50-6,0	0,37-0,47	1,65-1,85	0,65-0,82	7,90-10,5	0,55-0,63	0,80-0,92	0,75-0,85
8.	Kapal Tunda Pelabuhan	3,50-5,50	0,37-0,46	1,73-2,20	0,73-0,90	7,80-10,0	0,44-0,55	0,54-0,77	0,68-0,79
9.	Kapal – kapal kecil.	6,00-8,50	0,35-0,45	1,50-1,70	0,56-0,72	9,60-13,6	0,45-0,60	0,76-0,90	0,74-0,80
10.	Kapal-kapal motor kecil (layer).	3,20-6,30	0,30-0,50	—	0,60-0,30	6,00-11,0	0,50-0,66	0,89-0,94	0,72-0,82

BAB IV KOEFSISIEN BENTUK DAN PERBANDINGAN UKURAN UTAMA

A. Koefisien Bentuk Kapal.

1. Koefisien garis air (Water Plane area coefficient) dengan notasi C_{wl} atau α .



Gambar 4.1 Koefisien Garis Air

C_{wl} adalah perbandingan antara luas bidang garis air muat (A_{wl}) dengan luas sebuah empat persegi panjang dengan lebar B .

$$C_{wl} = \frac{A_{wl}}{L_{wl} B}, \text{ dimana :}$$

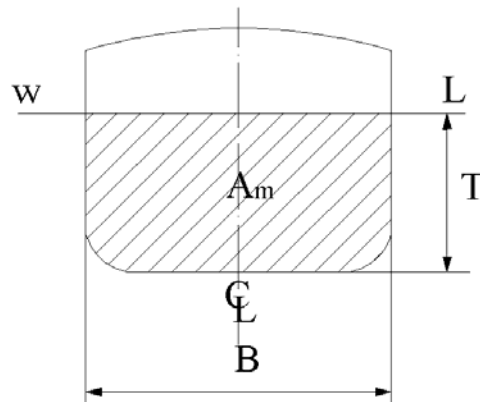
A_{wl} = Luas bidang garis air.

L_{wl} = Panjang garis air.

B = Lebar kapal (Lebar Garis Air).

Pada umumnya harga C_{wl} terletak antara 0,70 ~ 0,90

2. Koefisien Gading besar dengan Notasi C_m (Midship Coefficient).



Gambar 4.2 Koefisien Midship

C_m adalah perbandingan antara luas penampang gading besar yang terendam air dengan luas suatu penampang yang lebarnya = B dan tingginya = T.

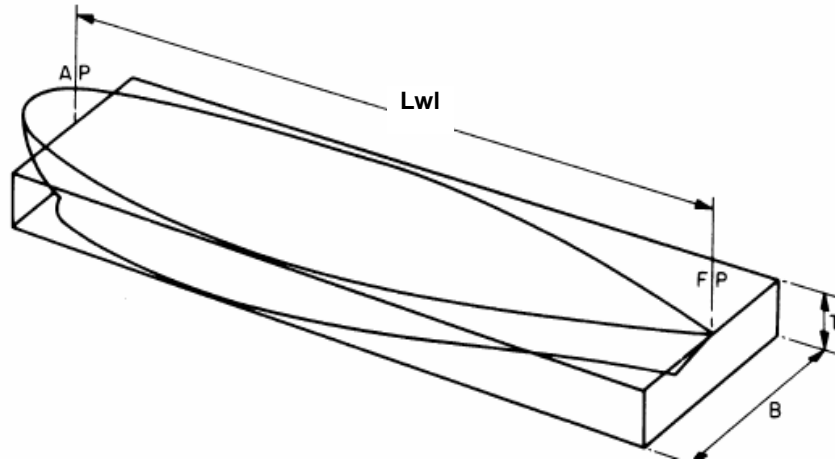
$$C_m = \frac{A_m}{B.T}$$

Penampang gading besar (midship) yang besar terutama dijumpai pada kapal sungai dan kapal – kapal barang sesuai dengan keperluan ruangan muatan yang besar. Sedang bentuk penampang gading besar yang tajam pada umumnya didapatkan pada kapal tunda sedangkan yang terakhir di dapatkan pada kapal – kapal pedalaman.

Harga C_m terletak antara 0,50 ~ 0,995 dimana harga yang pertama di dapatkan pada kapal tunda sedangkan yang terakhir di dapatkan pada kapal – kapal pedalaman.

Bentuk penampang melintang yang sama pada bagian tengah dari panjang kapal dinamakan dengan **Parallel Middle Body**.

3. Koefisien Blok (Block Coeficient).



Gambar 4.3 Koefisien Prismatic

Koefisien Blok dengan Notasi Cb.

Koefisien blok adalah merupakan perbandingan antara isi karene dengan isi suatu balok dengan panjang = Lwl, lebar = B dan tinggi = T.

$$C_b = \frac{V}{L_{wl}.B.T}$$

V = Isi karene.

Lwl = Panjang garis air.

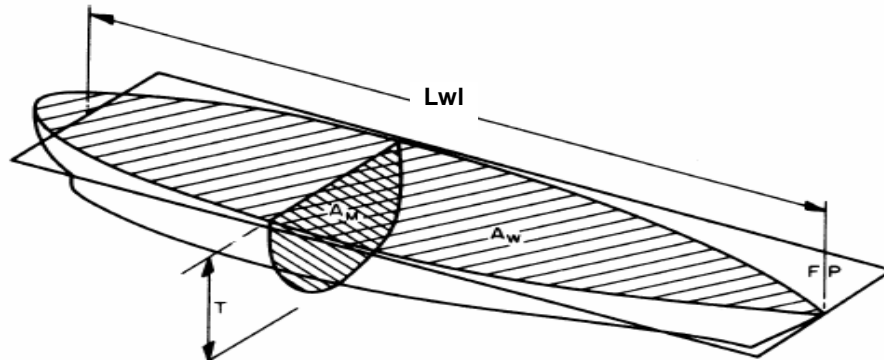
B = Lebar karene atau lebar kapal.

T = Sarat kapal.

Dari harga Cb dapat dilihat apakah badan kapal mempunyai bentuk yang gemuk atau ramping.

Pada umumnya kapal cepat mempunyai harga Cb yang kecil dan sebaliknya kapal – kapal lambat mempunyai harga Cb yang besar. Harga Cb terletak antara 0,20 ~ 0,84.

4. Koefisien Prismatic (Prismatic Coefficient)



Gambar 4.4 Koefisien Blok

a. Koefisien Prismatic Memanjang.

(Longitudinal Prismatic Coefficient).

Koefisien prismatic memanjang dengan notasi C_p adalah perbandingan antara volume badan kapal yang ada di bawah permukaan air (Isi Karene) dengan volume sebuah prisma dengan luas penampang midship (A_m) dan panjang L_{wl}

$$C_p = \frac{V}{A_m \cdot L_{wl}} \quad \text{dimana :}$$

V = Isi Karene.

A_m = Luas penampang gading besar (luas midship).

L_{wl} = Panjang garis air.

Kalau dijabarkan lebih lanjut rumus tersebut menjadi $C_p = \frac{C_b}{C_m}$ Seperti dijabarkan berikut ini.

$$C_p = \frac{V}{A_m \cdot L_{wl}} \dots\dots\dots(1)$$

$$C_b = \frac{V}{L_{wl} \cdot B \cdot T}$$

$$V = L_{wl} \cdot B \cdot T \cdot C_b \dots\dots\dots(2)$$

$$C_m = \frac{A_m}{B \cdot T}$$

$$A_m = B \cdot T \cdot C_m \dots\dots\dots(3)$$

Kalau (2) dan (3) dimasukkan pada (1), maka diperoleh :

$$C_p = \frac{Lwl.B.T.Cb}{Lwl.B.T.Cm}$$

$$C_p = \frac{Cb}{Cm}$$

Jadi koefisien prismatik memanjang sama dengan koefisien balok dibagi koefisien midship.

Harga C_p pada umumnya menunjukkan kelangsingan bentuk dari kapal.

Harga C_p yang besar terutama menunjukkan adanya perubahan yang kecil dari bentuk penampang melintang disepanjang panjang Lwl . Pada umumnya kapal mempunyai harga C_p yang terletak antara 0,50 dan 0,92.

b. Koefisien Prismatik Tegak (Vertical Prismatic Coefficient).

Koefisien Prismatik tegak dengan notasi C_{pv} adalah perbandingan antara volume badan kapal yang ada dibawah permukaan air (Isi Karene) dengan volume sebuah prisma yang berpenampang Awl dengan tinggi = T .

$$C_{pv} = \frac{V}{Awl.T}$$

V = Isi Karene.

Awl = Luas Penampang garis air.

T = Sarat air.

Kalau dijabarkan lebih lanjut dengan mengganti harga $V = Lwl.B.T.Cb$ dan $Awl = Lwl.B.Cwl$, maka di peroleh

$$\text{Harga : } C_{pv} = \frac{V}{Awl.T}$$

$$C_{pv} = \frac{Lwl.B.T.Cb}{Lwl.B.T.Cwl}$$

$$C_{pv} = \frac{Cb}{Cwl}$$

B. Perbandingan Ukuran Utama

Perbandingan ukuran utama kapal adalah :

$$\frac{L}{B} ; \frac{L}{H} ; \frac{B}{T} \text{ dan } \frac{H}{T}$$

Dibawah ini diberikan uraian secara singkat ukuran utama dan pengaruhnya terhadap perencanaan kapal. Panjang kapal (L), terutama mempunyai pengaruh pada kecepatan kapal dan pada kekuatan memanjang kapal.

Perbandingan $\frac{L}{B}$ yang besar terutama sesuai untuk kapal – kapal dengan kecepatan yang tinggi dan mempunyai perbandingan ruangan yang baik, akan tetapi mengurangi kemampuan oleh gerak kapal dan mengurangi pula Stabilitas Kapal.

Perbandingan $\frac{L}{B}$ yang kecil memberikan kemampuan stabilitas yang baik akan tetapi dapat juga menambah tahanan kapal.

Perbandingan $\frac{L}{H}$ terutama mempunyai pengaruh terhadap kekuatan memanjang kapal.

Untuk harga $\frac{L}{H}$ yang besar akan mengurangi kekuatan memanjang kapal sebaliknya.

Untuk harga $\frac{L}{H}$ yang kecil akan menambah kekuatan memanjang kapal.

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) 2004 mensyaratkan sebagai berikut :

$$\frac{L}{H} = 14 \text{ Untuk daerah pelayaran samudra}$$

$$\frac{L}{H} = 15 \text{ Untuk daerah pelayaran pantai}$$

$$\frac{L}{H} = 17 \text{ Untuk daerah pelayaran local}$$

$$\frac{L}{H} = 18 \text{ untuk daerah pelayaran terbatas}$$

Dari ketentuan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa daerah yang mempunyai gelombang besar atau pengaruh–pengaruh luar

lainnya yang lebih besar sebuah kapal mempunyai persyaratan harga perbandingan $\frac{L}{H}$ yang lebih kecil.

Penyimpangan–penyimpangan dari ketentuan di atas masih dimungkinkan atas dasar bukti perhitungan kekuatan yang dapat di pertanggung jawabkan.

Lebar kapal (B), terutama mempunyai pengaruh pada tinggi metasentra melintang. Kapal dengan displacement yang sama, yang mempunyai B besar akan memiliki tinggi metasentra (KM) yang lebih besar.

Perbandingan $\frac{B}{T}$, terutama mempunyai pengaruh pada Stabilitas Kapal.

Harga perbandingan $\frac{B}{T}$ yang rendah akan mengurangi Stabilitas Kapal.

Untuk kapal – kapal sungai harga perbandingan $\frac{B}{T}$ dapat di ambil sangat besar, Karena harga T dibatasi oleh kedalaman sungai yang pada umumnya sudah tertentu. Tinggi Dek (H), terutama mempunyai pengaruh pada tinggi titik berat kapal (KG) atau center of Gravity dan juga pada kekuatan kapal serta ruangan dalam kapal.

Pada umumnya kapal barang mempunyai harga KG sebesar 0,6 H.

Sarat air (T), terutama mempunyai pengaruh pada tinggi Center of Bouyancy (KB).

Perbandingan $\frac{H}{T}$, terutama berhubungan dengan reserve displacement atau daya apung cadangan. Harga $\frac{H}{T}$ yang besar dapat dijumpai pada kapal – kapal penumpang. Harga H – T disebut lambung timbul (Free Board), dimana secara sederhana dapat disebutkan bahwa lambung timbul adalah tinggi tepi dek dari permukaan air.

Daftar koefisien bentuk dan perbandingan ukuran utama

Sebagai gambaran diberikan data – data mengenai koefisien bentuk dan perbandingan ukuran utama dengan tujuan supaya dapat diketahui apakah kapal yang direncanakan mempunyai bentuk dan ukuran yang wajar dan tidak menyimpang dari kebiasaan.

Tabel 4.1 Daftar Koefisien Bentuk Dan Perbandingan Ukura Utama

No	Type Kapal	L/B	T/B	B/H	T/H	L/H	Cb	Cm	Cw
1.	Kapal cepat besar (Vd = 22 Knot).	8,50-9,90	0,37-0,43	1,45-1,55	0,58-0,66	12,8-14,9	0,59-0,63	0,93-0,96	0,72-0,76
2.	Kapal barang besar (Vd = 15-18 Knot)	8,90-9,00	0,40-0,50	1,50-1,70	0,64-0,80	13,30-15	0,67-0,75	0,94-0,97	0,78-0,84
3.	Kapal barang besar (Vd = 10-15).	7,0-8,50	0,40-0,50	1,50-1,80	0,66-0,82	11,6-14,0	0,75-0,82	0,96-0,98	0,85-0,87
4.	Kapal Sedang.	7,0-8,50	0,40-0,50	1,50-1,80	0,66-0,82	11,6-14,0	0,75-0,82	0,96-0,98	0,85-0,87
5.	Kapal cepat jarak pendek (Vd = 16-23 Knot).	7,50-8,50	0,25-0,35	1,55-2,20	0,70-0,99	11,0-15,4	0,73-0,80	0,95-0,99	0,83-0,87
6.	Kapal Ikan	5,00-6,0	0,40-0,50	1,50-1,80	0,74-0,84	8,5-10,00	0,45-0,55	0,72-0,82	0,72-0,78
7.	Kapal Tunda Samudra	4,50-6,0	0,37-0,47	1,65-1,85	0,65-0,82	7,90-10,5	0,55-0,63	0,80-0,92	0,75-0,85
8.	Kapal Tunda Pelabuhan	3,50-5,50	0,37-0,46	1,73-2,20	0,73-0,90	7,80-10,0	0,44-0,55	0,54-0,77	0,68-0,79
9.	Kapal – kapal kecil.	6,00-8,50	0,35-0,45	1,50-1,70	0,56-0,72	9,60-13,6	0,45-0,60	0,76-0,90	0,74-0,80
10.	Kapal-kapal motor kecil (layer).	3,20-6,30	0,30-0,50	—	0,60-0,30	6,00-11,0	0,50-0,66	0,89-0,94	0,72-0,82

BAB V.

SATUAN – SATUAN PERKAPALAN

A. Isi Karene

Karene adalah bentuk badan kapal yang ada di bawah permukaan air. Dengan catatan, bahwa tabel kulit, lunas sayap, daun kemudi, baling – baling dan lain – lain perlengkapan kapal yang terendam di bawah permukaan air tidak termasuk Karene.

Isi karene adalah volume badan kapal yang ada di bawah permukaan air (tidak termasuk volume kulit dan lain – lain).

Isi Karene (V) = $L \cdot B \cdot T \cdot C_b$, dimana

Dimana :

L = Panjang Karene (m)

B = Lebar Karene (m)

T = Sarat Karene (m)

C_b = Koefisien balok (m)

B. Displacement

Displacement adalah berat dari karene

$D = V \cdot \delta$

$D = L \cdot B \cdot T \cdot C_b \cdot \delta$ (Ton), dimana

Dimana :

L = Panjang Kapa (m)

B = Lebar Kapal (m)

T = Sarat kapal (m)

δ = Massa jenis air laut = 1,025 ton / m³.

C. Pemindahan Air (V_s).

Yang disebut pemindahan air adalah volume dari air yang dipindahkan oleh badan kapal, termasuk kulit lambung kapal, lunas sayap (bilge keel), kemudi (rudder), baling – baling (propeller) dan lain – lain perlengkapan yang ada di bawah garis air.

$V_s = V \cdot C$ dimana :

C = Koefisien tambahan.

Kapal yang terendam di bawah permukaan air, volume dari kulit lambung kapal diperkirakan akan sebesar 6 % dari Isi Karene, sedangkan volume dari lunas sayap, kemudi baling – baling dan perlengkapan lain yang ada di bawah garis air adalah 0,075 % - 0,15 % dari Isi Karene, sehingga.

$$V_s = (1,00675 - 1,00750)V.$$

Untuk kapal kayu (kapal yang di buat dari bahan kayu)

$$V_s = (1,00750 - 1,015)V.$$

D. Berat Pemindahan Air (W).

Berat pemindahan air adalah berat air yang dipindahkan oleh badan secara keseluruhan yang ada di bawah garis air. Kalau massa jenis air dinyatakan dengan δ , maka.

$$W = V_s \cdot \delta$$

$$W = L \cdot B \cdot T \cdot C_b \cdot \delta \cdot C$$

Hukum Archimedes mengatakan bahwa setiap benda yang dimasukkan ke dalam air, benda tersebut mendapat gaya tekan ke atas seberat zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut jadi $W = \delta \cdot V_s$

Demikian pula halnya dengan sebuah kapal yang terapung di air akan mendapat gaya tekan ke atas sebesar berat air yang dipindahkan oleh badan kapal tersebut.

$$W = L \cdot B \cdot T \cdot C_b \cdot \delta \cdot C$$

Dalam hal ini berat kapal (W) = berat kapal kosong ditambah dengan bobot mati (dead weight) atau dapat dituliskan.

$$W = Dwt + \text{Berat Kapal Kosong.}$$

Selanjutnya harus diingat bahwa gaya berat dari kapal bekerja dalam arah vertical kebawah, sedangkan displacement yang merupakan gaya tekan keatas bekerja dalam arah vertical ke atas. Notasi yang digunakan.

$$\text{Displacement (} \Delta \text{)} = L \cdot B \cdot T \cdot C_b \cdot \delta \cdot C$$

$$\text{Volume of Displacement (} \nabla \text{)} = L \cdot B \cdot T \cdot C_b \cdot C$$

E. Bobot Mati (Dead Weight).

Bobot mati adalah daya angkut dari sebuah kapal dimana di dalamnya termasuk berat muatan, berat bahan bakar, berat minyak lunas, berat air minum, berat bahan makanan, berat crew kapal dan penumpang serta barang yang dibawanya. Di dalam Dwt (dead weight) prosentase berat yang paling besar adalah berat muatan yaitu $\pm (70 \sim 85) \%$.

Berat bahan bakar adalah jumlah berat bahan bakar yang dipakai dalam pelayaran. Jumlahnya tergantung dari besarnya PK mesin, kecepatan kapal itu sendiri dan jarak pelayaran yang ditempuh.

Kecepatan yang digunakan dalam hal ini adalah kecepatan dinas yaitu kecepatan rata – rata yang dipakai dalam dinas pelayaran sebuah kapal dan dinyatakan dalam knot, dimana

1 Knot = 1 mil laut / jam.

= 1852 m / jam.

= 0,5144 m / detik.

Kecepatan percobaan adalah kecepatan terbesar yang dapat dicapai kapal dalam pelayaran percobaannya. Berat minyak lumas berkisar (2 ~ 4) % dari berat bahan bakar yang dipakai. Pemakaian air tawar diperkirakan (100 ~ 150) Kg / orang per hari (untuk minum dan keperluan sanitasi). Bahan makanan antara 5 kg / orang / hari.

Berat crew dan penumpang serta barang perlengkapan yang di bawanya diperkirakan (150 ~ 200) kg / orang.

F. Berat Kapal Kosong. (Light Weight)

Berat kapal kosong umumnya dibagi 3 bagian besar seperti berikut :

1. Berat baja badan kapal (berat karpus), yaitu berat badan kapal, bangunan atas (*superstructure*) dan perumahan geladak (*deck house*).
2. Berat peralatan, yaitu berat dari seluruh peralatan antara lain jangkar, rantai jangkar, mesin jangkar, tali temali, capstan, mesin kemudi, mesin winch, derrick boom, mast, ventilasi, alat – alat navigasi, life boat, davit, perlengkapan dan peralatan dalam kamar – kamar dan lain – lain.
3. Berat mesin penggerak beserta instalasi pembantunya, yaitu adalah berat motor induk, berat motor bantu, berat ketel, berat pompa – pompa, berat compressor, separator, berat botol angin, cooler, intermediate shaft, propeller, shaft propeller, bantalan – bantalan poros, reduction gear dan keseluruhan peralatan yang ada di kamar mesin.

G. Volume Ruang Muat.

Ruang muat di dalam kapal barang biasanya dibedakan dalam tiga bagian ruangan yaitu :

- Ruang muatan cair (*Liquid cargo tank*)

- Ruang muatan dingin (*Refrigerated cargo hold*)
- Ruang muatan kering (*Dry cargo hold*)

Volume atau kapasitas ruang muatan kering pada umumnya dibedakan dalam 3 macam muatan yaitu :

- Gross cargo capacity, yaitu kapasitas ruang muat yang direncanakan jadi tidak termasuk pengurangan konstruksi gading – gading (*Frame*).
- Grain cargo capacity, yaitu kapasitas ruang muatan biji – bijian atau tanpa pembungkusan tertentu.
- Bale cargo capacity, yaitu kapasitas ruang muatan dalam pembungkusan tertentu misalnya dalam karung, kotak, derum dan lain – lain.

Pada umumnya harga grain cargo capacity lebih besar dibandingkan dengan bale cargo capacity. Volume ruang muatan (kapasitas ruang muatan) sangat tergantung pada jenis barang / muatan yang diangkut. Dengan perkataan lain hal ini tergantung pada spesifikasi volume atau stowage factor jenis barang yang diangkut. Spesifikasi volume adalah besarnya ruangan dalam m^3 atau ft^3 yang diperlukan untuk menyimpan suatu jenis barang tertentu seberat 1 metric ton atau 1 long ton.

Kapal barang normal pada umumnya mempunyai harga spesifikasi volume antara $1,30 \sim 1,70 m^3 / ton$.

Sekedar contoh berikut ini diberikan daftar stowage factor yaitu ruangan yang diperlukan untuk setiap ton muatan dengan pembungkus tertentu, dinyatakan dalam m^3 / ton .

TABEL 5.1 Daftar Stowage Faktor

Jenis barang	Stowage factor	Cara pembungkusan nya	Jenis barang	Stowage factor	Cara pembungkusanya
Anggur	1,5	Kotak	Kopi	1,7 - 2,5	Karung
Apel	2,5	Kotak	Kopia	2,1 - 1,5	Karung
Beras	1,4	Karung	Pupuk	0,8	Zak
Barang-barang di dalam kaleng.	1,35 - 1,4	Kotak	Semen	0,9	Zak
Jagung	1,5	Karung	Teh	2,8 - 3,3	Peti
Gandum	1,4	Karung	Temba kau	3,3	Bal
Garam	1,1 – 1,6	Karung	Tepun g	1,4	Zak
Gula	1,3 – 1,4	Karung	Cat	1,0	Kaleng
Jute	1,8 – 3,1	Bal	Bier	1,66	Barrel
Kapas	1,5 – 2,4	Bal	Wool di pres	3,0	Bal
Kapok	7,6	Bal	-	-	-
Kacang	1,6	Karung	-	-	-

Khusus untuk muatan biji-bijian (Curah) tambang dan biji tumbuhan mempunyai harga spesifik volume sebagai berikut :

Jenis Muatan

Biji Besi : 0,80
 Biji Phospat : 0,85 – 0,9
 Biji Batubara : 1,20– 1,30
 Biji Nekei : 0,80
 Biji Gandum : 1,24
 Biji Cokes : 2,45
 Biji Mangaan : 0,60
 Biji Barley : 1,44
 Biji Belerang : 0,80
 Biji Tembaga : 0,4 – 0,6
 Biji Oats : 2,0

H. TONASE (TONNAGE)

Sebagai alat angkut yang dipergunakan dalam kegiatan ekonomi , maka kapal tersebut tentu dikenakan pajak serta memerlukan biaya sehubungan dengan kegiatan, Bahwa makin besar sebuah kapal, akan makin besar pula pajak serta ongkos yang harus dikeluarkannya. Sebagaimana diketahui, penambahan besar kapal sangat bervariasi baik terhadap panjang, lebar maupun tingginya. Besarnya panjang kapal dan lebar kapal belum dapat dipakai sebagai pedoman untuk menunjukkan besarnya kapal. Sebab ukuran besarnya kapal adalah persoalan kapasitas muat (Carrying capacity). Oleh karena itu dalam menentukan pajak, berlaku suatu pedoman bahwa besarnya pajak yang dikenakan pada sebuah kapal haruslah sebanding dengan kemampuan kapal tersebut untuk menghasilkan (Potensial earning capacity).

Atas dasar pemikiran ini, karena tonase kapal dianggap dapat menggambarkan potensial earning capacity sebuah kapal, maka besar pajak yang dikenakan pada suatu kapal dapat didasarkan atas besarnya tonasenya.

Dalam perkembangan selanjutnya bukan saja pajak pelabuhan atas besarnya tonase melainkan ongkos pengedokan, penundaan serta beberapa persyaratan keselamatan pelayaran didasarkan pula atas besarnya tonnage.

Dapat disimpulkan gunanya tonnage adalah :

- a. Untuk menunjukkan ukuran besarnya kapal yaitu kapasitas muatnya.
- b. Bagi pemerintah adalah untuk dasar pegangan dalam memungut pajak diantaranya adalah pajak pelabuhan sebagai imbalan atas pelayanan (Service) yang telah diterima kapal.
- c. Bagi pemilik kapal adalah untuk memperkirakan pendapatan maupun pengeluaran (pajak dan ongkos) yang harus dikeluarkan pada waktu tertentu.
- d. Tonase dipergunakan sebagai batasan terhadap berlakunya syarat – syarat keselamatan kapal ataupun beberapa syarat lain.
- e. Digalangan kapal, tonnage digunakan sebagai pedoman dalam menetapkan tarif docking dan reparasi kapal.

BAB VI

RENCANA GARIS (*LINES PLAN*)

Sebelum mulai menggambar rencana garis (*lines plan*) . Harus mengetahui lebih dahulu ukuran besar kecilnya kapal, seperti panjang, lebar maupun tinggi badan kapal. Ukuran kapal tersebut menggunakan singkatan – singkatan yang mempunyai arti tertentu walaupun dalam istilah bahasa inggris dan penggunaannya sudah standart. Apabila seseorang hendak membuat suatu kapal digalangan, maka pertama–tama yang harus dikerjakan adalah pemindahan gambar rencana garis dari kertas gambar kelantai (mould loft) dengan ukuran yang sebenarnya atau skala 1 : 1 karena dari gambar rencana garis inilah kita dapat membentuk kapal yang akan dibangun. Dalam gambar rencana garis ini ada beberapa istilah atau pengertian yang harus diketahui seperti yang diuraikan dibawah ini :

A. Garis Air (*Water Line*).

Di umpamakan suatu kapal dipotong secara memanjang (mendatar). Garis – garis potong yang mendatar ini disebut garis air (*water line*) dan mulai dari bawah diberi nama WL 0, WL 1, WL 2, WL 3 dan seterusnya. Dengan adanya potongan mendatar ini terjadilah beberapa penampang. Tiap – tiap penampang ini disebut bidang garis air.

B. Garis Dasar (*Base Line*).

Garis dasar (*base line*) adalah garis air yang paling bawah. Dalam hal ini adalah garis air 0 atau WL 0. Atau kalau dilihat dari bidang garis air, maka proyeksi base line adalah bidang garis air 0. Garis air ini (WL 0) / garis dasar ini letaknya harus selalu datar. Pada kapal – kapal yang direncanakan dalam keadaan datar (*even keel*).

C. Garis Muat (*Load Water Line*).

Garis muat adalah garis air yang paling atas pada waktu kapal dimuati penuh dengan muatan.

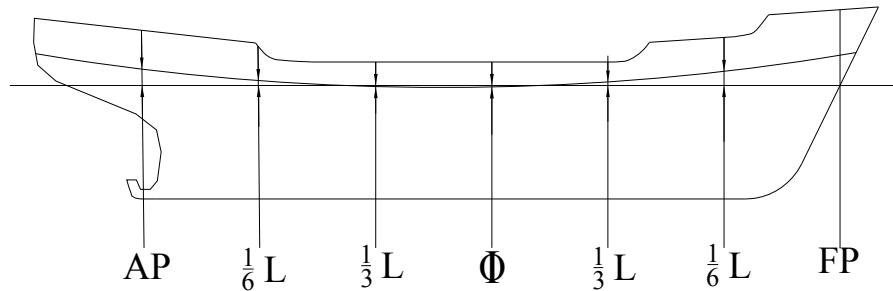
Tinggi garis muat (*T*) diukur persis di tengah – tengah kapal (*Midship*).

D. Garis Geladak Tepi (*Sheer Line*).

Dalam gambar rencana garis, garis geladak tepi adalah garis lengkung dari tepi geladak yang di tarik melalui ujung atas dari balok geladak. Kalau kita melihat garis geladak tepi dari gambar diatas, maka terlihat bahwa jalannya garis sisi tersebut adalah menaik dihaluan maupun di buritan.

Cara Menentukan Garis Geladak Tepi (Sheer Line).

Panjang pada dari AP sampai FP dibagi menjadi 6 bagian yang sama seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 6.1 Cara menentukan sheer plan

1. Pembagian panjang kapal tersebut masing – masing : $\frac{1}{6}L$ dari AP, $\frac{1}{3}L$ dari AP, midship, $\frac{1}{3}L$ dari FP dan $\frac{1}{6}L$ dari FP.
2. Selanjutnya pada midship ukurkan tinggi kapal (H).
3. Kemudian pada ketinggian H ditarik garis datar sejajar dengan garis dasar (base line), sedemikian rupa hingga memotong garis tegak yang ditarik melalui titik AP, $\frac{1}{6}L$ dari AP, $\frac{1}{3}L$ dari AP midship, $\frac{1}{3}L$ dari FP, $\frac{1}{6}L$ dari FP dan FP
4. Dari perpotongan antara garis datar yang ditarik sejajar dengan base line setinggi H pada midship tadi dengan garis tegak yang ditarik melalui titik-titik AP, diukurkan tinggi sheer standart sebagai berikut (dalam mm) :

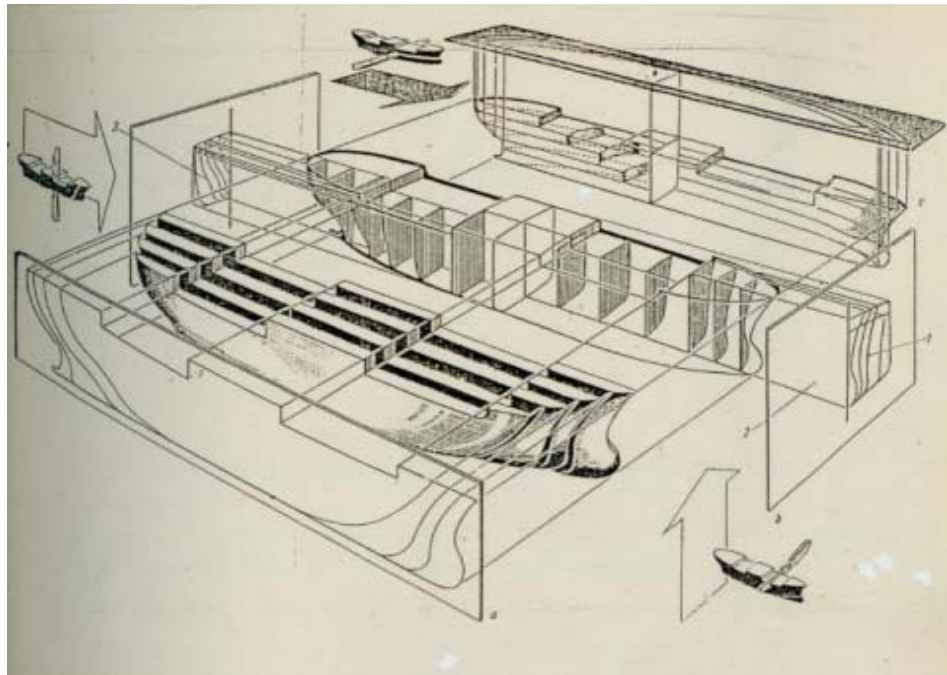
AP	= 25 (L/3 + 10)
$\frac{1}{6}L$ dari AP	= 11,1 (L/3 + 10)
$\frac{1}{3}L$ dari AP	= 2,8 (L/3 + 10)
Midship	= 0
AP	= 5,6 (L/3 + 10)
$\frac{1}{6}L$ dari AP	= 22,2 (L/3 + 10)
$\frac{1}{3}L$ dari AP	= 50 (L/3 + 10)
5. Kemudian dari titik-titik tersebut diatas dibentuk garis yang stream line, menaik naik kedepan dan kebelakang.

E. Garis Geladak Tengah (Camber)

Cara menggambar camber pada potongan memanjang kapal adalah sebagai berikut :

1. Pertama – tama kita menggambar garis geladak tepi sesuai dengan petunjuk diatas.
2. Kemudian dari masing – masing titik pada garis geladak tepi sesuai dengan pembagian AP, $\frac{1}{6}L$ dari AP, $\frac{1}{3}L$ dari AP dan seterusnya kita ukurkan keatas harga – harga dari $\frac{1}{50}B$ (B = adalah lebar kapal setempat pada potongan AP, $\frac{1}{6}L$ dari AP, $\frac{1}{3}L$ dari AP dan seterusnya).

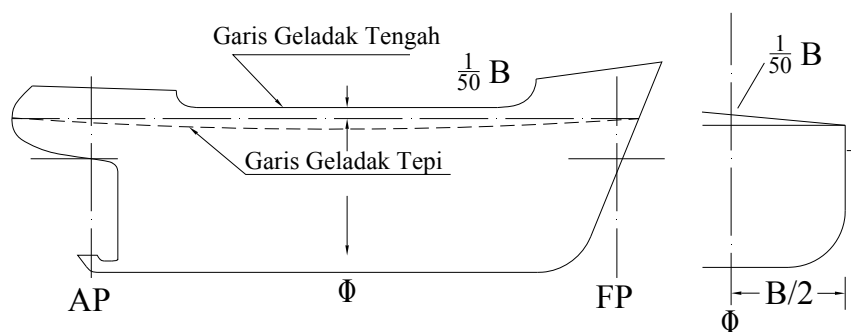
3. Titik tersebut kita hubungkan satu sama lain sehingga terbentuk gambar garis geladak tengah seperti pada gambar.



Gambar 6.2 Potongan kapal

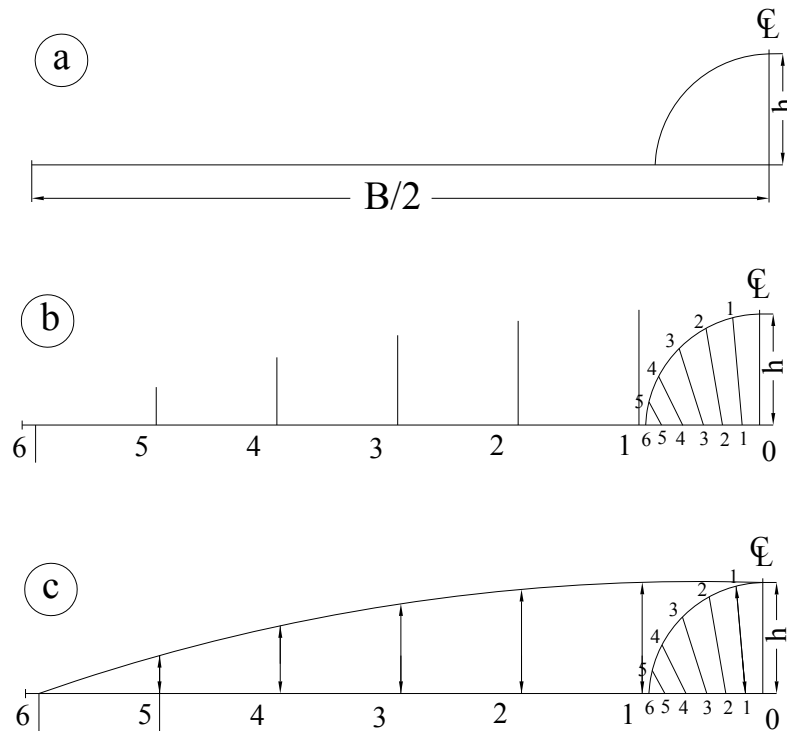
Tinggi $\frac{1}{50} B$ dari garis geladak tepi diukur pada centre line dari kapal disebut camber. Lengkungan dari camber kesisi kiri kanan lambung kapal dan berhenti pada titik garis geladak tepi disebut garis lengkung geladak.

Dalam menentukan camber pada potongan melintang dapat dilaksanakan dengan dua cara :



Gambar 6.3 Cara membuat camber

Cara 1



Gambar 6.4 Cara membuat camber

Gambar diatas adalah salah satu potongan melintang kapal pada salah satu gading :

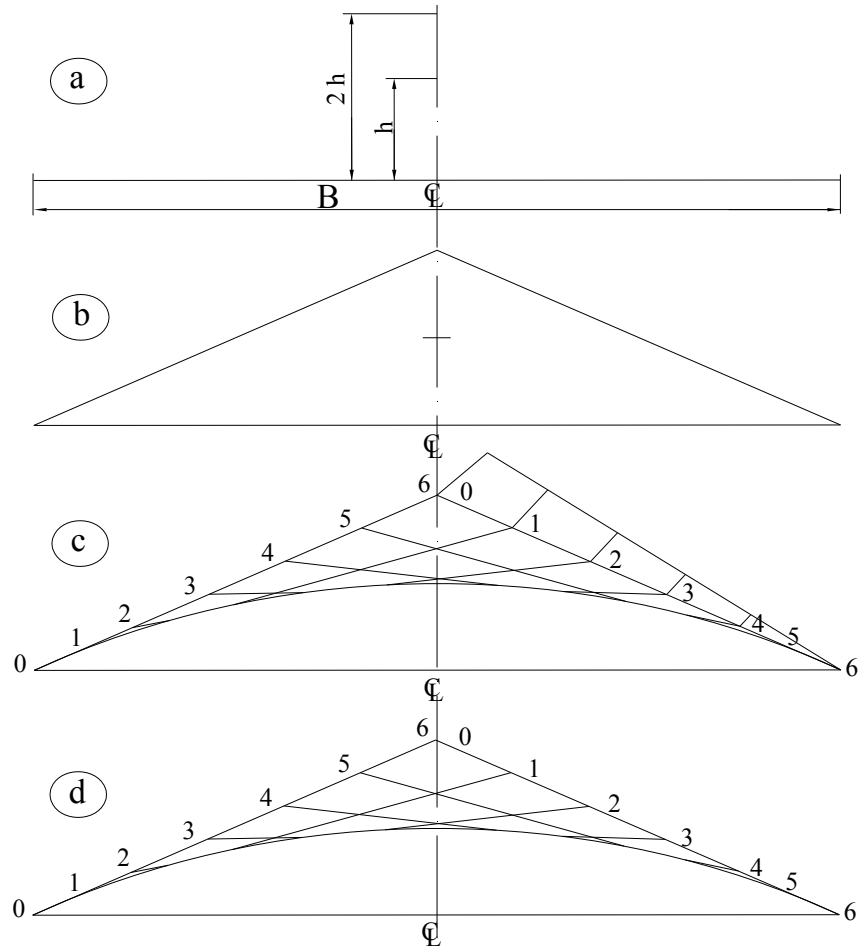
1. Dari geladak tepi setinggi H (tinggi kapal) ditarik garis tegak lurus centre line, dimana garis ini adalah setengah lebar kapal ($B/2$).
2. Selanjutnya dari titik 0 (nol) yaitu perpotongan antara garis centre line dengan garis datar yang ditarik dari salah satu titik pada garis geladak tepi dari gading yang bersangkutan kita membuat setengah lingkaran dengan jari – jari $h = 1/50 B$ (B adalah lebar gading yang bersangkutan). (lihat gambar a)
3. Pada bagian $1/4$ lingkaran (busur lingkaran kita bagi menjadi 6 bagian yang sama, sehingga pada gambar kita mendapatkan titik – titik 1,2,3 sampai 6.
4. Selanjutnya setengah lingkaran yang berimpit dengan garis datar yang ditarik tegak lurus dengan centre line kita bagi menjadi 6 bagian yang sama juga, sehingga kita dapatkan titik – titik 1,2,3 sampai 6.
5. Kemudiankita hubungkan titik 1 pada busur lingkaran dengan titik 1 pada garis datar, titik 2 pada busur lingkaran dengan titik

- 2 pada garis datar dan seterusnya. (lihat gambar B). Sehingga mendapatkan panjang X1, X2 dan seterusnya.
6. Pada panjang B/2 dibagi menjadi 6 bagian dan letakkan titik – titik 1,2,3 sampai 6.
 7. Melalui titik – titik tersebut tarik garis – garis tegak lurus.
 8. Ukurkan panjang garis X1 pada garis tegak lurus yang ditarik melalui titik 1, X2 pada garis tegak lurus yang ditarik melalui titik 2 dan seterusnya sehingga mendapatkan garis tegak yang mempunyai ketinggian yang berbeda.
 9. Dari ketinggian garis tegak yang berbeda tersebut kita hubungkan dengan garis sehingga mendapatkan lengkungan garis tengah geladak. (lihat gambar c).

Cara 2

Sebagaimana cara 1, maka pada cara 2 ini kita umpamakan juga sebagai salah satu penampang melintang kapal pada salah satu gading.

1. Dari geladak tepi setinggi H kita tarik garis tegak lurus terhadap centre line pada centre line kita ukurkan keatas garis setinggi $2h = 1/25 B$ (B adalah lebar gading setempat). (lihat gambar a).
2. Kemudian kita buat segitiga sama kaki.
3. Pada sisi – sisi segitiga kita bagi dan banyaknya pembagian minimum 5 bagian.



Gambar 6.5

4. Titik – titik pembagian ini kita beri nomor 0,1,2,3 dan seterusnya dengan catatan bahwa nomor 0 pada sisi lain dimulai dari bawah. Sedangkan untuk sisi lainnya nomor 0 dimulai dari puncak (atas).
5. Kemudian kita hubungkan titik 0 dengan titik 0, titik 1 dengan titik 1, titik 2 dengan titik 2 seterusnya.
6. Pada gambar perpotongan garis 1-1 dengan garis 2-2 kita beri tanda, perpotongan garis 3-3 dengan 4-4 kita beri tanda dan seterusnya. (gambar c).
7. Kalau tanda–tanda titik tersebut kita hubungkan, maka terbentuklah lengkung geladak yang kita inginkan. (gambar d).

6. Garis Tegak Potongan Memanjang (Buttock Line).

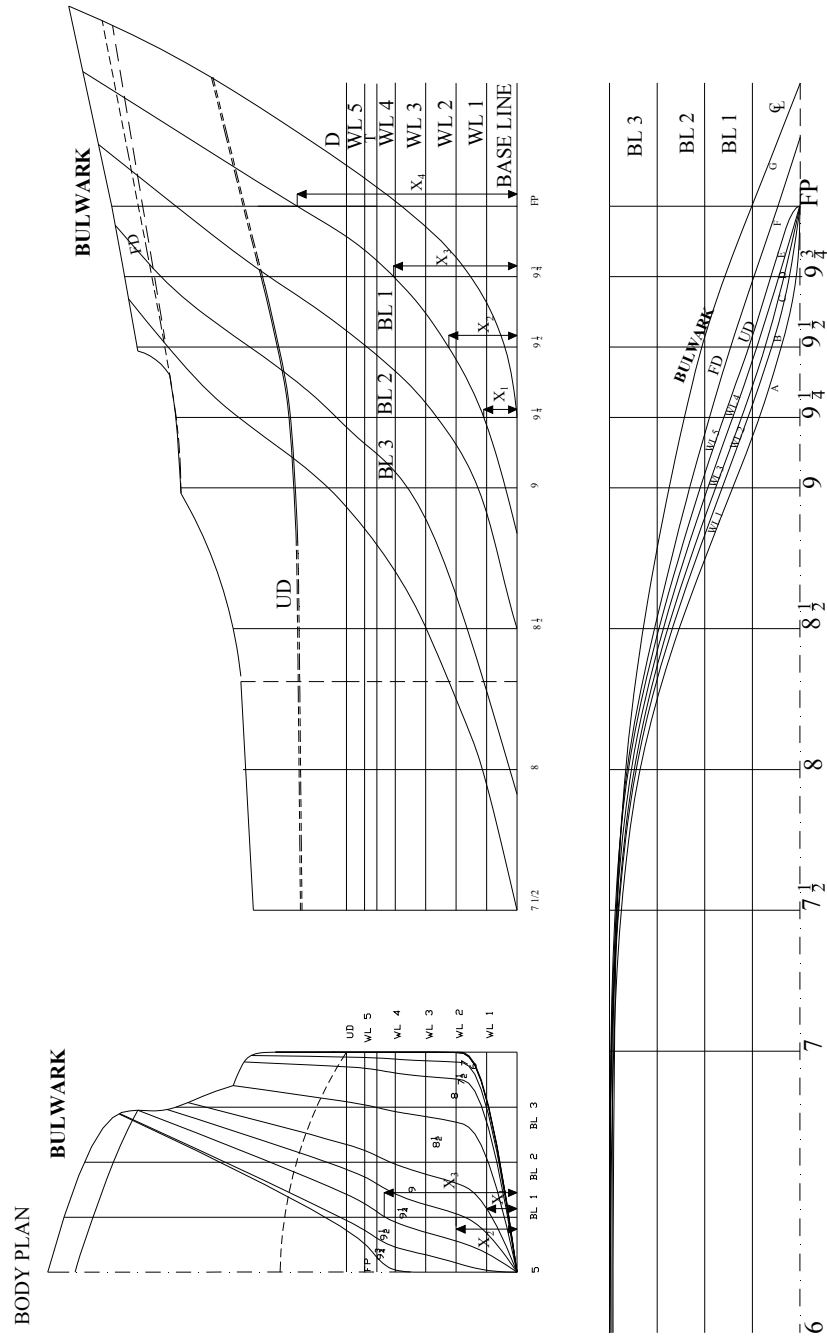
Diumpamakan suatu kapal dipotong – potong tegak memanjang kapal.

Penampang kapal yang terjadi karena pemotongan ini disebut bidang garis tegak potongan memanjang. Cara menentukan garis tegak potongan memanjang (BL) ini pada gambar rencana garis adalah sebagai berikut :

Misalnya akan menggambarkan BL I yaitu bagaimana mengetahui bentuk bidang garis tegak potongan memanjang sesuai dengan potongan I yaitu berjarak a terhadap centre line.

1. Pertama – tama yang dikerjakan ialah memotong BL I pada gambar bidang garis air berjarak a juga dari centre line. Garis ini akan memotong garis air 1, 2, 3, 4, 5, UD, FD dan bulwark pada titik A, B, C, D, E, F, G dan H.
2. Titik – titik tersebut kita proyeksikan ke atas dimana titik A memotong WL 1 di titik A1, titik B memotong WL 2 di titik B1, titik c memotong WL di titik C1 dan seterusnya. (lihat gambar).
3. Selanjutnya pada gambar garis tegak potongan melintang (pada BODY PLAN) dimana BL 1 tadi telah kita potong berjarak a dari centre line , ukurkan harga – harga x_1 , x_2 , x_3 dan x_4 ini dari basis (garis dasar) masing – masing pada station $9\frac{1}{4}$, station $9\frac{1}{2}$, station $9\frac{3}{4}$, dan station FP.
4. Jika titik – titik A, B s/d H dan titik – titik ketinggian X_1 , s/d X_4 kita hubungkan maka terbentuklah garis lengkung yang laras dan garis ini adalah garis tegak potongan memanjang I (BL I). Untuk BL II, BL III dan seterusnya dapat diperoleh dengan cara yang sama. Pemberian nomor untuk BL ini dimulai dari centre line, dimana centre line ini sendiri adalah garis tegak potongan memanjang (BL 0).

CARA MEMBUAT GARIS BUTTOCK LINE



Gambar 6.6 Buttock Line

G. Garis Tegak Potongan Melintang (Station Atau Ordinat)

Garis tegak potongan melintang adalah garis kalau diumpamakan suatu kapal dipotong-potong tegak melintang.

Penampang kapal yang terjadi karena pemotongan ini disebut bidang garis tegak melintang. Ada dua macam garis tegak potongan melintang yaitu :

1. Gading Ukur (Ordinat atau Station)

Pada umumnya kalau seseorang merencanakan kapal, maka panjang kapal ini dibagi 10 atau 20 bagian yang sama.

Garis tegak yang membatasi bagian ini disebut gading ukur atau station. Gading ukur diberi nomer 1 sampai 10 atau 1 sampai 20 dimulai dari kiri Gading ukur dengan nomer 0 adalah tepat pada garis tegak belakang atau after perpendicular (AP) sedangkan gading ukur dengan nomer 10 atau 20 adalah tepat pada garis tegak haluan atau fore perpendicular (FP). Jumlah bagian dari gading ukur biasanya genap agar memudahkan memperhitungkannya. Dalam prakteknya pembagian 0 sampai 10 bagian ini umumnya masing-masing bagian masih dibagi lagi menjadi bagian kecil. Terutama hal ini dilakukan pada ujung haluan dan bentuk belakang kapal mengingat bahwa bagian ini garis air kapal melengkung. Sehingga untuk membuat lengkungan tersebut cukup selaras diperlukan beberapa titik yang cukup berdekatan.

2. Gading nyata.

Gading nyata diperoleh dengan mengukur dari rencana garis yang dibentuk melalui gading ukur. Dalam prakteknya biasanya gading nyata diukur pada gambar rencana garis lalu hasilnya pengukuran digambar langsung pada lantai gambar (Mould loft) dengan skala satu-satu (1 : 1). Dari gambar dengan skala 1 : 1 ini dapat dibuat mal dari masing-masing gading untuk kemudian dengan mal tersebut dapat membentuk gading-gading nyata dari kapal dibegkel. Pada mould loft semua potongan gading harus digambarkan yaitu sesuai dengan banyaknya gading yang akan dipasang ada kapal tersebut. Semua dari potongan gading nyata ini harus dibuatkan malnya untuk dikerjakan.

H. Garis Sent (Diagonal)

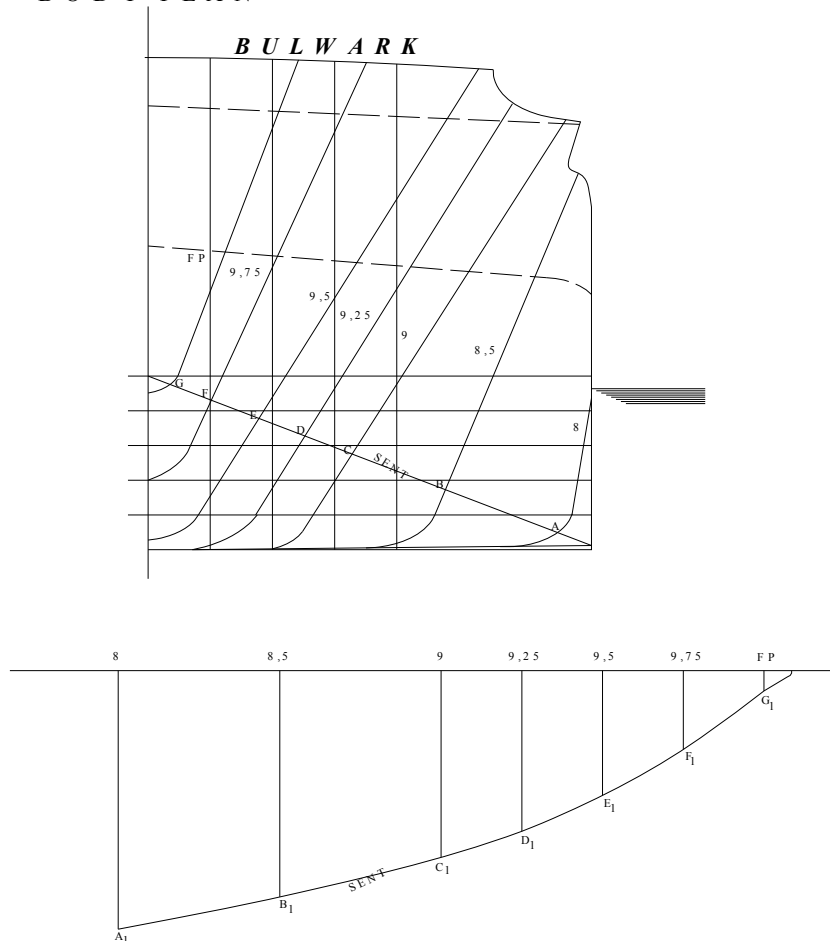
Garis sent adalah garis yang ditarik pada salah satu atau beberapa titik yang ada pada garis tengah (centre line) membuat sudut dengan garis tengah. Adapun kegunaan dari garis sent adalah untuk mengetahui kebenaran dari bentuk gading ukur yang

masih kurang baik atau kurang streamline, maka bentuk dari garis sent ini juga kurang streamline.

Cara menentukan dan membuat garis sent :

1. Pertama-tama menarik garis dari titik M yang ada pada garis centre line dan menyudut terhadap garis tersebut, sehingga memotong garis ukur (Station) 8, 8 $\frac{1}{2}$, 9, 9 $\frac{1}{4}$, 9 $\frac{1}{2}$, 9 $\frac{3}{4}$ dan stasion FP dititik A, B, C, D, E, F, dan G.
2. Kemudian harga MA, MB, MC, MD, ME, MF dan MG diukur pada pembagian gading ukur 8, 8 $\frac{1}{2}$, 9, 9 $\frac{1}{4}$, 9 $\frac{1}{2}$, 9 $\frac{3}{4}$, dan FP sehingga mendapat titik A₁, B₁, C₁, D₁, E₁, F₁ dan G₁. Titik tersebut dihubungkan, maka akan mendapatkan garis sent yang bentuknya harus streamline.

B O D Y P L A N



Gambar 6.7 Garis sent
Langkah Kerja Menggambar Lines Plan

1).Sheer Plan (Pandangan Samping)

I. Langkah Awal

1. Membuat garis dasar (base line) sepanjang kapal (LOA)
2. Membagi panjang kapal (LPP) menjadi station-station AP, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1...9 $\frac{3}{4}$, FP
3. Membuat garis air (WL 0, WL 1, WL 3 dan seterusnya)
4. Menentukan tinggi geladak (D)
5. Membagi panjang kapal (LPP) menjadi 6 bagian sama panjang mulai dari AP Sampai FP
6. Menentukan kelengkungan sheer berdasarkan rumus sheer standar

II. Pada daerah haluan

1. Menentukan garis forecastle deck diatas upper side line dengan ketinggian sesuai ukuran yang telah ditentukan
2. Menentukan bulwark sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan
3. Membuat kemiringan linggi haluan
4. Menentukan garis tengah geladak (tinggi camber) sesuai rumus yang telah ditentukan

III. Pada daerah buritan

1. Menentukan poop deck side line (garis geladak kimbul) sesuai dengan ketentuan yang telah diberikan.
2. Membuat bentuk linggi sesuai ukuran
3. Menentukan garis tengah geladak (tinggi camber) pada upper deck dan poop deck sesuai rumus.

IV. Mengecek / menggambar garis potongan memanjang (buttock line)

dengan memperhatikan potongan buttock line dengan gading ukur (Station) pada body plan dan potongan buttock line dengan water line pada gambar pandangan atas.

2) Body Plan (Pandangan depan dan Belakang)

Langkah pengerjaan :

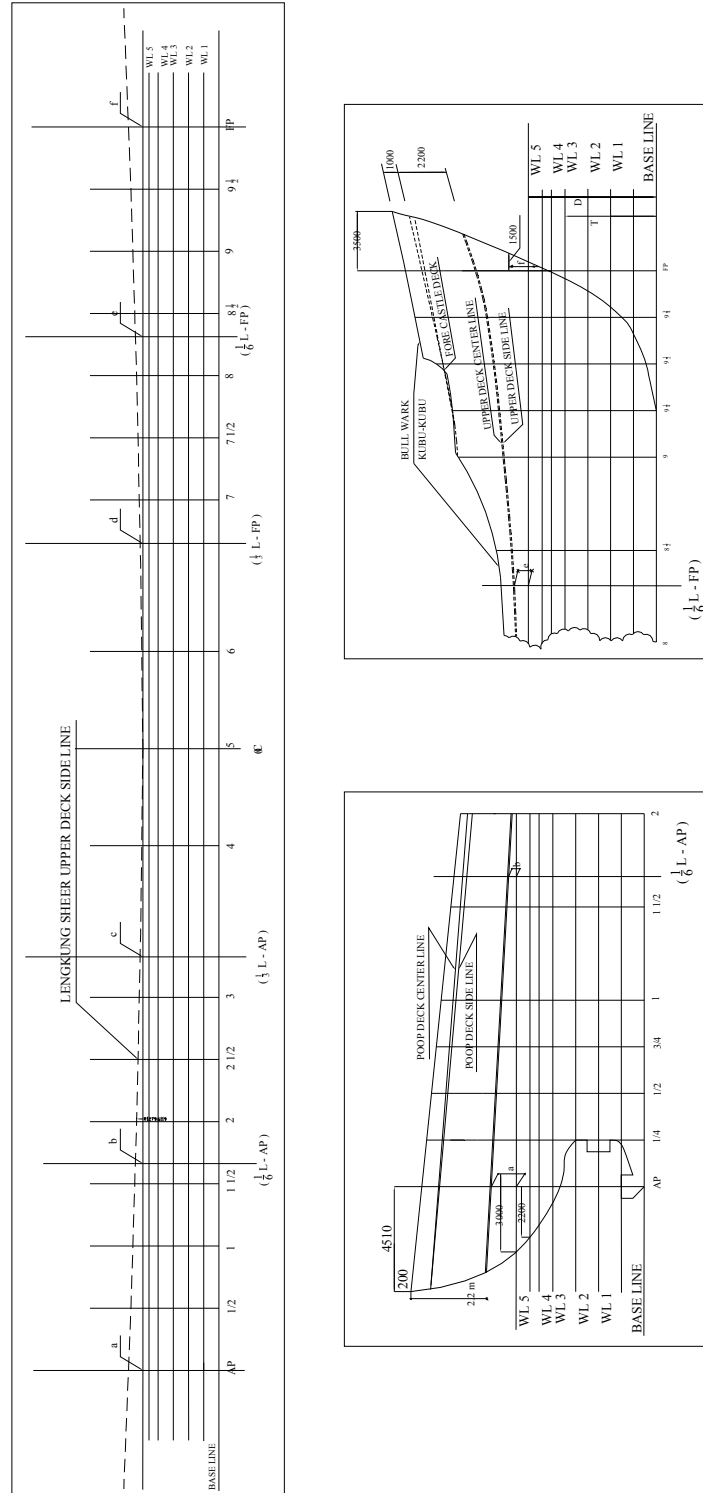
1. Gambar body plan diletakan ditengah-tengah (Midship).
2. Membuat garis-garis WL sesuai kebutuhan
3. Menentukan lebar kapal sesuai ukuran utama kapal
4. Menentukan rise of floor (Kemiringan dasar kapa)
5. Membuat garis BL (Buttock Line)
6. Menggambar bentuk gading ukur (Station) sesuai tabel yang diberikan.

3.) Half Breadth Plan (Pandangan Atas)

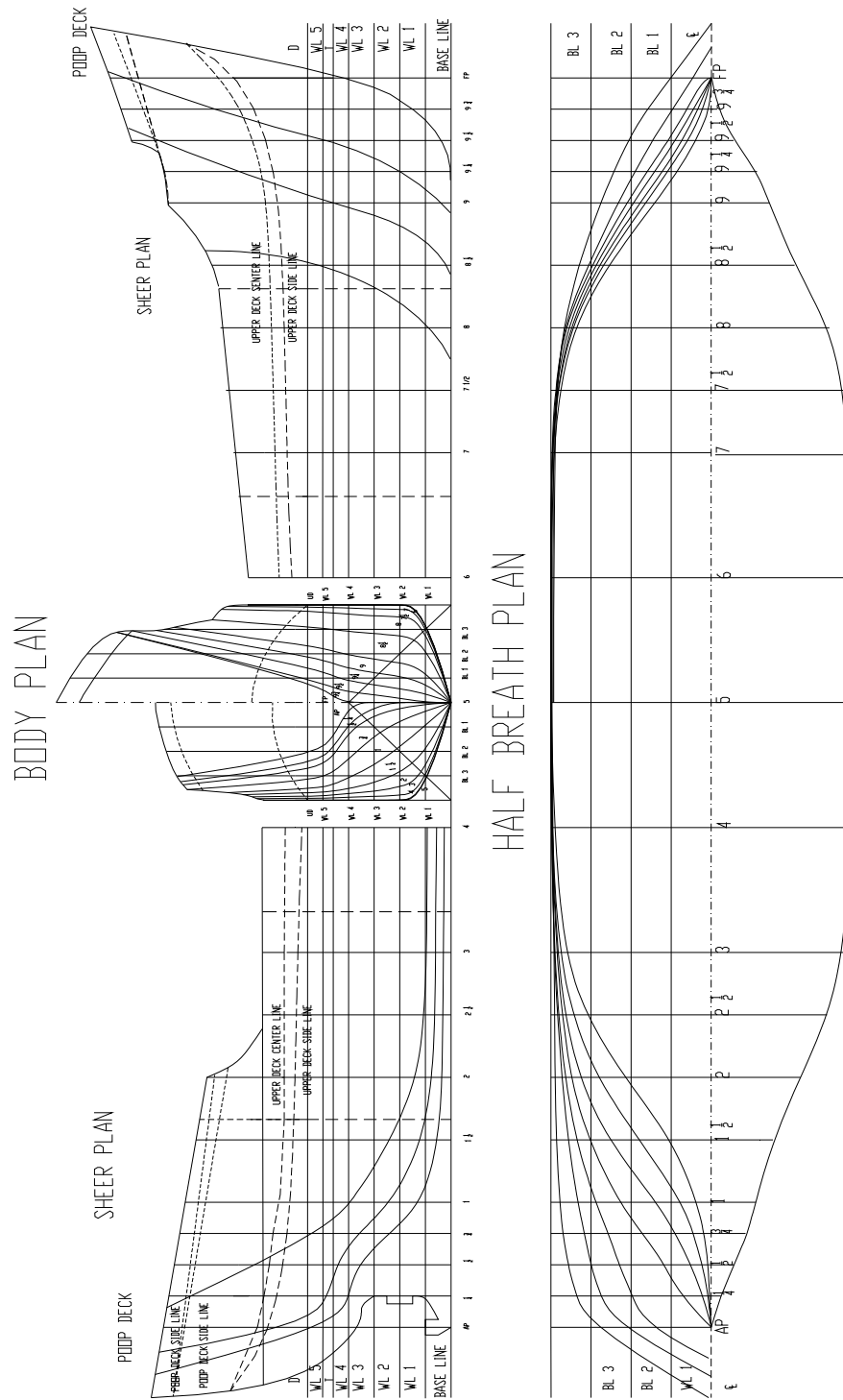
Langkah Pengerjaan :

1. Membuat garis centre line
2. Menentukan garis pembagian gading ukur (Station)
3. Membuat buttock line dengan jarak tertentu
4. Membuat garis air (WL) di pandang dari atas dengan cara pemindahan ukuran ukurannya dari body plan
5. Mengecek bentuk – bentuk gading ukur dengan membuat garis sent (garis diagonal).

PANDANGAN SAMPIING



Gambar 6.8 Pandangan Samping kapal

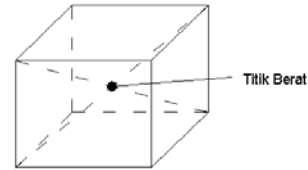
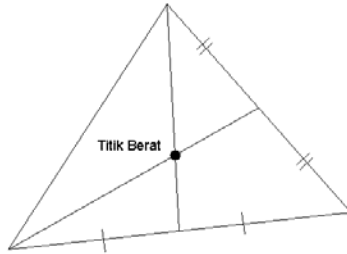


Gambar 6.9 Lines Plan

BAB VII METASENTRA DAN TITIK DALAM BANGUNAN KAPAL

A. Titik Berat (Centre Of Gravity)

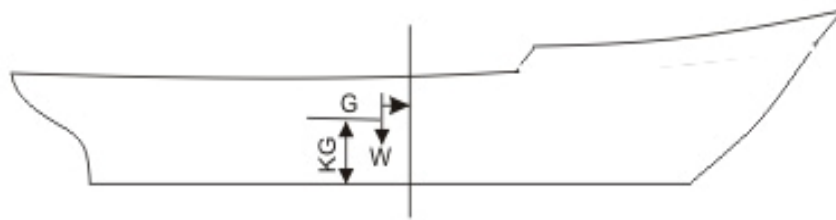
Setiap benda mempunyai titik berat. Titik berat ini adalah titik tangkap dari sebuah gaya berat. Dari sebuah segitiga seperti gambar 7.1 ,titik beratnya adalah perpotongan antara garis berat segitiga tersebut. Demikian pula dari sebuah kubus yang homogen pada gambar 7.2 titik berat kubus adalah titik potong antara diagonal ruang kubus.



Gambar 7.1 Titik berat segitiga

Gambar 7.2 Titik berat kubus

Kapal juga mempunyai titik berat yaitu titik tangkap gaya berat dari kapal. Titik berat kapal biasanya ditulis dengan huruf G dan titik G ini merupakan gaya berat kapal W bekerja vertikal kebawah. Jarak Vertikal titik berat G terhadap keel (Lunas) ditulis dengan KG. Kedudukan memanjang dari titik berat G terhadap penampang tengah kapal (Midship) ditulis G. Disamping Cara tertentu untuk menghitung letak titik G, Maka titik KG dan B dapat dihitung sebagai berikut :

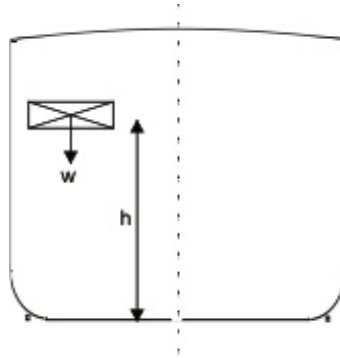


Gambar 7.3 Titik tangkap gaya berat kapal

G = Titik berat kapal

W = Gaya berat kapal

$$KG = \frac{\sum \text{momen dari tiap - tiap komponen berat terhadap keel}}{\sum \text{berat tiap - tiap komponen}}$$



Gambar 7.4 Momen komponen kapal terhadap keel

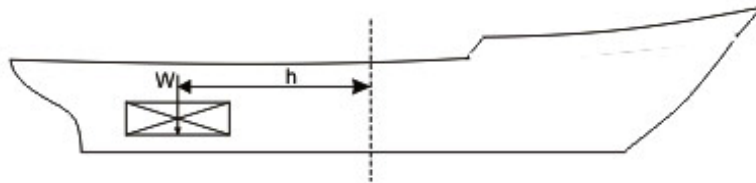
Keterangan : W = Berat komponen

h = Jarak vertical titik berat komponen ke lunas (Keel)

W.h = Momen

$$KG = \frac{\sum W h}{\sum W}$$

$$KG = \frac{\sum \text{momen dari tiap – tiap komponen berat terhadap keel}}{\sum \text{berat tiap – tiap komponen}}$$



Gambar 7.5 Momen komponen kapal terhadap midship

Keterangan : W = Berat komponen

h = Jarak horisontal titik berat komponen ketengah kapal (Midship)

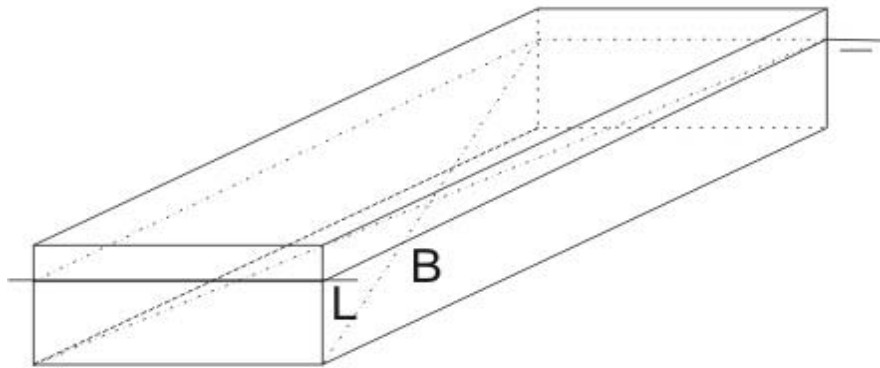
W.h = Momen

$$G = \frac{\sum W h}{\sum W}$$

Jadi titik berat G sangat tergantung pada konstruksi kapal itu sendiri. Letak titik G tetap selama tidak ada penambahan, pengurangan atau pergeseran muatan.

B. Titik Tekan (Centre of Buoyancy)

Pada sebuah benda yang terapung di air, maka benda tersebut akan mengalami gaya tekan keatas. Demikian pada sebuah kapal yang terapung akan mengalami gaya tekan keatas. Resultan gaya tekan keatas oleh air ke badan kapal pada bagian yang terendam air akan melalui titik berat dari bagian kapal yang masuk kedalam air. Titik berat dari bagian kapal yang berada dibawah permukaan air disebut Titik tekan (Centre of Buoyancy). Untuk sebuah ponton seperti pada gambar 7.6 , titik tekan ponton adalah titik berat bagian yang tercelup kedalam air yang merupakan perpotongan diagonal dari bagian ponton yang tercelup.



Gambar 7.6 Garis vertical dari titik tekan dan titik berat

Titik tekan ditulis dengan huruf B, titik tekan pada kedudukan vertical ditulis dengan KB dan pada kedudukan memanjang terhadap midship ditulis dengan ΦB atau LCB.

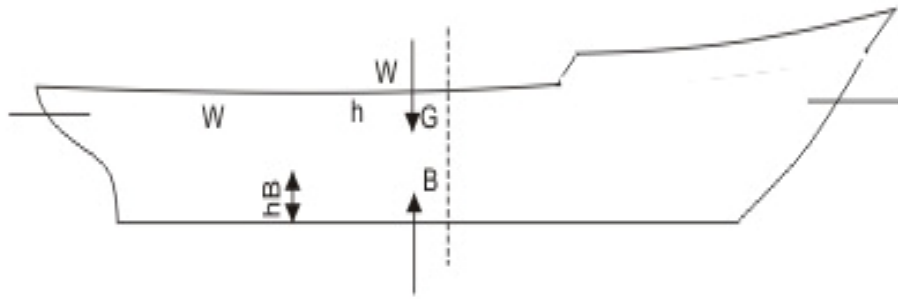
Menurut hukum Archimedes besarnya gaya tekan keatas adalah volume kapal yang terendam air dikalikan dengan berat jenis zat cair.

$$\text{Gaya tekan keatas} = \gamma \cdot V$$

γ = Berat jenis zat cair

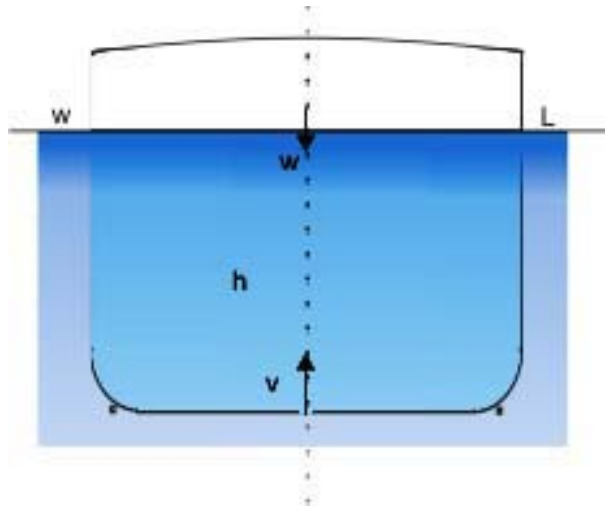
V = Volume kapal yang terendam air

Pada sebuah kapal yang terapung, titik tekan terletak pada satu vertical dengan titik berat kapal dan besar gaya berat kapal sama dengan gaya tekan .

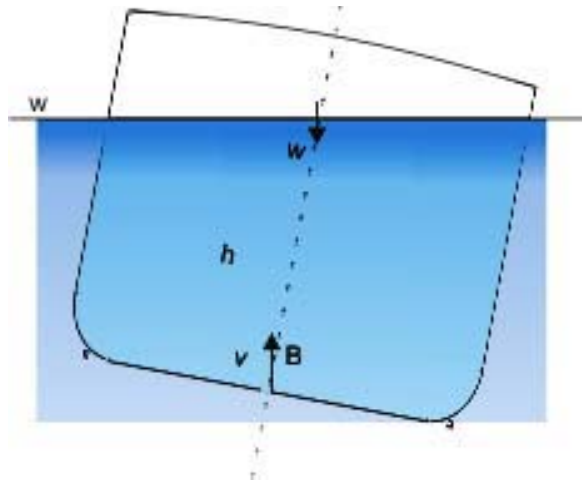


Gambar 7.7 Garis vertical dari titik tekan dan titik berat

Karena letak titik tekan tergantung dari bentuk bagian kapal yang masuk kedalam air, maka titik tekan kapal akan berubah letaknya kalau kapal oleh gaya luar mengalami oleng atau trim.



Gambar 7.8 Titik tekan kapal tegak



Gambar 7.9 Titik tekan kapal oleng

B = Titik tekan

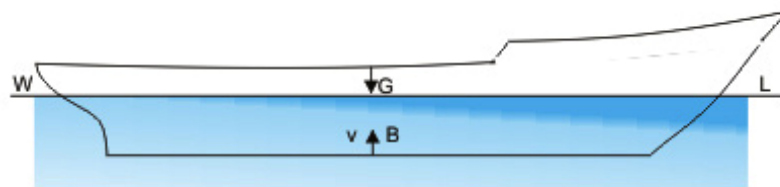
$B\phi$ = Titik tekan setelah kapal oleng

γV = Gaya tekan keatas (ton)

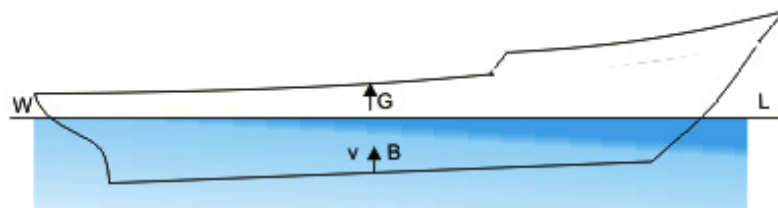
$B\theta$ = Titik tekan setelah kapal trim

G = Titik berat kapal

W = Gaya berat kapal (ton)



Gambar 7.10 Titik tekan kapal tegak

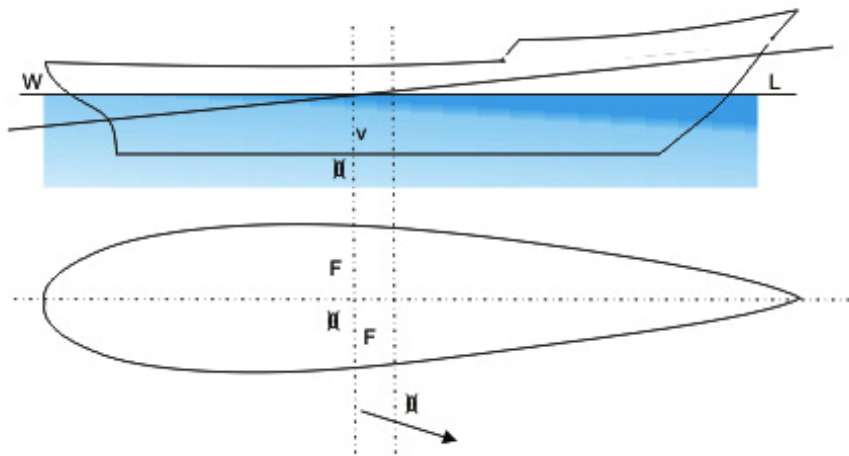


Gambar 7.11 Titik tekan kapal dalam kondisi Trim

C. Titik Berat Garis Air (Center of Floatation)

Titik berat garis air adalah titik berat dari bidang garis air pada sarat kapal dimana kapal sedang terapung. Kapal mengalami trim dimana sumbunya melalui titik berat garis air. Titik berat garis air ditulis dengan huruf F ini pada kedudukan memanjang terhadap penampang tengah kapal (midship) ditulis dengan ΦF .

$$\Phi F = \frac{\text{momen statis bidang garis air terhadap midship.}}{\text{Luas garis air}}$$



Gambar 7.12 F adalah titik berat garis air.

Dari gambar 7.12 momen inersia melintang adalah momen inersia terhadap sumbu x.

Harga I dalam m^4 sedang V dalam m^3 jadi satuan untuk BM adalah meter.

Karena I dan V selalu positif, maka harga BM juga selalu positif, atau dengan perkataan lain letak titik M selalu diatas titik tekan B. Untuk sebuah ponton yang terbentuk kotak dengan panjang L, lebar B dan sarat T.

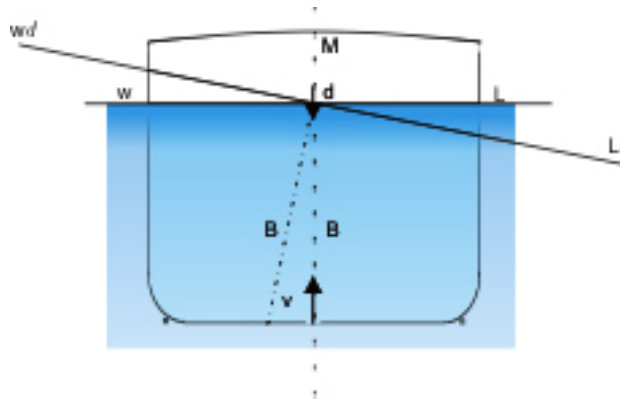
$$V = L \times B \times T.$$

Momen inersia melintang untuk garis air berbentuk empat persegi panjang adalah :

$$I = \frac{1}{12} L \cdot B^3.$$

$$BM = \frac{\frac{1}{12} L \cdot B^3}{\frac{L \cdot B \cdot T}{2}}$$

$$BM = \frac{B^2}{12 T}$$



Gambar 7.13 Momen Inersia melintang.

Jari – jari metasentra memanjang adalah jarak antara titik tekan B pada kedudukan kapal tegak dengan metasentra memanjang ML.

Jari – jari metasentra memanjang ditulis BML.

$$BM_L = \frac{\text{Momen Inersia memanjang dari garis air.}}{\text{Volume kapal sampai garis air tersebut.}}$$

$$BM_L = \frac{I_L}{\nabla}, \text{ dimana}$$

BM_L = jari-jari metasentra memanjang

I_L = Momen Inersia memanjang, yaitu momen inersia yang bekerja pada sumbu yang melalui titik berat luas bidang garis air (F)

∇ = Volume kapal

Dari gambar diatas, momen Inersia memanjang I_L adalah momen Inersia terhadap sumbu trim yang melalui titik berat luas bidang garis air, pada tengah kapal (midship). Setelah itu menghitung momen Inersia memanjang terhadap sumbu melintang yang melalui titik berat bidang garis air yaitu momen Inersia terhadap midship dikurangi hasil perkalian antara jarak kwadrat kedua sumbu dengan luas bidang garis air.

$$I_L = I_y - (\Phi F)^2 \cdot A.$$

Dimana : I_L = Momen inersia memanjang terhadap sumbu melintang yang melalui titik berat bidang garis air (F).

I_y = Momen inersia terhadap midship (sumbu y).

ΦF = Jarak sumbu.

A = Luas bidang garis air.

BM dalam meter, dan titik ML selalu diatas B .

Jadi dapat disimpulkan bahwa tinggi metasentra melintang (M) terhadap

B (Center of Buoyancy) adalah $= \frac{I}{\nabla}$ atau tinggi metasentra memanjang

terhadap B (Center of Buoyancy) adalah $\frac{I_L}{\nabla}$. Dengan demikian tinggi

metasentra melintang maupun tinggi metasentra memanjang terhadap lunas kapal (keel) dapat dihitung yaitu :

$$KM = KB + BM \text{ dan}$$

$$KM_L = KB + BM_L, \text{ dimana}$$

KB = tinggi center of buoyancy terhadap lunas

Dengan mengetahui tinggi KM dan KM_L , apabila harga KG atau tinggi titik berat kapal dari lunas (keel) diketahui, maka kita dapat menghitung harga atau tinggi metasentra melintang maupun tinggi metasentra memanjangnya yaitu :

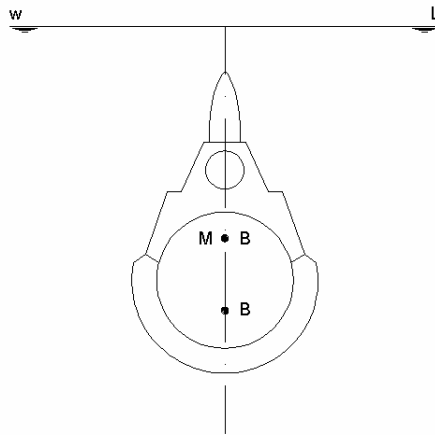
$$MG = KM - KG \text{ atau}$$

$$= KB + BM - KG$$

$$M_LG = KM_L - KG \text{ atau}$$

$$= KB + BM_L - KG$$

Di dunia perkapalan yang perlu mendapat perhatian adalah harga MG yaitu harga MG harus positif, dimana M harus terletak di atas G atau KM harus lebih besar dari KG .



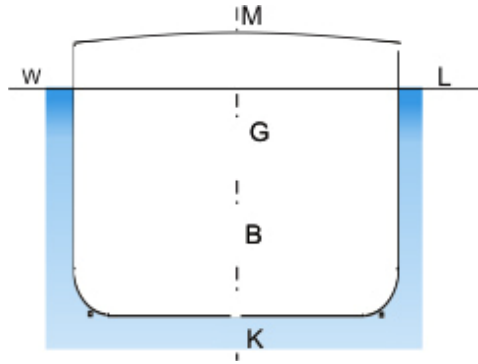
Gambar 7.14 Benda yang melayang.

Untuk benda yang melayang di dalam air seperti terlihat gambar 7.14, maka garis air benda tidak ada. Jadi harga I dan IL adalah 0 sehingga dengan demikian BM dan BML adalah nol. Untuk ponton dengan bentuk garis air, maka I memanjang. adalah

$$\begin{aligned}
 IL &= \frac{1}{12} L^3 B. \\
 BM_L &= \frac{1}{12} L^3 B. \\
 \hline
 &LBT. \\
 BM_L &= \frac{L^2}{12 T}
 \end{aligned}$$

D. Tinggi Metasentra (Metacentric Height).

Kita mengenal tinggi metasentra melintang dan tinggi metasentra memanjang. Tinggi metasentra melintang adalah jarak antara titik berat kapal G dengan metasentra M. Tinggi metasentra ini ditulis dengan MG.



Gambar 7.18 Tinggi metasentra GM

$$MG = KB + BM - KG.$$

$$= KB + \frac{I}{V} - KG.$$

KB = Tinggi titik tekan diatas lunas (keel)

KG = Tinggi titik berat kapal diatas lunas (keel).

I = Momen inersia melintang garis air.

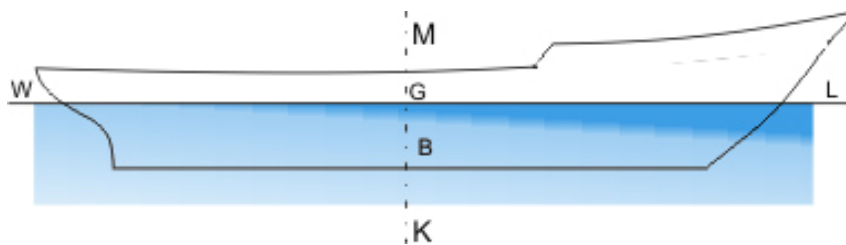
V = Volume kapal samapai sarat air tersebut.

Tinggi metasentra positif kalau titik M diatas titik G.

Tinggi metasentra negatip kalau titik M dibawah titik G.

Tinggi metasentra nol kalau titik M terletak berimpit dengan titik G.

Tinggi metasentra memanjang adalah jarak antara titik berat kapal G dengan titik metasentra memanjang M_L .



Gambar 7.16 Tinggi metasentra.

M_L = Metasentra memanjang.

G = Titik berat kapal

B = Titik tekan.

K = Keel.

Terlihat bahwa :

$$M_L G = K M_L - K G \text{ atau}$$

$$= K B + B M_L - K G$$

$$= K B + \frac{I_L}{V} - K G$$

KB = Tinggi titik tekan diatas lunas (keel)

KG = Tinggi titik berat kapal diatas lunas (keel)

I_L = Momen inersia dari garis terhadap sumbu melintang yang melalui titik berat garis air F

V = Volume kapal sampai garis air

Karena harga I_L besar, maka harga $M_L G$ selalu positif jadi titik ML selalu berada diatas G.

1. Menghitung KG

Sebuah kapal mempunyai berat dan letak titik berat bagian terhadap lunas (keel) sebagai berikut :

Nama bagian	Berat (Ton)	KG (Cm)
Kapal kosong	1440	362
Muatan	1870	392
Bahan bakar minyak	175	67
Air, anak buah kapal, perbekalan	90	282

Tabel 7.1

Nama bagian	Berat (Ton)	KG (Cm)	Momen (ton)
Kapal kosong	1440	3,62	5212,8
Muatan	1870	3,92	7330,4
Bahan bakar minyak	175	6,7	117,25
Air, anak buah kapal, perbekalan	90	2,82	253,8
	3575		12914,25

Maka harga KG dari seluruh kapal

$$\begin{aligned} KG &= \frac{\sum Wh}{\sum W} \\ &= \frac{12914,25}{3575} = 3,61 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Menghitung BM dan BM_L dari Ponton

Sebuah ponton yang berbentuk kotak dengan L = 9 m, B = 6 m, dan sarat T = 2 m

Hitung : a. Jari-jari metasentra melintang BM
b. Jari-jari metasentra memanjang BM_L

Maka harga :

$$BM = \frac{B^2}{12T} = \frac{36}{12 \cdot 2} = 1,5 \text{ meter}$$

$$BM_L = \frac{L^2}{12T} = \frac{81}{24} = 3,375 \text{ meter}$$

3. Menghitung BM

Diketahui : Ordinat sebuah garis air dari sebuah perahu mempunyai ukuran sebagai berikut :

No Station	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
½ lebar (cm)	0	20	50	70	100	120	110	90	60	25	0

Jarak setiap station adalah 90 cm dan volume perahu sampai garis air itu adalah 10,5 m³.

Hitung : a. Jari – jari metasentra melintang BM.
b. Momen inersia melintang luas bidang garis air

Tabel 7.2

Nomer Station	Ordinat	Ordinat (I) ³	II (Faktor luas)	I ³ x II Hasil
0	5	125	1	125
1	20	8000	4	32000
2	50	125000	2	250000
3	70	343000	4	1372000
4	100	1000000	2	2000000
5	120	1728000	4	6912000
6	110	1331000	2	2662000
7	90	729000	4	2916000
8	60	216000	2	432000
9	25	15625	4	62500
10	0	0	1	0
JUMLAH				$\Sigma = 16638625$

Maka harga Momen Inersia Melintang (I) dan Jari-jari metasentra melintang (BM)

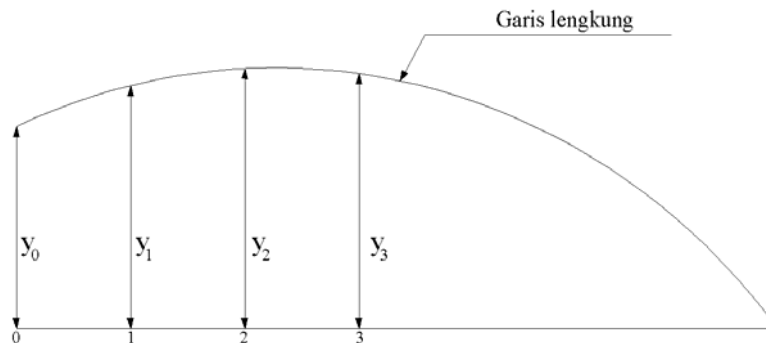
$$\begin{aligned}
 I &= 2 \times \frac{1}{3} \times k \times h \times \Sigma \\
 &= 2 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} \times 90 \times 16638625 = 332772500 \text{ cm}^4 \\
 BM &= \frac{I}{V} = \frac{332772500}{10500000} = 31.7 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

BAB VIII

LUAS BIDANG LENGKUNG

Perhitungan-perhitungan pada kapal umumnya didasarkan pada bidang-bidang lengkung yang dibatasi oleh :

- Sebuah garis dasar sebagai absis
- Dua buah ordinat yang ada kalanya berharga nol
- Sebuah garis lengkung



Gambar 8.1 Bidang Lengkung

Bidang-bidang lengkung seperti ini dapat dijumpai pada bentuk garis air, bentuk gading dan lain-lain.

Garis lengkung yang membatasinya dilukis dengan menggunakan mal garis sesuai bentuk garis air yang kita rencanakan, sehingga tidak dapat digolongkan pada bentuk-bentuk garis dalam ilmu pasti.

Karenanya untuk menghitung luas suatu bidang lengkung pada kapal tidak mungkin digunakan rumus-rumus ilmu pasti atau internal.

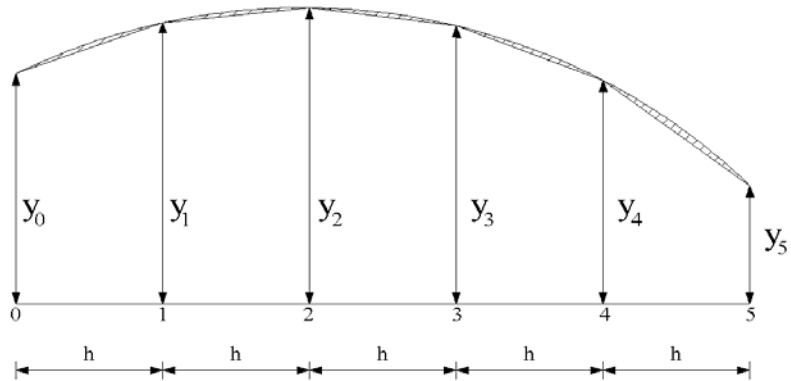
Maka untuk menghitung luasnya dipakai jalan lain, yaitu menggunakan rumus-rumus pendekatan.

Cara yang paling praktis untuk menghitungnya adalah dengan menggunakan alat-alat yang disebut Planimeter atau Integrator.

Untuk rumus-rumus pendekatan biasanya dipakai cara seperti :

- A. Cara Trapesium
- B. Cara Simson
 - 1. Cara Simpson I
 - 2. Cara Simpson II
 - 3. Cara Simpson III

A. Perhitungan Cara Trapesium



Gambar 8.2 Bidang Trapesium

Bidang lengkung ABC akan dicari luasnya. Bidang lengkung tersebut dibagi misalnya menjadi 4 bagian, dimana pembagian kearah memanjang adalah sepanjang h.

Dengan demikian kita bisa mencari luas bidang I, II, III dan IV sebagai berikut, dengan aturan Trapesium.

$$\begin{aligned}
 \text{Luas I} &= \frac{1}{2} h (y_0 + y_1) \\
 \text{Luas II} &= \frac{1}{2} h (y_1 + y_2) \\
 \text{Luas III} &= \frac{1}{2} h (y_2 + y_3) \\
 \text{Luas IV} &= \frac{1}{2} h (y_3 + y_4) \\
 \text{Luas ABC} &= \frac{1}{2} h (y_0 + 2y_1 + 2y_2 + 2y_3 + y_4)
 \end{aligned}$$

Catatan :

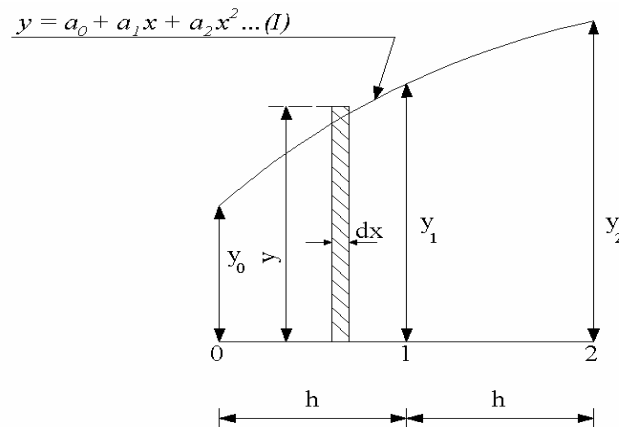
- h = jarak ordinat
- $y_0, y_1, y_2, y_3, \text{ dan } y_4$ = panjang ordinat
- Angka $\frac{1}{2}$ = faktor pengali untuk trapesium
- Angka 1,2, 2,2, 2,2., 1 = faktor luas

Kelemahannya, bidang yang diarsir seperti gambar di atas tidak ikut dihitung.

B. Perhitungan Cara Simpson

1. Cara Simson I

Aturan Simpson I mensyaratkan bahwa bidang lengkung dibagi menjadi 2 bagian yang sama panjangnya seperti gambar di bawah ini.



Gambar 8.3 Bidang Lengkung Cara Simpson I

Luas bidang lengkung seperti gambar di atas menurut Aturan Simpson I adalah

$$\frac{1}{3}h(y_0 + 4y_1 + y_2), \text{ dimana}$$

A = luas bidang

h = jarak ordinat

y_0 , y_1 , dan y_2 = panjang ordinat

Angka $\frac{1}{3}$ = angka pengali Simpson I

Angka 1, 4, 1 = faktor luas Simpson I

Rumus di atas dapat dibuktikan sebagai berikut :

$$dA = ydx$$

$$\text{Pendefinisi } A = \sum_0^{2h}$$

$$\int_{A_o}^A dA = \int_0^{2h} (a_o + a_1 x + a_2 x^2) dx$$

$$\begin{aligned} A - A_o &= \int_0^{2h} (a_o dx) + \int_0^{2h} a_1 x dx + \int_0^{2h} a_2 x^2 dx \\ &= a_o x + \frac{1}{2} a_1 x^2 + \frac{1}{3} a_2 x^3 \\ &= 2a_o h + 2a_1 h^2 + \frac{8}{3} a_2 h^3 - 0 \end{aligned}$$

$$A = 2a_o h + 2a_1 h^2 + \frac{8}{3} a_2 h^3 \dots (II)$$

$$\text{Kita misalkan } A = A_1 y_o + A_2 y_1 + A_3 y_2 \dots (III)$$

Kalau harga X dari persamaan I, kita ganti dengan harga 0, h dan 2h dan harganya kita sebut y_o , y_1 dan y_2 , maka diperoleh

$$y_o = a_o ; y_1 = a_o + a_1 h + a_2 h^2 \text{ dan}$$

$$y_2 = a_o + 2a_1 h + 4a_2 h^2$$

Harga-harga ini kita masukkan kepersamaan (III). Maka diperoleh

$$A = A_1 a_o + A_2 (a_o + a_1 h + a_2 h^2) + A_3 (a_o + 2a_1 h + 4a_2 h^2) \dots (IV)$$

$$A = (A_1 + A_2 + A_3) + (A_2 + 2A_3) a_1 h + (A_2 + 4A_3) a_2 h^2$$

Dari persamaan (II) dan (IV) diperoleh

$$(A_1 + A_2 + A_3) = 2h \dots (1)$$

$$(A_2 + 2A_3) = 2h \dots (2)$$

$$(A_2 + 4A_3) = \frac{8}{3} h \dots (3)$$

dari persamaan 1, 2 dan 3 diatas, kalau kita selesaikan diperoleh :

$$A_1 = A_3 = \frac{1}{3} h \quad \text{dan} \quad A_2 = \frac{4}{3} h$$

Harga-harga ini kalau kita masukkan ke dalam persamaan (III), diperoleh :

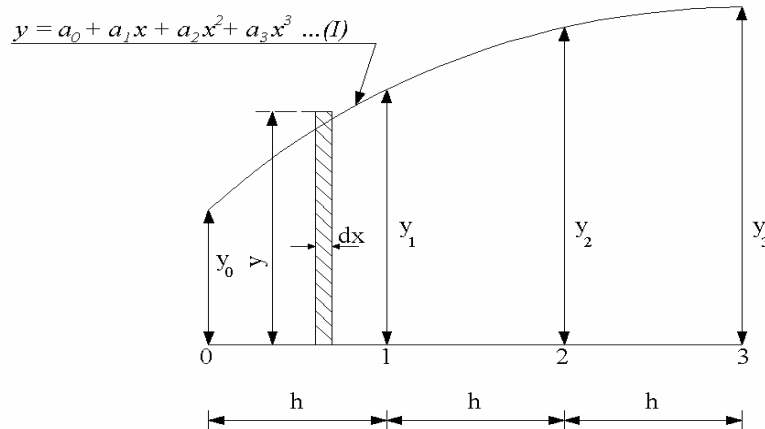
$$A = \frac{1}{3}hy_o + \frac{4}{3}hy_1 + \frac{1}{3}hy_2 \text{ atau}$$

$$A = \frac{1}{3}h(y_o + 4y_1 + y_2), \text{ dimana}$$

A = Luas bidang

2. Cara Simpson II

Aturan Simpson II ini mensyaratkan bahwa bidang lengkung dibagi menjadi 3 bagian yang sama panjangnya seperti gambar di bawah ini.



Gambar 8.4 Bidang Lengkung Cara Simpson II

Luas bidang lengkung seperti gambar diatas menurut Aturan Simpson II adalah

$$\frac{3}{8}h(y_o + 3y_1 + 3y_2 + y_3), \text{ dimana}$$

A = luas bidang

h = jarak ordinat

$y_o, y_1, y_2 \text{ dan } y_3$ = panjang ordinat

Angka 1,3, 3, 1 = faktor luas Simpson II

Angka 3/8 = angka pengali Simpson II

Rumus diatas dapat dibuktikan sebagai berikut ;

Aturan Simpson II ini dengan anggapan bahwa garis lengkung tersebut adalah persamaan pangkat 3

Elemen luas $dA = y dx$

$$A = \int_{A_o}^A dA = \int_0^{3h} y dx$$

$$A - A_o = \int_0^{3h} (a_o + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3) dx$$

$$= a_o x + \frac{1}{2} a_1 x^2 + \frac{1}{3} a_2 x^3 + \frac{1}{4} a_3 x^4 \Big|$$

$$A = 3a_o h + 4 \frac{1}{2} a_1 h^2 + 9a_2 h^3 + \frac{81}{4} a_3 h^4 \dots\dots(II)$$

Diumpamakan luas bidang tersebut :

$$A = Ay_o + By_1 + Cy_2 + Dy_3 \dots\dots(III)$$

Kalau harga x dari persamaan (I) diganti dengan 0, h, 2h dan 3h dan harganya masing-masing kita sebut y_o, y_1, y_3 , maka diperoleh:

$$y_o = 0$$

$$y_1 = a_o + a_1 h + a_2 h^2 + a_3 h^3$$

$$y_2 = a_o + 2a_1 h + 4a_2 h^2 + 8a_3 h^3$$

$$y_3 = a_o + 3a_1 h + 9a_2 h^2 + 27a_3 h^3$$

Harga-harga diatas dimasukkan pada persamaan (III), maka diperoleh :

$$A = Aa_o + B(a_o + a_1 h + a_2 h^2 + a_3 h^3) + (a_o + 2a_1 h + 4a_2 h^2 + 8a_3 h^3) + (a_o + 3a_1 h + 9a_2 h^2 + 27a_3 h^3)$$

$$A = (A + B + C + D)a_o + (B + 2C + 3D)a_1 h + (B + 4C + 9D)a_2 h^2 + (B + 8C + 27D)a_3 h^3 \dots\dots(IV)$$

Dari persamaan (II) dan (IV) diperoleh :

$$(A + B + C + D) = 3h \quad (1)$$

$$(B + 2C + 3D) = 4 \frac{1}{2} \quad \dots\dots(2)$$

$$(B + 4C + 9D) = 9h \quad \dots\dots(3)$$

$$(B + 8C + 27D) = 20 \frac{1}{4} h \dots (4)$$

Dari persamaan, 1, 2, 3 dan 4 diatas kalau kita selesaikan diperoleh :

$$A = \frac{3}{8}h; B = \frac{9}{8}h; C = \frac{9}{8}h; D = \frac{3}{8}h.$$

Kalau harga-harga ini kita memasukkan keperawatan (III) maka diperoleh :

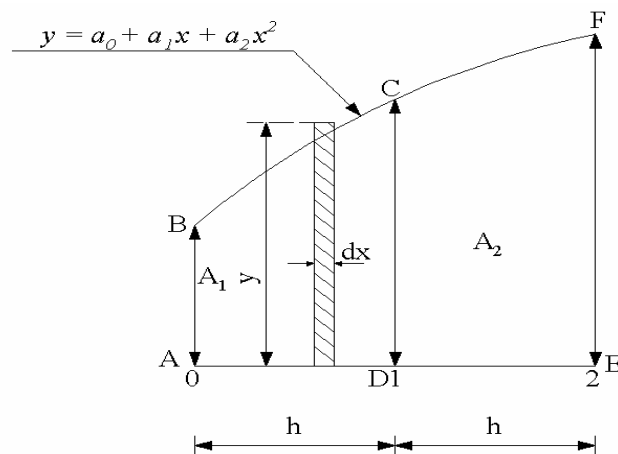
$$A = \frac{3}{8}hy_0 + \frac{9}{8}hy_1 + \frac{9}{8}hy_2 + \frac{3}{8}hy_3.$$

$$A = \frac{3}{8}h(y_0 + 3y_1 + 3y_2 + y_3)$$

A = Luas bidang

3. Cara Simpson III

Aturan Simpson III ini sama dengan Aturan Simpson I yaitu mensyaratkan bahwa bidang lengkung dibagi menjadi 2 bagian yang sama panjangnya seperti gambar di bawah ini.



Gambar 8.5 Bidang Lengkung Cara Simpson III

Luas bidang ABCD yang diberikan garis lengkung dengan ordinat AB dan ordinat CD dengan absis AD (lihat gambar) adalah

$$A_1 = \frac{1}{12} h (5y_o + 8y_1 + y_2)$$

$$A_2 = \frac{1}{12} h (5y_o + 8y_1 + y_2)$$

$$\text{Luas seluruh bidang} = A_1 + A_2$$

Rumus ini dapat dibuktikan sebagai berikut :

$$\text{Elemen luas } dA = y \, dx$$

$$A_1 = \int_{A_o}^A dA = \int_o^h y \, dx \rightarrow A - A_o = \int_o^h (a_o + a_1 x + a_2 x^2)$$

$$A_1 - A_o = \left[a_o x + \frac{a_1 x^2}{2} + \frac{a_2 x^3}{3} \right] \rightarrow A_o = 0$$

$$A_1 = a_o h + \frac{1}{2} a_1 h^2 + \frac{1}{3} a_2 h^3 \dots (II)$$

$$\text{Kita misalkan } A = Ay_o + By_1 + Cy_2 \dots (III)$$

Kalau harga x, kita ganti dengan 0, h dan 2 h, maka diperoleh :

$$Y_o = a_o$$

$$Y_1 = a_o + a_1 h + a_2 h^2$$

$$Y_2 = a_o + 2a_1 h + 4a_2 h^2$$

Harga-harga ini kita masukkan kepersamaan (III), maka diperoleh :

$$A = Aa_o + B(a_o + a_1 h + a_2 h^2) + (a_o + 2a_1 h + 4a_2 h^2)$$

$$A = (A + B + C) a_o + (B + 2C) a_1 h + (B + 4C) a_2 h^2 \dots (IV)$$

Dari persamaan (II) dan (IV), diperoleh

$$(A + B + C) = h \dots (1)$$

$$(B + 2C) = \frac{1}{2} h \dots (2)$$

$$(B + 4C) = \frac{1}{3} h \dots (3)$$

Dari persamaan 1,2 dan 3, kalau kita selesaikan diperoleh :

$$A = \frac{5}{12} h$$

$$B = \frac{8}{12} h$$

$$C = \frac{1}{12}$$

Kalau harga-harga ini dimasukkan pada persamaan (III), maka diperoleh :

$$A_1 = \frac{5}{12} y_0 + \frac{8}{12} h y_1 - \frac{1}{12} h y_2$$

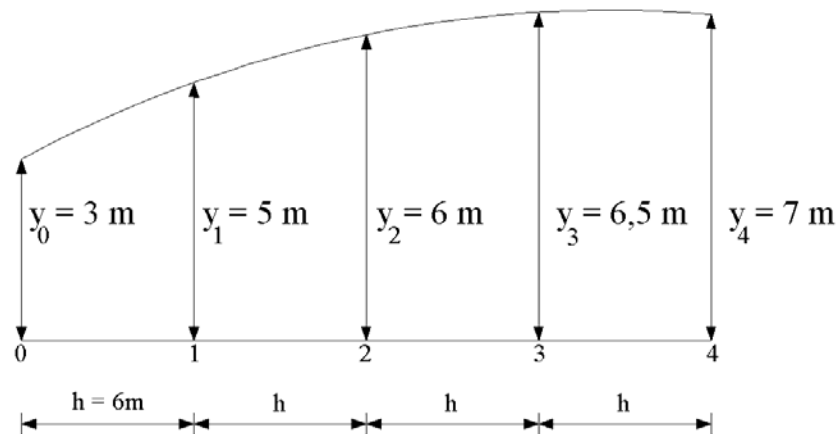
$$A_t = \frac{1}{12} (5y_0 + 8y_1 - y_2)$$

A_1 = luas bidang yang dibatasi ABCD

4. Contoh Perhitungan Luas Bidang

a. Cara Trapezium

Diketahui sebuah bidang dengan data-data sebagai berikut :



Gambar 8.6 Bidang Trapezium

Hitunglah luas bidang tersebut diatas dengan Cara Trapezium

Penyelesaian

$$\text{Lusa I} = \frac{1}{2} h (y_0 + y_1)$$

$$\text{Luas II} = \frac{1}{2} h (y_1 + y_2)$$

$$\text{Luas III} = \frac{1}{2} h (y_2 + y_3)$$

$$\text{Luas IV} = \frac{1}{2} h (y_3 + y_4)$$

$$\text{Luas I+II+III+IV} = \frac{1}{2} h (y_0 + 2y_1 + 2y_2 + 2y_3 + y_4)$$

$$A = \frac{1}{2} (6) [3 + (2) (5) + (2) (6) + (2) (6,5) + 7]$$

$$= 3.(45) = 135 \text{ m}^2$$

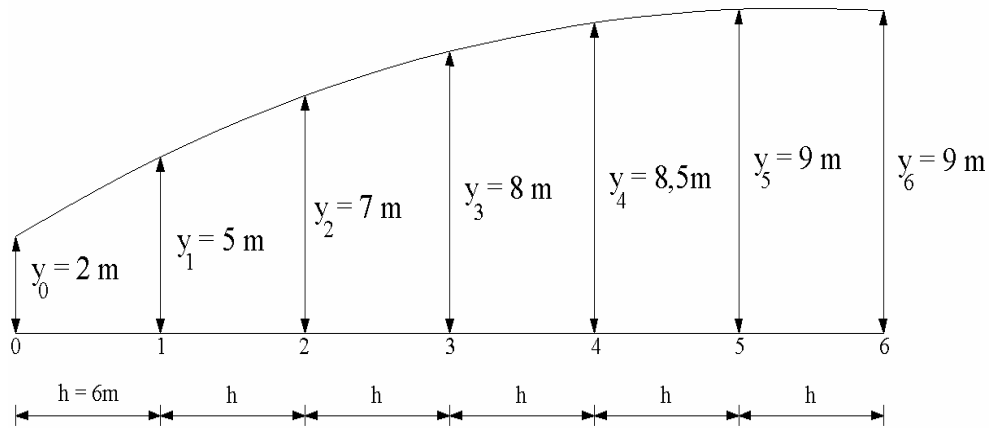
Kalau ordinatnya cukup banyak dikerjakan dengan mempergunakan Tabel sebagai berikut:

No Ordinat	Panjang Ordinat	Faktor luas (II)	Hasil I x II	
0	3	1	3	$A = \frac{1}{2} h \sum_1$ $= \frac{1}{2} 6.45$ $= 135 \text{ m}^2$
1	5	2	10	
2	6	2	12	
3	6,5	2	13	
4	7	1	7	

$$\sum = 45$$

b. Cara Simpson I

Diketahui : Sebuah bidang seperti gambar dibawah.



Gambar 8.7 Bidang Lengkung Cara Simpson I

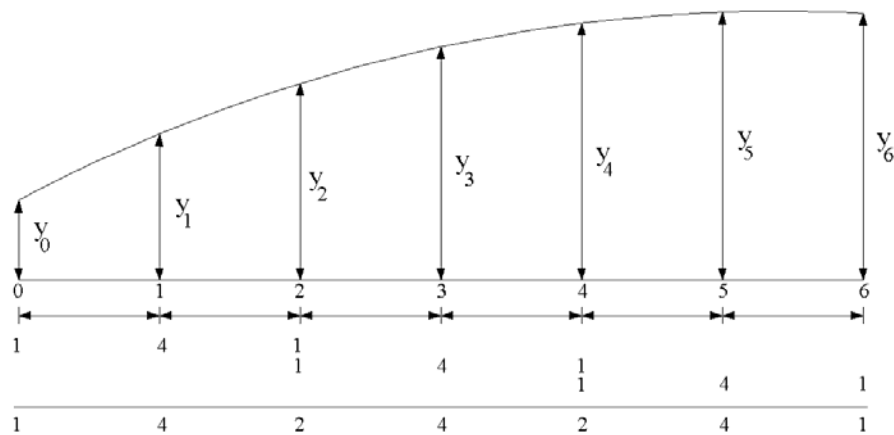
Hitung : Luas bidang tersebut dengan memakai Aturan Simpson I

Penyelesaian : Karena Ordinatnya sudah cukup banyak kita langsung menghitungnya dengan memakai Tabel sebagai berikut:

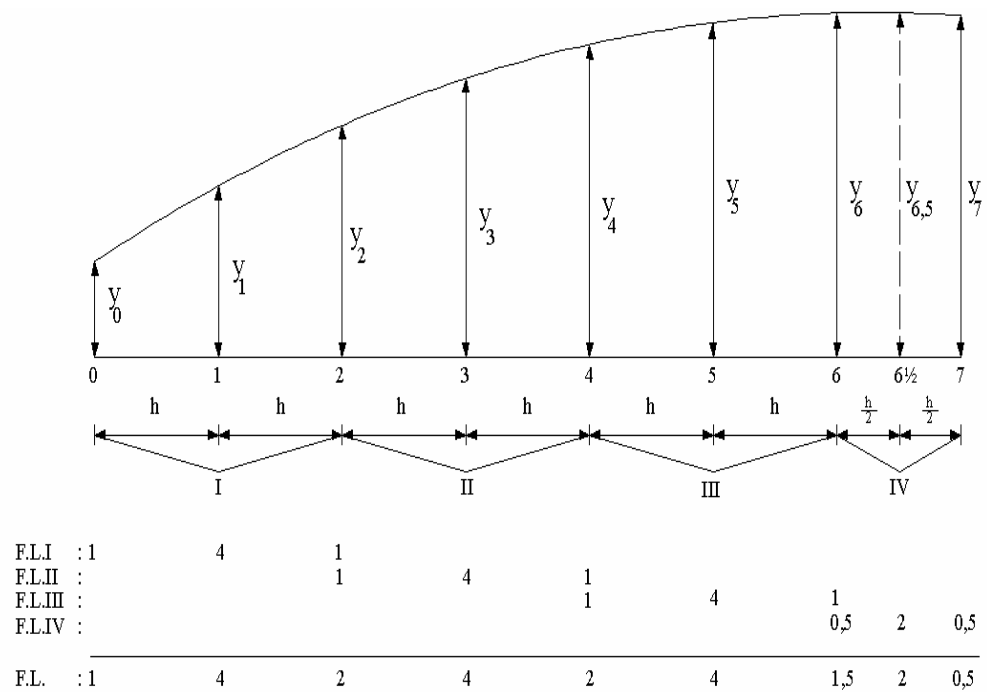
No Ordinat	Panjang Ordinat (I)	Faktor Luas (III)	Hasil I x II
0	2	1	2
1	5	4	20
2	7	2	14
3	8	4	32
4	8,5	2	17
5	9	4	36
6	9	1	4
			$\Sigma_1 = 125$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas (A)} &= \frac{1}{3} h \Sigma_1 \\
 &= \frac{1}{3} (6) (125) = 250 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

a. Harga faktor Luas dihitung sebagai berikut :



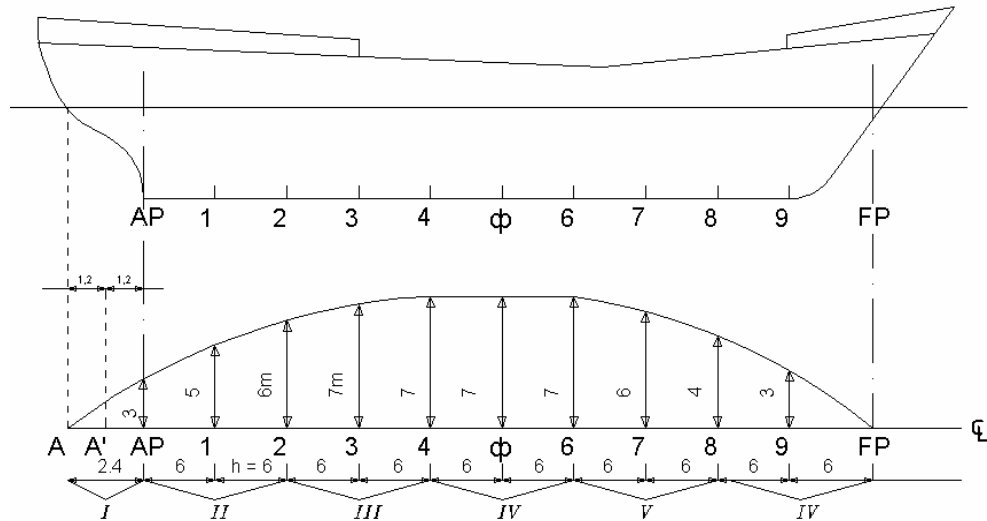
b. Kalau bentuk bidangnya sebagai berikut, maka cara mencari faktor luasnya adalah sebagai berikut:



Gambar 8.8 Bidang Lengkung Cara Simpson I

c. Menghitung Luas bidang garis air pada kapal

Diketahui : Sebuah kapal dengan bentuk bidang garis air sebagai berikut :



Gambar 8.9 Luas Bidang Garis Air

Hitunglah : Luas bidang garis seperti diatas dengan memakai Aturan Simpson I

Penyelesaian : Faktor luasnya dihitung sebagai berikut :

FL. I	: 0,2, 0,8 0,2
FL. II	: 1 4 1
FL. III	: 1 4 1
FL. IV	: 1 4 1
FL. V	: 1 4 1
FL. VI	: 1 4 1

F : 0,2 0,8 1,2 4 2 4 2 4 2 4 2 4 1

Harga 0,2 ; 0,8 dan 0,2 pada FL I adalah diperoleh dari

$1 \times 1,2 / 6$; $4 \times 1,2 / 6$; $1 \times 1,2 / 6 = 0,2$; $0,8$; $0,2$

harga 1 4 1 adalah Faktor luas.

Simpson 1, harga jarak ordinal 1,2 m dikonfersi ke jarak ordinat rata - rata yaitu $h = 6$ meter

Harga Faktor Luas ini dimasukkan kedalam tabel sebagai berikut :

No Ordinat	Panjang Ordinat	Faktor Luas	Hasil I x II
A	0	0,2	0
A ¹	2	0,8	1,6
AP	3	1,2	3,6
1	5	4	20
2	6	2	12
3	7	4	28
4	7	2	14
5	7	4	28
6	7	2	14
7	6	4	24
8	4	2	8
9	3	4	12
FP	0	1	0

$$\sum_1 = 167,2$$

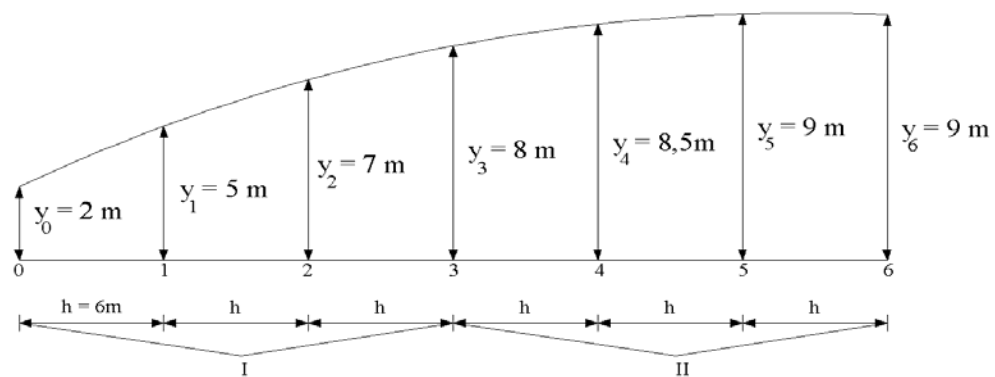
$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= 2 \frac{1}{3} h \sum_1 \\ &= 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 6 \cdot 167,2 = 668,8 m^2 \end{aligned}$$

Faktor pengali 2, karena bidang garis kapal yang dihitung dan baru harga separuhnya atau harga setengahnya. Jadi untuk luas seluruh bidang garis harus dikalikan 2.

Perhitungan memakai Aturan Simpson I ini adalah yang paling banyak dipakai di dunia perkapalan.

3. Cara Simpson II

Diketahui : Sebuah bidang dengan bentuk sebagai berikut :



Gambar 8.10 Cara Simpson II

Penyelesaian :

FL I	:	1	3	3	1						
FL II	:				1	3	3	1			
FL	:	1	3	3	2	3	3	1			

Harga-harga Faktor Luas ini masukan kedalam Tabel sebagai berikut :

No. Ordinat	Panjang Ordinat (1)	Faktor luas (II)	Hasil 1 x II
0	2	1	2
1	5	3	15
2	7	3	21
3	8	2	16
4	8,5	3	25,5
5	9	3	27
6	9	1	9

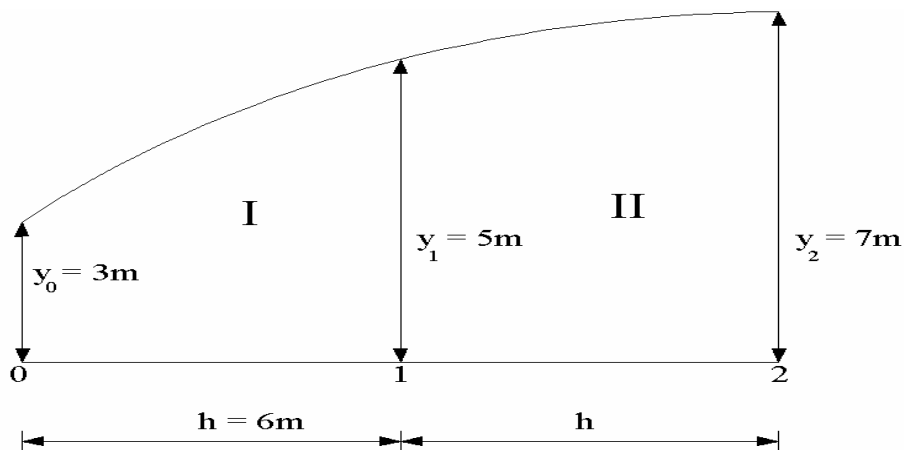
$$\Sigma_1 = 115,5$$

$$\text{Luas (A)} = \frac{3}{8} \cdot h \cdot \Sigma_1$$

$$= \frac{3}{8} \cdot 115,5 = 259,75 m^2$$

4. Aturan Simpson III

Diketahui : Sebuah bidang dengan bentuk sebagai berikut :



Gambar 8.11 Cara Simpson III

Penyelesaian :

FL I	: 5	8	-1
FL II	: 5	8	-1

$$\begin{aligned}\text{Luas bidang I} &= \frac{1}{12}h(5y_0 + 8y_1 - y_2) \\ &= 1 / 12 (6) [(5) (3) + (8) (5) - 7] \\ &= 0,5 (15 + 40 - 7) = 24 \text{ M}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas bidang II} &= \frac{1}{12}h(5y_2 + 8y_1 - y_0) \\ &= 1 / 12 (6) [(5) (7) + (8) (5) - 3] \\ &= 0,5 (27) = 36 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Luas I + II} = 24 + 36 = 60 \text{ m}^2$$

Kalau luas bidang diatas dihitung dengan Aturan Simpson I diperoleh :

$$A = \frac{1}{3}h(y_0 + 4y_1 - y_2)$$

$$A = \frac{1}{3} \cdot 6(3 + 4 \cdot 5 + 7)$$

$$A = 2 (30)$$

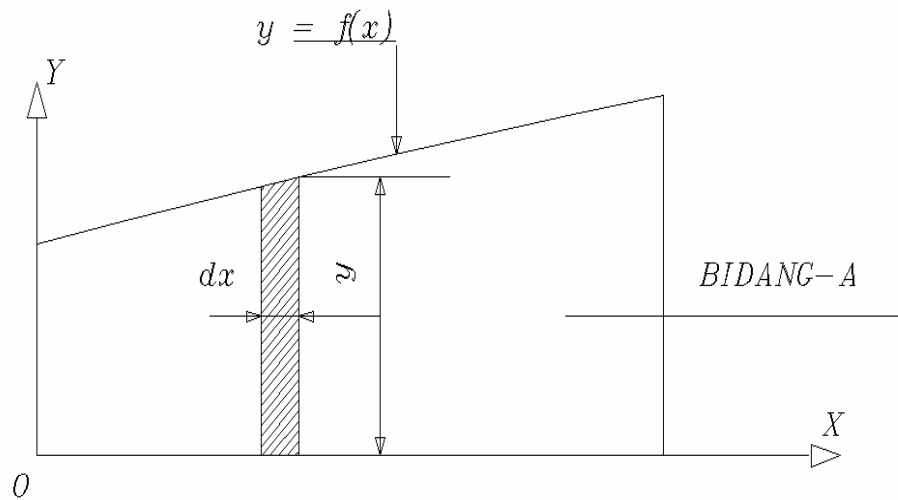
$$A = 60 \text{ m}^2$$

Suatu bidang dihitung dengan Aturan Simpson I maupun Aturan Simpson III hasilnya sama besar.

C. Momen Statis Dan Momen Inersia

Untuk mengetahui kekuatan kapal, kekuatan kapalnya sendiri akibat gaya-gaya luar maupun gaya-gaya dalam, dapat diperhitungkan dengan ilmu kekuatan yang lazim berlaku bagi bidang teknik maupun teknologi pada umumnya.

1. Luas Bidang



Gambar 8.12 Luas Bidang

Gambar di atas adalah bidang A yang dibatasi oleh $y = f(x)$, sumbu x dan ordinat-ordinat, $x = 0$ (sumbu y) dan $x = L$.

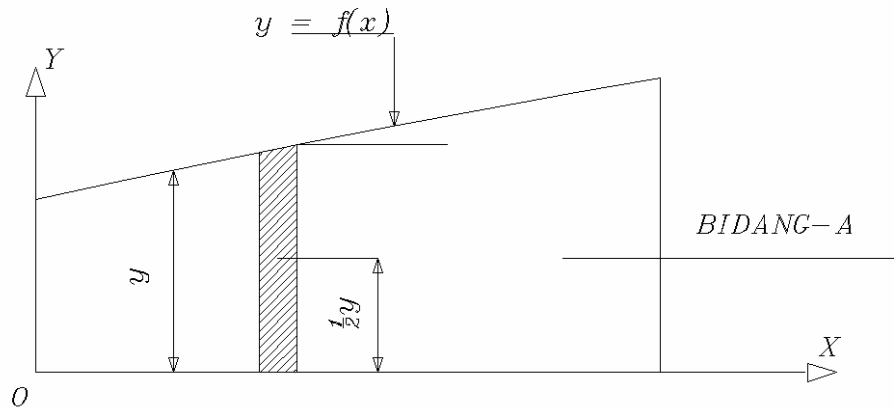
Bagian kecil yang diarsir dapat dianggap sebagai empat persegi panjang yang mempunyai tinggi y dan lebar dx , sehingga luas bagian kecil = $y \cdot dx$.

Luas seluruh bidang A yang dibatasi oleh $y = f(x)$, sumbu x, ordinat $x = 0$ dan $x = L$ adalah

$$A = \int y \, dx \dots\dots\dots(1)$$

2. Momen statis terhadap sumbu x (S_x)

Momen statis dari bagian yang diarsir dengan lebar dx , terhadap sumbu x adalah:



Gambar 8.13 Luas Bidang

Luas bagian terkecil (yang diarsir) dikalikan dengan jarak titik berat bagian yang diarsir ke sumbu x. karena bagian yang diarsir dapat dianggap sebagai empat persegi panjang maka jarak titik berat bagian yang diarsir tersebut terhadap sumbu x adalah $= \frac{1}{2} y$ dan luas bagian yang diarsir $= y \cdot dx$.

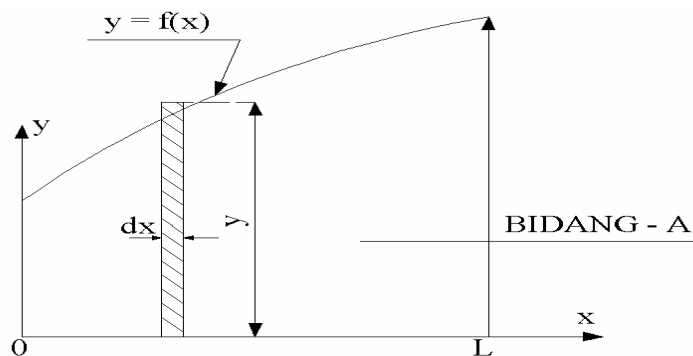
Hasil perkaliannya $= y \, dx \cdot \frac{1}{2} y = \frac{1}{2} y^2 \, dx$

Jadi $dS_x = \frac{1}{2} y^2 \, dx$

Momen statis seluruh bidang A yang dibatasi oleh $y = f(x)$, sumbu x, ordinat $x = 0$ dan ordinat $x = L$ adalah

$$S_x = \frac{1}{2} y^2 \, dx \dots\dots\dots(2)$$

3. Momen statis terhadap sumbu y (S_y)



Gambar 8.14 Luas Bidang Momen Statis

Jarak titik berat bagian yang diarsir (terhadap sumbu y adalah $= x$).

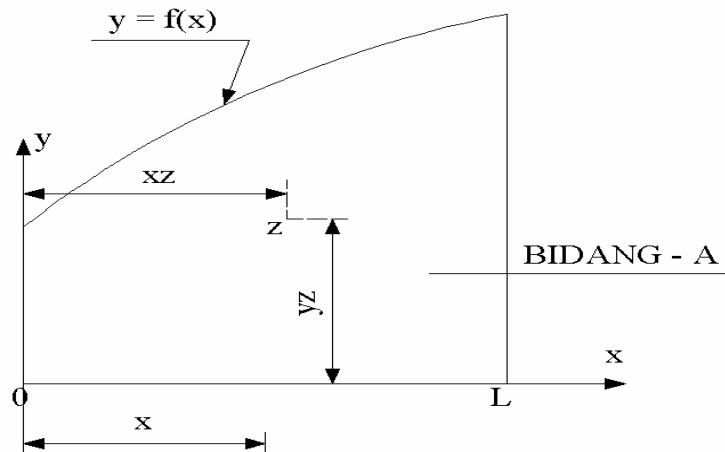
Momen statis dari bagian terkecil yang diarsir dengan lebar dx ,

terhadap sumbu y adalah = luas bagian yang diarsir dikalikan jarak titik berat bagian terkecil yang diarsir ke sumbu y : $dS_y = y \, dx \cdot x$ atau $dS_y = xy \, dx$.

Jadi momen statis (S_y) untuk seluruh bidang A yang dibatasi oleh $y = f(x)$, sumbu x, ordinat $x = 0$ dan ordinat $x = L$ adalah

$$S_y = \int xy \, dx \dots\dots\dots(3)$$

4. Letak (posisi) titik berat bidang A



Gambar 8.15 Letak Titik Berat Bidang

Keterangan :

Z = titik berat bidang A

y_z = jarak titik berat Z ke sumbu x

x_z = jarak titik berat Z ke sumbu y

Jadi titik berat Z dari bidang A ditentukan oleh koordinat y_z dan x_z

Harga x_z dan y_z adalah sebagai berikut :

$$y_z = S_x / A \text{ dan } x_z = S_y / A$$

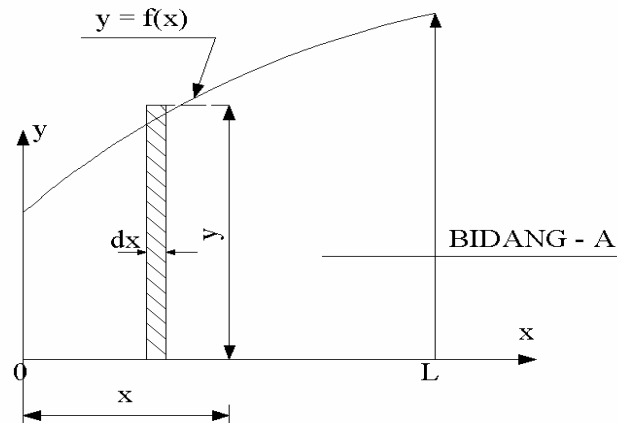
dimana :

S_x = momen statis bidang A terhadap sumbu y

S_y = Momen statis bidang A terhadap sumbu x

A = Luas bidang A

5. Momen Inersia terhadap sumbu y (I_y)



Gambar 8.16 Luas Bidang Momen Inersia sumbu y

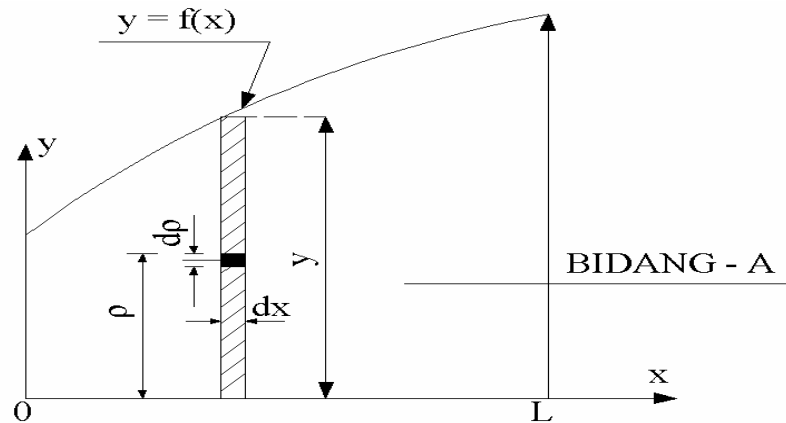
Dari gambar di atas dapat ditentukan bahwa momen inersia dari bidang kecil diarsir terhadap sumbu y adalah luas bagian kecil yang diarsir dikalikan dengan jarak kuadrat titik berat bagian terkecil yang diarsir ke sumbu y.

Jadi $dI_y = y \, dx \cdot x^2$ atau $dI_y = x^2 y \, dx$.

Jadi momen inersia seluruh bidang A terhadap sumbu y atau

$$I_y = \int_0^L x^2 y \, dx$$


6. Momen Inersia terhadap sumbu x (I_x)




Gambar 8.17 Luas Bidang Momen Inersia sumbu x

Momen inersia bidang kecil terhadap sumbu x adalah $= dx d\rho \rho^2$

Momen inersia bidang kecil yang diarsir atau terhadap sumbu x adalah $= dx d\rho \rho^2$

Momen inersia bidang kecil yang diarsir atau () terhadap sumbu x adalah

$$\int_{\rho=0}^{\rho=y} dx d\rho \cdot \rho^2$$

Kalau persamaan di atas diselesaikan diperoleh momen inersia bidang kecil yang diarsir () terhadap sumbu x adalah

$$dI_x = \frac{1}{3} y^2 dx$$

Jadi momen Inersia seluruh bidang A terhadap sumbu x

$$I_x = \frac{1}{3} \int_0^L y^3 dx$$

7. Momen Inersia terhadap sumbu yang melalui titik berat bidang (I_{xz} dan I_{yz}) Pada umumnya terdahulu kita telah menentukan momen Inersia



Jadi $I_{yz} = x_z^2 \cdot A$

D. Lengkung Hidrostatik

Sebuah kapal yang mengapung tegak, lengkungan (Grafik hidrostatik) digunakan untuk menunjukkan karakteristik (sifat-sifat) dari badan kapal terutama dibawah garis air.

Pada gambar pertama digambarkan lengkungan hidrostatik dan gambar kedua lengkungan bonjeon sebagai berikut :

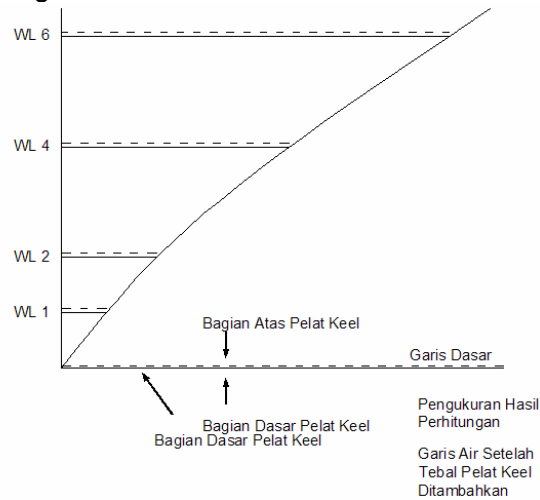
- ✚ Lengkungan luas garis air (A_w).
- ✚ Lengkung volume Karene (V).
- ✚ Lengkung displacement di air tawar (D_I).
- ✚ Lengkung displacement di air laut (D).
- ✚ Lengkung luas permukaan basah (A)
- ✚ Lengkung letak titik berat garis air terhadap penampang tengah kapal (F)
- ✚ Lengkung letak titik tekan terhadap penampang tengah kapal (B)
- ✚ Lengkung letak titik tekan terhadap keel (KH)
- ✚ Lengkung letak titik tekan sebenarnya (ΦB)
- ✚ Lengkung momen inersia melintang garis air (I)
- ✚ Lengkung momen inersia memanjang garis air (IL)
- ✚ Lengkung letak metasentra melintang KM .
- ✚ Lengkung letak metasentra memanjang KML .
- ✚ Lengkung koefisien garis air C_w
- ✚ Lengkung koefisien blok C_b .
- ✚ Lengkung koefisien gading besar C_m .
- ✚ Lengkung koefisien prisma mendatar (longitudinal) C_p .
- ✚ Lengkung ton per 1 centimeter (TPC).
- ✚ Lengkung perubahan displacement karena kapal mengalami trim buritan sebesar 1 cm (DDT).
- ✚ Lengkung momen untuk mengubah trim 1 cm (MTC).

Sedang pada gambar kedua digambarkan lengkung bonjeon (Bonjean Curves). Mengenai lengkung bonjeon ini akan diuraikan pada Sub bab berikutnya (Sub bab E)

Cara yang paling umum untuk menggambar lengkung-lengkung Hidrostatik adalah dengan membuat dua buah sumbu yang saling tegak lurus. Sumbu yang mendatar dipakai sebagai garis dasar sedang sumbu tegak menunjukkan sarat kapal dan dipakai sebagai titik awal pengukuran dari lengkung-lengkung hidrostatik.

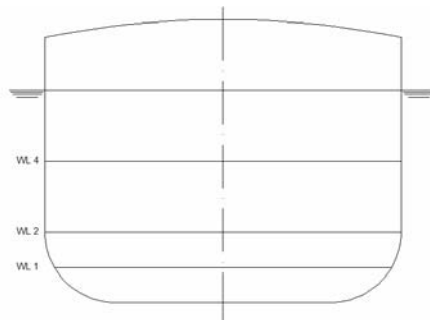
Tetapi ada beberapa lengkung dimana titik awal pengukuran dimulai pada sumbu tegak yang ditempatkan agak disebelah kanan gambar. Karena ukuran-ukuran kapal yang dipakai untuk menghitung lengkung-lengkung hidrostatik diambil dari gambar rencana garis, dimana pada gambar ini adalah keadaan kapal tanpa kulit.

Maka didalam menentukan tinggi garis-garis air pada gambar hidrostatik harus diperhitungkan tebal pelat lunas (keel) seperti terlihat pada gambar 8.19



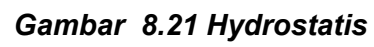
Gambar 8.19. Contoh salah satu lengkung hidrostatik.

Garis-garis air dibagian bawah dibuat lebih rapat untuk mendapatkan perhitungan yang teliti karena dibagian ini terjadi perubahan bentuk kapal yang agak besar seperti terlihat pada gambar 8.20



Gambar 8.20 Garis air bagian bawah.

Gambar lengkung-lengkung hidrostatik dapat dilihat pada gambar 8.21. Lengkung-lengkung hidrostatik ini digambarkan sampai sarat air kapal dan berlaku untuk kapal dalam keadaan tanpa trim.



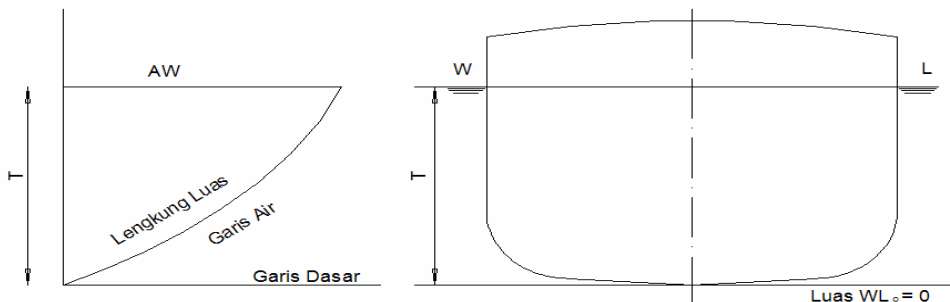
Tabel 8.1

No. Urut	Nama Lengkung	Tanda	Satuan	diukur dari station N.
1.	Luas garis air	Aw	m ²	0
2.	Volume Karene (tanpa kulit)	V	m ³	0
3.	Displacement di air tawar	DI	ton	0
			ton	0
4.	Displacement di air laut	D	m ²	0
5.	Luas permukaan basah	A	m ²	0
6.	Letak titik berat garis air terhadap penampang tengah kapal	F		0
7.	Letak titik tekan terhadap penampang tengah	ΦB	m	0
				0
8.	Letak titik tekan terhadap keel.	KB	m	0
				0
9.	Letak titik tekan sebenarnya	B	m	0
				0
10.	Momen Inersia melintang garis air	I	m ⁴	0
				0
11.	Momen Inersia memanjang garis air	IL	m ⁴	0
				0
12.	Letak metasentra melintang	KM	m	0
				0
13.	Letak metasentra memanjang	KML	m	0
				0
14.	Koefisien garis air	Cw		0

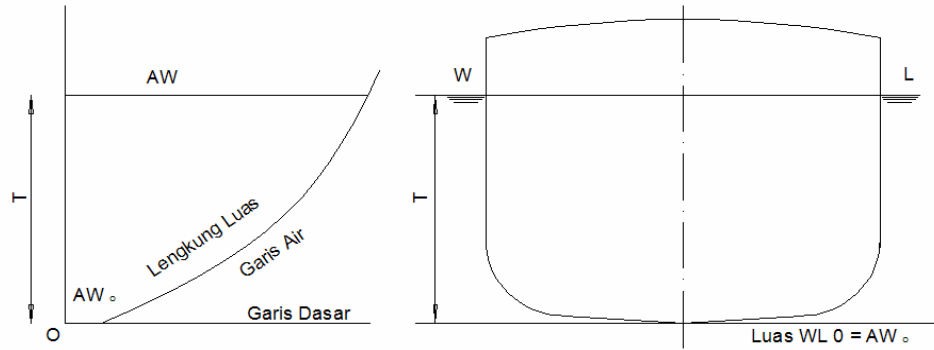
15.	Koefisien blok	Cb		
16.	Koefisien gading besar	Cm		0
17.	Koefisien prismatic horizontal	Cp		0
18.	Ton per 1 Cm	TPC	ton	
19.	Perubahan displacement karena kapal mengalami trim buritan sebesar 1 centimeter.	DDT	ton	0
20.	Momen untuk mengubah trim 1 cm	MTC	Ton.m	

1. Lengkungan Luas Garis Air (Aw).

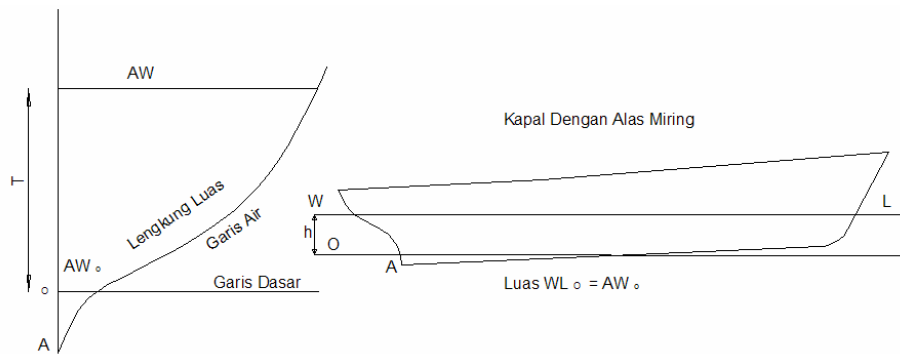
Lengkungan ini menunjukkan luas bidang garis air dalam meter persegi untuk tiap bidang garis sejajar dengan bidang dasar. Ditinjau dari bentuk alas dari kapal, maka kita mengenal tiga macam kemungkinan bentuk lengkung luas garis air seperti pada gambar 8.22 a, b dan c.



Gambar 8.22a. Lengkung luas garis air dalam keadaan even keel kenaikan alas.



Gambar 8.22b. Lengkung luas garis dalam keadaan even keel alas rata.



Gambar 8.22c. Lengkung luas garis kapal dengan alas miring.

Gambar 8.22a, menunjukkan bentuk lengkung Aw untuk kapal dalam keadaan even keel dan menjumpai kenaikan alas (Rise of Floor) sehingga pada garis air 0, luas bidang garis air tersebut adalah nol.

Gambar 8.22b, menunjukkan bentuk lengkung Aw untuk kapal dalam keadaan even keel dan dengan alas rata (flat bottom) sehingga pada garis air 0, lengkung luas garis air mempunyai harga yaitu luas bidang alas rata tersebut.

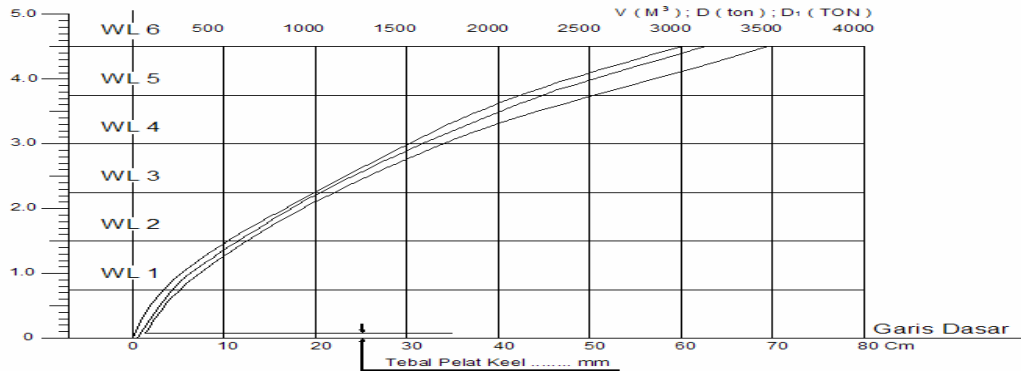
Gambar 8.22c, adalah bentuk lengkung Aw untuk kapal dengan alas miring, sehingga pada garis air 0, lengkung luas garis air mempunyai besaran. Sedang titik awal dari lengkung garis air dimana luas garis air adalah nol mulai dari A, titik terdalam dari kapal.

Perhitungan luas garis air dapat dilakukan dengan aturan Simpson atau Trapesium.

Untuk ini dapat kita gunakan bentuk tabel seperti tabel 8.1 (Hal 86)

2. Lengkung Volume Karene (V), Lengkung Displacement Di Air Tawar (D1) Dan Lengkung Displacement Di Air Laut (D).

Lengkungan-lengkungan ini menunjukkan volume bagian kapal yang masuk dalam air tanpa kulit dalam m^3 . Displacement kapal dengan kulit didalam air tawar (massa jenis = 1,000) dalam ton dan displacement kapal dengan kulit didalam air laut (massa jenis = 1,025) dalam ton, untuk tiap-tiap sarat kapal.



Gambar 8.23. Lengkung volume karene.

Gambar 8.23, menunjukkan gambar lengkung-lengkung hidrostatik untuk lengkung V, D1, D, pada sumbu tegak dapat dibaca sarat kapal dalam meter atau nomer garis air (WL). Sedang pada sumbu mendatar dibawah menunjukkan panjang mendatar dalam centimeter dimana kalau panjang mendatar dalam centimeter akan diketahui, kemudian dikalikan skala dari lengkung, maka dapat diketahui berapa besar V (M^3), D1 (ton) atau D (ton).

Sering pada sumbu mendatar dibagian atas dari gambar lengkung hidrostatik sudah tertera berapa besarnya V (M^3), D (ton) atau D (ton).

Lengkungan yang diatas adalah volume dari bagian bawah kapal yang masuk kedalam air.

Untuk kapal baja adalah volume kapal kulit yang dihitung dari gambar rencana garis.

Sedang untuk kapal kayu adalah volume dari badan kapal sampai dengan kulit.

Lengkungan yang ditengah adalah lengkungan displacement dalam air tawar (D1) dalam ton.

Jadi kelengkungan D1 adalah hasil penjumlahan volume kapal tanpa kulit dengan volume kulit, dikalikan dengan massa jenis air tawar (1,000).

$$D1 = (V + \text{Volume kulit}) \times 1,000.$$

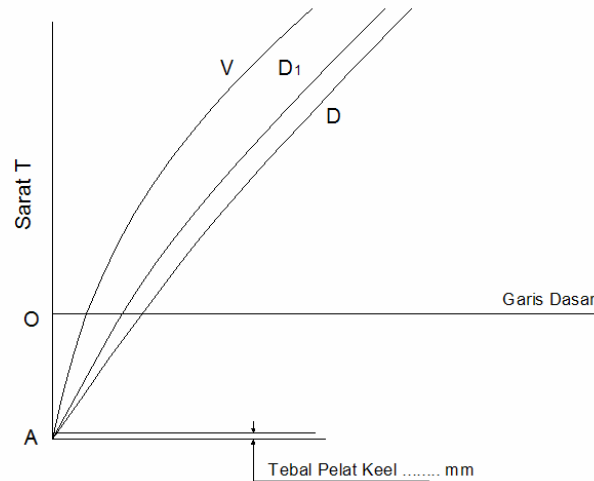
Sedang lengkung D menunjukkan displacement (ton) dalam air laut (massa jenis air).

$$D = D1 \times 1,025.$$

Untuk perhitungan D_1 dan D secara lebih teliti, sering disamping penambahan volume kulit juga ditambahkan tonjolan-tonjolan seperti kemudi, baling - baling, penyokong baling-baling, lunas bilga dan lain-lain.

Untuk sarat kapal yang sama displacement kapal dalam air tawar adalah lebih kecil dari displacement kapal dalam air laut. Untuk displacement yang sama, kapal didalam air laut akan mempunyai sarat yang lebih kecil dari pada kapal berada didalam air tawar.

Lengkungan-lengkungan ini dapat digunakan untuk menghitung V , D_1 , dan D kalau sarat kapal diketahui, atau sebaliknya untuk menghitung sarat kapal kalau salah satu dari V , D_1 dan D diketahui.



Gambar 8.24. Lengkung dalam keadaan alas miring

Bentuk lengkungan seperti pada gambar 8.23 adalah untuk kapal dalam keadaan even keel dimana garis air (WL0), displacement (banyaknya air yang dipindahkan) berharga nol. Sedang volume Karene berharga nol terletak pada ketinggian pelat keel. Tetapi untuk kapal dalam keadaan alas miring maka lengkungannya akan berbentuk seperti gambar 8.24. Ditempat dimana pada garis air 0, volume Karene atau Displacement sudah mempunyai harga yaitu volume atau displacement dari bagian kapal yang berada dibawah garis air nol tersebut.

Sedang titik awal lengkung displacement dimulai dari titik A, yaitu titik terdalam dari kapal, dan titik awal dari volume Karene dimulai dari atas titik A setinggi pelat keel.

Untuk menghitung volume karene dapat kita hitung dengan dua cara :

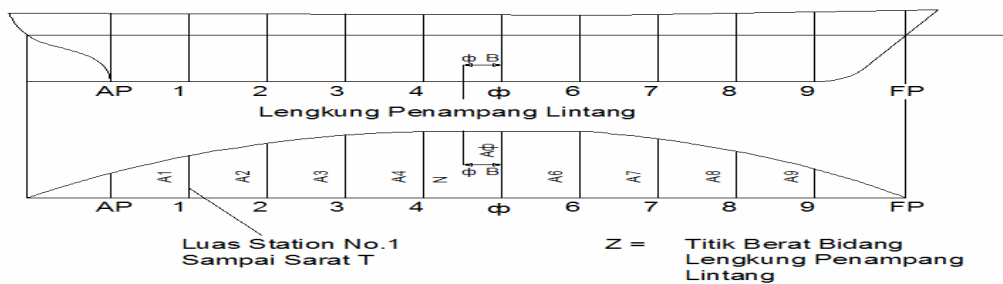
- 1) Dengan menggunakan luas garis air.



Gambar.8.25 Luas garis air

Kalau lengkung luas garis air sampai sarat tertentu misalnya T seperti gambar 8.25. Kita hitung luasnya, maka hasil yang didapat adalah volume karena sampai sarat T tersebut.

2) Dengan menggunakan luas penampang lintang.

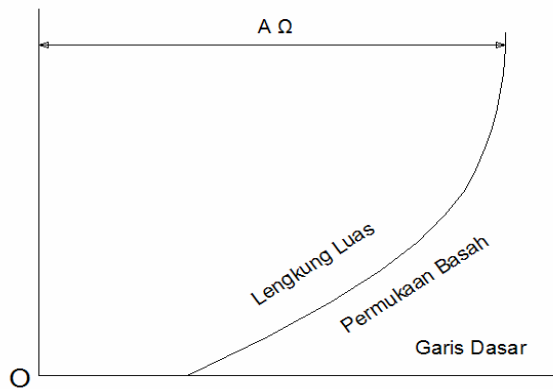


Gambar 8.26. Bidang lengkung penampang lintang

Lengkung penampang merupakan suatu lengkung dari luas tiap-tiap station (gading) pada garis air tertentu. Jadi kalau luas bidang lengkung penampang melintang seperti gambar 8.26, kita hitung, maka akan terdapat volume karena sampai garis air yang bersangkutan.

3. Lengkung Luas Permukaan Basah (WSA).

Dari sebuah kapal yang terapung di air sampai suatu garis air dimana terdapat permukaan badan kapal yang tercelup. Luas dari permukaan badan kapal yang berhubungan langsung dengan air tersebut, disebut luas permukaan basah.(Wetted Surface Area)
Jadi lengkung luas permukaan basah menunjukkan permukaan badan kapal yang tercelup untuk tiap-tiap sarat kapal.



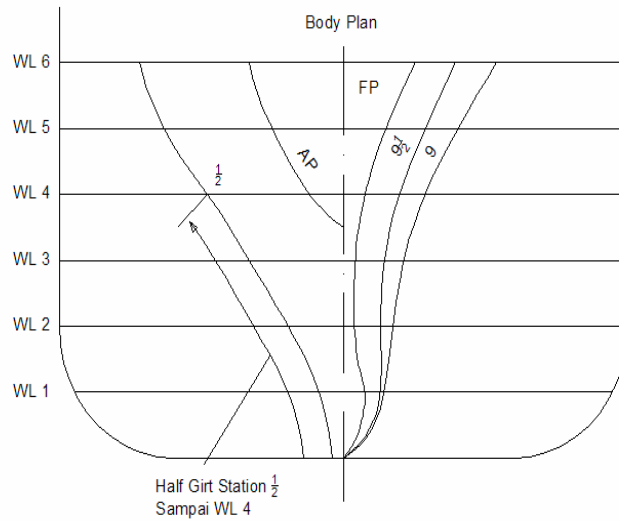
Gambar 8.27 Lengkung luas permukaan basah.

Gambar 8.27 menunjukkan bentuk lengkung luas permukaan basah (A) dari sebuah kapal dalam keadaan even keel dan dengan alas rata (flat bottom). Jadi pada garis air WLO, lengkung luas permukaan basah mempunyai harga sebesar luas bidang alas rata tersebut. Luas permukaan basah dipergunakan untuk menentukan jumlah kebutuhan cat untuk mengecat bagian bawah dari kapal.

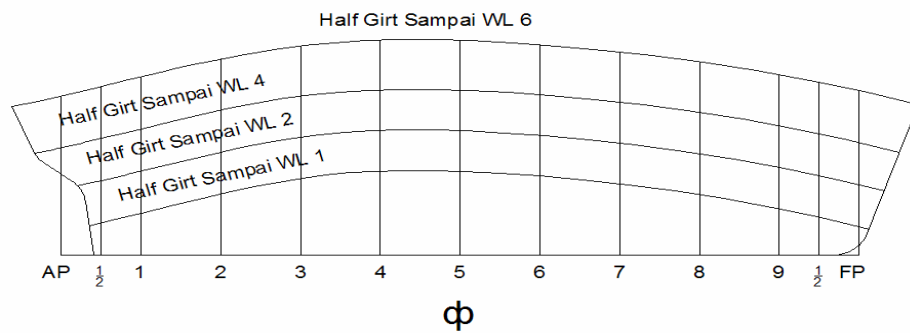
Juga bila luas permukaan basah ditambahkan dengan luas kulit kapal diatas sarat, akan kita dapatkan luas seluruh pelat kulit, sehingga perkiraan berat pelat kulit dapat dihitung setelah tebal dan berat jenis pelat diketahui.

Untuk menghitung luas permukaan basah, kita dapat mengambil ukuran-ukuran permukaan yang dibasahi oleh air dari gambar rencana garis. Kita bentangkan setiap lengkungan station sampai garis air tertentu yang ada pada gambar body plan dari rencana garis. Untuk ini dapat digunakan lajur kertas atau lajur kayu yang mudah dibengkokkan.

Bentangan tiap station dari center line sampai garis air yang diminta kita sebut half girth dari station tersebut. Half girth dari station-station itu kita gambarkan sebagai ordinat pada setiap nomor station yang sesuai sepanjang kapal. Bila luas bidang seperti pada gambar 8.28 kita hitung luasnya maka didapat luas permukaan basah.

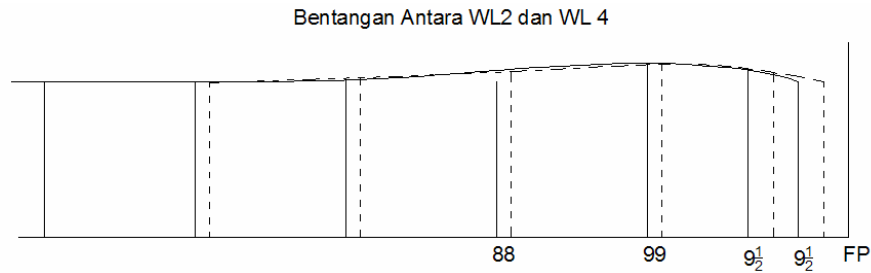


Gambar 8.28. Half girth station



Gambar 8.29 Half girth station

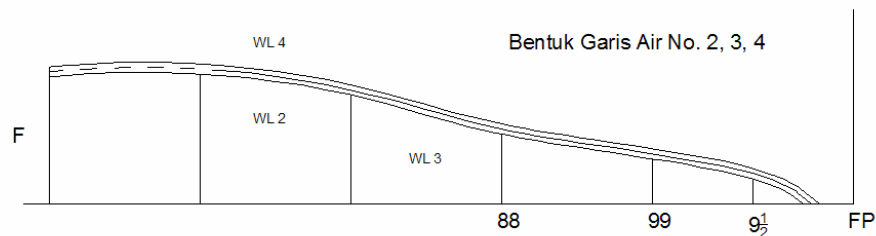
Tetapi untuk perhitungan yang lebih teliti, disamping bentangan half girth, kita juga harus membentangkan garis air, hal ini untuk memperkecil kesalahan terutama pada bagian ujung dari kapal. Ini terlihat pada gambar 8.29 dimana bentangan permukaan basah antara WL2 dan WL4 untuk bagian ujung kapal.



Gambar 8.30. Bentang permukaan basah.

Bentang permukaan basah antara WL2 dan WL4 sebelum garis air no. 4 dibentangkan.

Bentang permukaan basah antara WL2 dan WL4 setelah garis air no. 3 dibentangkan.

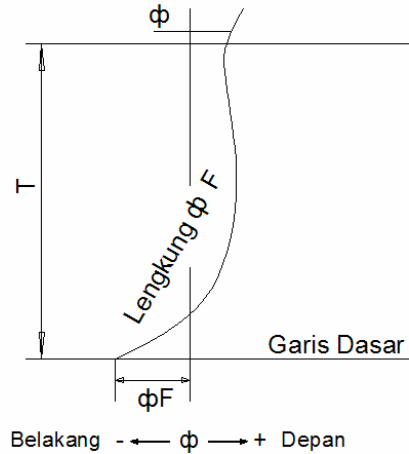


Gambar 8.31. Bentang garis air.

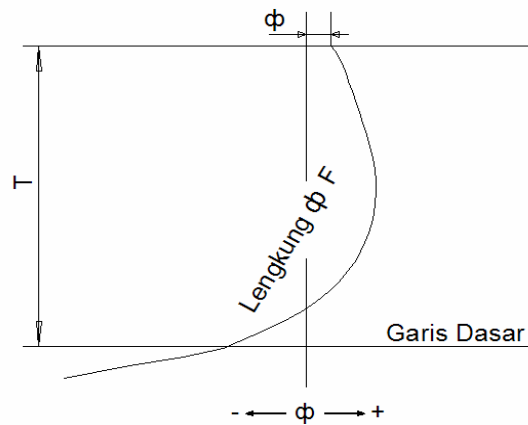
Untuk mendapatkan hasil luas permukaan basah yang paling mendekati keadaan sebenarnya, kita bentangkan garis air yang ada diantara WL2 dan WL4. Jadi kita bentangkan garis air No. 3 pada sebuah garis lurus mulai dari midship (station 5) sehingga station 6, 7, 8, 9, 9 1/2 bergeser menjadi station 6', 7', 8', 9', 9 1/2' dan bentangan half girth antara WL2 dan WL4 kita ukurkan pada station yang telah digeser itu.

4. Lengkung Letak Titik Berat Garis Air Terhadap Penampang Tengah Kapal (ΦF).

Lengkungan ini menunjukkan jarak titik berat garis air ΦF (centre of floatation) terhadap penampang tengah kapal untuk tiap-tiap sarat kapal.



Gambar 8.32a. Lengkung titik berat garis air dengan alas rata



Gambar 8.32b. Lengkung titik berat air dengan kenaikan alas.

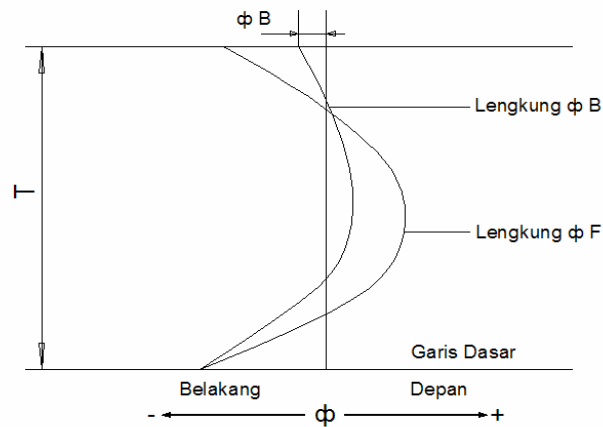
Gambar 8.32a, menunjukkan lengkung F untuk kapal even keel. Bila kapal mempunyai kenaikan alas, maka F untuk sarat nol adalah jarak titik tengah keel ke penampang tengah kapal. Sedang untuk kapal dengan alas rata, F untuk sarat nol adalah jarak titik berat dari bidang alas rata itu ke penampang tengah kapal. Gambar 8.32 b, menunjukkan lengkung f untuk kapal dengan alas miring.

Lengkungan ini tidak terhitung mulai pada garis dasar, tetapi mulai dari titik terendah dari kapal dan besarnya adalah jarak titik terendah kapal ke penampang tengah kapal

5. Lengkung Letak Titik Tekan Terhadap Penampang Tengah Kapal (ΦB).

Dengan berubahnya sarat kapal, bagian kapal yang masuk ke dalam air juga berubah. Hal ini akan mengakibatkan berubahnya titik tekan (centre of buoyancy) kapal.

Lengkung B menunjukkan jarak titik tekan terhadap penampang tengah kapal untuk tiap-tiap sarat kapal.



Gambar 8.33. Lengkung ΦB dan ΦF .

Karena biasanya skala B, F dibuat sama, dan kedua lengkungan memberikan harga jarak ke penampang tengah kapal, maka kedua lengkungan ini mempunyai titik awal yang sama seperti terlihat pada gambar 8.33

Letak titik tekan terhadap penampang bidang lengkung penampang lintang seperti pada gambar 8.33 untuk garis air yang sesuai.

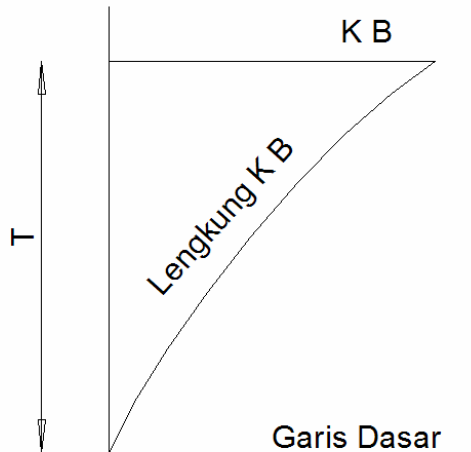
Faktor momen untuk diambil nol.

$$\text{Volume} = V = k.h \sum_1 = \dots \text{ m}^3$$

$$B = SY = h. \sum_2 + \sum_3 = \dots \text{ m.}$$

6. Lengkung Letak Titik Tekan Terhadap Keel (KB).

Lengkung KB menunjukkan jarak titik tekan (centre of buoyancy) ke bagian bawah pelat keel untuk tiap-tiap sarat kapal.



Gambar : 8.34. Lengkung KB.

Gambar 8.34 menunjukkan bentuk lengkung KB untuk kapal dalam keadaan even keel. Skala lengkung KB ini biasanya diambil sama dengan skala sarat kapal.

Letak titik tekan terhadap keel (KB) adalah sama dengan letak titik berat terhadap garis dasar dari bidang lengkung garis air seperti terlihat pada gambar 8.34 untuk garis air yang sesuai.

Faktor momen adalah nol.

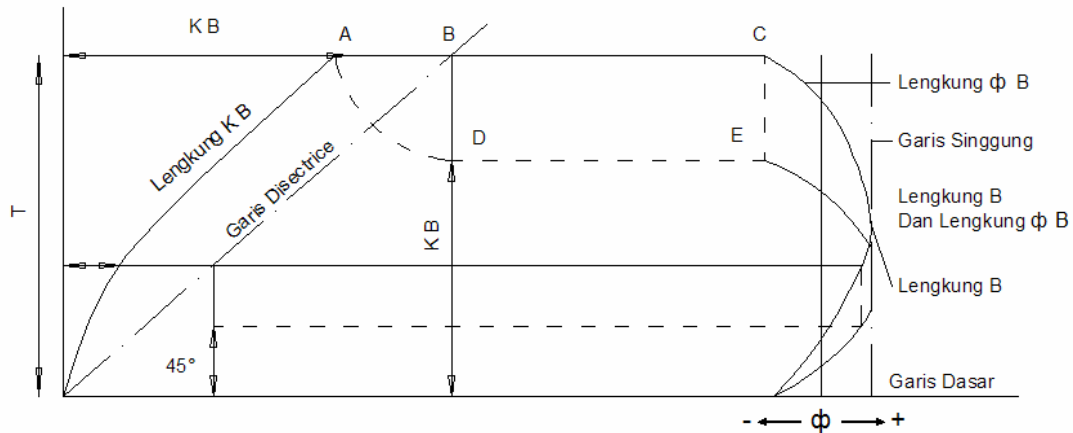
$$V = k.h. \sum_1 = \dots\dots\dots m^3$$

$$KB = SY = h \sum_2 = \dots\dots\dots m$$

7. Lengkung Letak Titik Tekan Sebenarnya (B)

Lengkung letak titik tekan sebenarnya menunjukkan kedudukan titik tekan B terhadap penampang tengah kapal untuk tiap-tiap sarat kapal.

Lengkungan ini merupakan gabungan dari lengkung letak titik tekan terhadap keel (KB) dan lengkung letak titik tekan terhadap penampang tengah kapal $\Phi(B)$.



Gambar : 8.35. Lengkung Letak titik tekan sebenarnya.

Untuk menggambar letak titik tekan sebenarnya seperti terlihat pada gambar 8.35 dapat kita laksanakan dengan urutan pengerjaan sebagai berikut:

1. Buat garis disentrice yaitu garis yang mempunyai sudut 45° dengan kedua salib sumbu.
2. Tarik garis mendatar pada suatu ketinggian sarat tertentu misalnya pada ketinggian sarat T sehingga memotong lengkung KB dititik A, garis disentrice di titik B dan lengkung B dititik C.
3. Buat seperempat lingkaran dengan pusat lingkaran dititik B dan berjari-jari BA, sehingga terdapat sebuah titik D yang terletak vertikal dibawah titik B.
4. Tarik garis mendatar dari titik D dan sebuah garis vertikal dari titik C sehingga kedua garis ini berpotongan dititik E.
5. Titik E inilah yang menentukan letak titik tekan sebenarnya dari kapal pada ketinggian sarat T tersebut.
6. Penggambaran diatas kita kerjakan untuk paling sedikit empat macam sarat, sehingga terdapat paling sedikit empat buah titik yang akan digunakan untuk menggambar lengkung titik tekan sebenarnya.

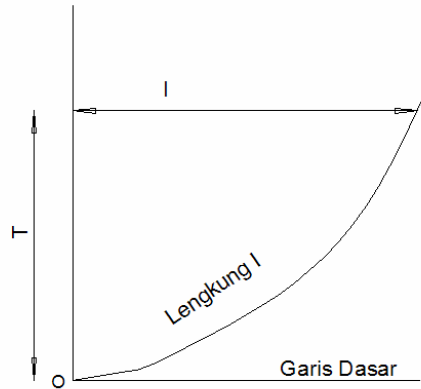
Untuk kapal yang even keel pada sarat kapal sama dengan nol, letak titik tekan sebenarnya adalah sama dengan letak B.

Jadi kedua lengkungan ini mempunyai titik awal yang sama dengan letak B. Demikian pula lengkung B dan lengkung ϕB mempunyai garis singgung vertikal yang sama.

8. Lengkung Momen Inersia Melintang Garis Air (I) Dan Lengkung Momen Inersia Memanjang Garis Air (II).

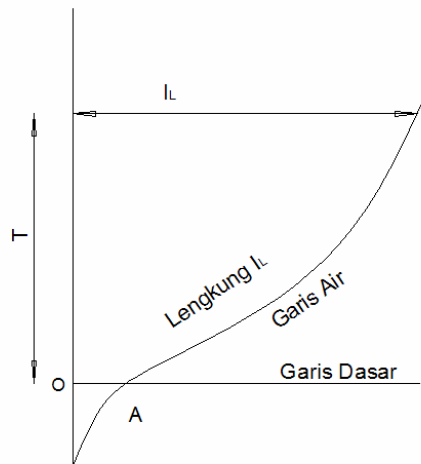
Lengkung momen inersia melintang garis air dan lengkung momen inersia memanjang garis air menunjukkan besarnya momen

inersia melintang dan momen inersia memanjang dari garis-garis air kapal pada tiap-tiap sarat kapal.



Gambar : 8.36a. Lengkung momen inersia melintang.

Gambar 8.36a, menunjukkan bentuk momen inersia melintang garis air untuk kapal dalam keadaan even keel dan mempunyai kenaikan alas. Jadi pada sarat kapal 0 momen inersia melintang juga sama dengan nol.



Gambar : 8.36b. Lengkung momen inersia memanjang.

Gambar 8.36b, menunjukkan bentuk lengkung momen inersia memanjang garis air untuk kapal dengan alas miring. Jadi titik awal lengkungan ini mulai dari titik terendah dari kapal. Untuk menghitung momen inersia melintang garis air (I). Sedang untuk menghitung momen inersia memanjang garis air (IL) dapat kita gunakan teori pada

9. Lengkung Letak Metasentra Melintang (Km).

Pada tiap karene yang dibatasi oleh sebuah garis air pada suatu ketinggian sarat tertentu, akan mempunyai sebuah titik metasentra melintang M.

Letak metasentra melintang terhadap keel dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} KM &= KB + BM. \\ &= KB + \frac{I}{V} \end{aligned}$$

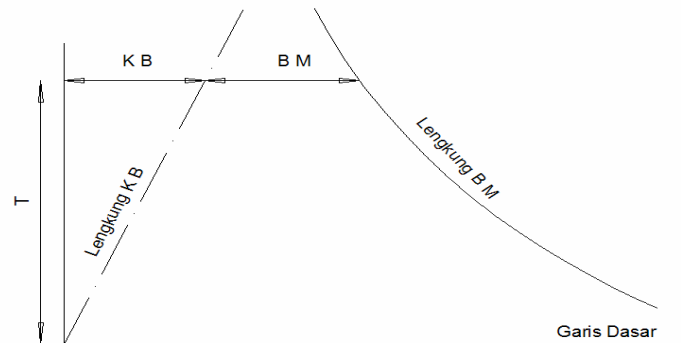
Dimana : I = adalah momen inersia melintang garis air.

V = adalah volume karene.

KB = adalah jarak titik tekan terhadap keel.

❖ Lengkung letak metasentra melintang KM menunjukkan letak metasentra melintang M terhadap keel untuk tiap-tiap sarat kapal.

Bentuk lengkung letak metasentra melintang KM dapat dilihat pada gambar 8.37



Gambar : 8.37. Lengkung KB dan lengkung KM.

Untuk praktisnya skala KM biasanya disamakan dengan skala KB.

10. Lengkung Letak Metasentra Memanjang (Kml)

Pada tiap karene yang dibatasi oleh sebuah garis air pada suatu ketinggian sarat tertentu akan mempunyai sebuah titik metasentra memanjang ML.

Letak metasentra memanjang terhadap keel dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} KML &= KB + BML \\ &= KB + IL/V \end{aligned}$$

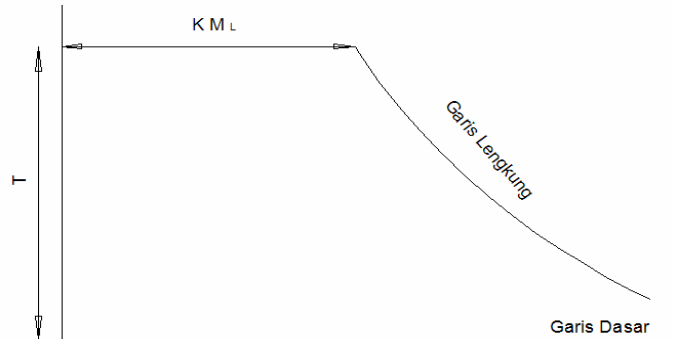
Dimana : IL = adalah momen inersia memanjang garis air.

V = adalah volume karene.

KB = adalah jarak titik tekan terhadap keel.

Lengkung letak metasentra memanjang KML menunjukkan letak metasentra memanjang ML terhadap keel untuk tiap-tiap sarat kapal.

Karena harga KML besar, maka tidak mungkin bila kita mengambil skala KML sama dengan skala KB. maka dari itu skala KML diambil lebih kecil dari skala sarat.



Gambar : 8.38. Lengkung KML.

11. Lengkung Koefisien Garis Air (C_w), Lengkung Koefisien Blok (C_b), Lengkung Koefisien Gading Besar (C_m) Dan Lengkung Koefisien Prismatik Mendatar (C_p).

Lengkungan-lengkungan ini merupakan harga-harga koefisien garis air, koefisien blok, koefisien gading besar dan koefisien prismatik mendatar untuk tiap-tiap sarat kapal. Dimana koefisien garis air C_w adalah hasil pembagian luas garis air yang didapat dari lengkung garis air dengan L.B.

Koefisien blok C_b adalah hasil pembagian volume karene yang didapat dari lengkung volume karene dengan L.B.T.

Koefisien gading besar C_m adalah hasil pembagian luas gading besar dengan B.T.

Koefisien prismatik mendatar C_p adalah hasil pembagian koefisien blok dengan koefisien gading besar.

$$C_p = C_b/C_m$$

Untuk perhitungan diatas

L = Panjang garis air sebenarnya.

B = Lebar garis air sebenarnya.

T = Sarat kapal.

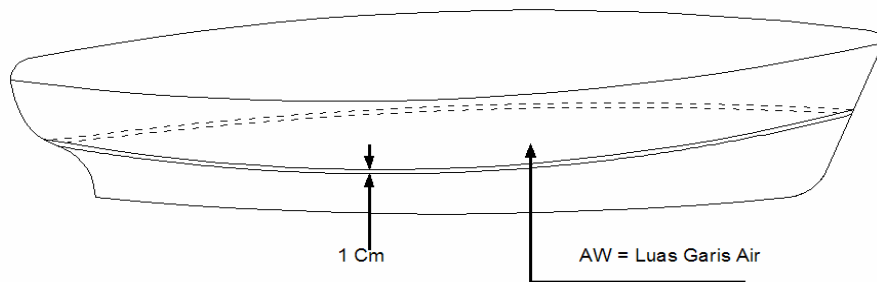
Jadi ukuran L, B, dan T diukur pada panjang sebenarnya bukan pada Lpp B maks dan T maks.

12. Ton Per Sentimeter Perubahan Sarat (Ton Per Centimeter Immersion) (Tpc).

Bila sebuah kapal mengalami perubahan displacement misalnya dengan penambahan atau pengurangan muatan yang tidak berapa besar, hal ini berarti tidak terjadi penambahan atau pengurangan sarat yang besar.

Maka untuk menentukan sarat kapal dengan cepat kita menggunakan lengkungan TPC ini.

Perubahan sarat kapal ditentukan dengan membagi perubahan displacement dengan ton per centimeter immersion. Atau dapat dikatakan bahwa Ton per CM Immersion adalah jumlah ton yang diperlukan untuk mengadakan perubahan sarat kapal sebesar satu centimeter di dalam air laut.



Gambar : 8.39. Luas garis air Aw.

Dari gambar 8.39. terlihat sebuah kapal dengan dua buah garis air yang masing-masing berjarak 1 centimeter.

Bila kita menganggap bahwa tidak ada perubahan luas garis air pada perubahan sarat sebesar 1 centimeter atau dengan perkataan lain dapat dianggap, bahwa pada perbedaan 1 centimeter dinding kapal dianggap vertikal.

Jadi kalau kapal ditenggelamkan sebesar 1 centimeter, maka penambahan volume adalah hasil perkalian luas garis air dalam meter persegi (m^2) dengan tebal 0,01 meter.

$$: Aw \times 0,01 \text{ m}^3$$

Berat dalam ton adalah : $Aw \times 0,01 \times 1,025 \text{ ton}$.

$$TPC = Aw \times 0,01 \times 1,025 \text{ Ton} \dots\dots\dots(1)$$

Karena harga-harga TPC adalah untuk air laut, maka bila TPC digunakan untuk air tawar.

$$TPC \text{ air tawar} = 1,000/1,025 \times TPC.$$

Untuk menggambar lengkung TPC ini kita dapat menggunakan rumus (1) di atas dengan menghitung harga TPC untuk beberapa tinggi sarat kapal.

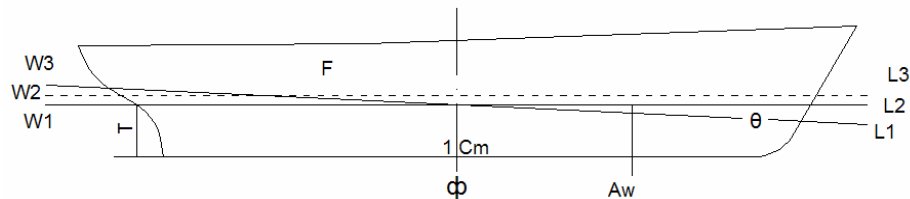
Karena TPC merupakan perkalian antara luas garis air A_w dengan suatu bilangan konstan, maka lengkung TPC ini mempunyai bentuk yang hampir sama dengan lengkung luas garis air.

13. Perubahan Displacement Karena Kapal Mengalami Trim Buritan Sebesar 1 Centimeter (Displacement Due To One Cm Change Of Trim By Stern), (Ddt).

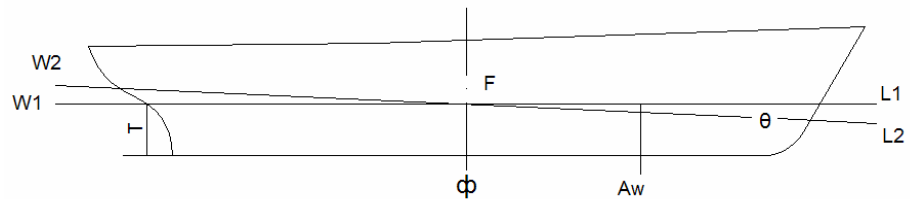
Lengkung displacement, yang terdapat dalam lengkung-lengkung Hidrostatik adalah betul hanya untuk kapal yang tidak dalam keadaan trim.

Jadi kalau kapal mengalami trim, displacement kapal dengan trim tersebut mungkin lebih besar atau kurang dari harga displacement kapal tanpa trim yang didapat dari lengkung displacement, kecuali kalau titik berat garis air F terletak tepat pada penampang tengah kapal.

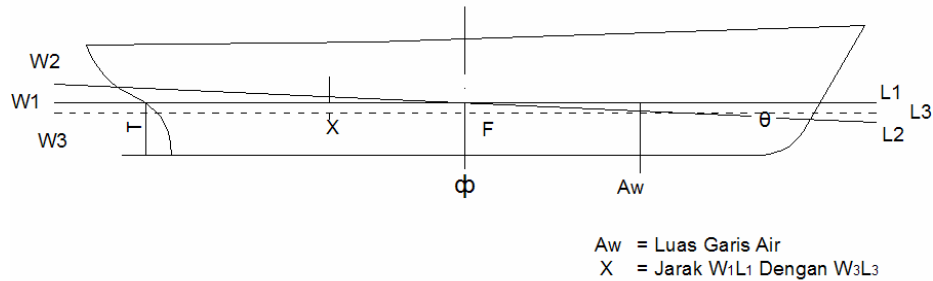
Untuk jelasnya dapat dilihat dari gambar 8.40 a, b, c.



Gambar : 8.40a. Titik F belakang penampang tengah kapal.



Gambar : 8.40b. Titik F pada penampang tengah kapal.



Gambar : 8.40c. Titik F dimuka penampang tengah kapal.

Kapal dalam keadaan even keel dengan garis air W_1L_1 pada sarat T. Displacement kapal pada sarat T dapat dibaca dari lengkung hidrostatik misalnya sebesar D ton.

Kalau kapal mengalami trim dengan garis air W_2L_2 seperti terlihat pada gambar, maka untuk garis air W_2L_2 tersebut displacement kapal tidak sama dengan D.

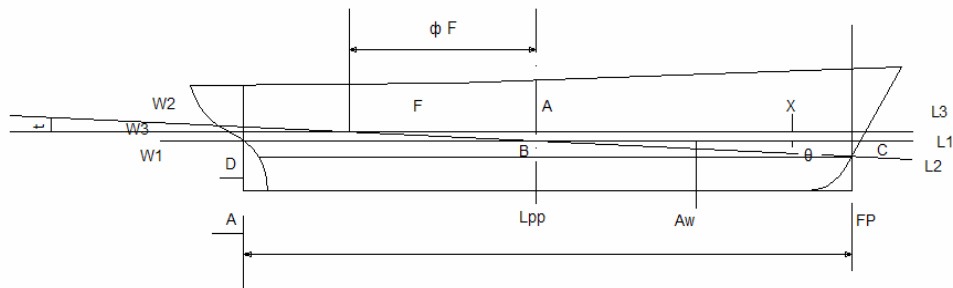
Karena tidak ketahu, bahwa kalau kapal mengalami trim dengan tidak ada perubahan displacement, maka garis air trim tersebut akan memotong garis air even keel pada titik berat garis air F. Jadi garis air trim W_2L_2 adalah sama dengan displacement kapal dengan garis air mendatar W_3L_3 , atau dengan perkataan lain : displacement kapal dalam keadaan trim pada garis air W_2L_2 adala $D + (X \cdot A_w \cdot 1,025)$.

Pada gambar 8.40b karena titik berat garis air F terletak tepat pada penampang tengah kapal, maka displacement kapal pada saat trim dengan garis air W_2L_2 adalah sama dengan displacement kapal pada saat even keel dengan garis air W_1L_1 .

Gambar 8.40c.

Titik berat garis air F terletak di depan penampang tengah kapal. Jadi displacement kapal pada saat trim dengan garis W_2L_2 sama dengan displacement kapal pada saat even keel dengan sarat W_3L_3 , atau dengan perkataan lain, displacement kapal terletak dalam keadaan trim pada garis air $W_2L_2 = D - (x \cdot A_w \cdot 1,025)$.

Dimana D = displacement kapal dengan garis air W_1L_1 yang didapat dari lengkung displacement.



Gambar : 8.41. Perubahan displacement karena trim buritan

F = Titik berat garis air.

W3L3 = adalah garis air yang mempunyai displacement yang sama dengan displacement pada saat kapal trim dengan garis air W2L2.

x = jarak antara garis-garis air yang sejajar W1L1 dan W3L3.

t = trim.

F = jarak F ke penampang tengah kapal.

Aw = luas garis air.

Dari AFB dan DCE didapat

X : F = t : Lpp

❖ X = t . F / Lpp (.2).

Penambahan atau pengurangan displacement :

DDT = X x Aw x 1,025.

= $\frac{t \cdot F}{Lpp} \times Aw \times 1,025$.

Untuk trim = 1 Cm = 0,01 m.

DDT = 0,01 F . Aw x 1,025

DDT = F x TPC

Karena trimnya kecil sekali, maka F dianggap adalah jarak titik berat garis air W1L1 ke penampang tengah kapal, sedang Aw diambil luas air W1L1.

TPC = Aw x 0,01 x 1,025

❖ DDT = F . TPC (.3)

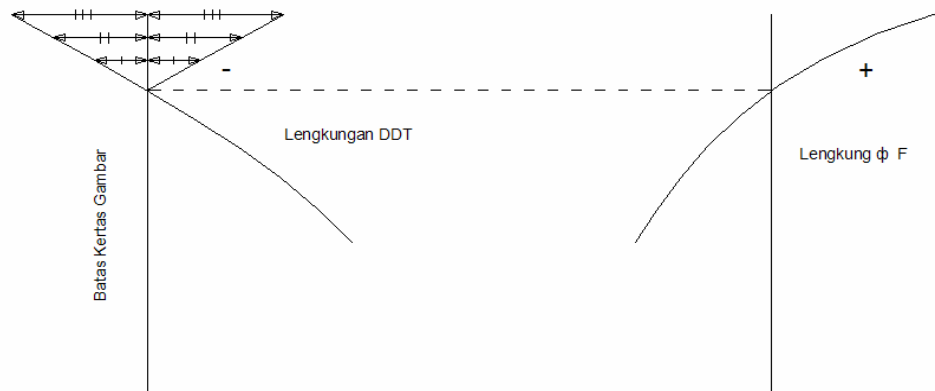
Untuk kapal yang berlayar di air tawar.

DDT air tawar = 1,000 / 1,025 x DDT.

Lengkung DDT yang digambar pada gambar lengkung hidrostatik adalah DDT untuk kapal yang mengalami trim buritan (belakangan). Jadi tanda DDT apakah merupakan pengurangan atau penambahan untuk trim buritan tergantung dari tanda F.

Kalau misalnya titik F terletak dibelakang penampang tengah kapal maka F biasanya bertanda negatif sedang DDT bertanda positif.

Karena DDT merupakan penambahan sama halnya kalau titik F terletak didepan penampang tengah kapal, maka F bertanda positif sedang DDT bertanda negatif, karena DDT merupakan pengurangan. Jadi supaya tidak terjadi kesalahan tanda maka sebaiknya rumus DDT ditulis : $DDT = F \cdot TPC$



Gambar 8.42. Lengkung DDT.

Pada penggambaran lengkung DDT ini harga DDT sama dengan nol adalah bila F berharga nol.

DDT yang bertanda positif kita gambarkan di sebelah kanan sumbu tegak sedang yang bertanda negatif akan jatuh di sebelah kiri sumbu tegak.

Tetapi karena sumbu tegak terletak dekat pada tepi kertas gambar, maka lengkung DDT yang bertanda negatif kita putar 180° kearah kanan seperti terlihat pada gambar 8.42.

Untuk mudahnya perhitungan DDT dapat kita gunakan tabel berikut ini

Tabel 8.2.

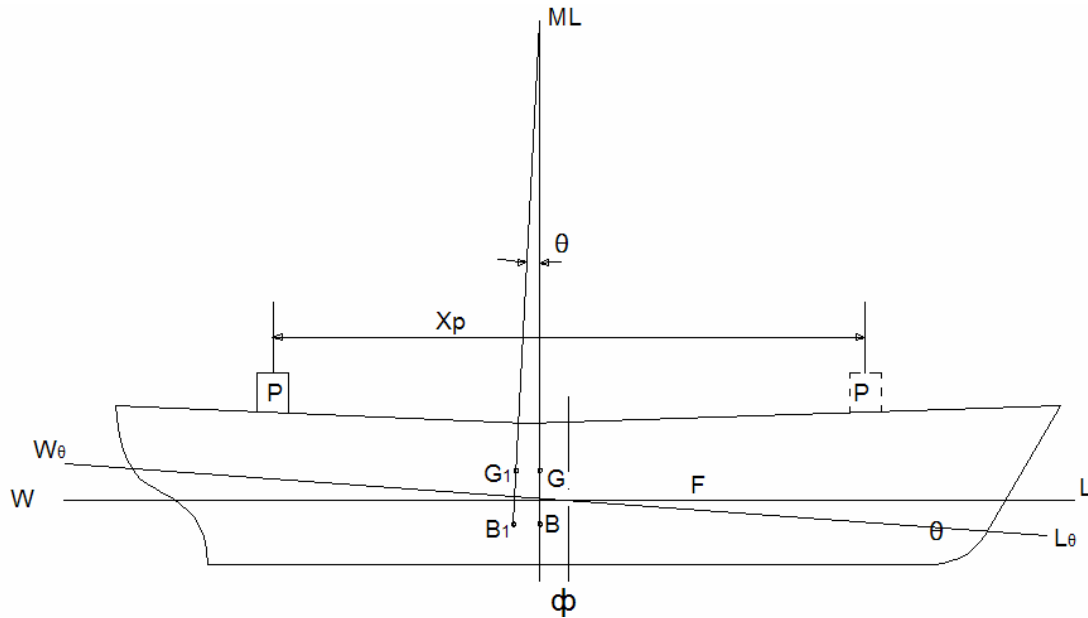
Perubahan displacement karena kapal mengalami trim buritan 1 centimeter (DDT).				
Garis air (WL)	WL	WL	WL	WL
F (negatif untuk F dibelakang dan positif untuk F di depan)				
TPC				
LPP				
Perubahan displacement karena kapal mengalami trim buritan 1 cm (DDT) = F TPC				

Lengkung DDT pada gambar lengkung hidrostatik sesuai dengan tandanya berlaku untuk kapal dengan trim buritan, tetapi penambahan atau pengurangan displacement secara umum dapat dilihat dalam tabel berikut ini :

Tabel 8.3.

Trim	Letak titik F terhadap Φ	Penambahan atau pengurangan displacement
Buritan	dibelakang	Penambahan
Buritan	didepan	Pengurangan
Haluan	dibelakang	Pengurangan
Haluan	didepan	Penambahan

Lengkung MTC ini menunjukkan berapa besarnya momen untuk mengubah kedudukan kapal dengan trim sebesar satu centimeter pada bermacam-macam sarat.



Gambar : 8.43. Momen mengubah trim.

Gambar 8.43. menunjukkan sebuah kapal terapung pada garis air WL dengan G dan B sebagai titik berat kapal dan titik tekan kapal.

Sebuah beban p ton yang sudah berada diatas geladak dipindahkan ke belakang dengan jarak x_p meter, perpindahan beban itu akan mengakibatkan kapal terapung dengan garis air yang baru W_1 dengan G_1 dan B_1 sebagai titik berat kapal dan titik tekan kapal yang baru.

Garis gaya tekan keatas yang melalui B (sebelum beban dipindah) dan garis gaya tekan keatas yang melalui B1 (sesudah beban dipindahkan) akan berpotongan di ML yaitu metasentra memanjang.

Menurut hukum pergeseran, dimana titik berat kapal bergeser sejauh GG1 dengan menganggap GG1// xp maka :

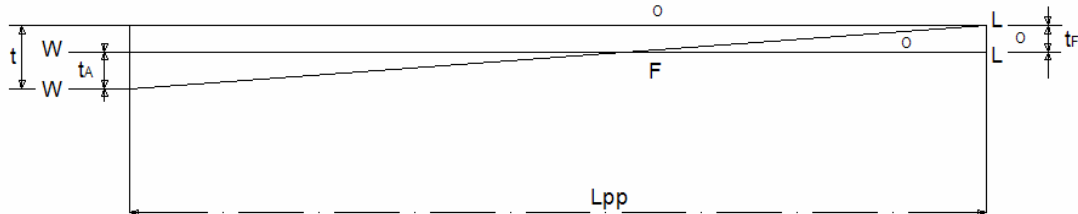
$$\text{GG1 : } xp = p : D.$$

dimana D = displacement kapal dalam ton (termasuk beban p).

$$GG1 \times D = X_p \times p.$$

$$GG1 = \frac{P \times X_p}{D}$$

$$\begin{aligned} \text{Dari } GG1 \text{ ML } \theta &= \text{sudut inklinasi (sudut trim)} \\ \text{Tg } \theta &= \frac{GG1}{MLG} \\ \text{Tg } \theta &= \frac{P \times X_p}{D \cdot MLG} \end{aligned}$$



Gambar 8.44. Gambar t_A dan t_F .

- Bila t = trim total = $t_A + t_F$ (meter)
 Dimana t_A = trim belakang/buritan (meter)
 t_F = trim depan/haluan (meter)
 L_{pp} = panjang kapal diantara garis tega (meter)
 Maka $\text{tg } \theta = t / L_{pp}$
 ❖ $t = p \cdot x_p$
 $p \cdot p = t \cdot D \cdot MLG$
 ❖ Momen $p \cdot x_p$ ini yang menyebabkan trim.
 Untuk membuat trim sebesar 1 cm maka
 $t = 1 \text{ cm} = 0,01 \text{ meter}$.
 ❖ Momen trim ($p \cdot x_p$) 1 cm = $D \cdot MLG$

Dari gambar 8.43, dapat kita ketahui bahwa BG adalah relatif kecil bila dibandingkan dengan harga MLB.
 Sehingga kita tidak melakukan kesalahan yang besar bila kita mengambil $MLG = BML$.

- ❖ Momen trim ($p \cdot x_p$) 1 cm = $BML \cdot D$
 Karena $MLB = IL$; IL = Momen inersia memanjang dari garis air.
 Maka momen trim ($p \cdot x_p$) 1 cm = $V \cdot IL$

$$MTC = IL \dots\dots\dots (5)$$

$$MTC = BML \cdot D \dots\dots\dots (4)$$

Kalau $D = Y \cdot V$. dan kemudian dimasukkan kedalam rumus momen

$$\begin{aligned} \text{trim (p.p) 1 cm} &= D \cdot MLG \text{ diatas maka momen trim} \\ \text{(p.p) 1 cm} &= Y \cdot V \cdot MLG \end{aligned}$$

Sering pula kita anggap bahwa $Y_{MLG} = BML$.

❖ Momen trim (p.p) 1 cm = V. BML

15. Tabel Perhitungan Lengkung Hidrostatik.

Dalam menggambar lengkung-lengkung hidrostatik maka kita perlu menghitung harga dari lengkung-lengkung yang akan digambar. Untuk praktisnya, kita dapat menggunakan tabel-tabel perhitungan yang merupakan satu kesatuan.

Pada perhitungan kita membagi kapal atas dua bagian yaitu bagian utama badan kapal (main part) dimana bagian ini adalah bagian depan kapal sampai AP.

Sedang bagian kapal dari AP ke belakang kita sebut bagian buritan badan kapal atau cant part.

Kedua bagian ini kita hitung terpisah, kemudian kita mengadakan penggabungan untuk sarat kapal yang paling dalam.

Contoh soal.

1. Menghitung Volume kapal dengan menggunakan luas garis-garis air.

Diketahui : Luas garis-garis air untuk beberapa macam sarat kapal adalah sebagai berikut :

No. Garis Air	Sarat (m)	Luas garis air (m ²)
0	0	100
½	0,7	400
1	1,4	800
2	2,8	1400
3	4,2	1800
4	5,6	1950
5	7,0	2000

Hitung : untuk volume kapal sarat 7,0 m.

Tabel 8.4

$h = 1.4 \text{ m}$

Nomor garis air.	I Luas garis air (m2)	II Faktor luas	I x II Hasil	III Faktor momen	IV = I x II x III Hasil
0	100	$\frac{1}{2}$	50	0	0
$\frac{1}{2}$	400	2	800	$\frac{1}{2}$	400
1	800	$1\frac{1}{2}$	1200	1	1200
2	1400	4	5600	2	11200
3	1800	2	3600	3	10800
4	1950	4	7800	4	31200
5	2000	1	2000	5	10000
			$\sum 1 = 21050$	$\sum 2 = 64800$	

❖ Volume kapal untuk sarat 7,0 meter.

$$V = k \times h \times \sum 1 = \frac{1}{3} \times 1,4 \times 21.050 = 9823 \text{ m}^3.$$

2. Menghitung volume kapal dengan menggunakan luas penampang lintang.

Diketahui : Sebuah kapal dengan Lpp 40 meter mempunyai luas station sebagai berikut :

Hitung : Volume kapal ?

Tabel 8.5

$$H = 40/10 = 4\text{m}$$

Nomor Station	I Luas station (m2)	II Faktor luas	I.II Hasil	III Faktor momen	IV = I.II.III Hasil
0	0,6	½	0,3	-5	-1,5
½	2,0	2	4	-4½	-18
1	4,6	½	6,9	-4	-27,6
2	6,8	4	27,2	-3	-81,6
3	8,9	2	17,8	-2	-35,6
4	9,8	4	39,2	-1	-39,2
5	10,0	2	20,0	0	Σ ₃ = -203,5
6	9,5	4	38,0	1	38,0
7	7,5	2	15,0	2	30
8	6,0	4	24,0	3	72
9	4,4	1½	6,6	4	26,4
9½	2,0	2	4,0	4½	18
10	0	1/2	0	5	0
			Σ 1 = 203		Σ 2 = 184,4

$$V = k.h \ 1 = 1/3 \times 4 \times 203 = 271 \text{ m}^3$$

3. Menghitung B.

Diketahui : Seperti contoh soal no. 2

Hitung : B

Hitungan : Untuk ini kita tetapkan menggunakan tabel 11-6 tetapi dengan menambah lajur III yaitu faktor momen dan lajur IV yaitu hasil perkalian I x II x III.

$$\begin{aligned}
 B &= h. \sum 2 + \sum 3 \\
 &= 4 \times 184,4 - 203,5 = -0,376
 \end{aligned}$$

Soal Latihan

4. Menghitung KB.

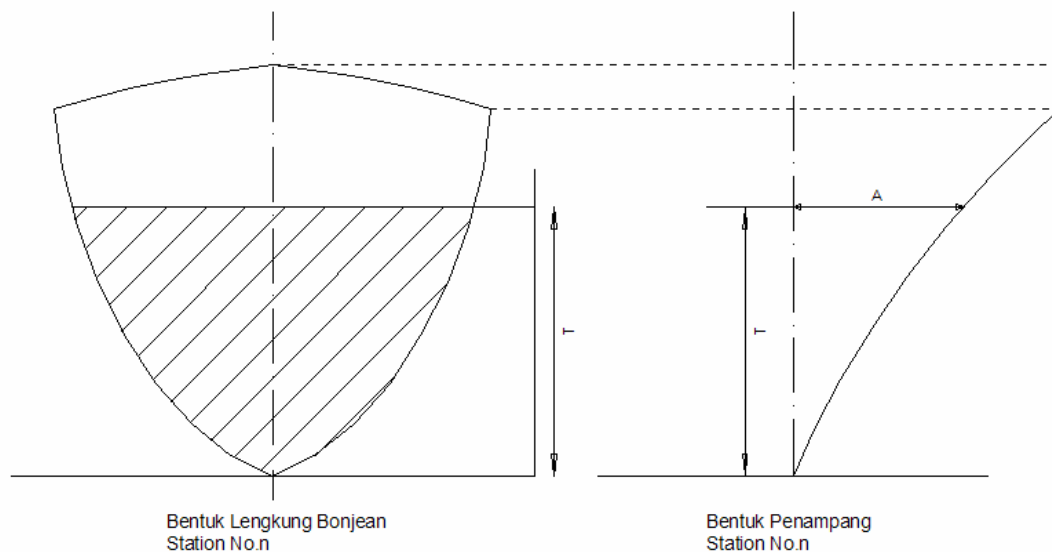
Diketahui : seperti contoh soal Nomor 1.

Hitung : KB

Hitungan : Untuk perhitungan ini kita tetap menggunakan tabel 8-5, tetapi dengan menambah lajur III yaitu faktor momen dan lajur IV yaitu hasil perkalian I x II x III.

E. Lengkung Bonjean

Yang dimaksud dengan Lengkung Bonjean adalah Lengkung yang menunjukkan luas station sebagai fungsi dari sarat. Bentuk lengkungan ini mula-mula diperkenalkan pada permulaan abad ke sembilan belas oleh seorang Sarjana Perancis bernama Bonjean.



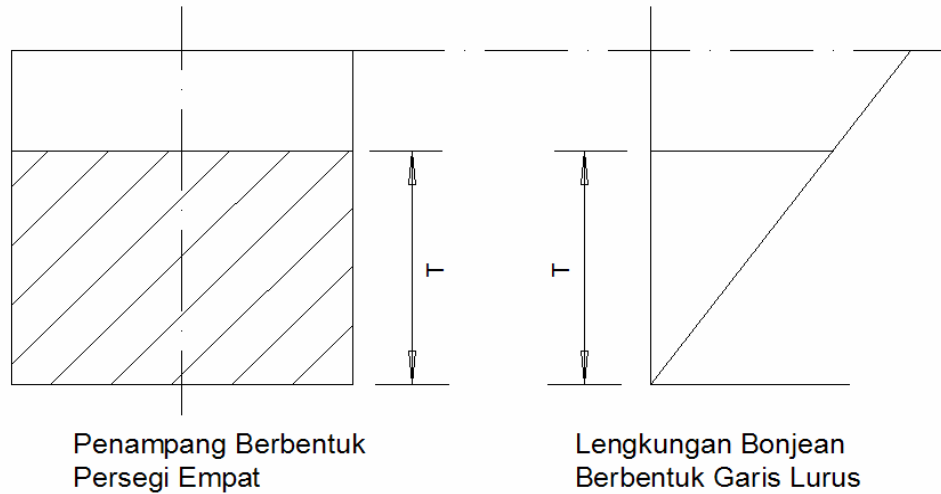
Gambar 8.45. lengkung Bonjean.

Gambar 8.45 melukiskan lengkung Bonjean pada nomer station yang diperlihatkan sampai setinggi geladak ditengah. Jadi untuk mengetahui luas dari tiap-tiap station sampai tinggi sarat (T) tertentu dapat dibaca dari gambar lengkung bonjean pada ketinggian sarat (T) yang sama, dengan menarik garis mendatar hingga memotong lengkung Bonjean.

Demikian pula untuk sarat-sarat kapal yang lain dapat dilakukan dengan cara yang sama. Pada umumnya lengkung bonjean cukup digambar sampai setinggi tepi kapai, pada setiap station sepanjang kapal.

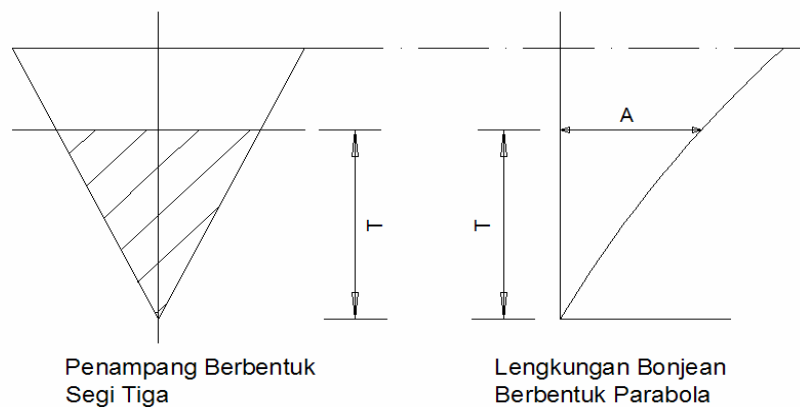
1. Bentuk Lengkungan Bonjean

Karena lengkung bonjean adalah lengkung luas station atau luas bidang gading, maka bentuk lengkung sangat tergantung dari bentuk station atau bidang gading tersebut.



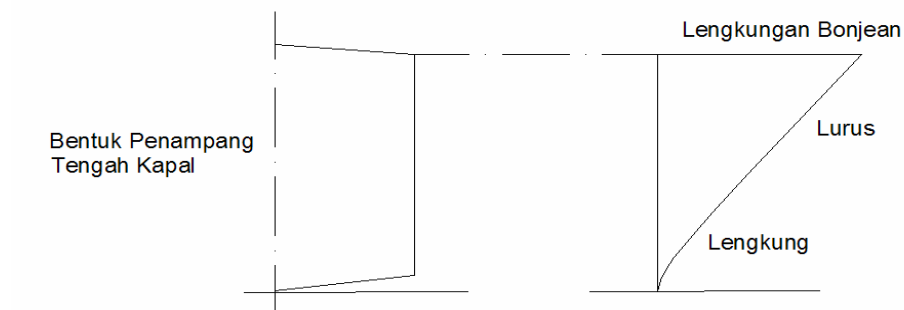
Gambar 8.46. Penampang segi empat.

Gambar 8.46 adalah gambar penampang kapal yang berbentuk segi empat, sehingga lengkung bonjean berbentuk garis lurus. Untuk penampang kapal yang berbentuk segitiga seperti gambar 8.47, lengkung bonjean akan berbentuk parabola.



Gambar 8.47. Penampang segi tiga.

Pada kapal barang, bentuk penampang tengah kapal pada umumnya adalah seperti gambar 8.48 yaitu mempunyai rise of floor (kenaikan alas) yang kecil dan lengkungan bilga yang kecil pula. Jadi bentuk lengkung bonjean akan berbentuk lurus dengan diawali bentuk lengkungan pendek.



Gambar 8.48. Penampang dengan tinggi kenaikan alas.

Sedang pada bagian buritan dan haluan kapal pada umumnya berbentuk parabola.

2. Perhitungan Lengkung Bonjean

Untuk menggambar lengkung bonjean terlebih dahulu harus menghitung tiap-tiap station untuk beberapa macam tinggi sarat. Karena lengkung bonjean digambar sampai garis geladak disamping kapal, maka harus menghitung luas station sampai geladak disamping kapal.

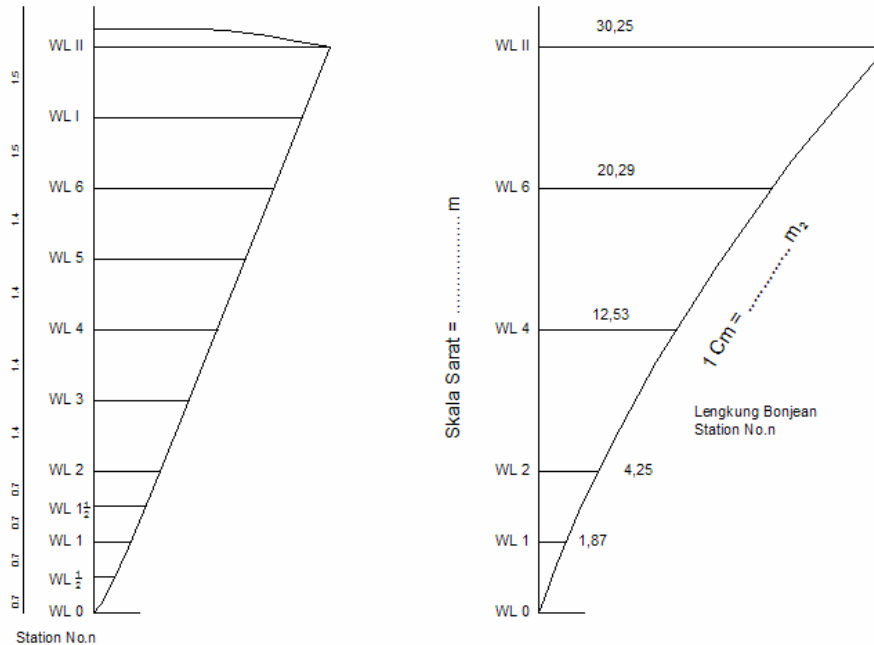
Untuk kapal kayu, ukuran yang dipakai didalam perhitungan adalah dengan memperhitungkan tebal kulit. Sedang untuk kapal baja ukuran yang diambil adalah tanpa memperhitungkan tebal kulit kapal. Jadi gambar lengkung bonjean untuk kapal baja adalah tanpa kulit.

Tabel 8.6

Untuk jelasnya kita akan menghitung sebuah station seperti

No station Garis air	I Faktor luas	II Ordinat (m)	IxII Hasil	III=III Fungsi luas	IV = 2.1/3.h	IIIxIV Luas (m ²)	V garis air	Luas garis air sesuai V (m ²)
0	1	0	0					
½	4	0,70	2,80	4,00		1,87	0-1	1,87
1	1	1,20	1,20					
1	1	1,20	1,20					
1½	4	1,50	6,00	9,10		4,25	0-2	6,12
2	1	1,90	1,90					
2	1	1,90	1,90					
3	4	2,40	9,60	14,50		12,53	0-4	18,65
4	1	3,00	3,00					
4	1	3,00	3,00					
5	4	3,60	14,4	21,75		20,29	0-6	38,94
6	1	4,35	0					
6	1	4,35	4,35					
I	4	5,10	20,4	30,25		30,25	0-II	69,19
II	1	5,50	0					
			5,50					

gambar 8.48 dimana semua ukuran telah diketahui



Gambar 8.49 Lengkung Bonjean Station

Sarat kapal = 8,4 m. kita bagi menjadi 6 buah garis air karena kita akan menggambar lengkung bonjean sampai garis geladak, maka bagian diatas sarat juga ditarik garis air tambahan WL 7 1/2 dan WL 9, masing-masing berjarak 1,5 meter.

Keterangan :

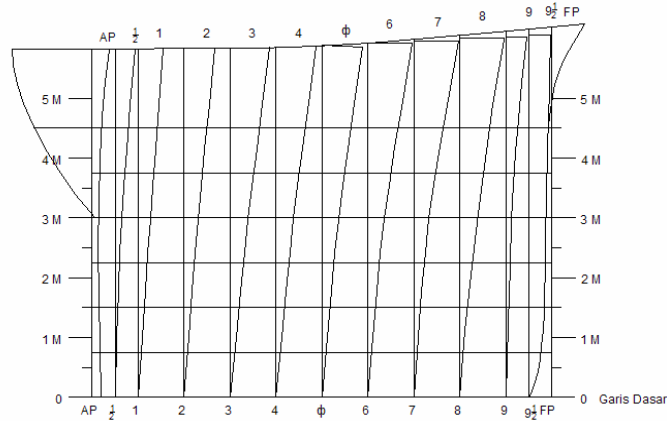
1. Fungsi luas III merupakan hasil penjumlahan hasil I x II jadi untuk WL 0-1 adalah $0 + 2,80 + 1,20 = 4,00$.
2. Sedang $IV = 2.1/3.h$.
 - ✚ Karena ordinat yang dimasukkan kedalam tabel 8.6 adalah setengah lebar kapal, maka kita kalikan dengan 2 untuk mendapatkan luas seluruh station.
 - ✚ Bilangan $1/3$ adalah angka perkalian menurut hukum Simpson I.
 - ✚ h = jarak tiap garis air.
3. Untuk menghitung luas station dari garis air 0 sampai garis air 2 luas station WL0 – WL1 ditambah luas station WL1 – WL2 demikian pula untuk luas station WL0 – WL2 adalah luas

station WL0 – WL2 ditambah luas station WL2 – WL4 dan seterusnya.

4. Kita dapat menggambar lengkung bonjean dengan suatu skala tertentu.
5. Untuk perhitungan bonjean dimana semua station dihitung dengan menggunakan tabel bonjean.

B. Pelaksanaan Pembuatan Lengkung Bonjean

Gambar lengkung bonjean yang paling umum adalah yang digambar pada potongan memanjang dari kapal seperti gambar 8.50.



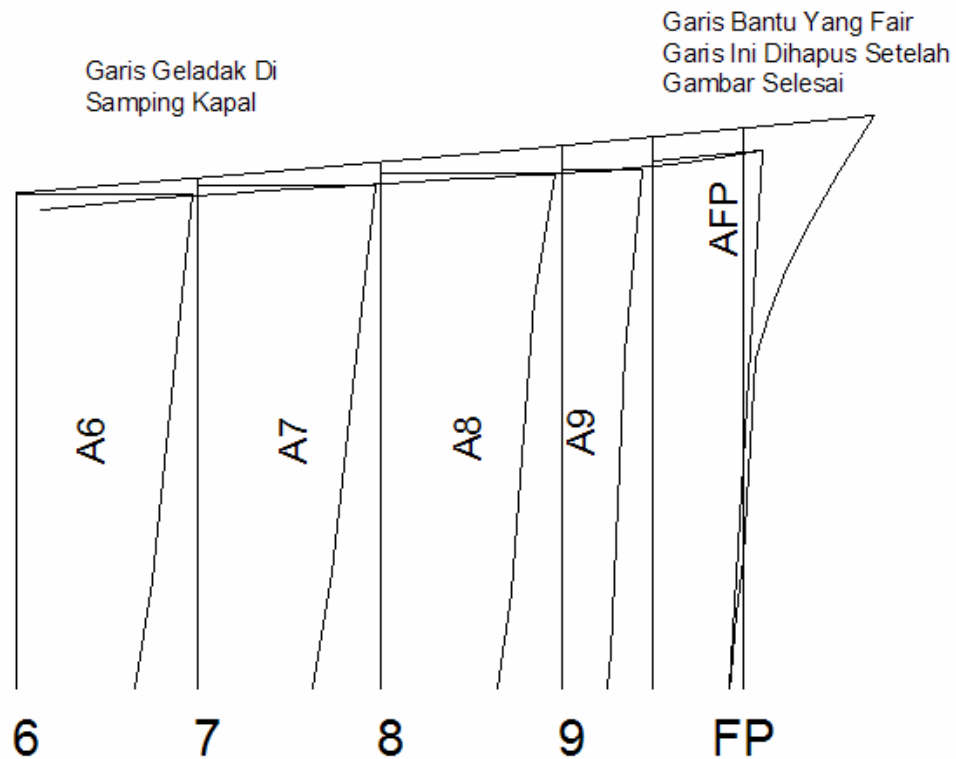
Gambar 8.50. Lengkung bonjean.

Untuk ini mula-mula kita gambarkan garis dasar, linggi haluan dan buritan kapal, garis geladak ditepi kapal, letak station-station dan garis-garis air.

Skala sarat tidak perlu sama dengan skala panjang kapal.

Pada tiap-tiap station kita gambar lengkung bonjean seperti terlihat pada gambar 8.50

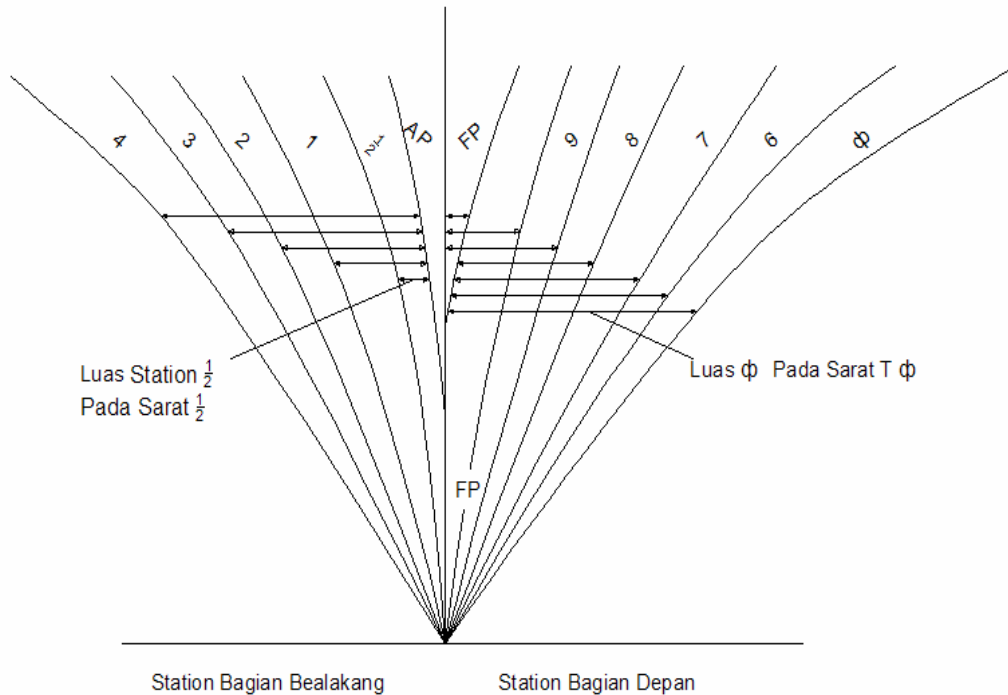
Gambar lengkung bonjean dilengkapi pula dengan skala sarat di AP dan FP untuk mendapatkan gambar yang betul, maka ujung-ujung lengkung bonjean pada garis geladak ditepi kapal perlu kita koreksi dengan menarik garis yang laras seperti terlihat pada gambar 8.51 ini.



Gambar 8.51. Garis Bantu.

Bentuk lengkung bonjean seperti pada gambar 8.50 mempunyai keuntungan karena untuk bermacam-macam garis air baik kapal dalam keadaan even keel maupun trim, kita dengan mudah dapat menggambar garis air tersebut. Dan dari garis air tersebut dengan mudah pula kita tentukan luas tiap-tiap station yang masuk kedalam air.

Gambar 8.52 adalah gambar lengkung bonjean yang digambar dengan cara yang lain.



Gambar 8.52. Lengkung bonjean dalam bentuk lain.

Pada gambar 8.52 semua lengkung luas station digambarkan pada satu sumbu tegak.

Lengkungan untuk station bagian depan dan penampang tengah kapal digambar disebelah kanan sumbu tegak dan untuk station dibagian belakang kapal, digambarkan disebelah kiri sumbu tegak tersebut.

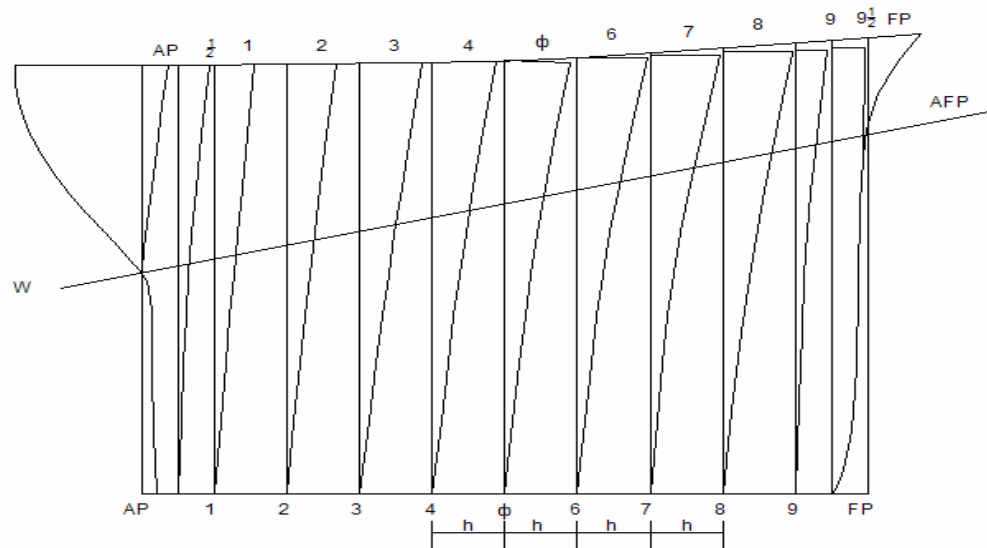
Bentuk gambar ini tidak terlalu besar, tetapi untuk penggunaannya dibutuhkan waktu yang lebih lama.

Hal ini disebabkan, karena kita harus menghitung terlebih dahulu sarat yang masuk kedalam air dari tiap-tiap station untuk ini akan diuraikan lebih lanjut

4. Pemakaian Lengkungan Bonjean.

Dengan gambar lengkung bonjean ini kita dapat menghitung volume displacement tanpa kulit untuk kapal baja pada bermacam-macam keadaan sarat, baik kapal itu dalam keadaan even keel (sarat rata) maupun kapal dalam keadaan trim atau garis air berbentuk profil gelombang (wave profil).

Sedang untuk kapal kayu yang dihitung adalah volume displacement dengan kulit. Letak titik tekan memanjang B pada bermacam-macam keadaan seperti diatas juga dapat dihitung dari lengkung bonjean ini.



Gambar 8.53. Cara pemakaian lengkung bonjean dalam keadaan trim.

Untuk menghitung volume displacement dan titik tekan memanjang (B) kalau sarat depan dan sarat belakang diketahui, maka mula-mula kita ukurkan sarat depan di FP dan sarat belakang di AP pada gambar 8.53.

Bidang garis air pada kapal dalam keadaan trim kita tarik sehingga memotong station AP, 1, 2....9, FP. Dari tiap titik potong station dengan garis air itu kita tarik garis mendatar memotong lengkung bonjean. Harga luas dari tiap-tiap station dapat dibaca pada garis horizontal itu. Sehingga luas tiap-tiap station yang masuk ke dalam air dapat diketahui yaitu AAP, A1, A2... A8, A9.

Harga luas tiap-tiap station ini yang diperlukan untuk menghitung volume displacement dan titik tekan memanjang (B). Maka dapat menggunakan tabel 8.7.

Tabel 8.7

Station	I Luas station (M ²)	II Faktor luas	I x II Hasil	III Faktor momen	I x II x III Hasil
AP	AAP	a0	aoAAP	-5	-5aoAAP
1	A1	a1	a1A1	-4	-4a1a1
2	A2	a2	a2A2	-3	-3a2A2
3	A3	a3	a3A3	-2	-2a3A3
4					
6					
7					
9					
FP	AFP	a10	a10AFP	+5	+5a10AFP

Volume displacement $V = k.h. \sum 1$ (M³.)

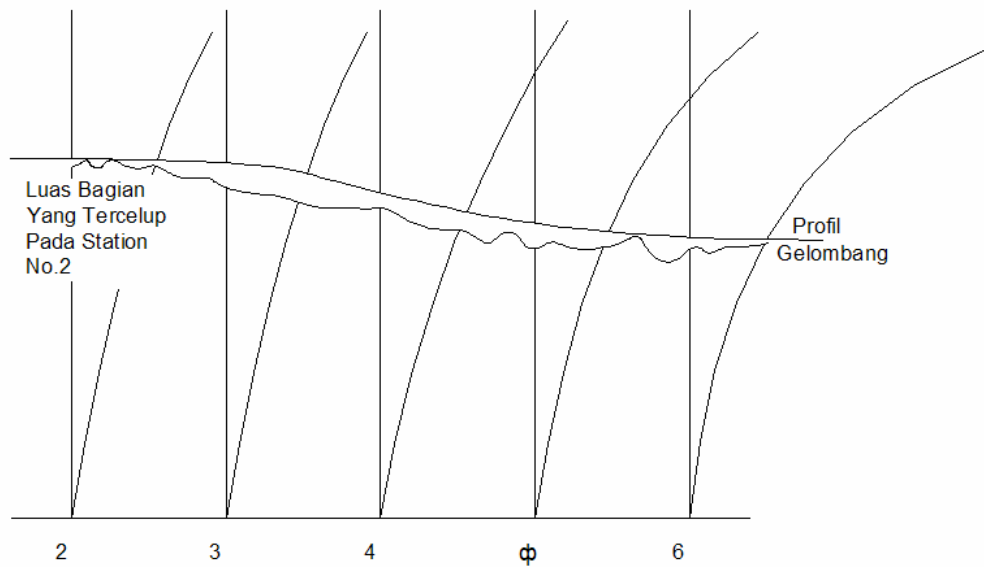
Momen statis terhadap $\Phi = S\Phi = k.h. \sum 2 (\sum 2 + \sum 3)$ (M³.)

Jarak titik tekan S ke midship

$$\Phi B = S0 = k.h. \sum 2 (\sum 2 + \sum 3)$$

$$\Phi B = h. \sum 2 + \sum 3$$

Untuk menghitung volume displacement dan B pada kapal even keel (sarat rata) dan pada profil gelombang dilakukan cara yang sama seperti diatas. Untuk profil gelombang, maka profil gelombang digambar diatas gambar lengkung bonjean, dan pada tiap perpotongan station dengan profil gelombang ditarik garis horizontal sehingga memotong lengkung bonjean, untuk kemudian luas bagian-bagian yang masuk kedalam dapat ditentukan seperti terlihat pada gambar 8.54.



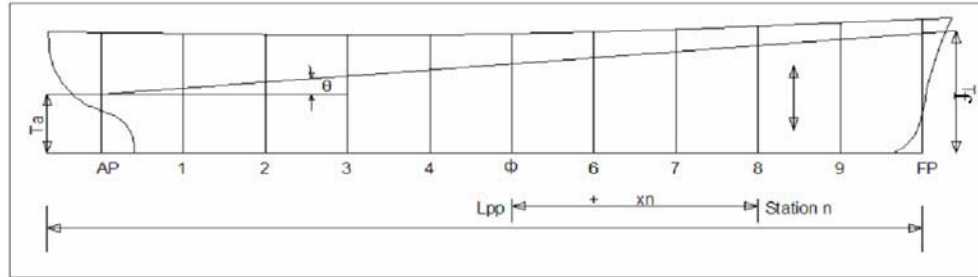
Gambar 8.54. Pemakaian lengkung bonjean, kapal di atas gelombang.

Sedang bila kita menggunakan bentuk lengkung bonjean seperti gambar 8.54. Maka sarat untuk tiap-tiap station harus dihitung, sehingga dapat kita gunakan rumus :

$$T_n = T_o + x_n \cdot \tan \theta$$

$$\text{Dimana : } T_o = T_f + T_a$$

$$T_g \theta = T_f - T_a$$



Gambar 8.55 Perhitungan sarat.

- T_n = sarat pada station yang tertentu.
 T = sarat pada penampang tengah kapal.
 T_f = sarat kapal pada FP.
 T_a = sarat kapal pada AP.
 X_n = jarak station yang tersebut ke penampang tengah kapal. Untuk bagian haluan $X_n > 0$ dan Untuk bagian belakang $X_n < 0$.
 θ = sudut antara garis air dengan garis mendatar.
 L_{pp} = panjang antara garis tegak.

F. Rencana Umum (General Arrangement)

Rencana umum atau general arrangement dari suatu kapal dapat didefinisikan sebagai penentuan dari ruangan kapal untuk segala kegiatan (fungsi) dan peralatan yang dibutuhkan sesuai dengan letak dan jalan untuk mencapai ruangan tersebut. Sehingga dari batasan diatas, ada 4 langkah yang harus dikerjakan, yaitu :

- Menetapkan ruangan utama.
- Menetapkan batas – batas dari setiap ruangan.
- Memilih dan menempatkan perlengkapan dan peralatan dalam batas dari ruangan tersebut.
- Menyediakan jalan untuk menuju ruangan tersebut.

Langkah – Langkah Dalam Merencanakan General Arrangement Suatu Kapal

Pembagian ruangan – ruangan utama (main – spaces) yakni :

1. Ruangan Muatan.
2. Ruangan mesin.
3. Ruangan akomodasi anak buah kapal dan penumpang.
4. Ruang Navigasi.
5. Tangki – tangki.
6. Ruangan lainnya.

1. Ruangan Muatan : (cargo spaces).

- Menentukan kebutuhan volume ruang muatan berdasarkan jenis, jumlah dan specific volume dari muatan yang akan diangkut.
- Menentukan panjang ruang muatan dan letak ruangan muatan kapal.
- Menentukan jumlah dan letak dari transverse watertight bulkhead berdasarkan perhitungan flodable length (watertight subdivision) dengan memperhitungkan rules klasifikasi mengenai hal ini, termasuk ketentuan mengenai collision bulkhead (Forepeak bulkhead) dan after peak bulkhead (stuffing box bulkhead).
- Menentukan tinggi double bottom berdasarkan peraturan klasifikasi.
- Menentukan frame – spacing berdasarkan peraturan klasifikasi.
- Menentukan jumlah dan tinggi geladak antara (tween deck) dengan memperhatikan jenis dari muatan yang diangkut kapal.
- Menentukan jumlah dan ukuran serta letak dari hatchways (lubang palkah).
- Menentukan jumlah, kapasitas dan letak dari ventilator trunk.

2. Ruangan Mesin : (Machinery spaces).

- Menentukan letak ruang mesin (ditengah kapal, dibelakang kapal atau diantara tengah dan belakang kapal) dengan mempertimbangkan jenis muatan, volume ruang muatan, ballast dan trim dan lain – lain.
- Menentukan kebutuhan volume ruangan mesin dan panjang ruang mesin dengan memperhatikan ukuran mesin induk dan layout kamar mesin.
- Menentukan ukuran mesin induk berdasarkan jenis, jumlah tenaga dan putaran mesin.

- Menentukan secara garis besar lay – out dari kamar mesin (letak mesin induk, mesin – mesin bantu dan lain – lain peralatan utama).
- Menentukan tinggi pondasi mesin dengan memperhatikan tinggi double bottom dan tinggi propeller shaft (sumbu baling – baling).
- Menentukan letak dan ukuran dari engine opening engine room skylight dan funnel (cerobong), dengan memperhatikan juga means of scape.
- Untuk lay – out dari kamar mesin perlu juga di perhatikan settling dan service tanks.

3. Ruangan akomodasi anak buah kapal dan penumpang :

Menentukan letak, jumlah, jenis, kapasitas, dan ukuran dari ruangan – ruangan berikut (termasuk perlengkapan didalamnya) berdasarkan tingkatan dan jumlah anak buah kapal dan penumpang dengan memperhatikan super structure dan deck – house yang tersedia.

- Sleeping room.
- Mess room (dining room).
- Washing accommodation.
- Hospital.
- Galley dan provision store.
- Acces (jalan), ladder dan stairs dalam hubungannya dengan means of escape sesuai konvensi SOLAS 1960 / 1974.

4. Ruangan navigasi : menentukan letak dan luas dari ruangan navigasi yang meliputi :

- Wheel house.
- Chart room.
- Radio room.
- Dalam hubungan dengan navigasi perlu diperhatikan letak, jenis dan jumlah dari lampu navigasi yang dibutuhkan.

5. Tangki – tangki : Menentukan letak dan volume dari tangki – tangki (yang merupakan bagian dari badan kapal) berikut.

- Tangki ballast.
- Tangki air tawar, yang didasarkan atas jumlah anak buah kapal dan penumpang dan radius pelayaran.
- Tangki bahan bakar, yang didasarkan atas fuel consumption dan besarnya tenaga mesin serta radius pelayaran kapal. Pada umumnya dibedakan antara jenis bahan bakar H.V.F(Heavy Viscosity Fuel) dan diesel oil.
- Tangki minyak pelumas yang didasarkan atas kebutuhan minyak pelumas.

- Tangki muatan cair (deep – tanks untuk palm oil, latex, glyserine dan lain-lain).

6. Ruang – ruangan lain :

- Steering gear compartment, menentukan letak dan ukuran ruangan jenis, kapasitas dan ukuran steering gear yang dipakai yang didasarkan atas momen torsi dari kemudi (yang tergantung dari luas kemudi displacement dan kecepatan kapal). Juga dengan memperhatikan persyaratan SOLAS convention 1969 / 1974. Untuk ruangan akomodasi perlu diperhatikan jenis, jumlah dan ukuran dari side scuttle (jendela kapal = side lights) dan ukuran dari pintu.
- Menentukan lokasi dari ruangan untuk Emergency Source of Electrical Power.
- Menentukan lokasi dari CO2 room.
- Menentukan ruangan – ruangan berikut :
Lamp store, paint store, rope store, electrical store, boatswain store etc.

Peralatan bongkar muat : Menentukan jenis peralatan bongkar muat, jumlah, kapasitas dan ukuran dari derrick boom, mast, cargo winch yang didasarkan atas beban dari alat – alat bongkar muat (S.W.L. = Safe Working Load), berikut penempatan dari peralatan bongkar muat tersebut.

Life – boat dan launching devices :

- Menentukan jenis, jumlah, kapasitas dan ukuran life boat serta penempatannya yang didasarkan atas jumlah anak buah kapal dan penumpang serta lokasi dari tempat tinggal anak – buah kapal dan penumpang diatas kapal.
- Menentukan jenis launching devices (dewi – dewi = davits), ukuran dan kapasitasnya yang didasarkan atas berat life – boat dan cara peluncurannya.

Peralatan Tambat :

- Menentukan jenis, jumlah, kapasitas dari peralatan tambat berikut beserta penempatannya diatas kapal :
Windlass (mesin jangkar = anchor winch)
Bollard (bolder).
Warping winch. Port gangway (tangga kapal).
Mooring capstan.
- Menentukan ukuran jangkar, rantai jangkar dan tali temali kapal yang di gabung atas equipment number dari peraturan klasifikasi.
- Menentukan ukuran dan letak dari chainlocker (kotak rantai)

G. Lambung Timbul (Freeboard).

Ukuran dan bentuk tanda – tanda lambung timbul (Freeboard marks), maupun perhitungan didasarkan pada ketentuan – ketentuan yang telah disepakati didalam konvensi internasional mengenai garis muat (International Load Line Convention) yang diadakan di London pada tahun 1996, dimana pedoman ini masih berlaku hingga saat ini. Dengan demikian, maka ada keseragaman baik dalam bentuk dan ukuran lambung timbul Freeboard maupun dalam dasar perhitungannya. Konvensi ini berlaku untuk kapal niaga yang berlayar di perairan internasional baik dilaut maupun di samudra, kecuali untuk kapal yang tersebut dibawah ini :

1. Kapal perang.
2. Kapal yang panjangnya $L < 24$ m.
3. Kapal yang kurang dari 150 gross ton.
4. Kapal pesiar.
5. Kapal penangkap ikan.
6. Kapal penyusur pantai untuk jarak dekat.
7. Kapal yang berlayar di danau dan di sungai.

Secara garis besar dapat diterangkan bahwa konvensi internasional tersebut menetapkan :

- 1). Bentuk, ukuran dan peletakkan tanda lambung timbul (freeboard marks) pada lambung kapal.
- 2). Freeboard minimum untuk suatu kapal sesuai jenis kapal yang bersangkutan menurut penggolongan kapal yang ditetapkan didalam konvensi tersebut.
- 3). Perhitungan koreksi untuk mendapatkan lambung timbul pada garis muat musim panas (Summer Load Line).

Lambung Timbul (Freeboard) adalah jarak vertikal yang diukur pada tengah kapal dari ujung atas garis geladak lambung timbul hingga ujung atas dari garis muat (Load line).

Geladak Lambung Timbul_ (Freeboard Deck) adalah geladak teratas yang menyeluruh dan terbuka (tak terlindung) terhadap cuaca dan air laut dan mempunyai cara penutupan yang permanen dan kedap air, baik untuk bukaan – bukaan diatas geladak maupun pada sisi – sisi kapal.

Pada kapal yang mempunyai geladak lambung timbul yang terpenggal, maka garis terendah dari geladak terbuka dan perpanjangan garis ini sejajar dengan bagian geladak yang teratas, diambil sebagai geladak lambung timbul

Tanda Untuk Lambung Timbul

1. Garis geladak (*deck line*)

Garis geladak adalah garis horizontal dengan panjang 300 mm dan lebar 25 mm. Garis ini diletakkan ditengah kapal pada setiap sisi kapal , dan sisi atasnya melalui titik dimana perpanjangan permukaan atas geladak lambung timbul memotong sisi luar kulit kapal.

2. Tanda garis muat (*Load Line Mark*).

Tanda garis muat terdiri dari suatu lingkaran dengan diameter luar 300 mm dan lebar 25 mm yang dipotong oleh sebuah garis horizontal dengan panjang 450 mm dan lebar 25 mm dimana sisi atas garis ini melalui titik tengah dari lingkaran. Titik tengah lingkaran harus diletakkan ditengah kapal pada jarak sama dengan lambung timbul musim panas (*summer freeboard*) yang diberikan, diukur vertikal kebawah dari sisi atas garis geladak.

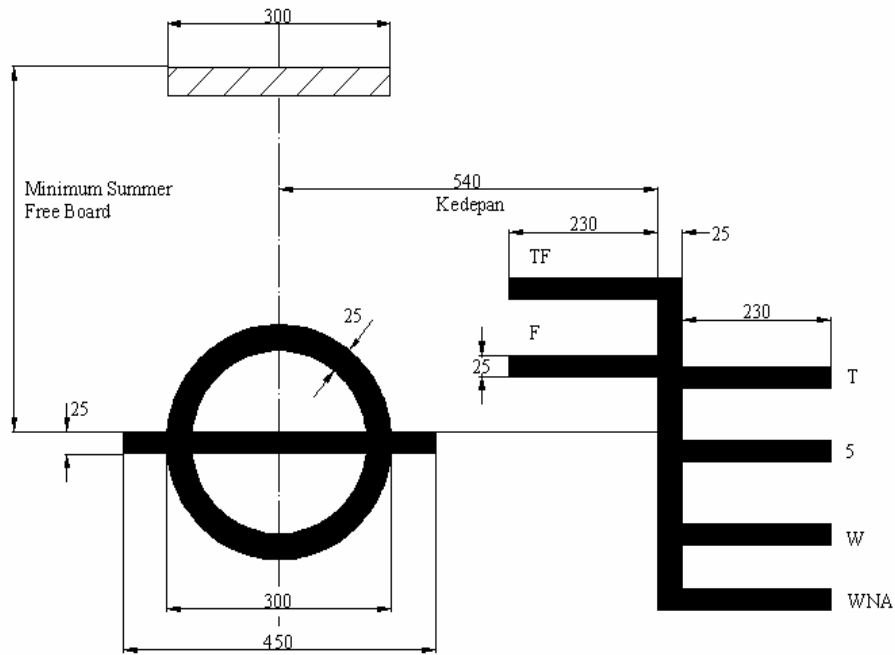
3. Garis muat (*Load Line*)

- a. Garis muat musim panas (*summer load line*), ditunjukkan oleh sisi atas dari garis yang melalui titik tengah dari lingkaran dan bertanda “ S”. *Summer load line* ini merupakan draft maksimum untuk pelayaran di air laut pada musim panas
- b. Garis muat musim dingin (*Winter Load Line*), ditunjukkan oleh sisi atas sebuah garis bertanda “ W”
- c. Garis muat musim dingin atlantik utara (*Winter North Atlantic Load Line*), dituju gabungan oleh sisi atas sebuah garis bertanda “WNA”
- d. Garis muat tropik (*Tropical Load Line*), ditunjukkan oleh sisi atas sebuah garis bertanda “T”
- e. Garis muat air tawar (*Freshwater Load Line*), ditunjukan oleh sisi atas sebuah garis bertanda “F” dan dipasang di belakang garis vertical
- f. Garis muat air tawar tropic (*Tropical Freshwater Load Line*), ditunjukan oleh sisi atas sebuah garis bertanda “TF” dan dipasang di belakang garis vertical

Untuk kapal – kapal yang memuat kayu (*timber*) sebagai muatan geladak (*deck cargo*) maka disamping *load line marks* sebagaimana dijelaskan diatas, juga mempunyai *load line marks* khusus yang diletakkan sebelah belakang lingkaran. *Load line marks* yang berada

disebelah belakang lingkaran tersebut hanya berlaku apabila diatas geladak terbuka terdapat muatan kayu (*timber*). Muatan – muatan (termasuk kayu) yang berbeda didalam ruang muat (*cargo hold*) dianggap sebagai muatan biasa dan diperhitungkan menurut *load lines*

yang berada disebelah depan lingkaran. Jadi bila suatu kapal hanya memuat kayu didalam cargo hold saja maka load lines yang berlaku adalah yang berada di depan lingkaran, seperti halnya cargo biasa.



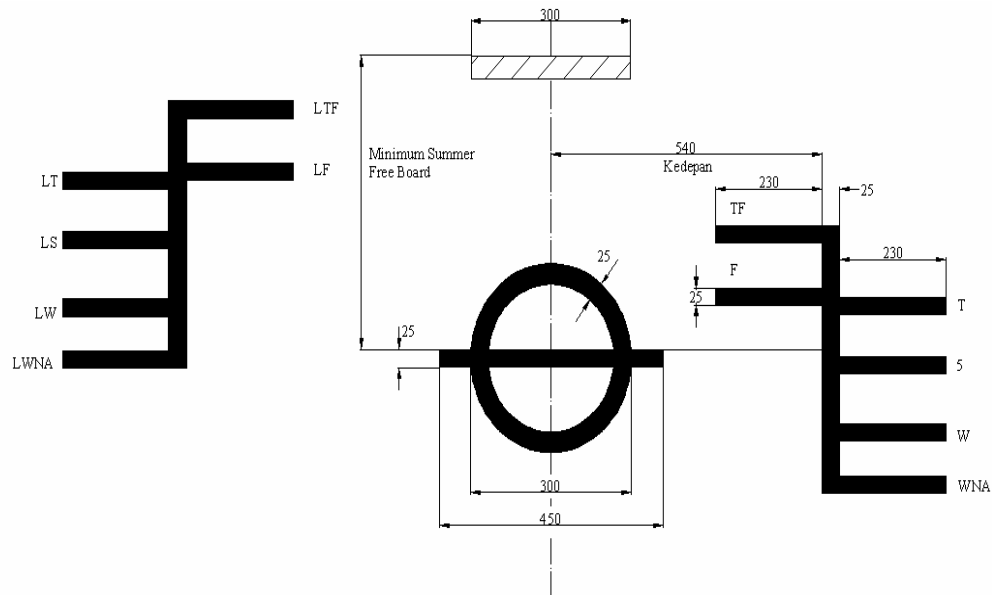
Gambar 8.56 Tanda Garis Muat

4. Freeboard Kapal Muatan Kayu

Bila lambung timbul muatan kayu diberikan garis muat kapal muatan kayu harus dipasang sebagai tambahan pada garis muat garis muat yang biasa ukuran dari garis-garis ini sama seperti pada garis muat yang biasa hanya letaknya kearah belakang. Garis-garis muat kayu selanjutnya yang harus dipakai :

- Garis muat kayu musin panas (Summer Timber Load Line) ditunjukan oleh sisi atas sebuah garis bertanda "LS."
- Garis muat kayu musim dingin (Winter Timber Load Line) ditunjukan oleh sisi atas sebuah garis bertanda "LW."
- Garis muat kayu musim dingin Atlantik Utara (Winter North Atlantic Timber Load Line) ditunjukan oleh sisi atas sebuah garis bertanda "LWNA." Garis muat kayu musim dingin atlantik utara LWNA dianggap ataudibuat sama (Satu Garis Horizontal) dengan garis muat musim dingin Atlantik Utara "WNA."

- d. Garis muat kayu tropic (Topical Timber Load Line) ditunjukkan oleh sisi atas sebuah garis bertanda " LT".
- e. Garis muat kayu air tawar pada musim panas (Freshwater Timber Load Line) ditunjukan oleh sisi atas sebuah garis bertanda " LF" dan dipasang sebelah depan garis vertikal.
- f. Garis muat kayu air tawar tropic (Tropical Freshwater Timber Load Line) ditunjukkan oleh sisi atas sebuah garis bertanda " LTF "dan dipasang didepan garis vertikal



Gambar 8.57 Freeboard Kapal Muatan Kayu

5. Penentuan Type Kapal

Kapal Type A

Yaitu kapal – kapal tanki minyak yang memiliki muatan dengan lubang masuk yang kecil dan kedap air dengan penutup baja atau material yang equivalent. Sifat – sifat khas dari kapal type A adalah :

1. Geladak cuaca yang sangat " Safe " artinya kuat dan kedap Air.
 2. Kapal mempunyai keselamatan yang tinggi terhadap kebocoran, karena permeability dari ruang muatan pada waktu penuh adalah kecil.
- Lambung timbul minimum untuk kapal type A

Syarat – syarat untuk kapal type A.

Kapal type A yang panjangnya melebihi 150 m dan dirancang memiliki kompartemen – kompartemen kosong, bila dimuati sampai summer load line, harus dapat mengatasi kebocoran dari salah satu kompartemen yang kosong tersebut diatas dengan permability dianggap sebesar 0,95 dan kapal tetap terapung dengan keadaan keseimbangan (equilibrium) yang baik.

Untuk kapal yang panjangnya > 225 m, maka floadable compartment dengan permeability 0,85.

1. Machinery casing harus dilindungi dengan poop atau bridge atau deck house dengan tinggi paling sedikit sama dengan tinggi standard.
2. Gang Way yang permanent harus dipasang dari depan kebelakang pada ketinggian geladak bangunan atas antara poop dan bridge atau deck house.
3. Lubang palkah yang terbuka pada geladak lambung timbul atau geladak forecastle atau pada bagian atas trinck harus dilengkapi dengan penutupan yang kedap air dari baja atau bahan yang equivalent.
4. Freeing Arragement.
Kapal pada harus dilengkapi dengan open rails sebagai pagar, psling sedikit setengah panjang dari geladak cuaca yang terbuka.

Kapal Type B

Yaitu kapal – kapal yang bukan type A, umpamanya kapal barang dan sebagainya. Khusus untuk kapal – kapal type B, konvensi memberikan variasi – variasi yang tergantung dari konstruksi penutup palkah (portable dari kayu atau baja, kekedapan airnya dengan terpal dan batten atau dengan gasket dan alat penjepit), perlindungan awak kapal freeing ports.

Sedang lubang palkah pintu dan ventilator, konvensi masih membedakan bagi dalam dua posisi dalam menentukan variasi – variasi dari kapal type B, yaitu

- Posisi 1 :

Diatas geladak cuaca atau geladak penggal (Raised Quarter Deck) dan diatas geladak terbuka dari bangunan atas yang letaknya diantara garis tegak depan sampai $\frac{1}{4}$ L kebelakang.

- Posisi 2 :

Diatas geladak terbuka dari bangunan atas yang letaknya dibelakang dari $\frac{1}{4}$ L.

Variasi – variasi kapal dari type B dalam bentuk harga tabel dasar adalah sebagai berikut :

1. 100 % dari tabel B.
2. 100 % dari tabel B – 0,6 (tabel B – tabel A) = 0,6 tabel A + 0,4 tabel B.
3. 100 % dari Tabel A.
4. 100 % dari tabel B + penambahan AB.

Catatan :

Lihat Tabel” A “

Lihat Tabel “B”

Lihat Tabel “ΔB” (Semua tabel lihat pada lampiran 2)

Syarat – syarat khusus untuk kapal type B dalam menentukan variasi :

- 1 100 % dari tabel B (Tabel B 100 %).
Kapal type B 100 ini pada posisi 1 dilengkapi dengan penutup palkah sesuai dengan salah satu syarat sebagai berikut :

a). Penutup palkah ponton (pontoon Covers) yang dibuat dari baja dan dibuat kedap air dengan terpal dan batten devices. Kekuatan dari ponton dihitung dengan :

- beban $p > 1,75 \text{ ton/m}^2$.
- O material $> 5 \times$ maximum stress yang dihitung.
- defleksi $< 0,0022 \times$ lebar penutup palkah.
- tebal pelat penutup $> 1 \%$ jarak stiffener penutup palkah tetapi tidak boleh kurang dari 6 mm.

Untuk kapal – kapal dengan panjang L antara 24 sampai 100 meter, maka beban P pada posisi 1 boleh di interpolasi antara 1 ton/m^2 sampai $1,75 \text{ ton/m}^2$ atau

b). Penutup palkah dibuat dari baja atau material yang equivalent dan dilengkapi untuk kekedapan airnya dengan gasket dan alat penjepit. (Clamping Devices). Kekuatan penutup palkah dihitung dengan :

- Beban $p > 1,75 \text{ ton/m}^2$
- o material $> 4,25 \times$ maximum Stress yang dihitung.
- Defleksi $< 0,0028 \times$ lebar dari penutup palkah (span).
- Tebal pelat penutup $> 1 \%$ dari jarak Stiffener penutup palkah tetapi tidak boleh kurang 6 mm.

Untuk kapal dengan panjang 1 antara 24 sampai 100 meter, maka beban p pada posisi 1 boleh di interpolasi antara 1 ton/ m^2 sampai $1,75 \text{ ton/ m}^2$.

2. Tabel B dengan reduksi 0,6 (Tabel B – Tabel A) atau Type B

Contoh :

L = 200 m
Menurut Tabel A = 2612 mm.
Menurut Tabel B = 3264 mm.
(Lihat lampiran 2)

Maka Lambung timbul minimum untuk type ini :

$$\begin{aligned} \text{"B"} - 0,6 (\text{"B"} - \text{"A"}) &= 0,6 \text{"A"} + 0,4 \text{"B"} = 0,6 \times 2612 + 0,4 \times 3264 = \\ &= 2872,8 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Syarat – syarat dari tpe B ini adalah :

- a. $L > 100 \text{ m}$.
- b. Perlindungan awak kapal cukup baik.
- c. Freeing arrangement cukup baik.
- d. Penutup palkah pada posisi satu dan sesuai dengan syarat sebagai berikut :
 - Dibuat dari baja atau material yang equivalent dan dilengkapi untuk kedapannya dengan gasket dan alat penjepit.
 - Kekuatan dihitung dengan :
$$P > 1,75 \text{ ton/ m}^2.$$
$$\sigma \text{ material} > 4,25 \times \text{maximum stress yang dihitung.}$$
$$\text{Defleksi} < 0,0028 \times \text{lebar dari penutup palkah (spans)}$$
kedapannya air pada setiap cuaca dapat dijamin
- e. Kapal yang dimuati sampai lambung timbul musim panas tetap terapung pada keseimbangan yang baik, bila dua kompartemen yang berdekatan bocor (muka dan belakang) ke cuaca di kamar mesin.
- f. Bila kapal $L > 225 \text{ m}$, kamar mesin dapat dianggap sebagai floodable Compartment dengan permeability 0,85 dan dalam keadaan bocor kapal tetap terapung pada keseimbangan yang baik.
- g. Kecuali memenuhi syarat – syarat tersebut diatas kapal harus memenuhi pula syarat – syarat machinery Casing, gas way, lubang masuk dan freeing arrangement seperti halnya pada kapal type A. jadi seolah – olah kapal adalah type A.

3. Tabel B + Penambahan ΔB atau type B

Contoh :

Lihat Tabel B = 3264 mm
Lihat Tabel ΔB = 358 mm
Jadi LT min = 3622 mm

Peraturan ini khususnya berlaku untuk kapal – kapal type B yang memiliki penutupan palkah pada posisi 1. yang portable dan dari kayu atau dari baja bukan merupakan ponton covers. Kecedapan air dilaksanakan dengan terpal dan buttening devices. Syarat – syarat lainnya :

- a. Lebar dari “ Bearing Surface “ harus paling sedikit 65 mm.
- b. Bila bahannya kayu, tebal minimum 60 mm dengan span maximum 1,50 m.
- c. Bila bahan baja, kekuatan harus dihitung atas dasar.
 - Beban $P > 1,75 \text{ ton/m}^2$.
 - σ baja $> 5 \times$ maximum stress yang dihitung.
 - Defleksi $< 0,0022 \times$ span dari balok.
 - Untuk kapal dengan panjang L antara 24 sampai 100 meter, maka beban P boleh diinterpolasi antara 1 ton/ m^2 Sampai $1,75 \text{ ton/ m}^2$.
- d. Balok palkah (portable beams).
Bila bahannya baja kekuatannya harus dihitung dengan :
 - Beban $P > 1,75 \text{ ton/ m}^2$.
 - σ baja $> 5 \times$ maximum stress yang dihitung.
 - Defleksi $< 0,0022 \times$ span dari balok.
 - Untuk kapal dengan panjang L antara 24 sampai 100 meter, interpolasi dari beban.

BAB IX KONSTRUKSI KAPAL

A. Sistem Kontruksi Kapal

Sistem kerangka/konstruksi kapal (framing system) dibedakan dalam dua jenis utama; yaitu sistem kerangka melintang (transverse framing system) dan sistem membujur atau memanjang (longitudinal framing system). Dari kedua sistem utama ini maka dikenal pula sistem kombinasi (combination/mixed framing system).

Suatu kapal dapat seluruhnya dibuat dengan sistem melintang, atau hanya bagian-bagian tertentu saja (misalnya kamar mesin dan/atau ceruk-ceruk) yang dibuat dengan sistem melintang sedangkan bagian utamanya dengan sistem membujur atau kombinasi; atau seluruhnya dibuat dengan sistem membujur.

Pemilihan jenis sistem untuk suatu kapal sangat ditentukan oleh ukuran kapal (dalam hal ini panjangnya sehubungan dengan kebutuhan akan kekuatan memanjang), jenis/fungsi kapal menjadikan dasar pertimbangan-pertimbangan lainnya..

Untuk mengenali apakah suatu kapal, atau bagian dari badan kapal dibuat dengan sistem melintang atau membujur dapat dilihat pada panel-panel pelatnya (panel pelat adalah bidang pelat yang dibatasi oleh penumpu-penumpunya). Jika sisi-sisi panjang panel-panel pelat berada pada posisi muka-belakang (sesuai arah hadap kapal) maka sistem yang dipakai pada bagian yang bersangkutan adalah sistem melintang, sebaliknya jika sisi-sisi pendek berada pada posisi muka-belakang maka sistem yang dipakai adalah sistem membujur. Sistem kombinasi diartikan bahwa alas dan geladak dibuat dengan sistem membujur sedangkan sisi-sisi kapal dibuat dengan sistem melintang.

1. Sistem Konstruksi Melintang

Dalam sistem ini gading-gading (frame) dipasang vertikal (mengikuti bentuk body plan) dengan jarak antara (spacing), ke arah memanjang kapal, satu sama lain yang rapat (sekitar antara 500 mm – 1000 mm, tergantung panjang kapal). Pada geladak, baik geladak kekuatan maupun geladak-geladak lainnya, dipasang balok-balok geladak (deck beam) dengan jarak antara yang sama seperti jarak antara gading-gading. Ujung-ujung masing-masing balok geladak ditumpu oleh gading-gading yang terletak pada vertikal yang sama. Pada alas dipasang wrang-wrang dengan jarak yang sama pula dengan jarak antara gading-gading sedemikian rupa sehingga masing-masing wrang, gading-gading dan balok geladak membentuk sebuah rangkaian yang saling berhubungan dan terletak pada satu bidang vertikal sesuai penampang melintang kapal pada tempat yang bersangkutan. Jadi, sepanjang kapal berdiri rangkaian-rangkaian (frame ring) ini dengan jarak antara yang rapat sebagaimana disebutkan di atas.

Rangkaian ini hanya ditiadakan apabila pada tempat yang sama telah dipasang sekat melintang atau rangkaian lain, yaitu gading-gading besar.

Gading-gading besar (*web frame*) adalah gading-gading yang mempunyai bilah (*web*) yang sangat besar (dibandingkan bilah gading-gading utama). Gading-gading besar ini dihubungkan pula ujung-ujungnya dengan balok geladak yang mempunyai bilah yang juga besar (*web beam*). Gading-gading besar ini umumnya hanya ditempatkan pada ruangan-ruangan tertentu (misalnya kamar mesin), tetapi dapat juga di dalam ruang muat bila memang diperlukan sebagai tambahan penguatan melintang. Tergantung kebutuhan, gading-gading besar demikian ini umumnya dipasang dengan jarak antara sekitar 3 – 5 m.

Sekat-sekat melintang, gading-gading (biasa maupun besar), balok-balok geladak (besar maupun biasa) merupakan unsur-unsur penguatan melintang badan kapal.

Elemen-elemen yang dipasang membujur dalam sistem melintang ini hanyalah:

- a. Pada alas : penumpu tengah (*center girder*) dan penumpu samping (*side girder*).

Penumpu tengah adalah pelat yang dipasang vertikal memanjang kapal tepat pada bidang paruh (*center line*). Dalam alas ganda tinggi penumpu tengah ini merupakan tinggi alas ganda. Dalam alas tunggal penumpu alas ini dinamakan juga "*keeleon*" (luas dalam). Penumpu alas ini memotong wrang-wrang tepat pada bidang paruh.

Penumpu samping (*side girder, atau side keelson*) juga merupakan pelat vertikal yang dipasang membujur pada alas. Penumpu samping ini dipasang di sebelah penumpu tengah. Suatu kapal dapat memiliki satu atau lebih penumpu samping, tergantung lebarnya, pada setiap sisi; dapat juga tidak memiliki penumpu samping. Jarak penumpu samping terhadap penumpu tengah, jarak satu sama lain dan jaraknya terhadap sisi kapal dibatasi maksimum sekitar 1,8 m – 3,5 m.

- b. Pada sisi : senta sisi (*side stringer*). Senta sisi pada umumnya hanya dipasang pada tempat-tempat tertentu (terutama di dalam ceruk dan kamar mesin), dapat juga di dalam ruang muat, tergantung kebutuhan setempat. Jarak antara (*spacing*) senta-senta sisi demikian ini tergantung kebutuhan, tetapi di dalam kamar mesin dan ceruk-ceruk dibatasi minimum 2,6 m (Biro Klasifikasi Indonesia)

- c. Pada geladak : penumpu geladak (*deck girder atau carling*)

Untuk kapal barang dengan satu buah lubang palkah pada tiap ruang muat pada geladak yang bersangkutan, dapat dipasang 1-3 buah penumpu geladak, tergantung lebarnya. Penumpu geladak di pasang tepat pada bidang paruh dan/atau menerus dengan penumpu bujur lubang palkah (*hatchside girder*), yaitu penumpu-penumpu yang tepat berada di bawah ambang palkah yang membujur.

Dengan demikian terlihat bahwa dalam sistem melintang, elemen-elemen konstruksi/kerangka yang dipasang membujur jauh lebih sedikit jumlahnya daripada elemen-elemen kerangka yang merupakan bagian dari penguatan melintang.

2. Sistem Konstruksi Memanjang

Dalam sistem ini gading-gading utama tidak dipasang vertikal, tetapi dipasang membujur pada sisi kapal dengan jarak antara, diukur ke arah vertikal, sekitar 700 mm-1000 mm. gading-gading ini (pada sisi) dinamakan pembujur sisi (side longitudinal). Pada setiap jarak tertentu (sekitar 3-5 m) dipasang gading-gading besar, sebagaimana gading-gading besar pada sistem melintang, yang disebut pelintang sisi (side transverse).

Pada alas, dan alas dalam, juga dipasang pembujur-pembujur seperti pembujur-pembujur sisi tersebut di atas dengan jarak antara yang sama pula seperti jarak antara pembujur-pembujur sisi. Pembujur-pembujur ini dinamakan pembujur-pembujur alas (bottom longitudinal) dan, pada alas dalam, pembujur alas dalam (inner bottom longitudinal). Pada alas juga dipasang wrang-wrang, dan dihubungkan pada pelintang-pelintang sisi. Tetapi umumnya tidak pada tiap pelintang sisi; yaitu setiap dua, atau lebih, pelintang sisi. Wrang-wrang pada sistem membujur juga dinamakan pelintang alas (bottom transverse). Penumpu tengah dan penumpu samping sama halnya seperti pada sistem melintang.

Pada geladak juga dipasang pembujur-pembujur seperti halnya pembujur-pembujur yang lain tersebut di atas. Pembujur-pembujur ini dinamakan pembujur geladak (deck longitudinal). Balok-balok geladak dengan bilah yang besar dipasang pada setiap pelintang sisi; dan disebut pelintang geladak (deck transverse).

Konstruksi lainnya (penumpu geladak, sekat, dsb) sama seperti halnya pada sistem melintang.

Dengan demikian terlihat bahwa dalam sistem membujur elemen-elemen kerangka yang dipasang membujur jauh lebih banyak jumlahnya daripada yang merupakan penguatan melintang.

3. Sistem Konstruksi Kombinasi

Sistem kombinasi ini diartikan bahwa sistem melintang dan sistem membujur dipakai bersama-sama dalam badan kapal. Dalam sistem ini geladak dan alas dibuat menurut sistem membujur sedangkan sisinya menurut sistem melintang. Jadi, sisi-sisinya diperkuat dengan gading-gading melintang dengan jarak antara yang rapat seperti halnya dalam sistem melintang, sedangkan alas dan geladaknya diperkuat dengan pembujur-pembujur. Dengan demikian maka dalam mengikuti peraturan klasifikasi (rules) sisi-sisi kapal tunduk pada ketentuan yang berlaku untuk sistem melintang, sedangkan alas dan geladaknya mengikuti ketentuan yang berlaku untuk sistem membujur, untuk hal-hal yang memang diperlukan secara terpisah.

4. Dasar Pertimbangan Umum Dalam Pemilihan Sistem Konstruksi Kapal

Dalam sistem membujur, jika pembujur-pembujur (alas, sisi maupun geladak) dipasang menerus memanjang kapal secara efektif maka pembujur-pembujur tersebut akan merupakan bagian yang integral dengan badan kapal. Ini berarti bahwa pembujur-pembujur tersebut akan memperbesar modulus penampang badan kapal, sehingga berarti pula bahwa pembujur-pembujur tersebut membantu langsung dalam menahan beban-beban lengkung longitudinal badan kapal.

Di samping itu, jika dalam bidang pelat yang ditumpunya bekerja tegangan-tegangan tekan yang tinggi akibat beban-beban lengkung longitudinal maka pembujur-pembujur tersebut tidak saja hanya membantu langsung dalam menahan beban-beban tersebut, tetapi juga memperbesar kekuatan tekuk kritis (critical buckling strength) pelat yang bersangkutan; dan ini berarti menambah kekuatan pelat tersebut, atau, dengan kata lain, menjadikan pelat tersebut lebih kuat dalam menahan terjadinya tekukan (buckling) akibat beban-beban kompresif demikian itu.

Kekuatan tekuk panel pelat (bidang pelat yang dibatasi oleh penumpu-penumpunya) tidak saja dipengaruhi oleh tebal pelatnya, tetapi juga oleh arah tegangan-tegangan tekan di dalam panel pelat itu sendiri. Panel pelat persegi empat (misalnya panel pelat yang dibentuk oleh pelintang-pelintang geladak dan pembujur-pembujur geladak, atau oleh balok-balok geladak dan penumpu-penumpu geladak) akan lebih tahan menerima tegangan-tegangan tekan yang bekerja dalam arah menurut sisi panjangnya (memotong sisi pendeknya) daripada menerima tegangan-tegangan tekan yang bekerja menurut arah sisi pendeknya (memotong sisi panjangnya). Pada panel pelat yang menerima beban kompresif yang bekerja menurut arah sisi pendeknya tekukan akan terjadi pada beban yang hanya sebesar 25% beban yang dapat menimbulkan tekukan pada panel pelat tersebut bila beban tersebut bekerja menurut arah sisi panjangnya. Bila hal ini dipandang menurut tumpuannya maka berarti bahwa panel pelat yang mendapatkan tumpuan yang membujur mempunyai kekuatan tekuk yang lebih besar daripada panel pelat yang mempunyai tumpuan yang melintang, atau dengan kata lain tumpuan membujur memberikan kekuatan tekuk yang lebih besar daripada tumpuan melintang.

Dalam sistem membujur panel-panel pelat berada pada kekuatan dimana sisi-sisi pendeknya berada di muka dan di belakang (sesuai arah hadap kapal), sedangkan pada sistem melintang sisi-sisi panjangnya yang berada pada posisi muka-belakang. Ini berarti, untuk kapal yang sama, bahwa untuk mendapatkan kekuatan/kekuatan tekuk yang sama seperti yang diperoleh dari sistem membujur maka sistem melintang akan memerlukan pelat yang lebih tebal, atau jarak gading-gading yang lebih rapat.

Dengan kata lain, dengan mendapatkan tambahan modulus penampang dan kekakuan pelat dari pembujur-pembujur maka untuk mendapatkan modulus penampang dan kekuatan tekuk yang dibutuhkan

untuk menahan beban-beban lengkung longitudinal badan kapal yang dibuat dengan sistem kerangka membujur akan lebih ringan daripada bila badan kapal tersebut dibuat dengan sistem melintang, karena untuk menyamai modulus penampang dan kekuatan tekuk pelat yang diberikan oleh sistem membujur maka sistem melintang memerlukan penguatan-penguatan yang lebih banyak dan/atau pelat-pelat yang lebih tebal.

Sekalipun keuntungan yang diberikan oleh sistem membujur sudah jelas, yaitu konstruksi yang lebih ringan untuk memenuhi kekuatan memanjang yang dibutuhkan, tetapi jenis sistem membujur ini tidak /bukan merupakan suatu standar bahwa setiap kapal harus dibuat dengan sistem ini. Untuk kapal-kapal kecil, seperti misalnya kapal-kapal pelayaran pantai (coaster), kapal-kapal tunda (tug boat), kapal penangkap ikan (trawler), dsb., keuntungan yang diberikan oleh sistem membujur dipandang tidak terlalu berarti dan kurang praktis (lebih rumit atau berhubungan dengan fasilitas galangan yang ada, misalnya peralatan otomatis yang diperlukan untuk pengerjaan pelat-pelat tipis, dsb.). hal ini disebabkan karena beban-beban longitudinal pada kapal-kapal kecil relatif ringan. Di lain pihak pelat-pelat kulit (alas, sisi maupun geladak) untuk kapal-kapal kecil demikian itu yang diperhitungkan untuk kekuatan melintang pada umumnya sudah memenuhi kebutuhan kekuatan memanjang, bahkan boleh dikatakan jauh melebihi yang dibutuhkan karena penambahan-penambahan tebal untuk pertimbangan-pertimbangan korosi, keausan, dsb. Di bagian-bagian tertentu pada badan kapal. Disamping itu pengerjaan sistem kerangka melintang dalam banyak hal relatif lebih sederhana daripada sistem membujur.

Di samping itu, tidak hanya pada kapal-kapal kecil saja, pada kapal-kapal besar dalam beberapa hal sistem membujur juga menimbulkan problema-problema tertentu. Pada kapal-kapal barang dan kapal-kapal muatan dingin (refrigerated cargo) pelintang-pelintang sisi dan geladak merupakan kerugian utama dalam pemakaian sistem ini. Pelintang-pelintang tersebut menjadikan ruang muat kurang efisien dan mengganggu/menghambat penempatan muatan, bahkan dapat merusakkan muatan di dalam ruang muat tersebut. Pada kapal-kapal penumpang sistem ini menyulitkan pekerjaan/penataan interior di dalam ruang-ruang/kabin-akbin penumpang maupun ruang-ruang lainnya. Di samping itu, pada kapal-kapal penumpang, pembujur-pembujur juga menimbulkan problema; yaitu menyulitkan pengaturan sistem saluran dan pemipaan (AC, kabel-kabel listrik, pipa-pipa air, dsb). Saluran induk sistem-sistem tersebut merupakan saluran yang memanjang kapal, sedangkan saluran-saluran cabangnya, yaitu yang menuju ruangan-ruangan, merupakan saluran-saluran yang melintang kapal. Dengan demikian saluran-saluran cabang ini harus melintasi / memotong / menembus pembujur-pembujur. Oleh karena itu pada kapal-kapal barang, atau lainnya, yang memang harus menggunakan sistem pembujur untuk memenuhi kekuatan memanjangnya dengan konstruksi / material yang efisien, pada umumnya digunakan sistem kombinasi; yaitu alas dan geladak atasnya

dibuat dengan sistem membujur, sedangkan sisi-sisi dan geladak-geladak lainnya dengan sistem melintang. Kapal-kapal tangki (tanker) pada umumnya dibuat dengan sistem membujur sepenuhnya, kecuali kapal-kapal tangki kecil atau untuk daerah pelayaran terbatas, karena tidak dihadapkan pada problema sebagaimana pada kapal-kapal barang. Dan, dapat dikatakan bahwa penggunaan sistem membujur yang paling awal adalah pada kapal-kapal tangki.

B. Elemen-Elemen Konstruksi Kapal

1. Bahan Dan Profil

Jenis bahan yang umum digunakan untuk membangun sebuah kapal. adalah bahan-bahan tersebut antara lain :

baja, alumunium, tembaga, gelas serat (*fibreglass*), kayu. Dari beberapa jenis bahan baja yang sampai saat ini paling banyak dipakai untuk pembuatan kapal.

Baja dikenal sebagai paduan besi karbon dengan beberapa unsur tambahan. Kandungan karbon yang diizinkan untuk pembuatan baja tidak boleh melebihi 2%. Penggunaan baja dapat menyeluruh atau bagian-bagian tertentu saja. Bagian-bagian yang dibuat dari bahan baja meliputi lambung kapal, kerangka kapal dan masih banyak bagian yang lain. Ada juga sebagian kapal baja yang digunakan alumunium untuk membuat bagian-bagian tertentu kapal. misalnya, bangunan atas, rumah geladak, penutup palka jendela, dan pintu. Ada juga kapal yang bahannya terbuat dari paduan alumunium, sehingga sebagian besar bahan untuk pembuatan kapal diambil dari paduan alumunium. Dibandingkan dengan baja, paduan alumunium mempunyai berat 1/3 dari berat baja untuk besar yang sama. Oleh karena itu ada sebuah kapal yang bagian atasnya dibuat dari alumunium. Bangunan yang demikian itu akan mengurangi berat keseluruhan kapal. Disamping itu berat dari dasar kapal menjadi lebih kecil atau dengan lain kata, stabilitas kapal akan menjadi relatif lebih baik.

Dari segi kekuatan, ketahanan terhadap korosi, kemampuan untuk dikerjakan, dan kemampuan untuk dilas, alumunium mempunyai sifat yang hampir sama dengan baja, hanya alumunium relatif lebih mahal daripada baja. Bahan lain yang biasa untuk melengkapi pembangunan kapal baja adalah tembaga. Tembaga banyak digunakan untuk instalasi pipa-pipa yang ada di kapal.

Bahan-bahan lain seperti gelas serat dan kayu banyak dipakai untuk bahan pokok membuat kapal-kapal yang relatif lebih kecil, juga untuk membuat interior-interior kapal baja atau kapal alumunium.

Baja bangunan kapal hanya dapat diproduksi oleh pabrik-pabrik baja yang telah disetujui oleh Biro Klasifikasi Indonesia. Baja itu juga harus dibuat melalui proses tertentu. Adapun proses tersebut meliputi pembuatan baja dengan dapur kubu (*open hearth*), dapur listrik, proses pengembusan dengan oksigen (zat asam) dari atas, atau proses-proses khusus lain yang telah disetujui. Melalui proses-proses tersebut, diharapkan akan dihasilkan baja yang mempunyai sifat berkualitas tinggi dengan susunan kimia dan

sifat mekanis, sesuai dengan yang disyaratkan, sejauh mungkin bebas dari kandungan bahan bukan logam dan cacat-cacat dalam atau luar yang dapat mempengaruhi pemakaian atau pengerjaan selanjutnya, dan bahan baja yang sudah mendapatkan perlakuan panas.

Baja untuk membangun suatu kapal pada umumnya dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu

1. Baja bangunan kapal biasa bangunan kapal dengan tegangan tinggi.
2. Baja kapal biasa digunakan pada konstruksi kapal yang dianjurkan mempunyai sifat kimia, deoksidasi pengelolaan panas, atau sifat-sifat mekanik yang sudah mendapat persetujuan BKI, penggolongan didasarkan pada metode deoksidasi komposisi unsur-unsur kimia yang dikandung, pengujian tekan, pengujian tarik, dan perlakuan panas

Adapun sifat-sifat mekanis yang harus dimiliki baja biasa adalah batas lumer minimal 24 kg/mm^2 kekuatan tarik dari 41 kg/mm^2 sampai dengan 50 kg/mm^2 , dan regangan patah minimal 22 %.

Baja kapal yang mempunyai tegangan tinggi yang dipakai untuk bangunan kapal harus sesuai dengan peraturan-peraturan Biro Klasifikasi baik mengenai komposisi kimia, sifat-sifat mekanik, metode deoksidasi, maupun perlakuan panasnya. Baja kapal tegangan tinggi untuk lambung, digolongkan ke dalam dua bagian, yaitu baja dengan tegangan lumer minimal 32 Kg/mm^2 dan mempunyai kekuatan tarik dari $48 \text{ Kg/mm}^2 - 60 \text{ kg/mm}^2$ serta baja dengan tegangan lumer minimum 36 Kg/mm^2 dan mempunyai kekuatan tarik dari 50 kg/mm^2 . Penggolongan kualitas itu didasarkan pada metode deoksidasi, proses pembuatan, komposisi kimia, pengujian tarik, pengujian takik, pengujian pukul, dan perlakuan panas, baja tegangan tinggi dipergunakan juga untuk bagian-bagian konstruksi kapal yang mendapat tekanan besar pada susunan kerangka kapal.

Selain baja tersebut diatas, masih ada baja lain yang digunakan untuk bangunan kapal. Baja tersebut adalah baja tempa. Sifat-sifat yang harus dimiliki baja tempa ini ialah bahwa baja itu harus mempunyai kekuatan tarik minimal 41 Kg/mm^2 .

Jenis baja tersebut digunakan pada bagian-bagian tertentu di kapal, yaitu untuk poros baling-baling, kopling kemudi, linggi, poros, engkol, roda gigi, dan lain sebagainya.

Semua bahan yang telah memenuhi persyaratan BKI akan diberi stempel. Jika suatu bagian telah mendapatkan stempel dari BKI ternyata tidak memenuhi syarat setelah diadakan pengujian lagi, stempel itu harus dibatalkan dengan pencoretan atau penghapusan stempel.

Bahan yang dipakai untuk membuat badan kapal biasanya berupa pelat dan profil. Pelat diberi stempel di kedua sisi, depan dan belakang pada sudut pelat yang bersebrangan sehingga stempel itu selalu dapat dilihat tanpa membalik-membalik pelat atau profil.

Berdasarkan ketebalan, pelat dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu

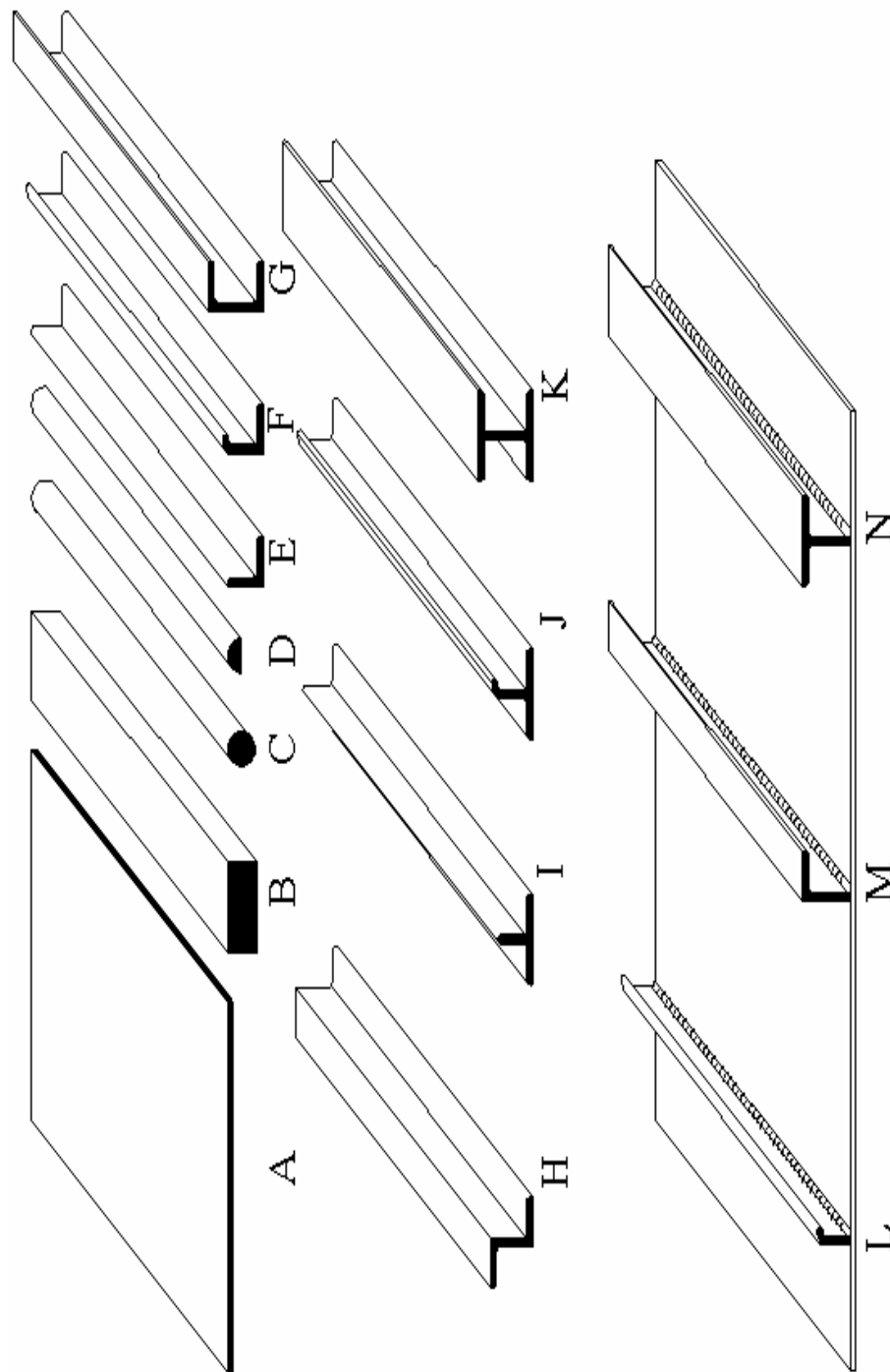
1. pelat tipis dengan ketebalan 3 mm sampai 5 mm sampai 25 mm

2. pelat tebal dengan ketebalan 25 mm sampai 60 mm.
3. Ukuran luas pelat yang paling banyak dijual adalah 1.500 mm x 6.000 mm dan 1.200 x 2.400 mm.

Profil yang paling untuk membangun kapal mempunyai bermacam-macam bentuk dan ukuran. Bentuk-bentuk tersebut dapat dilihat pada gambar 9.1.

Penggunaan pelat dan profil-profil tersebut adalah sebagai berikut.

- (1) Pelat, sebagai bahan utama untuk membangun kapal dapat dilihat pada gambar 9.1a.
- (2) Balok berpenampang bujur sangkar biasanya digunakan untuk balok-balok tinggi, lunas, dan lain-lain. Diperlihatkan pada gambar 9.1b.
- (3) Profil penampang bulat pada umumnya digunakan untuk topang-topang yang kecil, balok untuk pegangan tangan Gambar 9.1c.
- (4) Profil setengah bulat pada umumnya dipakai pada tepi-tepi pelat sehingga pelat tersebut tidak tajam ujung tepinya, misalnya, pada tepi ambang palka Gambar 9.1d.
- (5) Profil siku sama kaki digunakan penegar pelat atau penguatan-penguatan. Diperlihatkan pada Gambar 9.1e.
- (6) Profil siku gembung (bulb) merupakan profil siku yang salah satu sisinya diperkuat dengan pembesaran tepi sampai menggembung Gambar 9.1f.
- (7) Profil U adalah profil yang mempunyai kekuatan besar daripada profil siku bulba. Profil ini digunakan untuk kekuatan konstruksi yang lebih besar daripada yang disyaratkan. Diperlihatkan pada Gambar 9.1g.
- (8) Profil berbentuk penampang Z sama dengan profil U dalam hal bentuknya, tetapi salah satu sisi dibalik. Diperlihatkan pada Gambar 9.1h.
- (9) Profil H dan I adalah profil yang sangat kuat, tetapi tidak digunakan secara umum, profil ini dipasang pada konstruksi yang memerlukan kekuatan khusus. Diperlihatkan pada Gambar 9.1i.
- (10) Profil T adalah yang digunakan untuk keperluan khusus. Misalnya, untuk penumpang geladak. Diperlihatkan pada gambar 9.1j
- (11) Profil T gembung adalah profil yang mempunyai kekuatan lebih besar daripada profil T. diperlihatkan pada Gambar.9.1.k
- (12) Profil gembung adalah profil yang salah satu ujungnya dibuat gembung dan digunakan untuk penguatan pelat. Contoh pemasangan profil ini adalah pelat 9.1 l,m,n



Gambar 9.1. Pelat dan Profil

2. Fungsi Elemen-Elemen Pokok Kapal

Geladak kekuatan, alas dan sisi-sisi kapal berperan sebagai balok kotak (*box girder*), sehingga sering disebut sebagai hull girder atau ship girder, yang menerima beban-beban lengkung (*longitudinal bending*) dan beban-beban lainnya yang bekerja pada konstruksi badan kapal. Geladak cuaca, alas dan sisi-sisi kapal juga berfungsi sebagai dinding-dinding kedap yang menahan air dari luar dan menerima gaya tekan air ke atas (*buoyancy*) sehingga kapal dapat terapung. Elemen-elemen lainnya membantu langsung fungsi-fungsi tersebut dan sebagian hanya berperan sebagai pendukung atau penunjang agar elemen-elemen pokok tersebut selalu tetap pada kedudukannya sehingga dapat berfungsi secara efektif. Fungsi masing-masing individu akan dijelaskan pada Bab-bab berikutnya.

3. Beban Yang Diterima Badan Kapal

Beban-beban (*load*) yang bekerja pada badan kapal pada hakekatnya dapat dibedakan dalam dua kelompok yaitu :

- Beban-beban yang berpengaruh pada konstruksi dan bentuk kapal secara keseluruhan (*structural load*). Termasuk dalam kelompok ini adalah : beban lengkung longitudinal (*hogging dan sagging*); racking; efek-efek tekanan air (*effect of water pressure*); gaya-gaya reaksi dari ganjal-ganjal pengedokan (*keel block*).
- Beban-beban lokal, yaitu beban-beban yang hanya berpengaruh pada bagian-bagian tertentu pada badan kapal. Termasuk dalam kelompok ini adalah : *pounding/slamming*; massa setempat dan getaran.

a. Beban Lengkung Longitudinal (*Hogging dan Sagging*)

Pengertian lengkung longitudinal (*longitudinal bending*) dalam kaitannya dengan konstruksi/kekuatan kapal adalah melengkungnya badan kapal dipandang menurut penampang memanjangnya; yaitu menurut bidang vertikal memanjang. Hal ini sama halnya dengan sebuah balok memanjang yang melengkung bila hanya ditumpu di bagian tengahnya atau di kedua ujungnya.

Bila sebuah balok panjang ditumpu di bagian tengahnya dan ujung-ujungnya dibiarkan bebas maka secara umum balok tersebut akan melengkung dan timbul tegangan-tegangan tekan (*tension*) dan tegangan-tegangan tarik (*compression*). Dalam hal demikian ini tegangan tekan maksimum berada di bagian alasannya dan tegangan tersebut mencapai harga nol disebut sumbu netral (*neutral axis*). Di dekat sumbu netral ini tegangan geser (*shearing stress*) mencapai harga terbesar. Bila badan kapal mengalami kelengkungan demikian ini maka kapal dikatakan dalam keadaan 'hogging'.

Di lain pihak, bila ujung-ujung balok mendapatkan tumpuan sedangkan tengahnya bebas maka balok itupun akan melengkung, tetapi dalam keadaan ini tegangan tekan yang terbesar berada di bagian atas sedangkan tegangan tarik terbesar berada di bagian bawah. Kelengkapan

demikian ini juga dialami oleh badan kapal dan badan kapal dikatakan dalam keadaan 'sagging'.

Kelengkungan-kelengkungan demikian itu merupakan kelengkungan-kelengkungan umum yang dialami badan kapal (*General longitudinal bending of the hull/ship*). Tegangan-tegangan yang timbul sebagaimana disebutkan di atas disebut tegangan-tegangan longitudinal/memanjang (*longitudinal bending stresses*); dari sini dikenal pula momen lengkung longitudinal (*longitudinal bending moments*).

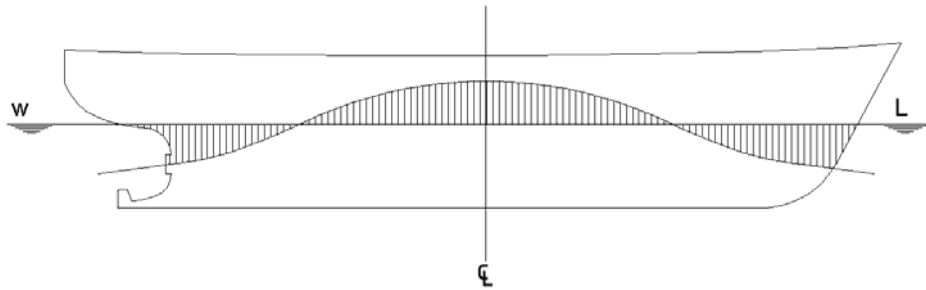
Dalam kedudukannya di air, kapal cenderung mengalami hogging dan sagging, baik karena muatan atau beban-beban statis yang ada di dalamnya maupun karena gelombang-gelombang yang dilaluinya.

Distribusi beban sepanjang badan kapal pada hakekatnya ditentukan, oleh muatan yang ada di dalamnya dan oleh gaya tekan air ke atas yang bekerja pada badan kapal itu. Pembagian beban yang tidak merata sepanjang badan kapal akan menyebabkan badan kapal mengalami lengkung longitudinal.

Di air tenang (*still water*), lengkungan longitudinal, dipandang menurut arah lengkungannya (*hogging atau magging*), boleh dikatakan hanya dipengaruhi oleh penempatan muatan di dalam badan kapal itu sendiri; yaitu hogging akan terjadi apabila massa muatan yang berada di bagian ujung-ujung badan kapal lebih besar daripada massa muatan yang berada di bagian tengah badan kapal. Sebaliknya *sagging* akan terjadi bila massa muatan yang berada di bagian tengah badan kapal lebih besar daripada massa muatan yang berada di bagian ujung-ujung badan kapal.

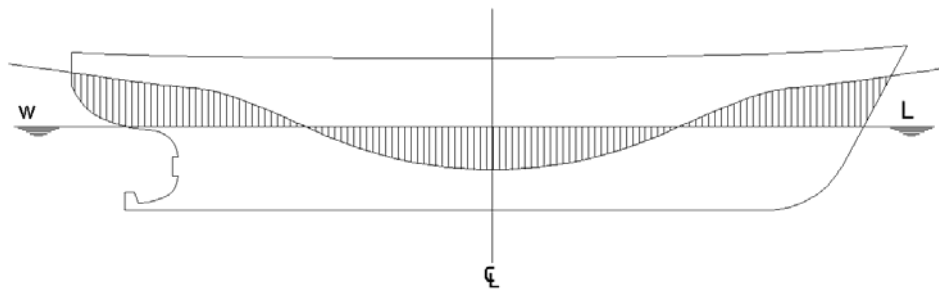
Di lain pihak, dalam operasinya di laut, terutama pada waktu berlayar, secara umum kapal akan lebih sering melalui daerah yang bergelombang daripada daerah yang tenang, sehingga badan kapaldapat dipastikan akan selalu mengalami gerakan angguk (*pitching*) selama pelayarannya, terutama bila menentang gelombang atau mengikuti gelombang dengan panjang gelombang yang secara global dianggap sama dengan panjang kapal. Selama pelayaran, distribusi pembebanan sepanjang badan kapal dari muatan yang dibawanya boleh dikatakan tidak mengalami perubahan, tetapi distribusi pembebanan dari gaya tekan air ke atas akan selalu berubah-ubah dari gelombang ke gelombang yang dilalui, sehingga resultante beban yang bekerja pada badan kapal akan selalu berubah selama kapal dalam pelayarannya. Dengan kata lain distribusi beban sepanjang badan kapal akan selalu berubah / mengalami perubahan dari waktu ke waktu selama kapal dalam operasinya di laut, sehingga kapal akan selalu mengalami lengkung longitudinal yang selalu berubah pula, baik arah maupun besarnya yang semua itu tergantung pada kondisi pemuatan (ballast, penuh, dsb.), kondisi laut dan posisi kapal terhadap gerakan gelombang.

Hogging terbesar akan terjadi bila bagian tengah badan kapal berada pada posisi di atas puncak gelombang (*crest*), sedangkan sagging terbesar bila bagian tengah kapal berada pada posisi di atas lembah gelombang (*trough*).



bar 9.2. Hogging

Gam



Gambar 9.3. Sagging

Efek-efek dinamis dari gelombang demikian itu tidak hanya saja berpengaruh pada letak distribusi pembebanan tetapi juga menimbulkan pembebanan tambahan pada badan kapal dan tidak hanya dipengaruhi oleh gerakan angguk (*pitching*), tetapi juga dengan (*rolling*) dan gerakan naik-turun (*heaving*). Masalah terlalu kompleks untuk disinggung lebih lanjut disini. Singkatnya, lengkungan longitudinal dibebankan dalam dua macam; yaitu lengkungan longitudinal di air tenang (*still water longitudinal bending*) dan lengkungan longitudinal di perairan bergelombang (*wave longitudinal bending*); dan kekuatan memanjang badan kapal diartikan sebagai kemampuan konstruksi badan kapal dalam menerima beban-beban lengkung longitudinal demikian itu.

Beban-beban lengkung longitudinal demikian itu merupakan salah satu faktor utama yang harus diperhitungkan dalam perencanaan kapal, terutama kapal-kapal besar, karena, sebagaimana telah dijelaskan, selama operasinya di laut dpat dipastikan bahwa kapal akan selalu mengalami hogging dan sagging yang silih berganti, dan ini akan merusakkan konstruksi kapal, yang berarti membahayakan keselamatan kapal itu sendiri, jika konstruksi kapal tidak direncanakan untuk mampu menahan beban-beban tersebut.

Sebagaimana telah dijelaskan, beban-beban lengkung longitudinal yang terbesar berada di bagian tengah kapal (*midship*). Oleh karena itu peraturan klasifikasi pada umumnya menitik beratkan ketentuan-ketentuan untuk ukuran-ukuran bagian-bagian konstruksi yang berada di daerah tengah kapal (umumnya di sepanjang sekitar 0,4 L sampai 0,7 L,

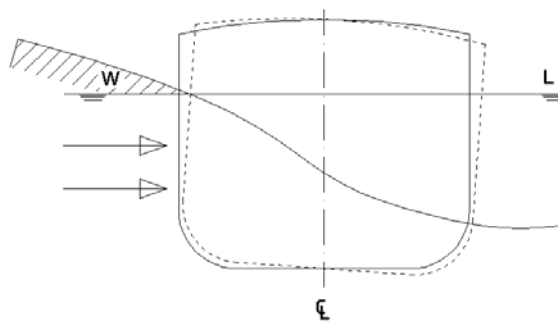
tergantung elemen konstruksi yang ditinjau), disamping pula beban-beban dari tegangan geser yang timbul penguatan khusus diujung-ujung (berkisar antara 0,05 L sampai 0,25 L dari ujung-ujung).

b. Racking

Tegangan-tegangan ini bekerja terutama pada pojok-pojok badan kapal (lutut bilga dan lutut-lutut balok geladak) sebagai akibat pukulan gelombang pada sisi kapal, atau pada saat kapal mengalami oleng (rolling). Dalam hal demikian ini badan kapal akan terpuntir, sehingga kulit kapal akan mengalami tegangan puntir.

c. Efek Tekanan Air (Effect of Water Pressure)

Tekanan air cenderung mendesak kulit sisi dan alas kapal ke dalam.

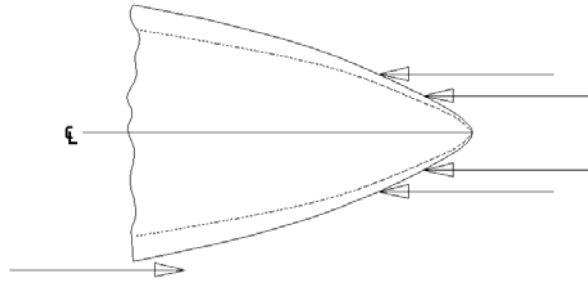


ambar .9-4. Racking

d. Panting

Panting, dalam kaitannya dengan konstruksi kapal, diartikan sebagai gerakan keluar-masuk (kembang-kempisnya) sisi-sisi kapal yang berada di ujung-ujung sebagai akibat silih bergantinya tekanan air yang diterima oleh sisi-sisi kapal tersebut.

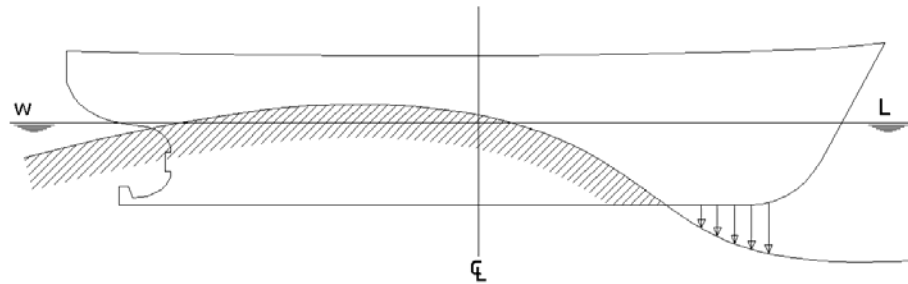
Pada waktu mengalami gerakan angguk (*pitching*), bagian depan badan kapal, demikian juga bagian belakang, akan mengalami keadaan dimana pada satu saat terangkat dari atas permukaan air dan saat berikutnya masuk kembali ke dalam air. Dengan demikian maka sisi-sisi kapal di daerah tersebut pada satu saat tidak mendapatkan tekanan air dan saat berikutnya menerima tekanan air. Hal ini akan menimbulkan tegangan-tegangan pada sisi-sisi kapal tersebut, dan dinamakan tegangan-tegangan panting (*panting stresses*).



Gambar .9-5. Panting

e. Pounding / slamming

Pada saat mengalami gerakan anggukan (*pitching*) sebagaimana disebutkan di atas, maka dalam gerakannya kembali ke dalam air bagian alas kapal di ujung depan akan menepuk permukaan air sebelum masuk kembali ke dalam air. Hal ini akan menimbulkan tegangan-tegangan yang akan dialami oleh alas kapal di daerah depan.



Gambar .9-6. Pounding / Slamming

f. Massa setempat

Beban-beban yang ditimbulkan oleh barang-barang berat yang ditempatkan pada bagian-bagian tertentu di dalam / pada badan kapal, seperti misalnya mesin-mesin, peralatan bongkar muat, muatan, dsb.

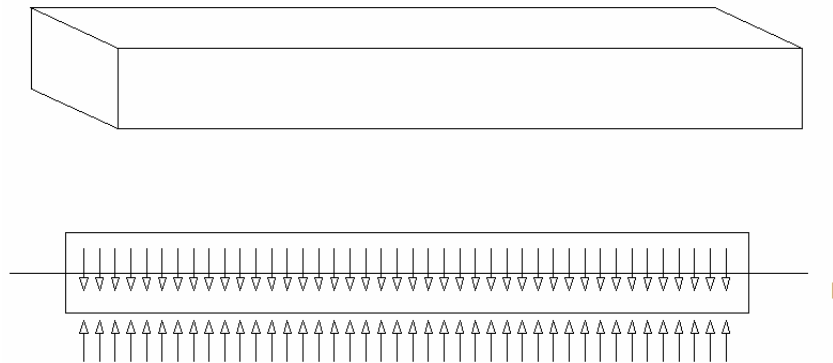
g. Getaran

Getaran-getaran yang ditimbulkan oleh mesin-mesin, baling-baling dan sebagainya akan cenderung menimbulkan beban-beban di daerah buritan.

4. Kekuatan Kapal

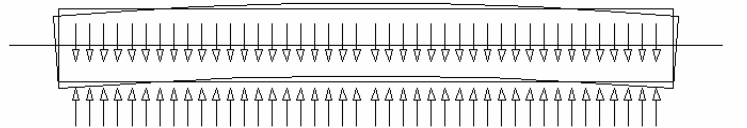
Untuk mengetahui kekuatan konstruksi memanjang suatu kapal, Dengan asumsi bahwa kapal tersebut adalah sebuah balok yang terapung di air.

Pertama-tama diambil sebuah balok tersebut dibuat dari bahan yang homogen sehingga setiap potongan memanjang balok mempunyai berat yang sama. Balok ini kemudian dicelupkan ke air dan air akan memberikan tekanan ke atas. Karena penampang balok adalah sama untuk seluruh panjang balok, setiap potongan memanjang balok akan mendapatkan tekanan ke atas yang sama. Jadi, berat dan tekanan ke atas setiap potongan memanjang balok adalah sama sehingga balok tidak akan mengalami lengkungan (Gambar 9.9).



Gambar 9.7. kekuatan kapal

Kemudian diambil balok dengan ukuran seperti di atas, tetapi bahan dari balok tersebut tidak homogen. Berat untuk $\frac{1}{4}$ bagian di ujung-ujungnya dibuat mempunyai kerapatan yang lebih besar daripada kerapatan $\frac{1}{2}$ bagian yang ditengah. Jadi berat setiap potongan memanjang untuk seluruh balok tidak sama, yaitu untuk $\frac{1}{4}$ bagian di ujung-ujungnya sama dan $\frac{1}{2}$ bagian yang ditengah lebih kecil daripada di ujung. Karena ukuran penampang balok tetap sama bila dicelupkan dalam air, tekanan ke atas yang diberikan oleh air untuk setiap potongan memanjang balok adalah sama. Jadi antara berat dan tekanan ke atas untuk setiap potongan memanjang balok tidak sama lagi dan hal ini akan menimbulkan lengkungan pada balok. (Gambar 9.9).

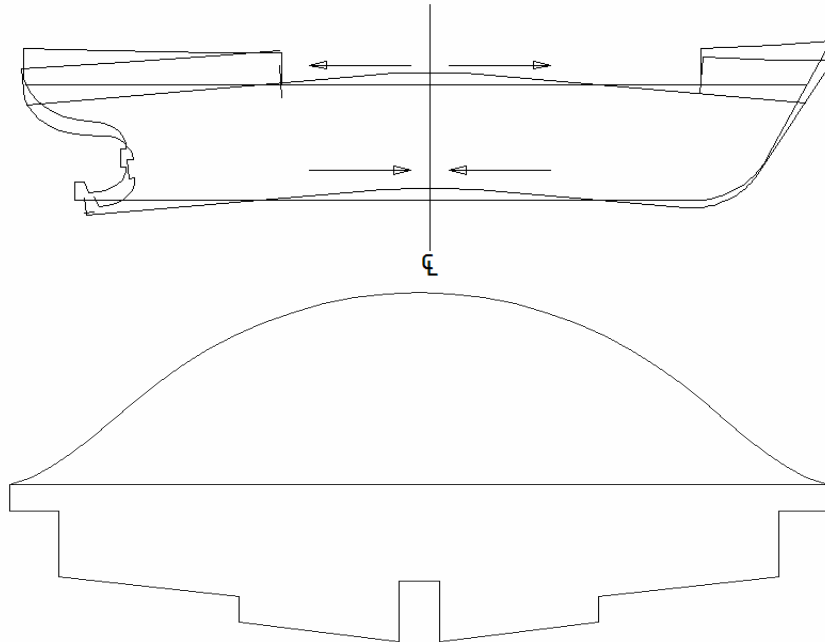


Gambar 9.8. lengkungan balok

Pada gambar di atas berlaku hukum Archimedes, yang menjelaskan bahwa berat balok sama dengan harga tekanan ke atas air ($P = \rho \cdot gv$)

Bila dikaitkan dengan sebuah kapal, hal tersebut akan nyata sekali. Kapal secara keseluruhan, dari depan sampai belakang merupakan benda

yang tidak homogen dan pembagian berat kapal tidak teratur untuk seluruh panjang kapal, baik beratnya sendiri maupun muatannya. Karena kapal juga terapung di air, kapal juga akan mendapat tekanan ke atas dari air. Karena bentuk bagian bawah kapal tercelup air dan penampang untuk seluruh panjang kapal itu tidak sama, maka tekanan ke atasnya juga tidak sama dan biasanya membentuk suatu kurva seperti pada gambar 9.9.



Gambar 9.9 Penampang Memanjang Kapal dan Kurva

Karena berat kapal dan tekanan ke atas untuk setiap potongan memanjang tidak sama, lengkungan kapal atau bending pada kapal akan selalu terjadi, hanya besar kecilnya sangat bergantung kepada pembagian berat dan tekanan ke atas dalam arah memanjang kapal. Karena lengkungan yang terjadi di sekitar tengah kapal tersebut adalah yang terbesar, konstruksi sekitar tengah kapal harus kuat supaya dapat menahan lengkungan. Untuk itu, diperlukan konstruksi yang kuat pada arah memanjang, khususnya untuk daerah geladak dan alas. Konstruksi yang dapat menambah kekuatan memanjang kapal pada geladak antara lain pembujur geladak, penumpu, dan pelat geladak. Untuk konstruksi alas antara lain : penumpu, pembujur alas, pelat alas, dan lunas.

BAB X KONSTRUKSI BAGIAN DEPAN

Konstruksi bagian ujung depan kapal adalah konstruksi yang meliputi bagian ujung depan kapal sampai dengan sekat tubrukan.

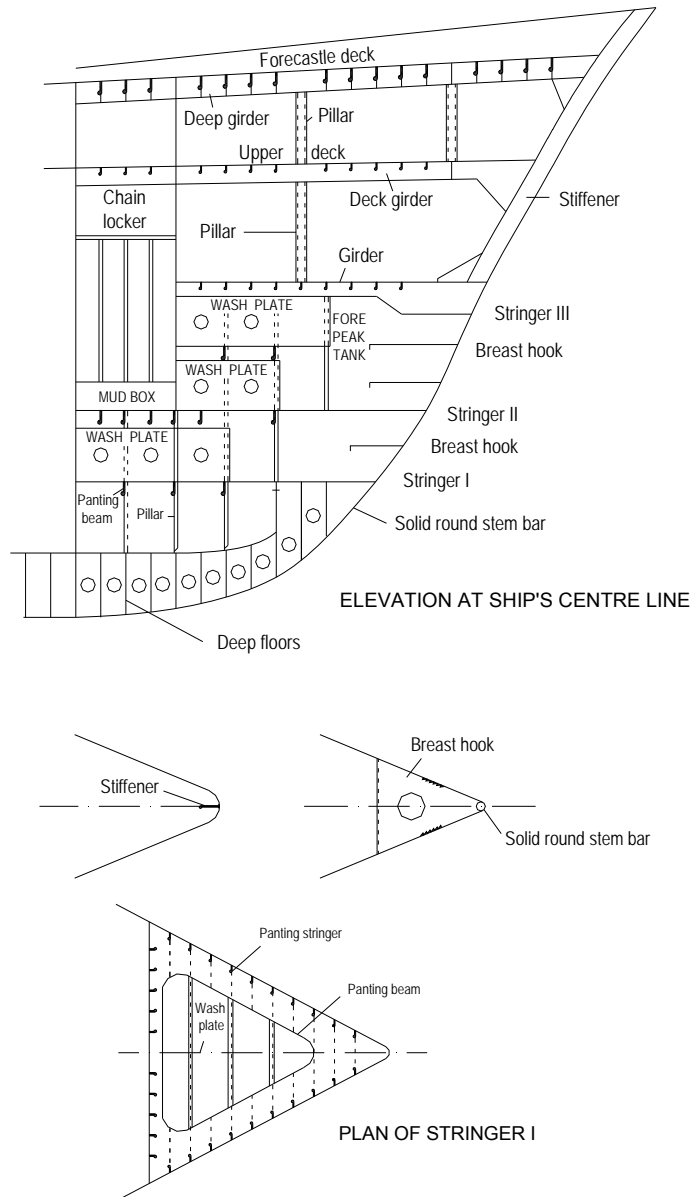
Bagian depan kapal dirancang untuk memisahkan air secara baik. Dan, aliran ini diusahakan supaya tetap *streamline* sepanjang kapal, sehingga tahanan gelombang kapal dapat dikurangi sampai sekecil-kecilnya.

Linggi haluan merupakan bagian terdepan kapal. Linggi ini menerus ke bawah sampai ke lunas. Pada saat ini yang lazim dipakai ada dua macam, yaitu linggi batang dan linggi pelat. Kadang-kadang dipakai juga gabungan dari kedua linggi ini. Adapun susunan konstruksi gabungan kedua linggi ini adalah sebagai berikut. Sebuah linggi batang dari lunas sampai ke garis air muat dan disambung linggi pelat sampai ke geladak. Penggunaan linggi pelat memungkinkan pembentukan suatu garis haluan yang bagus. Hal ini akan memperindah penampilan linggi haluan kapal. Selain juga untuk memperluas geladak dan memudahkan perbaikan linggi tersebut, apabila suatu saat kapal menubruk sesuatu. Pelat sisi dapat diperlebar sampai seluas geladak, sehingga memungkinkan bagian ujung depan kapal menahan hempasan air laut dan menahan supaya percikannya tidak sampai ke permukaan geladak.

Di geladak bagian depan biasanya ditempatkan mesin jangkar linggi. Kedua alat ini berguna untuk menarik atau mengangkat jangkar dan mengeluarkan tali pada saat akan berlabuh, sedangkan dibawah akil dipasang bak rantai untuk penempatan rantai jangkar. Pada kapal-kapal yang mempunyai ukuran cukup besar di bagian bawah garis air muat depan dipasang haluan bola. Haluan bola ini berbentuk gembung seperti bola dan berguna untuk mengurangi tahanan gelombang kapal.

A. Linggi Haluan

Linggi haluan merupakan tempat untuk menempelkan pelaut kulit dan juga penguat utama di bagian ujung depan kapal. Seperti telah diterangkan di atas, linggi batang dipasang dari lunas sampai garis air muat dan ke atas dilanjutkan dengan konstruksi linggi pelat. Pada gambar ini diperlihatkan konstruksi bagian depan kapal, lengkap dengan linggi pelat dan linggi batang. **Gambar10.1**

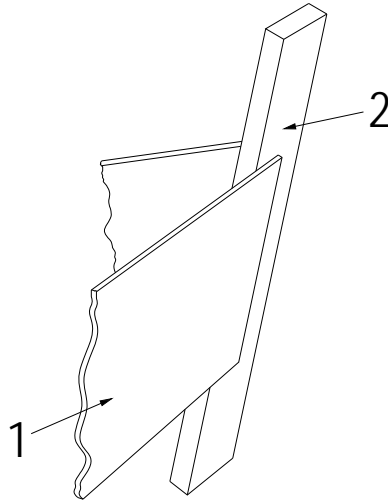


Gambar 10.1 konstruksi Bagian Ujung Depan

1. Konstruksi Linggi Batang

Konstruksi linggi batang adalah linggi yang terbuat dari batang berpenampang bulat atau persegi empat. Linggi ini

dilaskan di bagian bawah dengan ujung lunas pelat dan dibagian atas dengan linggi pelat. Pelat kulit kapal menempel pada sisi-sisi dari linggi batang. Gambar dibawah ini memperlihatkan linggi batang. (*Gambar 10.2*).



Gambar 10.2 konstruksi Linggi Batang

1. Pelat sisi 2. Linggi haluan batang

Persyaratan BKI mengenai linggi batang adalah sebagai berikut:

- Luas penampang melintang sebuah linggi batang dibawah garis air muat tidak boleh lebih kecil dari:

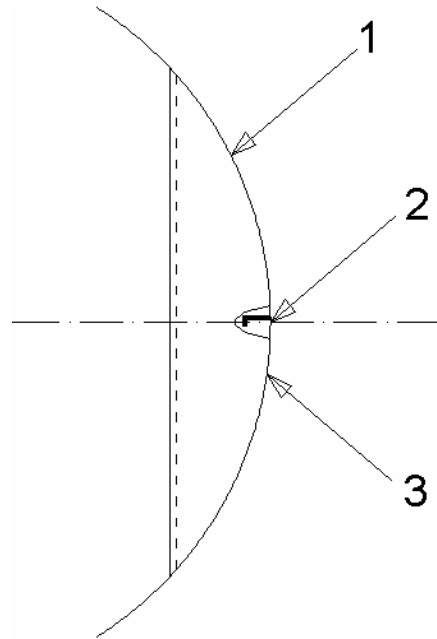
$$f = 1,25 L \text{ (cm}^2\text{)}$$
 di mana f = Luas penampang
 L = Panjang kapal (m).
- Mulai dari garis muat, luas penampang linggi batang boleh diperkecil dan pada ujung teratas $0,75 f$.

2. Konstruksi Linggi Pelat

Konstruksi linggi pelat dibuat dari pelat dibuat dari pelat yang dilengkungkan dan diberi penegar pada tiap jarak tertentu. Penegar ini disebut lutut linggi haluan (*breasthook*) dan berbentuk

sebuah pelat yang dipasang secara horizontal (*Gambar 10.3*). pada linggi pelat dipasang penegar berupa profil bulba atau batang lurus.

Pemasangan pelat kulit didaerah linggi haluan diberi ketebalan lebih dari pada pelat kulit disekitarnya.



Gambar 10.3 Penampang Lutut Linggi Haluan

1. Linggi haluan pelat
2. Penegar tegak
3. Lutut linggi haluan

Persyaratan dari BKI 2004 mengenai linggi pelat adalah sebagai berikut:

- Ketebalan linggi pelat harus lebih besar dari pada:

$$t = 0,08 L + 6 \text{ (mm)},$$
 di mana t = Tebal pelat
 L = Panjang kapal (m). untuk $L > 250$ m, L diambil 250 m.
- Mulai dari 600 mm diatas garis air muat, ketebalannya secara berangsur-angsur dikurangi sampai 0,8 t.
- Pelat linggi haluan dan haluan bola harus mempunyai lutut linggi haluan dengan jarak terpisah tidak lebih dari 1 m.

3. Konstruksi Haluan Bola

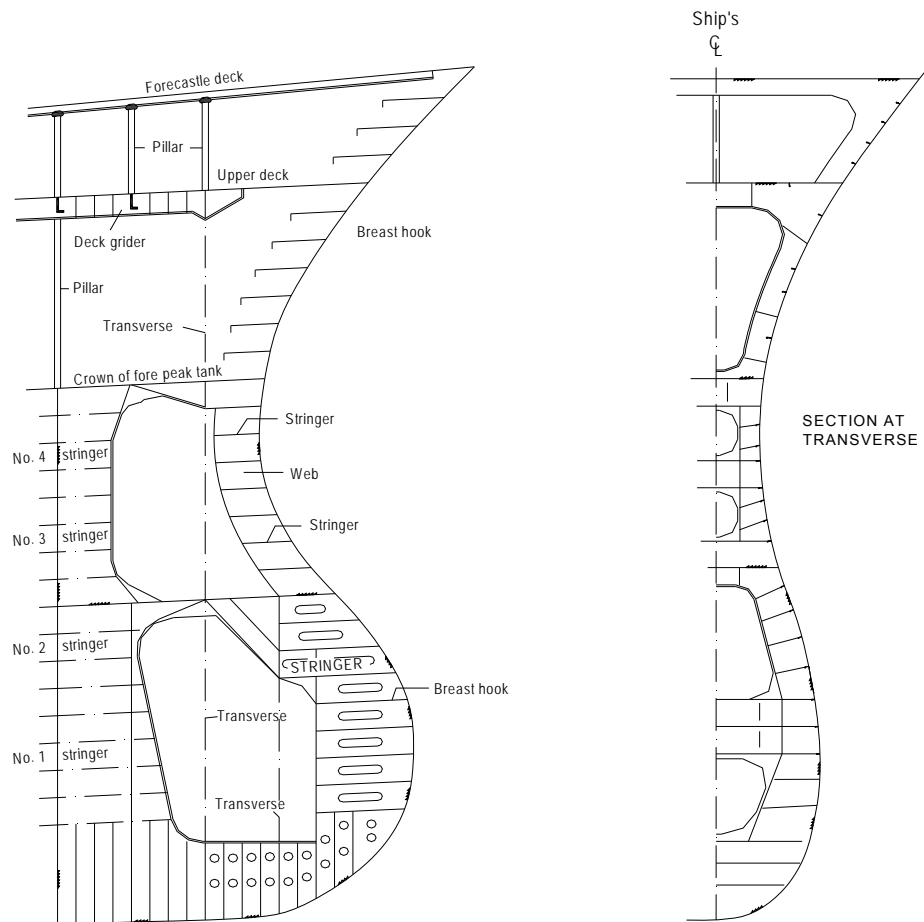
Untuk kapal yang dibuat pada masa sekarang, linggi haluan yang lurus (dibuat dari besi batangan) sudah mulai ditinggalkan, terutama untuk kapal-kapal yang ukurannya relative besar. Karena membutuhkan efisiensi yang lebih tinggi dalam setiap gerakannya, usaha untuk itu adalah dengan memasang haluan bola (bulbous bow) atau linggi dibawah garis air muat yang berbentuk bola. Haluan bola ini dipasang sebagai usaha mengurangi tahanan gelombang yang terjadi karena gerak maju kapal.

Susunan konstruksi haluan bola dapat bervariasi, ada yang dibuat dari pelat tuang yang dilengkungkan atau pelat berbentuk silindris yang dimasukkan kebagian depan kapal. Ketepatan berbagai hal, seperti perencanaan yang tepat, dan pemasangan adalah pokok segalanya. Selain itu, haluan bola merupakan perbaikan daya apung bagian depan kapal sehingga akan mengurangi anggukan kapal.

Konstruksi haluan bola (Gambar 10.4) terdiri atas pelat bilah tegak. Pelat bilah ini akan mempertegar ujung bebas dari lutut linggi haluan yang dipasang tepat didepan haluan bola.

Pengelasan balok pada setiap jarak gading melewati sekat berlubang yang terletak dibidang paruh kapal.

Ship Construction



Gambar 10.4 Konstruksi Haluan Bola

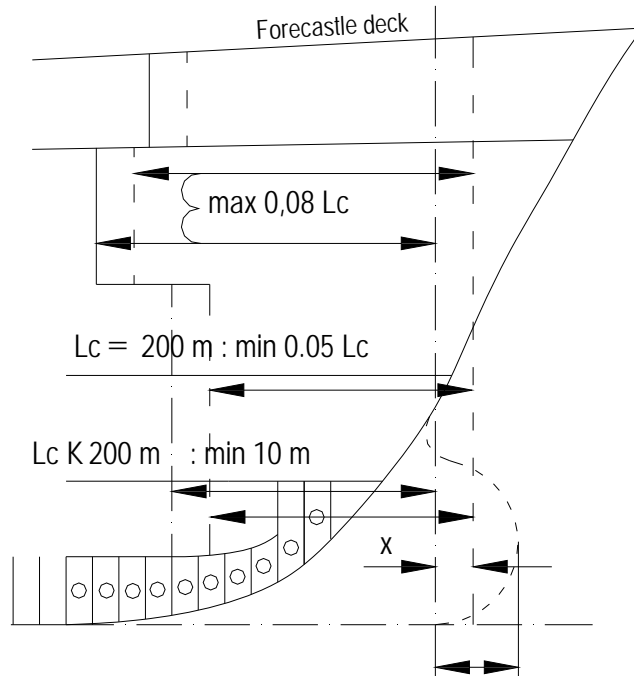
Senta ceruk (*panting stringer*) terdiri atas pelat berlubang yang dipasang melebar dan memanjang pada haluan bola. Pelat bilah tegak yang lain menyambung haluan bola ke bagian depan. Sebuah linggi tuang kecil yang terbuat dari baja tuang menghubungkan bagian atas haluan bola ke linggi pelat yang terletak diatas garis air muat. Macam-macam lubang orang dibuat pada susunan konstruksi ini. Hal tersebut akan memudahkan hubungan ke semua bagian haluan bola.

B. Sekat Tubrukan

Pemasangan sekat tubrukan pada suatu kapal sangat dibutuhkan karena sekat ini untuk menghindari mengalirnya air keruangan yang ada dibelakangnya apabila terjadi kebocoran di ceruk haluan akibat menubruk sesuatu dan dengan rusaknya ceruk haluan kapal masih selamat, tidak tenggelam.

Pemasangan sekat tubrukan menurut BKI 2004 adalah sebagai berikut:

- Kapal kargo dengan $L_c \leq 200$ m harus mempunyai sekat tubrukan yang jaraknya tidak kurang dari $0,05 L_c$ dari arah garis tegak haluan. Kapal kargo dengan $L_c > 200$ m dipasng sekat tubrukan sejarak > 10 m dari arah garis tegak haluan.
- Semua kapal kargo mempunyai sekat tubrukan yang ditempatkan tidak lebih dari pada $0,08 L_c$ dari garis tegak haluan. Jarak yang lebih besar disetujui dalam hal-hal khusus.
- Untuk kapal yang mempunyai beberapa bagian bawah air yang melewati garis tegak haluan, seperti haluan bola, jarak yang diisyaratkan seperti hal-hal diatas boleh diukur dari suatu titik referensi yang ditempatkan pada jarak x didepan garis tegak haluan dengan harga terkecil.
Dimana : a) $x = a/2$
 b) $x = 0,015 L_c$ dengan harga terbesar
 $x = 3$ m.
- Sekat tubrukan harus kedap air sampai geladak lambung timbul.
- Jika kapal mempunyai bangunan atas yang menerus atau bangunan atas yang panjang, sekat tubrukan harus diteruskan sampai kegeladak bangunan atas. Penerusan ini tidak perlu diletakkan langsung diatas sekat bawah. Bukaannya dengan alat penutup yang kedap cuaca dapat diizinkan sebelah atas geladak lambung timbul pada sekat tubrukan dan pada tingkat-tingkat relung yang disebut terdahulu. Jumlah lubang harus sedikit mungkin, sesuai dengan kebutuhan dan fungsi kapal.



Gambar 10.5 Batas Pemasangan Sekat Tubrukan dari Garis Tegak Haluan.

- Tidak boleh ada pintu-pintu lubang orang, bukaan-bukaan ventilasi pada sekat tubrukan dibawah geladak lambung timbul dan diatas dasar ganda. Apabila pipa pada kapal kargo menembus sekat tubrukan dibawah geladak lambung timbul, katup ulir yang dapat dilayani dari geladak lambung timbul dipasang pada sekat tubrukan didaerah ceruk haluan.

C. Ceruk Haluan

Konstruksi pada ceruk haluan harus cukup kuat. Pada daerah ceruk inilah yang pertama-tama mendapat hempasan gelombang. Hal ini disebabkan letak ceruk ini dibagian depan kapal. Karena tidak ada momen lengkung yangbekerja pada arah memanjang didaerah ini, pelat alas, pelat sisi, dan pelat geladak tidak perlu tebal dibandingkan bagian tengah kapal.

BKI 2004 memberikan persyaratan mengenai wrang pelat sebagai berikut:

- Ketebalan wrang pelat diceruk tidak boleh lebih kecil dari:

$$t = 0,035 L - 5,0 \text{ (mm)},$$

- Ketinggian wrang pelat dicerukhaluan diatas lunas sepatu linggi tidak lebih kecil dari:

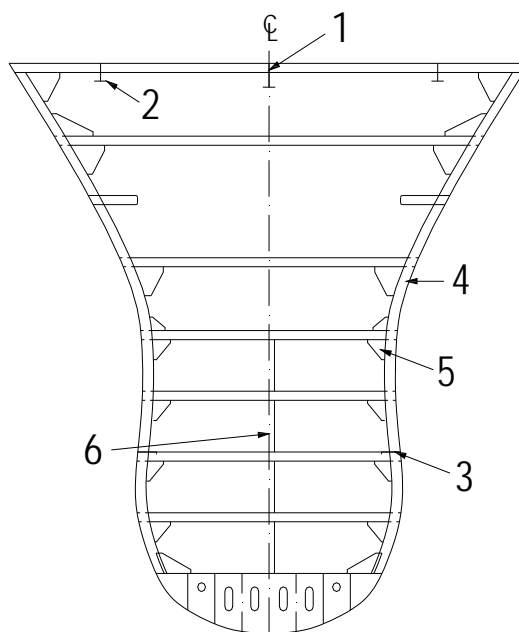
$$h = 0,06 H + 0,7 \text{ (m)}.$$

1. Sekat Berlubang (Dinding Sekat Ayunan)

Sekat berlubang adalah suatu sekat yang dipasang membujur. Sekat ini berlubang-lubang dan ditempatkan ditangki ceruk. Kegunaan sekat berlubang adalah untuk mengurangi guncangan akibat permukaan bebas cairan didalam tangki yang tidak diisi penuh pada waktu kapal mengalami olengan.

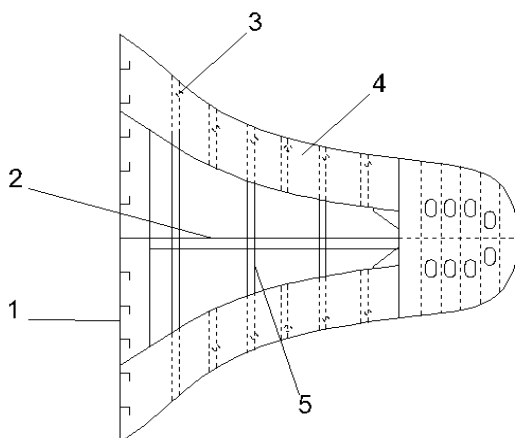
Pemasangan sekat berlubang diceruk haluan dengan menempatkan secara membujur tepat pada bidang paruh kapal (Gambar10.6).

Dibagian belakang sekat ini dilaskan ke sekat tubrukan dan dibagian depan dilaskan kelutut linggi haluan. Sekat berlubang ini ditembus oleh balok ceruk dan dibagian dasar kapal sampai ke penumpang tengah alas.



Gambar 10.6 Konstruksi Penampang Melintang Ceruk

- | | |
|---------------------------|--------------------|
| 1. Penumpu tengah geladak | 4. Gading |
| 2. Penumpu samping | 5. Lutut |
| 3. Senta Ceruk | 6. Sekat berlubang |



Gambar 10.7 Konstruksi Penumpu Memanjang Ceruk Sejajar Garis Air.

- | | | |
|--------------------|----------------|----------------|
| 1. Sekat tubrukan | 3. Gading | 5. Balok ceruk |
| 2. Sekat berlubang | 4. Senta ceruk | |

2. Balok Ceruk, Senta Ceruk, Gading, dan Balok Geladak

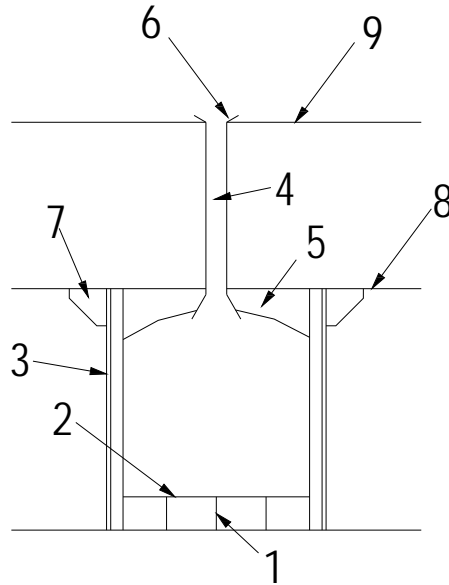
Konstruksi ceruk haluan yang terdiri atas senta ceruk, balok ceruk gading dan balok geladak harus diperhitungkan terhadap tekanan luar yang dihadapi, misalnya air, gelombang, dan benturan kulit dari pengaruh-pengaruh tersebut dibatas.

Konstruksi yang diperkuat meliputi 15% - 20% pajang kapal pada ujung haluan mulai dari depan sekat tubrukan sampai linggi haluan. Penguatan ini meliputi senta sisi mendatar yang disebut senta ceruk. Senta ceruk ini dipasang dengan jarak antara sama atau lebih kecil dari 2 m dibawah geladak terbawah, sedangkan balok ceruk dipasang melintang kapal pada tiap dua jarak gading. Balok ceruk dan senta ceruk pengikatannya dihubungkan dengan suatu lutut. Pada gambar diperlihatkan hubungan antara gading tengah dan senta ceruk dengan suatu lutut (Gambar 10.7). sebuah sekat berlubang atau sejumlah topang sejajar dipasang pada bidang paruh kapal.

3. Bak Rantai dan Tabung Jangkar

Bak rantai pada umumnya ditempatkan didepan sekat tubrukan. Ukuran bak rantai harus cukup untuk menyimpan seluruh rantai jangkar dan masih ada ruangan kosong diatasnya. Bak rantai berjumlah satu atau dua bagian, dipasang pada lambung kiri dan kanan kapal. Bak rantai ini sebaiknya dipasang serendah mungkin. Hal ini untuk mengurangi ketinggian pusat titik berat rantai. Rantai bak rantai dipasang pada bagian paling bawah dan pada rantai ini dibuat lubang pengering. Lubang ini akan menjaga agar rantai tetap kering, bersih dari air dan Lumpur.

Susunan konstruksi bak rantai terdiri atas pelat dengan penguat tegak disebelah luar. Pelat bilah yang membentuk susunan kapal bagian dalam juga dilengkapi dengan penguatan. Kenaikan rantai bak dibantu oleh sejenis wrang. Sumur-sumur yang ada dibak rantai dihubungkan pada system biga dan harus tetap bersih setiap kali jangkar dinaikkan. Biasanya dinding bak rantai dilapisi kayu, sehingga pada waktu memasukkan rantai suaranya tidak ramai dan tidak merusak dinding. Gambar berikut ini memperlihatkan konstruksi bak rantai.

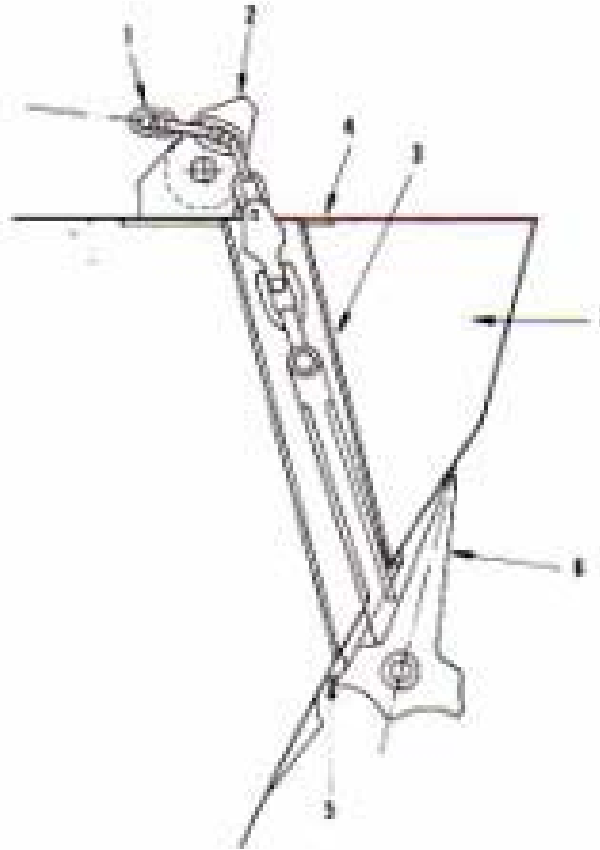


Gambar 10.8 Bak Rantai

1. Pelat Penyangga
2. Pelat Berlubang
3. Penegar
4. Lubang Rantai Jangkar
5. Lutut
6. Pipa Spurling
7. Lutut
8. Geladak Utara
9. Geladak Akil

Ditengah-tengah bak rantai pada geladak akil diberi sejenis ambang yang disebut pipa *spurling* yang dibuat dari pipa tebal, dan ujung-ujungnya diberi ring dari besi bulat. Hubungan antara bak rantai geladak akil, dan pipa spurling diperkuat dengan pemasangan lutut disekeliling bak rantai dan pipa spurling. Sebuah pelat dengan penampang U disisi-sisi bak dengan memotong lubang kaki digunakan sebagai jalan masuk kdasar bak dari pintu kedap digeladak lebih atas.

Tabung jangkar dibuat untuk memungkinkan supaya rantai jangkar tidak banyak hambatan menuju mesin jangkar dan juga supaya geladak akil tidak mengalami kerusakan pada saat dilalui rantai dan untuk menjaga kekedapannya



Gambar 10.9 Konstruksi Tabung Jangkar

- | | | |
|--------------------|---------------------|---------------|
| 1. Rantai jangkar | 4. Pelat rangkap | 7. Sisi kapal |
| 2. Pengikat rantai | 5. Landasan jangkar | |
| 3. Tabung jangkar | 6. Jangkar | |

Ukuran tabung jangkar harus cukup supaya pada saat jangkar diturunkan atau dinaikkan, rantai tidak mengalami hambatan.

Pada geladak akil dan pelat sisi sekitar ujung dan pangkal tabung diberi penguatan dengan pelat rangkap. Pada ujung-ujung tabung diberi pelat atau profil baja melingkar berbentuk bulat yang diikat dengan pengelasan. Saat kapal berlayar, tabung ini ada yang ditutup dengan pelat yang dapat digeser apabila diperlukan.

BAB XI

KONTRUKSI BAGIAN TENGAH KAPAL

A. Konstruksi Dasar

Susunan konstruksi dasar adalah suatu susunan konstruksi yang terdiri atas kerangka memanjang ataupun melintang yang terletak pada bagian dasar, baik untuk kapal, dasar ganda maupun dasar tunggal atau alas tunggal.

Nama-nama bagian konstruksi dasar adalah lunas, penumpu tengah, penumpu samping, pelat tepi, pelat alas, pelat alas dalam, pembujur alas, pembujur alas dalam, dan wrang. Bagian konstruksi pelat alas dalam hanya untuk kapal yang menggunakan dasar ganda.

Pembujur alas dan pembujur alas dalam hanya digunakan untuk kapal-kapal dengan sistem konstruksi memanjang atau kombinasi.

Dengan penyusunan bagian-bagian konstruksi dasar tersebut sesuai persyaratan yang telah ditentukan oleh Biro Klasifikasi Indonesia secara keseluruhan konstruksi dasar akan mampu menunjang kekuatan memanjang dan melintang kapal.

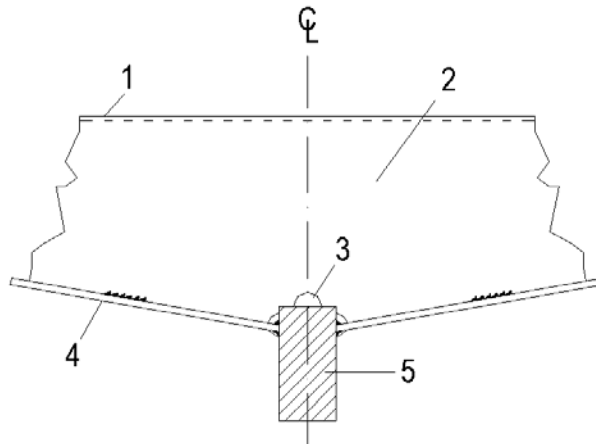
1. Lunas

Lunas adalah bagian konstruksi memanjang di dasar kapal yang terletak pada dinding memanjang kapal, mulai dari linggi haluan sampai linggi buritan. Pada bagian lunas inilah, kapal harus mampu mengatasi kerusakan, apabila kapal mengalami kandas.

Dalam perkembangannya dikenal tiga macam lunas yang sering dipakai, yaitu : lunas batang, lunas rata, dan lunas otak.

a. Lunas Batang

Lunas batang dibuat dari batang baja dengan penampang segi empat atau lingkaran. Kegunaan lunas adalah untuk melindungi dasar kapal, jika terjadi pergeseran dengan dasar perairan. Karena itu tidak mungkin membuat lunas batang sepanjang badan kapal. Lunas tersebut dibuat dari beberapa potongan yang disambung dengan sambungan las (Gambar 11.1). Lunas batang ini banyak digunakan untuk kapal-kapal kecil dan kapal yang mempunyai kecepatan tinggi, misalnya kapal ikan dan kapal patroli.



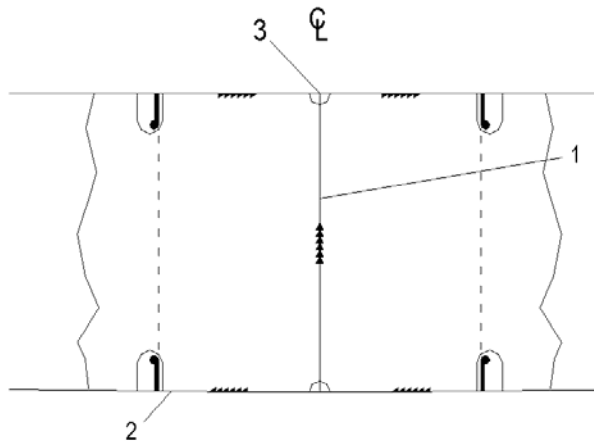
Gambar 11.1 Sambungan-sambungan pada Lunas Batang dengan system las

1. Pelat Hadap (Flange)
2. Wrang alas penu (Solid Floor)
3. Lubang jalan air (Drain Hole)
4. Pelat Alas (Gasboard Stroke)
5. Lunas Batang (Bar keel)

b. Pelat Lunas Rata

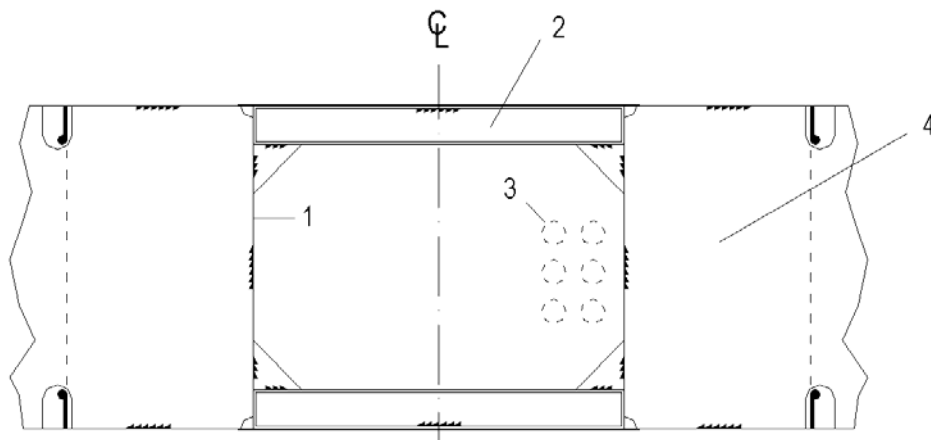
Konstruksi pelat lunas rata terdiri dari lajur pelat rata yang diletakkan di bagian alas dengan bidang simetri mulai dari sekat ceruk mulai dari sekat ceruk buritan. Tepat di bidang simetri ini dipasang pelat yang berdiri tegak diatas pelat lunas, dan disebut penumpu tengah.

Jika pada kapal yang mempunyai dasar ganda, konstruksi ini bentuknya mirip suatu penampang I. Secara berurutan dari bawah ke atas adalah : Pelat lunas rata, penumpu tengah yang dipasang pada bidang simetri dan pelat dalam (Gambar 11.2). Kalau konstruksi ini dipasang pada kapal dengan dasar tunggal, pelat atas dalam diganti dengan bilah hadap (Gambar 11.3)



Gambar 11.2 Lunas Pelat Rata Dasar Ganda Sistem Konstruksi Memanjang Lunas Pelat

1. Penumpuh tengah menerus (Continuous centre girder)
2. Pelat lunas rata (Flat Keel Plate)
3. Pelat alas dalam (Middle Strake Of Tank Top)



Gambar 11.3 Pelat Lunas Rata Dasar ganda

1. Penumpu samping (Side Girder)
2. Penegar (Stiffener)
3. Pipa (Piping)
4. Wrang alas penuh (Solid Floor)

Pelat lunas di pasang lebih tebal dari pelat sekitarnya. BKI menentukan ukuran lebar lajur pelat ini sebagai berikut.

$$b = 5 L + 800 \text{ (mm)}$$

$$b_{\text{maksimum}} = 1.800 \text{ (mm)}$$

Tebal pelat lunas rata di daerah $0,7 L$ tengah kapal tidak boleh kurang dari :

$$t_{FK} = t + 2,0 \text{ (mm)}$$

di mana :

t = ketebalan pelat alas (mm)

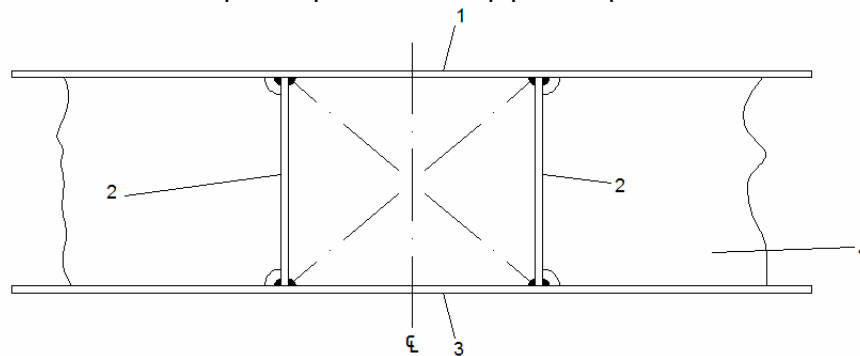
L = Panjang kapal (m)

Ketebalan pelat lunas rata boleh dikurangi 10% di daerah $0,15 L$ dari ujung belakang kapal. Pengurangan ini tidak diizinkan untuk fondasi mesin dan tidak boleh lebih tipis dibandingkan dengan tebal pelat las sekitarnya.

c. Lunas Kotak

Dengan adanya perubahan bentuk bagian dasar kapal, dari bentuk runcing (bentuk V) menjadi bentuk datar (bentuk U) dan juga makin besarnya ukuran kapal yang ada dewasa ini maka konstruksi lunas mengalami perubahan pula.

Pada saat ini, terutama untuk kapal-kapal besar, dipakai lunas yang berbentuk kotak. Lunas ini dibuat dari 2 buah pelat dasar tegak diletakkan di kanan-kiri bidang simetri memanjang kapal, dibagian bawah dihubungkan dengan pelat lunas datar dan di bagian atas dengan pelat alas dalam. Kotak yang terbentuk dapat dimanfaatkan untuk penempatan sistem pipa maupun kabel.

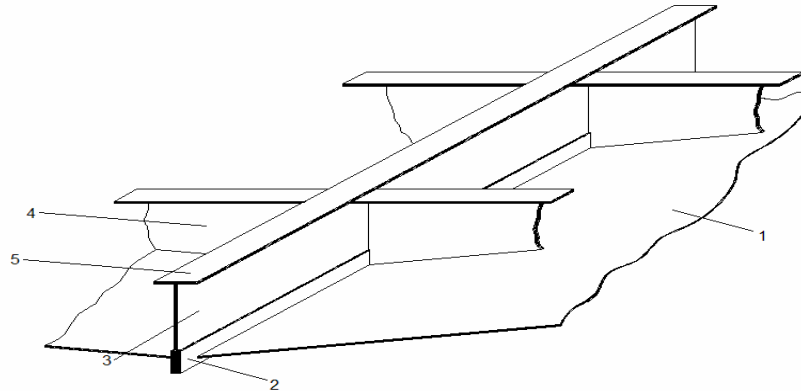


Gambar 11.4 Lunas Kotak

1. Pelat alas dalam
2. Penumpu tengah
3. Pelat lunas datar
4. Wrang.

2. Pelat Dasar

Pelat dasar (pelat alas) letaknya di dasar kapal, sebelah kiri dan kanan lajur lunas. Pelat ini menerima beban gaya tekan air, yang selanjutnya diteruskan ke wrang dan penumpu. Pemasangan pelat ini sejajar dengan bidang simetri, mulai dari ujung depan sampai ujung belakang kapal (Gambar 11.5)



Gambar 11.5 Pelat Alas

1. Pelat alas
2. Lunas batang
3. Penumpu tengah
4. Wrang pelat
5. Pelat hadap

Ketebalan pelat alas ditentukan oleh BKI, 2004 dan penentuan itu dikategorikan dalam bermacam-macam bagian (daerah).

Pelat dasar pada daerah arah 0,4 L bagian tengah kapal, untuk kapal yang mempunyai panjang kurang dari 100 m, ketebalannya tidak boleh kurang dari :

$$t = n_1 a \sqrt{\frac{P_s k}{16.5 + L/50}} (1 + L/300 - H/25) + t_k \text{ (mm)}$$

dimana :

- t = Tebal pelat (mm)
- P_s = Beban di dasar kapal (kN/m^2)
- k = Faktor bahan, harga 1 untuk kapal dari baja normal
- a = Jarak gading/jarak pembujur konstruksi memanjang (m)
- L = Panjang kapal (m)
- H = Tinggi kapal (m)
- T_k = Faktor korosi.
- n_1 = Harga 8,5 untuk konstruksi melintang dan harga 6,8 untuk konstruksi memanjang

Tebal pelat	tk
10 mm	1,5 mm
> 10 mm	0,1 t + 0,5 mm maksimum 4,0 mm

Untuk kapal dengan panjang lebih besar atau sama dengan 100 m, ditentukan dengan rumus :

$$T = n_2 \cdot a \sqrt{\frac{10 \cdot p_B}{\sigma_{pem} \cdot \sigma_B}} + t_k \text{ (mm)}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \sigma_{pem} &= \text{harganya } 230/\text{k (N/mm}^2\text{)}. \\ T_{\text{minimum}} &= 1,26 \cdot a \cdot \sqrt{P_B \cdot k} + t_k \text{ (mm)} \end{aligned}$$

Tebal minimum dan tebal kritis pada daerah 0,4 L bagian tengah kapal, setelah diperhitungkan pengurangannya berdasarkan daerah pelayaran, ketebalan pelat tidak boleh kurang dari tebal pelat-pelat ujung ataupun tidak boleh kurang dari tebal pelat kritis. Untuk kapal pada bagian yang menahan kekuatan memanjang sesuai yang disyaratkan, tebal pelat alas tidak boleh kurang dari perhitungan tebal pelat kritis di bawah ini.

$$t_{\text{kritis}} = 2,25 \cdot a \cdot \sqrt{\sigma_{DB/C}} \text{ (mm), untuk konstruksi melintang.}$$

$$t_{\text{kritis}} = 1,25 \cdot a \cdot \sqrt{\sigma_{DB}} \text{ (mm), untuk konstruksi memanjang}$$

Pelat dasar di luar daerah 0,4 L tengah kapal, untuk tebal pelat ujung 0,1 L di didepan garis tegak buritan dan 0,05 L di belakang garis tegak haluan tidak boleh kurang dari yang terbesar di antara angka-angka berikut.

$$\begin{aligned} t_1 &= 1,26 \cdot a \cdot \sqrt{P_B \cdot k} + t_k \\ t_2 &= (1,5 - 0,01 L) \sqrt{Lk} \text{ (mm), Untuk } L \leq 50 \text{ m} \\ t_3 &= \sqrt{Lk}, \text{ berlaku untuk } L \geq 50 \text{ m} \end{aligned}$$

t_2 maksimum = 16 mm dengan panjang kapal yang diperlukan tidak diambil > dari 12 tinggi kapal.

Di antara tebal di tengah kapal dan tebal 0,1 L di depan garis tegak buritan sampai 0,05 L di belakang garis tegak haluan, tebalnya tidak lebih kecil dari t_1 yang dihitung dengan memperhatikan jarak gading-gading tempat-tempat tersebut. Selain itu, diperlukan penguatan pelat dasar depan menurut persyaratan tambahan yang ada di BKI 2004

3. Konstruksi Dasar Tunggal

Kebanyakan yang menggunakan konstruksi dasar tunggal adalah kapal tangki ataupun kapal-kapal kecil. Konstruksi ini meliputi bagian yang memanjang, yaitu penumpu tengah, penumpu samping, dan pelat dasar. Bagian melintang pada konstruksi ini dipasang kerangka melintang, yaitu berupa wrang (*Gambar 11.6*)

Menurut BKI 2004, secara umum dasar tunggal mempunyai ketentuan sebagai berikut :

- ✚ Wrang alas harus dipasang setiap jarak gading.
- ✚ Jika kapal mempunyai kemiringan (rise of floor) pada 0,1 l dari ujung wrang sedapat mungkin tinggi wrang tidak kurang dari setengah tinggi wrang sesuai ketentuan. (l adalah panjang wrang yang diukur pada sisi atas wrang, dari pelat kulit ke pelat kulit kapal).
- ✚ Untuk kapal alas yang tinggi, terutama pada bagian ceruk buritan harus dilengkapi dengan profil-profil penegar.
- ✚ Wrang alas harus diberi lubang jalan air, sehingga air dengan mudah mencapai tempat pipa hisap.
- ✚ Jika lunas yang dipasang berupa batang dengan penumpu tengah yang terputus, wrang harus membentang dari sisi ke sisi kapal.

Ukuran-ukuran wrang alas dasar tunggal di antara sekat ceruk buritan dan sekat tubrukan berdasarkan modulus penampang. Ukuran modulus penampang tidak boleh kurang dari :

$$W = 8,5 \sqrt{Ta} \cdot l^2 \text{ (cm}^2\text{)}, \text{ untuk } Ta \leq 3,5$$
$$W = 4,5 Ta l^2 \text{ (cm}^2\text{)}, \text{ untuk } Ta > 3,5$$

dimana :

l = jarak yang tidak disangga (m), dan pada umumnya diukur pada tepi atas dari wrang.

$$l_{\text{minimum}} = 0,7 B$$

Di dalam ruangan yang biasa kosong, ketika kapal sedang berlayar pada saat penuh atau pada garis air muat penuh, kamar mesin dan tempat-tempat penyimpanan harus mempunyai modulus penampang wrang dengan tambahan ukuran 65 %.

Ketinggian wrang pelat dasar tunggal tidak boleh lebih kecil dari pada

$$h = 55 B - 45 \text{ (mm)}$$
$$h_{\text{min}} = 180 \text{ (mm)}$$

Untuk kapal dengan rise floor, ketebalan pelat bilah wrang tidak boleh kurang dari :

$$t = h/100 + 3 \text{ (mm)}$$

Di luar kamar mesin dan di belakang 0,25 L dari garis tegak haluan (FP), wrang pelat dipasang dengan pelat hadap.

Ukuran tebal penumpu tengah di bagian 0,7 L tengah kapal, harus lebih dari :

$$t = 0,007 L + 5,5 \text{ (mm)}$$

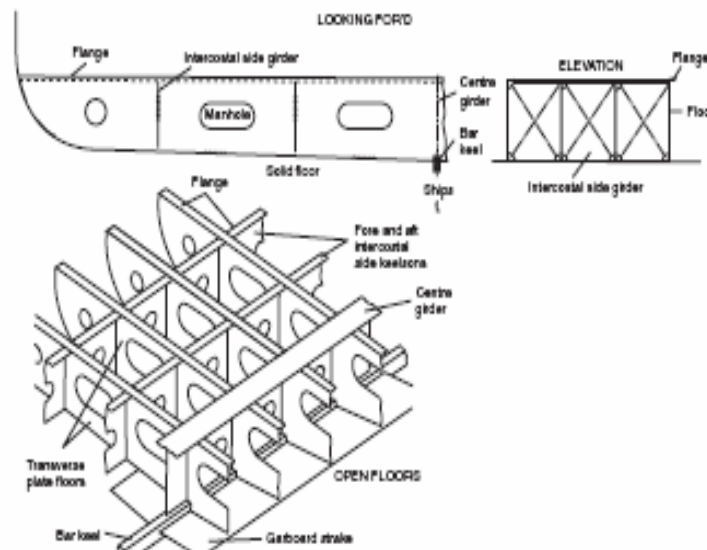
sedangkan luas penampang dari pelat hadap tidak boleh kurang dari :

$$t = 0,7 L + 12 \text{ (nm}^2\text{)}$$

Penumpu samping pada 0,7 L tengah kapal, mempunyai ukuran :

$$t = 0,04 L + 5 \text{ (mm)} \text{ dan } f = 0,2 L + 6 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Ketebalan kearah ujung dengan dari pelat web dan luas penampang dari pelat hadap boleh dikurangi 10%.



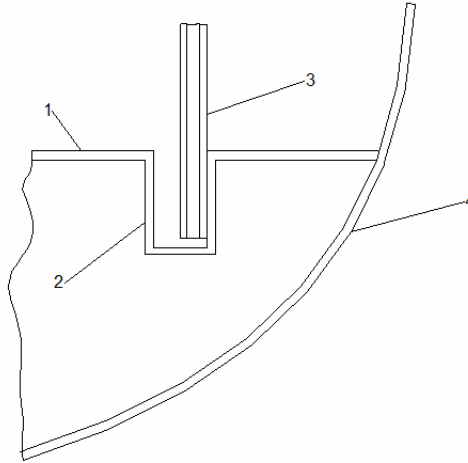
Gambar 11.6 Konstruksi dasar Tunggal

1. Lunas batang (Bar keel)
2. Penumpu tengah (Centre girder)
3. Flange (Pelat hadap)
4. Penumpu samping (side girder)
5. Wrang alas (Solid floor)
6. Pelat alas melintang (Transverse plate floor)

4. Konstruksi Dasar Ganda

Daerah yang disebut dasar ganda meliputi pelat alas, pelat alas dalam, pelat bilga, dan pelat tepi sebagai kedapannya.

Pelat tepi yang dibuat atau penerusan pelat alas dalam sampai bilga harus dipasang sumur-sumur atau pengumpul air (Gambar 11.7) untuk menggantikan pemasangan permukaan pelat tepi yang dibuat miring. Seperti diketahui, pelat tepi yang miring digunakan untuk mengumpulkan air kotor. Sesuai dengan ketentuan BKI, tebal pelat tepi adalah 20% lebih tebal dari pelat alas dalam.



Gambar 11.7 Sumur Air Kotor di Bilga

1. Pelat alas dalam
2. Lubang pengeringan
3. Pipa pemasukan bilga
4. Pelat sisi

Ukuran kedalaman minimum dasar ganda ditentukan oleh peraturan yang ada, tetapi pada umumnya disesuaikan dengan kebutuhan kapasitas tangki. Kedalaman dasar ganda diukur berdasarkan pemasangan penumpu tengah.

Tinggi penumpu tengah dasar ganda diukur dari sisi atas lunas datar sampai sisi kebawah alas dalam dan tidak kurang dari ketentuan di bawah ini :

$$h = 350 - 45 B \text{ (mm)}, \text{ dengan } h_{\min} = 600 ,$$

di mana :

h = Tinggi penumpu tengah.

B = Lebar kapal (m)

sedangkan untuk tebal kapal, ketebalan penumpu tengah dapat menurut rumus berikut :

Untuk daerah 0,7 L tengah kapal, ketebalan penumpu tengah adalah sebagai berikut :

$$t = (h/100 + 1) \sqrt{k} \quad (\text{ mm)}, \text{ untuk } h \leq 1200 \text{ mm}$$
$$t = (h/120 + 3) \sqrt{k} \quad (\text{ mm)}, \text{ untuk } h \geq 1200 \text{ mm}$$

di mana :

t = Ketebalan pelat (mm)

k = Faktor bahan.

Ketebalan boleh dikurang sampai 10% untuk daerah 0,15 L sampai ke ujung-ujungnya.

Susunan konstruksi dasar ganda dibuat dari wrang kedap, wrang alas penuh, dan wrang terbuka. Dari penumpu tengah, wrang dibuat menerus sampai ke pelat tepi. Wrang berfungsi sebagai penyangga pelat alas dalam.

Penumpu samping dipasang ke arah memanjang, dan penempatannya (jumlah yang dipasang) bergantung dari lebar kapal. Pemasangan penumpu samping ditentukan oleh BKI, baik tempat maupun jumlahnya, seperti yang tertulis di bawah ini.

Sekurang-kurangnya satu penumpu di samping dipasang di kamar mesin dan pada 0,25 L bagian haluan.

Di bagian lain dari dasar ganda juga dipasang satu penumpu samping, jika jarak mendatar sisi pelat tepi dan penumpu tengah melebihi 4,5 m.

Dua buah penumpu samping dipasang, jika mempunyai jarak melebihi 8 m dan 3 penumpu samping, jika jaraknya lebih dari 10,5 m.

Jarak penumpu samping satu sama lain atau dari penumpu tengah dan dari pelat tepi tidak boleh melebihi 1,8 m sepanjang fondasi mesin di kamar mesin, 4,5 m jika 1 penumpu samping dipasang di bagian lain dari dasar ganda, 3,3 m jika 3 penumpu samping di bagian lain dari dasar ganda dan di daerah penguatan dasar bagian haluan kapal jarak antara penumpu tidak boleh lebih dari 2 jarak gading.

Tebal penumpu samping tidak boleh kurang dari $t = 9h/120) \sqrt{k}$ (mm) di mana : tinggi penumpu tengah (mm).

Pelat alas dalam adalah pelat alas kedua dari kapal dasar ganda yang kedap air. Pelat ini diletakkan menerus di atas wrang-wrang. Sesuai dengan ketentuan BKI 2004, tebal pelat alas dalam tidak boleh kurang dari persyaratan di bawah ini :

$$\begin{aligned} t_1 &= 3,8 a \sqrt{T k + t_k} \text{ (mm)} \\ t_2 &= 3,5 a \sqrt{h k + t_k} \text{ (mm)} \\ t_3 &= 1,1 a \sqrt{P_i k + t_k} \text{ (mm)} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan ke tiga harga kita ambil salah satu yang terbesar sebagai ukuran pelat alas dalam.






di mana :

$$\begin{aligned} T &= \text{Garis air muat kapal (m)} \\ a &= \text{Jarak gading (m)} \\ k &= \text{Faktor bahan, harganya 1} \\ t_k &= \text{Faktor korosi,} \\ h &= \text{Tinggi ujung atas pipa limbah d atas alas dalam (m)} \\ P_i &= \text{Beban pelat alas dalam (kN/m}^2\text{)} \\ t_1 = t_2 = t_3 &= \text{tebal pelat alas dalam} \end{aligned}$$

Biasanya pada pelat alas dalam di ruang palka dilapisi kayu. Jika lapisan kayu tersebut tidak dipasang, tebal pelat alas dalam ditambah 2 mm dari hasil perhitungan di atas. Persyaratan ini tidak berlaku untuk kapal peti kemas. Di bawah ini fondasi mesin, tebal pelat alas dalam ditambah 2 mm. Penebalan ini harus diteruskan di luar fondasi mesin dengan 3 sampai 5 jarak gading. Jika menggunakan alat bongkar penggaruk (grabs) harus ditambah 5 mm.

Pada kapal dengan sistem konstruksi melintang, dasar ganda terdiri atas wrang penuh, wrang alas terbuka, dan wrang kedap air.

Wrang alas penuh adalah jenis wrang yang tidak membutuhkan kedap air oleh Karena itu pada wrang ini dilengkapi dengan lubang peringan atau lubang lalu orang. Fungsi lubang di samping untuk memperingan konstruksi juga untuk lewat orang pada waktu pemeriksaan. Sesuai peraturan Biro Klasifikasi di anjurkan dalam dasar ganda dipasang wrang alas penuh pada tiap-tiap jarak gading yaitu :

-  Pada bagian penguatan alas haluan.
-  Pada kamar mesin.
-  Di bawah ruang muat kapal pengangkut biji tambang.
-  Di bawah sekat melintang.
-  Di bawah topang dalam ruang muat.

Konstruksi wrang alas penuh terdiri atas pelat bilah dengan lubang peringan dan penegar tegak. Pelat wrang dilaskan pada penumpu tengah, penumpu samping, pelat tepi, pelat alas dalam dan pelat alas.

Untuk lewat udara dan air pada waktu pengisian dan pengeringan ruang dasar ganda, pada wrang dibuat lubang-lubang udara dari lubang-lubang air.

Tebal wrang alas penuh pada kapal alas ganda dalam system konstruksi melintang tidak boleh kurang dari :

Tebal tidak perlu lebih dari 16,0 mm,

di mana :

h = tinggi penumpu tengah

k = faktor bahan.

Penampang pelat bilah wrang alas penuh tidak boleh kurang dari

$t_s = (0,33 \cdot T \cdot l \cdot e) \cdot k$,

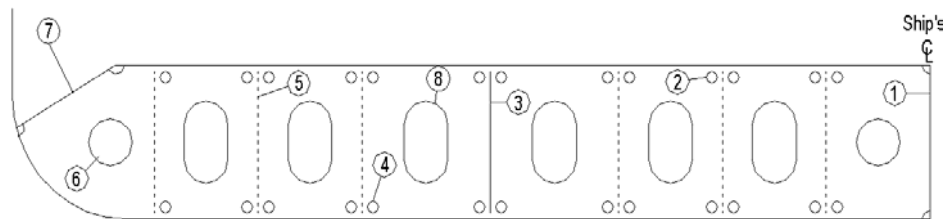
di mana :

e = jarak wrang alas (m).

l = jarak antara sekat memanjang jika ada (m).

$l = B$, jika dipasang sekat memanjang.

Konstruksi wrang alas penuh sistem konstruksi melintang dapat dilihat pada Gambar 11.8.



Gambar 11.8 Wrang Alas Penuh pada Dasar Ganda dengan Sistem Konstruksi Melintang.

1. Penumpu tengah (Centre girder)
2. Lubang udara (Air holes)
3. Penumpu samping terputus (Intercostal side girder)
4. Lubang jalan air (Drain hole)
5. Penegar wrang (Flat bar stiffener)
6. Lubang peringan (Lightning hole)
7. Pelat margin (Margin plate)
8. Lubang orang (Man hole)

Wrang alas terbuka dipasang pada tiap-tiap jarak gading di antara wrang alas penuh.

Konstruksi wrang alas terbuka terdiri atas gading alas pada pelat alas dalam gading balik pada pelat alas dalam, serta dihubungkan pada penumpu tengah dan pelat tepi antara penumpu tengah, penumpu samping, dan pelat tepi untuk menghubungkan gading balik dan gading alas.

Untuk menentukan ukuran gading balik dan gading alas dihitung berdasarkan modulus penampang. Modulus penampang gading alas tidak boleh kurang dari :

$$W = 0,8. a. P_B. l^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

di mana :

- a = Jarak gading (m),
- P_B = Besar beban pada alas (kN/m^2),
- l = Panjang yang tidak ditumpu diukir dari pelat penunjang ke pelat penunjang (m).

Modulus penampang gading alas minimum (W_{\min}) sama dengan modulus penampang penegar sekat pada tangki (W_2)

Modulus penampang gading balik tidak boleh kurang dari :

$$W = 0,8 a P_1 l^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

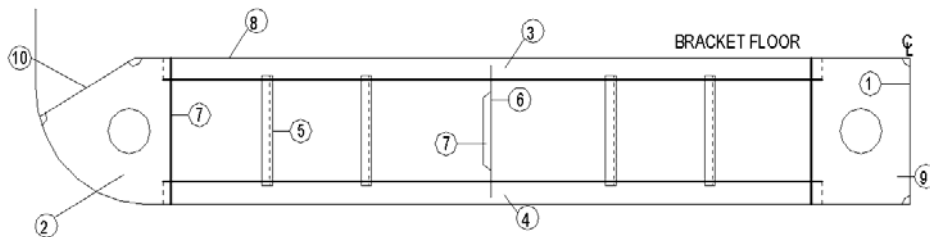
di mana :

P_1 = Besar beban pada pelat alas dalam (kN/m^2)

Modulus penampang gading balik tidak boleh kurang dari modulus penampang penegar sekat tangki (W_2)

Modulus penampang gading balik dan gading alas tersebut di atas dapat diperkecil sebesar 40%, jika diantara penumpu samping dan pelat tepi dipasang profil penunjang. Ukuran tebal pelat penunjang dibuat sama dengan ukuran tebal wrang alas penuh.

Konstruksi wrang alas terbuka untuk sistem konstruksi melintang dapat dilihat pada Gambar 11.9



Gambar 11.9 Wrang Alas Terbuka pada Dasar Ganda dengan Sistem Konstruksi Melintang

1. Penumpu tengah menerus (Continuous centre girder)
2. Pelat lutut (Bracket)
3. Gading balik (Inner bottom frame)
4. Gading Alas (Bottom frame)
5. Profil penunjang (Angle strut)
6. Penumpu samping terputus (Intercostal side girder)
7. Penegar (Flat stiffener)
8. Pelat alas dalam (Inner bottom plate)

9. Wrang alas terbuka (Bracket Floor)

10. Pelat Margin (Margin Plate)

Dasar ganda yang digunakan untuk menyimpan bermacam-macam cairan membutuhkan wrang kedap. Fungsi wrang kedap ini untuk membagi tangki di dasar kapal ke dalam bagian-bagian tersendiri secara memanjang, dan juga untuk membatasi ruang pemisah (cofferdam). Wrang kedap dilaskan ke pelat alas, pelat alas dalam pelat tepi, dan penumpu tengah serta penumpu samping.

Sesuai dengan ketentuan BKI, tebal pelat wrang kedap tidak boleh kurang dari tebal pelat sekat tangki dan juga tidak boleh kurang dari tebal wrang alas penuh. Untuk mencukupi kestabilan wrang kedap dipasang penegar tegak yang terdiri dari profil siku atau profil lain dengan modulus penampang tidak boleh kurang dari modulus penampang penegar sekat pada tangki yaitu :

$$W = 5,5.a.hp.l \text{ (cm}^3\text{)},$$

di mana :

W = Modulus penampang penegar.

hp = tinggi pipa limbah (m).

a = Jarak penegar / stiffener (m).

Kerangka dasar ganda dengan sistem konstruksi memanjang terdiri atas wrang, penumpu tengah, penumpu samping, pembujur alas, dan pembujur alas dalam.

Wrang-wrang pada dasar ganda dengan sistem memanjang terdiri wrang atas penuh yang diletakkan tidak lebih dari lima kali jarak gading dan tidak lebih dari 3,7 m.

Wrang alas penuh tersebut harus dipasang setiap jarak gading, yaitu dibawah fondasi ketel, di bawah sekat melintang, di bawah topan ruang muat, dan di baeah kamar mesin.

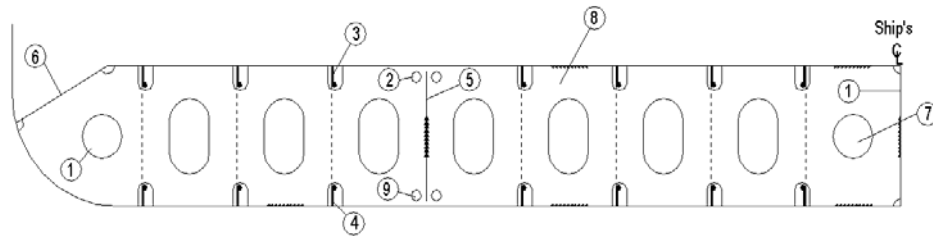
Tebal wrang alas penuh pada kapal dengan sistem konstruksi memanjang maupun penampang pelat bilah memperhatikan rumus perhitungan pada wrang alas penuh pada kapal dengan sistem konstruksi melintang.

Pembujur-pembujur alas dan pembujur alas dalam tidak terputus oleh wrang, tetapi menembus wrang melalui lubang-lubang pada wrang. Penegar tegak dari wrang ditempatkan satu bidang dengan pembujur-pembujur alas dan pembujur alas dalam.

Bila pembujur melalui wrang kedap, lubang pada wrang harus ditutup kembali dengan baik sehingga tidak terjadi perembesan cairan. Untuk pembujur yang terpotong pada wrang kedap dilengkapi dengan lutut yang tebalnya sama dengan tebal wrang.

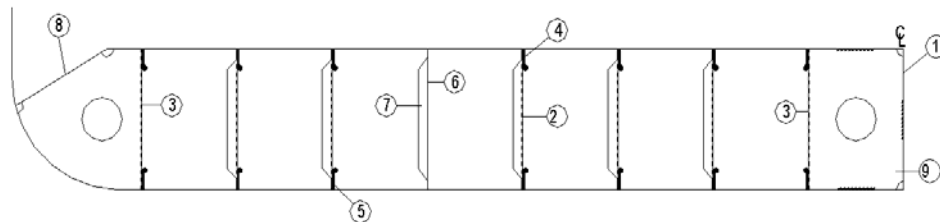
Di antara wrang-wrang alas penuh dipasang wrang-wrang alas terbuka, yang terdiri atas pelat-pelat penunjang yang mempunyai flens dan profil-profil penunjang.

Lebar pelat penunjang diukur pada alas dalam, kira-kira 0,75 kali tinggi penumpu tengah. Konstruksi wrang alas penuh dan wrang alas terbuka dapat dilihat pada Gambar 11.10 dan 11.11.



Gambar 11.10 Wrang Alas Penuh (solid floor) pada Dasar Ganda dengan Sistem Konstruksi Memanjang

1. Penumpu tengah menerus) (Continuous centre girder
2. Lubang udara (Air hole)
3. Pembujur alas dalam (Inner bottom longitudinal)
4. Pembujur alas (Bottom Longitudinal)
5. Penumpu samping terputus (Intercostal side girder)
6. Pelat tepi miring (Margin plate)
7. Lubang peringan (Lightening hole)
8. Lubang Orang (Manhole)
9. Lubang air (Drain hole)



Gambar 11.11 Wrang Alas Terbuka pada Dasar Ganda dengan Sistem Konstruksi Memanjang

1. Penumpu tengah menerus (Continuous centre girder)
2. Pelat penunjang (Angle strut)
3. Pelat hadap (Flange)
4. Pembujur alas dalam (Inner bottom longitudinal)

5. Pembujur alas (Bottom Longitudinal)
6. Penumpu samping terputus (Intercostal side girder)
7. Penegar (Flat bar stiffener)
8. Pelat tepi miring (Margin plate)
9. Pelat lutut (Bracket)

G. Konstruksi Lambung

Sistem konstruksi lambung sebagai kerangka lambung kapal pada pokoknya terdiri atas dua sistem yaitu sistem kerangka gading melintang dan sistem kerangka gading memanjang.

1. Gading

Konstruksi kerangka gading-gading melintang merupakan penegar-penegar tegak yang dipasang pada pelat lambung dan berfungsi untuk memperkuat pelat lambung dari tekanan air di luar kapal. Pada kapal dengan geladak jamak (lebih dari satu) gading-gading ini diberi nama sesuai dengan letaknya. Gading-gading yang terletak di bawah geladak terakhir atau geladak utama disebut gading utama, yang terletak di antara dua geladak disebut gading antara, sedangkan yang disebut gading bangunan atas adalah gading yang terletak di bangunan atas.

Gading-gading melintang pada umumnya dipasang pada kapal-kapal yang lebih kecil dari 100 m karena masih belum memerlukan kekuatan memanjang yang lebih besar pada daerah lambung.

Gading-gading pada geladak dihubungkan dengan balok geladak melintang dan lutut sedangkan di bagian dasar dengan pelat lutut bilga.

Jarak gading melintang di lambung bervariasi dan sangat bergantung pada ukuran panjang kapal. BKI menentukan jarak gading standar a_0 dari sekat ceruk buritan hingga 0,2 L dari garis tegak haluan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$a_0 = L/500 + 0,48 \text{ (m)},$$

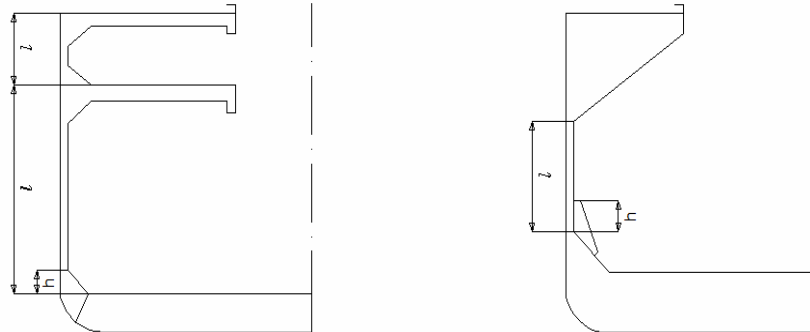
$$a_0 \text{ maksimum} = 1 \text{ m}.$$

Untuk penampang profil gading-gading utama, BKI menentukan berdasarkan hasil perhitungan modulus penampang gading tersebut. Modulus penampang gading-gading tidak boleh kurang dari :

$$W = k n a I^2 P_s f \text{ (cm}^3\text{)}$$

di mana :

- a = Jarak gading
 K = Faktor bahan. Berharga = 1 untuk kapal dengan baja normal.
 l = Jarak bentang (m), termasuk pengikatan bagian-bagian ujung, biasanya tidak kurang dari
 P_s = Besar beban tekan untuk gading (kN/m^2)
 n = $0,63 - L/400$, untuk $L \leq 100$ m..
 = $0,38$, untuk $L > 100$ m..
 f = $1,4 - h$ ($f_{\min} = 0,9$)
 h = Tinggi lutut di sisi atas wrang atau pelat alas dalam (lihat gambar 11.12 a dan 11.12 b)



Gambar 11.12 Penentuan Jarak Bentang dari Rumus BKI 2004

Modulus penampang gading dalam tangki harus ditambah 10% dari hasil rumusan tersebut di atas dan tidak boleh kurang dari modulus penegar dalam tangki. Jika tangki muatan juga digunakan sebagai tangki balas, modulus penampang gading-gading tidak boleh kurang dari :

$$W = k \cdot 0,55 \cdot a \cdot l^2 \cdot P_1 \text{ (cm}^2\text{)}$$

dimana :

- P_1 = Besar beban tekan pada tangki (kN/m^2)
 Untuk modulus penampang gading-gading geladak antara dan gading-gading bangunan atas tidak boleh kurang dari :

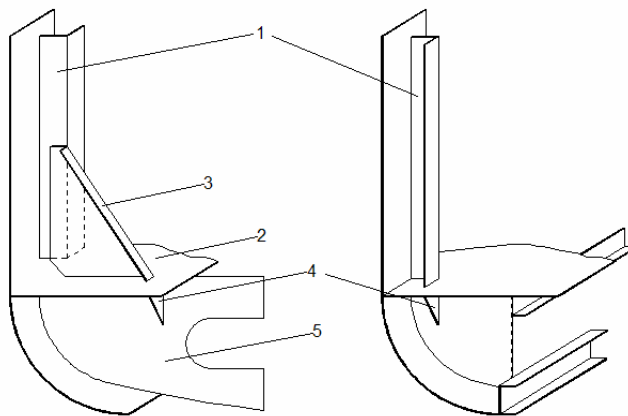
$$W = k \cdot 0,8 \cdot a \cdot l^2 \cdot P_s \text{ (cm}^3\text{)}$$

dimana :

- P_s = Tidak boleh kurang dari $P_{\min} = 0,4 \cdot P_L \cdot (b / l)^2$ (kN/m^2).
 B = Panjang balok geladak dibawah gading-gading geladkantara (m).
 P_L = Beban pada geladak antara, untuk puncak tangki adalah setengah jarak antara puncak tangki dan ujung atas pipa limbah akan tetapi tidak kurang dari $12,3$ (kN/m^2)

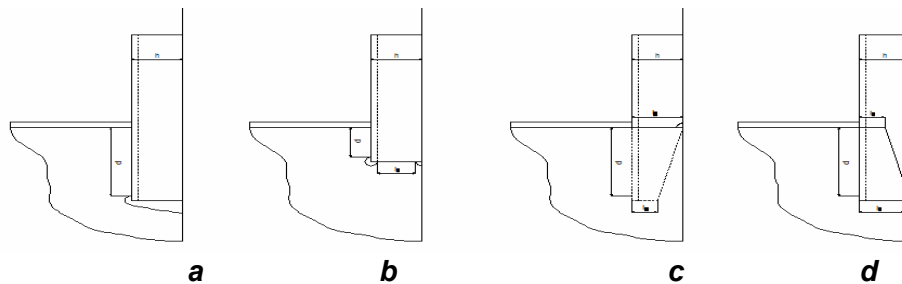
Hubungan gading-gading ruang muat pada bagian atas ke pelat tepi atau pelat alas dalam dengan mempergunakan pelat lutut bilga. Pelat lutut bilga dilas pada pelat alas dalam seperti diperlihatkan pada Gambar 11.13 a. Hubungan semacam ini dijumpai pada sistem konstruksi melintang.

Konstruksi berikut adalah untuk kapal-kapal yang menggunakan konstruksi dasar dengan penguatan profil-profil memanjang. Pelat bilah dan pelat hadap gading dilas pada pelat alas dalam dan dilengkapi dengan pelat lutut bagian bawah alas dalam, seperti Gambar 11.13 b. Lutut bilga dilaskan pada pembujur alas dan pembujur alas dalam. Gading-gading disambung dengan pelat lutut bilga yang diletakkan sebidang (Gambar 11.14 ab) dan dapat pula disambung secara berimpit dengan lutut bilga (Gambar 11.14 cd)



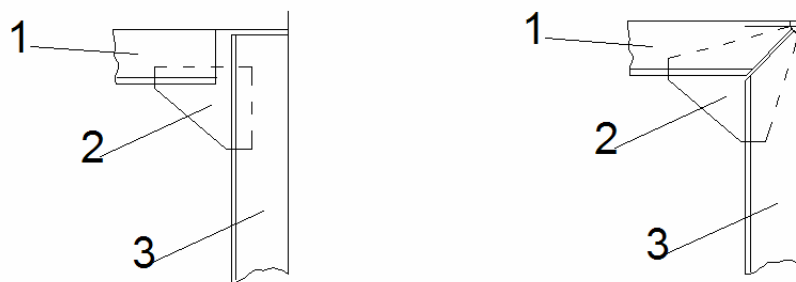
Gambar 11.13 Hubungan Ujung-ujung Gading Palka

1. Gading
2. Pelat Alas dalam
3. Lutut
4. Lutut
5. Wrang

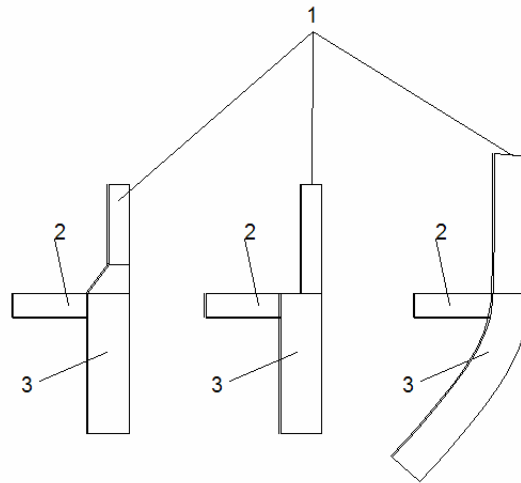


Gambar 11.14 Detail Sambungan Gading-gading dengan Lutut Bilga

Hubungan antara gading-gading dengan balok geladak melintang diperlihatkan pada Gambar 11.15 dan penyambungan gading dengan geladak antara, diperlihatkan pada Gambar 11.16.



Gambar 11.15 Hubungan Gading dengan Balok Geladak



Gambar 11.16 Penyambungan Gading pada Geladak Antara

1. Gading antara
2. Balok geladak
3. Gading utama

Konstruksi yang menggunakan gading-gading memanjang pada lambung dan penguatan memanjang bagian geladak dasar disebut sistem konstruksi memanjang. Gading-gading memanjang yang ada dinamakan pembujur sisi. Bagian ujung pembujur sisi ditumpu oleh sekat-sekat melintang dan antara kedua sekat melintang terdapat gading besar melintang atau yang lebih dikenal dengan sebutan pelintang sisi. Pembujur sisi menerus menembus pelintang sisi dan terputus oleh sekat melintang. Pelintang sisi sebagai tumpuan dari pembujur sisi mempunyai jarak antara yang tertentu, pada umumnya beberapa jarak gading melintang. Dengan memakai sistem konstruksi

memanjang akan mengakibatkan pelat lambung lebih stabil dan tegar untuk menahan beban memanjang.

Untuk penampang profil pembujur sisi, BKI 2004 menentukan berdasarkan hasil dari perhitungan modulus penampang pembujur sisi. Modulus ini ukurannya tidak boleh kurang dari :

$$W = m.a.l^2.p$$

di mana :

- ✚ Untuk pembujur di depan 0,4 L di tengah kapal, harga $m = 83,3 / \sigma_{perm}$ dengan harga m minimum $k n$.
- ✚ Untuk pembujur di daerah 0,1 L di ujung kapal, $m = k. n$. harga $perm$ dan n menurut BKI 2004. harga $n = 0,70$ dengan beban

$P_1 k$ = Factor beban, harganya 1 untuk baja kapal normal dan

a = Jarak antara pembujur sisi (m)

l = jarak bentang yang tidak ditumpu (m)

P = Besar beban tekan (kN/m^2), harganya dapat diambil sama dengan harga P_s

Pada daerah antara, setelah 0,4 L tengah kapal dan 0,1 L dan ujung belakang kapal, ukuran profil dapat dikurangi secara berangsur-angsur.

Untuk pembujur-pembujur sisi dalam tangki muatan, modulus penampang tidak boleh kurang dari modulus penampang tangki (W_2)

Pelintang-pelintang sisi yang digunakan pada sistem konstruksi memanjang untuk tumpuan pembujur sisi mempunyai modulus penampang tidak boleh kurang dari :

$$W = k 0,6 e l^2 (cm^3),$$

dimana :

e = Jarak antara pelintang sisi (m)

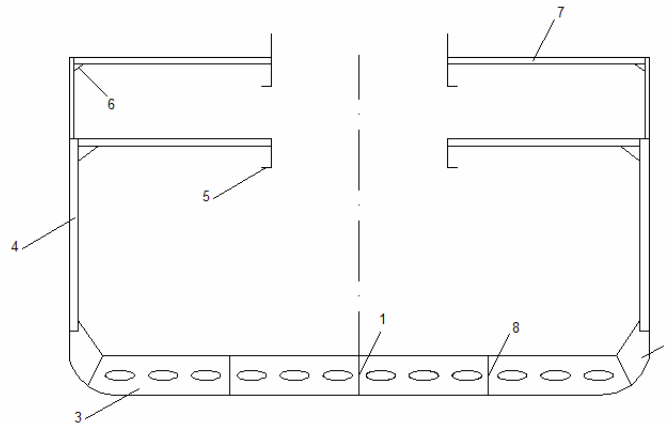
L = Jarak bentang yang tidak ditumpu (m).

Luas penampang melintang pelat bilah pelintang sisi tidak boleh kurang dari :

$$f = k 0,061 e l p (cm^2).$$

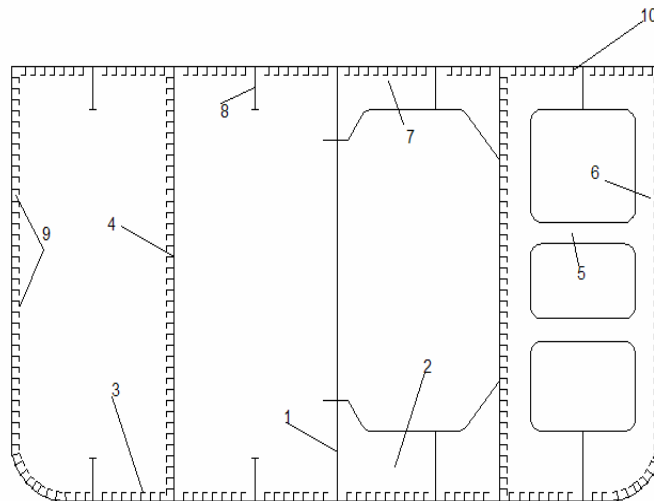
Di dalam tangki-tangki muat, modulus penampang pelintang sisi dan Luas penampang melintang pelat bilah tidak boleh kurang dari modulus penampang penegar tangki (W_2) dan luas penampang melintang pelat bilah penegar tangki (f_2). Di bawah ini diperlihatkan gambar-gambar konstruksi ada yang melintang, memanjang, dan

gambar-gambar konstruksi kombinasi (Gambar 11.17, Gambar 11.18 dan Gambar 11.19).



Gambar 11.17 Sistem Konstruksi melintang

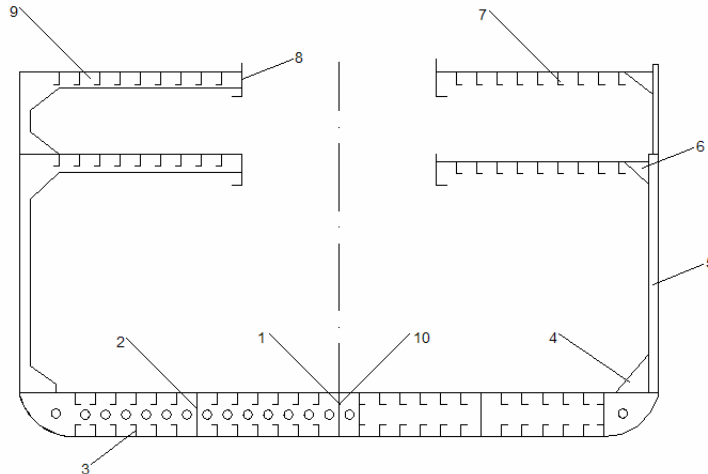
1. Penumpu tengah alas
2. Pelat Lutut tepi
3. Wrang
4. Gading utama
5. Penumpu geladak
6. Lutut balok geladak
7. Balok geladak
8. Penumpu samping alas



Gambar 11.18 Sistem Konstruksi Memanjang

1. Penumpu tengah alas
2. Pelintang alas
3. Pembujur alas

4. Sekat memanjang
5. Palang pengikat
6. Pelintang sisi
7. Pelintang geladak
8. Penumpu samping geladak
9. Pembujur sisi
10. Pembujur geladak
11. Pelintang sekat



Gambar 11.19 Sistem Konstruksi Kombinasi

1. Penumpu tengah alas
2. Penumpu samping
3. Pembujur alas
4. Pelat lutut
5. Gading utama
6. Lutut geladak
7. Pembujur geladak
8. Ambang palka
9. Pelintang geladak
10. Pembujur alas dalam

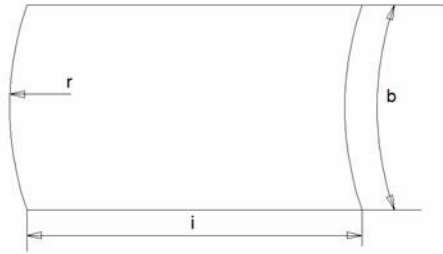
2. Pelat Bilga dan Lunas Bilga

Pelat bilga merupakan lajur pelat yang mempunyai jari-jari kelengkungan tertentu dan ditempelkan di antara pelat sisi dengan pelat alas. Pada bagian luar dari pelat bilga ini dipasang lunas bilga yang berbentuk sirip.

Ukuran pelat bilga atau pelat lajur bilga mempunyai ketebalan sama dengan pelat sisi (BKI). Hal tersebut berlaku untuk sistem konstruksi melintang. Tebalnya sama dengan tebal pelat alas jika kapal tersebut menggunakan sistem konstruksi memanjang untuk

lambung dan alas. Lebar lajur pelat bilga menurut BKI tidak boleh kurang dari :

$B = 800 + 5 L$ (mm), batas maksimum harga $b = 1.00$, dimana :
 L = Panjang kapal (m).



Gambar 11.20 Penentuan Lebar Lajur Bilga (BKI)

Lunas bilga adalah sayap yang dipasang pada kelengkungan bilga di kedua sisi kapal. Lunas ini berguna untuk mengurangi keolengan kapal. Pemasangan lunas bilga secara memanjang dari $\frac{1}{2}$ sampai $\frac{2}{3}$ panjang kapal. Tipe lunas yang sering dibuat ada dua macam, yaitu :

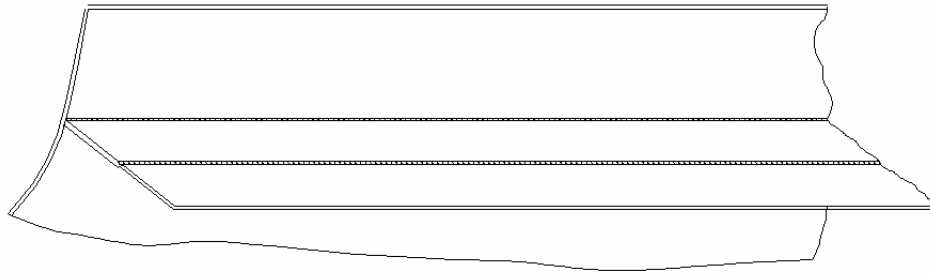
- ✚ Lunas bilga yang dibuat dari pelat profil tunggal. Profil yang digunakan berupa bilah rata atau profil gembung (bulba), seperti Gambar 11.21
- ✚ Lunas bilga yang dibuat dari pelat ganda dengan penguatan pelat lutut, seperti Gambar 11.22 a.

Ukuran lebar lunas bilga dibatasi atau diusahakan agar tidak menonjol keluar dari lebar maksimum dan dari garis dasar kapal. Hal tersebut dimaksudkan untuk menghindari benturan dan kekandasan kapal (Gambar 11.22 b). Lebar lunas bilga yang sering digunakan adalah yang mempunyai ukuran 50-100 mm.

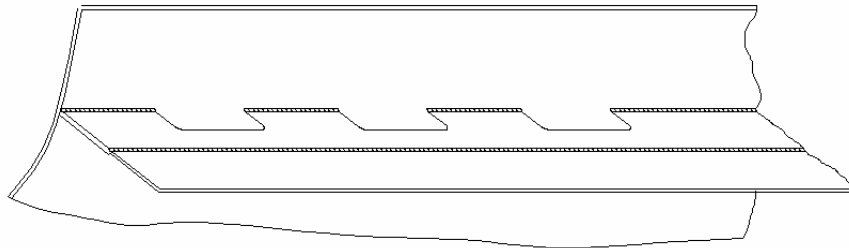
Pemasangan lunas bilga ada bermacam-macam cara, yaitu :

- ✚ Pelat sirip yang dilaskan menerus pada pelat lajur bilga, kemudian profil bilga diikatkan dengan cara pengelasan.
- ✚ Lunas bilga dilaskan pada pelat lajur bilga dan diberi skalop sepanjang lunas.

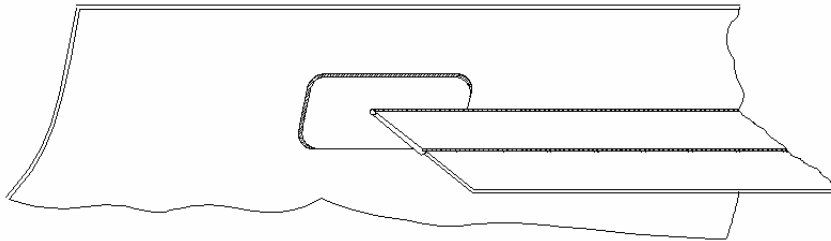
Adanya lunas bilga dapat menyebabkan terjadinya pemusatan tegangan di daerah ujung lunas. Hal tersebut akan menyebabkan keretakan pelat bilga. Untuk mencegah kejadian tersebut bagian-bagian ujung dari lunas dipotong miring dan pemotongan diusahakan berakhir tepat pada wrang atau pelat lutut bilga. Cara pemasangan lunas bilga dapat dilihat pada Gambar 11.21.



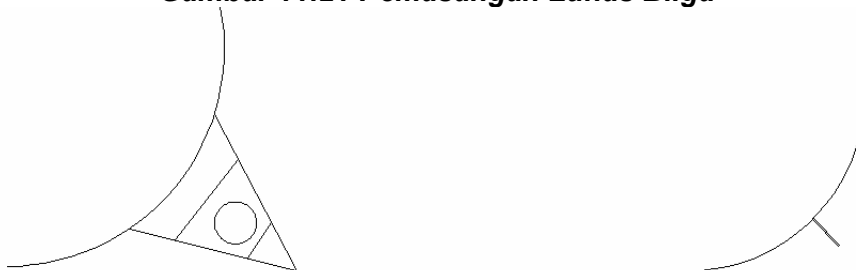
(a) Lunas Bilga yang Hanya Dilas



(B) Lunas Bilga yang Dilas dan Diberi Skalop



Gambar 11.21 Pemasangan Lunas Bilga



Gambar 11.22 Cara Menentukan Lebar Maksimum Lunas Bilga dan Lunas Bilga dengan Plat Ganda

3. Pelat Sisi

Pelat sisi bersama-sama dengan gading merupakan bagian utama pada konstruksi bangunan kapal karena bagian tersebut mempunyai fungsi sebagai berikut :

- ✚ Melindungi ruangan kapal dari kemasukan air laut.
- ✚ Menahan gaya-gaya yang diakibatkan oleh tekanan air laut
- ✚ Bersama-sama dengan geladak dan bagian alas berguna untuk kekuatan melintang dan memanjang kapal;
- ✚ Untuk menahan beban setempat, yaitu beban yang diterima pada waktu kapal diluncurkan dan benturan dengan benda-benda.

Pelat sisi terdiri atas beberapa lajur pelat. Yang termasuk pelat sisi adalah pelat yang terletak di antara pelat geladak dengan pelat sisi itu sendiri yang dinamakan pelat lajur atas. Pelat lajur atas ini dipasang secara memanjang dari haluan sampai buritan kapal.

Tebal dan lebar pelat lajur atas diatur dalam buku BKI 2004 dan tidak boleh kurang dari :

$$B = 800 + 5 L \text{ (mm)},$$

$$B_{\text{maksimum}} = 1.800 \text{ (mm)}$$

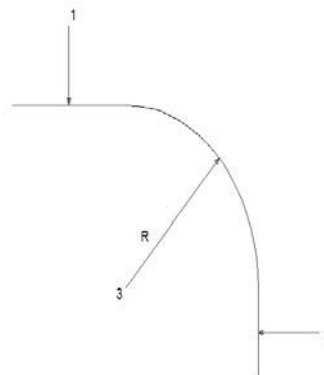
di mana :

$$b_{\text{max}} = \text{lebar pelat (mm)}.$$

Ketebalan pelat lajur sisi atas untuk daerah 0,4 L tengah kapal tidak boleh kurang dari tebal pelat geladak kekuatan bagian tengah kapal atau tebal pelat sisi pada bagian yang sama. Ketebalan untuk daerah 0,4 L tengah kapal tersebut tidak boleh kurang dari tebal kritis pelat geladak kekuatan.

Tepi sebelah atas pelat lajur atas pada umumnya dipasang menonjol sampai di atas garis geladak dan disambung dengan las sudut terhadap pelat lajur sisi geladak. Hubungan antara pelat lajur atas dengan pelat sisi geladak dapat dibuat melengkung, contohnya pada kapal tangki minyak dan kapal muatan curah.

Jari-jari kelengkungan yang disyaratkan oleh BKI adalah lebih besar 15 kali pelat sisi. Diperlihatkan pada Gambar 11.23.



Gambar 11.23 Hubungan Antara Pelat Lajur Atas dan Pelat Geladak.

1. Pelat geladak
2. Pelat lajur atas
3. Radius kelengkungan

Lajur lainnya dinamakan pelat sisi, yaitu pelat yang terletak di bawah pelat lajur atas. Lebar pelat sisi sebaiknya diambil sesuai dengan ukuran lebar pelat standar yang ada di perdagangan, sedangkan panjang pelat sisi diambil sepanjang-panjangnya.

Sesuai dengan persyaratan BKI 2004, tebal pelat sisi pada daerah 0,4 L tengah kapal adalah sebagai berikut :

$$t = n_1 a \sqrt{\frac{T.k}{1,8 + 6L/1000}} (1 + L/600 - H/50) + t_k \text{ (mm)}$$

- (untuk kapal dengan panjang < dari 100 m)

$$t = n_2 a \sqrt{T.k} + t_k$$

- (untuk kapal dengan panjang > 100 m),

Harga minimum = $0,21.n_2 a \sqrt{L.k} + t_k$ (mm) dengan harga a tidak boleh kurang dari $0.85 .a_0$

di mana :

- k = Faktor bahan, 1 untuk baja kapal biasa,
- n_1 = 8,5 untuk sistem susunan konstruksi melintang dan 6,8 untuk system susunan konstruksi memanjang.
- n_2 = 5,9 untuk sistem susunan konstruksi melintang dan 4,8 untuk system susunan konstruksi memanjang.
- T = Batas garis air muat kapal (m),
- L = Panjang kapal (m),
- H = Tinggi geladak (m),
- T_k = Faktor korosi,
- A = Jarak gading (m),
- A_0 = Jarak gading standar yang sesuai dengan perhitungan (m).
- P_s = Beban pada pelat sisi (kN/m²). (Dapat dilihat pada buku BKI 2004 Bab 4. B2)

Kalau ada pengurangan akibat daerah pelayaran, tebal pelat tidak boleh kurang dari tebal pelat bagian ujung.

Untuk lajur pelat yang terletak 0,2 H di atas garis dasar, pengurangan dapat diizinkan sampai tebal minimum yang ditentukan sesuai dengan t_{minimum} atau tebal pelat sisi pada daerah di luar 0,4 L tengah kapal (t_3), jika keadaan pembebanan mengijinkan

Tebal pelat sisi di luar daerah 0, L tengah kapal pada batas 0,1 L dari garis tegak buritan sampai 0,05 L dari garis tegak haluan, tidak boleh kurang dari ketentuan di bawah ini dan diambil yang terbesar.

$$t = 1,26 a \sqrt{P_s \cdot k + t_k} \text{ (mm)}$$





di mana :

t_3 =Tebal pelat bagian ujung.

Pada sistem dengan pengelasan, sambungan-sambungan antara lajur pelat sisi dan lajur pelat sisi lainnya menggunakan sambungan-sambungan lurus dan tidak dibenarkan adanya sambungan-sambungan tumpuk (overlap), sebab dapat menimbulkan hal-hal sebagai berikut.

- ✚ Bahan dan kawat las dipakai menjadi lebih banyak.
- ✚ Kekuatan sambungan kurang baik.
- ✚ Korosi dapat timbul di sela-sela pelat, jika sambungan kurang rapat.
- ✚ Tahanan gelombang kapal menjadi lebih besar.

Jenis-jenis sambungan las yang digunakan adalah sambungan I, V, X, dan sebagainya, bergantung dari tebal pelat yang akan disambung. Bila dijumpai penyambungan antara dua pelat yang berbeda tebalnya, tebal pelat yang lebih besar harus dikurangi secara berangsur-angsur sampai tebalnya sama dengan yang lebih kecil.

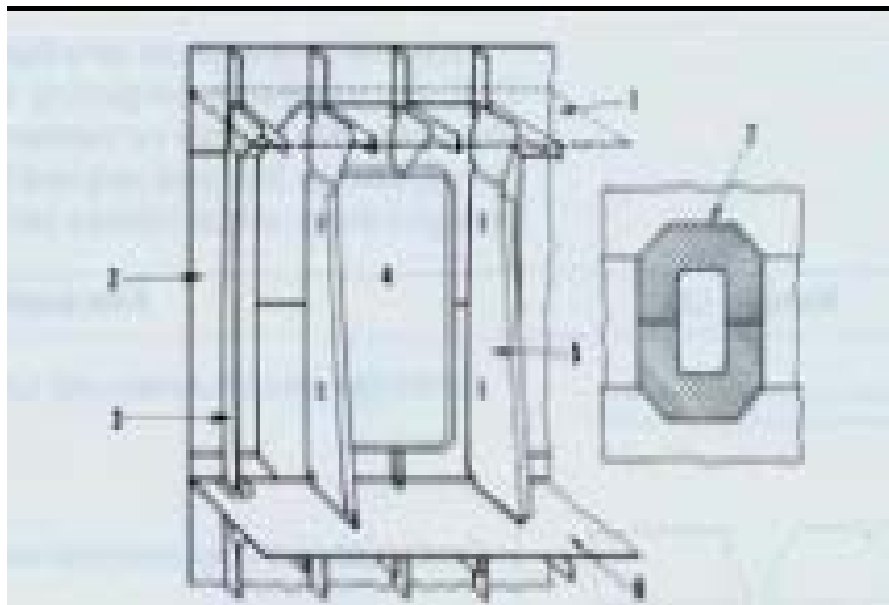
Kampuh Las	Keterangan
	Sambungan lurus untuk pelat-pelat tipis ($t \leq 4,5$ mm)
	Sambungan lurus untuk pelat-pelat edang ($4,5 \leq t \leq 20$ mm)
	Sambungan lurus untuk pelat-pelat tebal ($t > 20$ mm)
	Sambungan lurus untuk pelat-pelat yang berbeda

Pada lajur tertentu, harus dibuat berlubang atau mempunyai bukaan-bukaan. Bukaan-bukaan tersebut adalah untuk keperluan

jendela, kerangan laut, lubang untuk rantai jangkar, pintu-pintu untuk kargo, dan sebagainya.

Bukaan-bukaan itu akan mengakibatkan lemahnya konstruksi kapal. Oleh karena itu, bukaan-bukaan itu diberi penguatan dengan memasang pelat yang lebih tebal atau pelat rangkap. Cara lain yang dapat dilakukan untuk penguatan adalah dengan memperbesar ukuran gading di sekitar lubang atau bukaan itu. Jika penguatan tersebut menggunakan pelat rangkap, pelat rangkap itu dibuat dari pelat yang sama tebalnya. Pelat rangkap ini dipasang mengelilingi lubang, dipasang secara menyeluruh pada bagian-bagian lubang dan tepi pelat rangkap dengan pengelasan tepi-tepinya (Gambar 11.2).

Menurut ketentuan BKI, ukuran lebar lubang sama dengan 500 mm untuk panjang kapal sampai 70 m dan 700 mm untuk panjang kapal lebih dari 70 m. Bukaan-bukaan yang berupa pintu, lebarnya 1,5 kali jarak gading. Untuk penguatan di sekitar pintu adalah dengan memperbesar ukuran-ukuran gading atau dengan memasang gading-gading besar (Gambar 11.12). Harus diperhatikan pula mengenai lubang-lubang dan bukaan-bukaan yang berbentuk bulat atau persegi. Untuk yang persegi, sudut-sudut harus dibulatkan, hal ini untuk menghindari adanya konsentrasi gangan setempat yang dapat mengakibatkan keretakan.

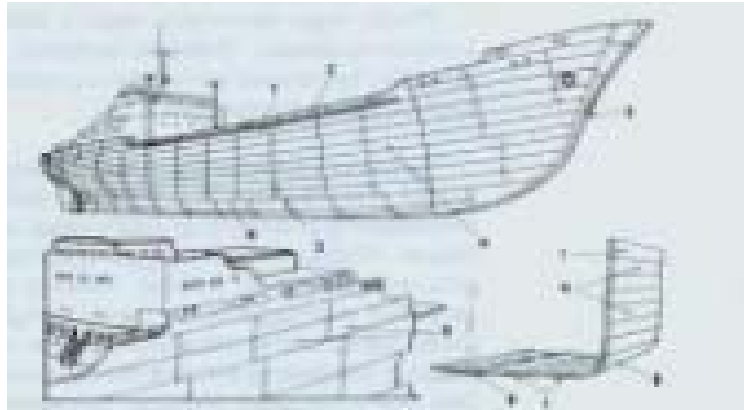


Gambar 11.24 Pelat Rangkap dan Penguatan Sekitar pintu

1. Geladak
2. Plat sisi

3. Gading
4. Pintu
5. Gading besar
6. Geladak
7. Pelat rangkap
3. Pelat sisi

Susunan pelat sisi dan pelat-pelat lainnya pada bangunan kapal diperlihatkan pada Gambar 11.25.



Gambar 11.25 Susunan Pelat Sisi dan Pelat-pelat lain pada Bangunan Atas

1. Pelat lajur atas
2. Kubu-kubu
3. Linggi haluan pelat sisi
4. Sambungan pelat sisi
5. Pelat bilga
6. Pelat atas
7. Lunas
8. Pelat sisi bangunan atas.

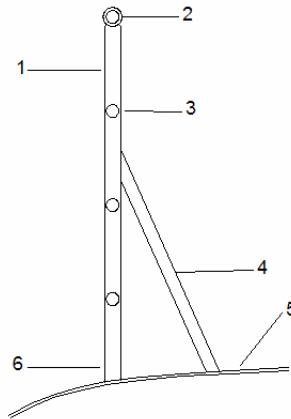
4. Kubu Kubu Dan Pagar

Kubu-kubu merupakan pagar yang dipasang di tepi geladak dan berfungsi untuk menjaga keselamatan penumpang, anak buah, dan juga melindungi barang-barang di atas geladak agar tidak jatuh ke laut pada saat kapal mengalami oleng.

Kubu-kubu yang sering dipakai pada saat ini ada dua macam bentuk, yaitu kubu-kubu terbuka dan kubu-kubu tertutup.

Kubu-kubu terbuka dapat juga disebut pagar (railing). Kubu-kubu ini dibuat dari pelat bilah yang dipasang tegak, sedangkan untuk yang mendatar dibuat pipa-pipa. Ada pula dengan konstruksi yang terdiri atas pipa-pipa tegak dan di bagian bawahnya dipasang engsel. Pada sistem yang kedua, pipa-pipa mendatar pada kubu-kubu ini diganti dengan rantai. Kubu-kubu ini dapat dirobohkan atau dipindah apabila diperlukan.

Jarak pemasangan pelat tegak atau pipa-pipa tegak pada umumnya dua kali jarak gading, pipa-pipa yang dipasang mendatar jarak antara satu dengan yang lain kurang lebih 300 mm, dan tinggi pagar tidak boleh kurang dari 1 m. Konstruksi dari kubu-kubu terbuka diperhatikan pada Gambar 11.26



Gambar 11.26 Kubu-kubu Terbuka

1. Pelat Bilah
2. Pipa
3. Pipa pejal
4. Tiang penyangga
5. Geladak
6. Pelat bilah memanjang

Kubu-kubu tertutup dibuat dari pelat yang ukurannya lebih tipis dibandingkan dengan pelat sisi. Peraturan BKI menyebutkan tebal pelat kubu-kubu merupakan fungsi dari panjang kapal. Adapun ketentuan yang digunakan adalah sebagai berikut :

dimana :

$$t = \text{tebal pelat kubu-kubu, diambil harga lebih besar dari hasil perhitungan.}$$

Sedangkan tinggi kubu-kubu dapat ditentukan dengan rumus :

$$H = L/3 + 75 \text{ (cm).}$$

Khusus untuk kubu-kubu di haluan, dibuat sama dengan tebal pelat dinding bangunan atas bagian haluan (akil), sedangkan tingginya tidak boleh kurang dari 1 m. Pelat kubu-kubu dipasang menerus dari geledak akil sampai anjungan, dari anjungan sampai kimbul. Jika pengikatan pelat kubu –kubu terhadap pelat lajur sisi atas

dengan pengelasan, pada saat kapal berlayar, kubu-kubu akan mengembang dan dapat mengakibatkan keretakan pada pelat sisi atas. Hal yang demikian dapat diatasi dengan pengikatan keling antara pelat kubu-kubu dengan pelat lajur atas, atau dapat juga dengan membuat pintu-pintu pada kubu-kubu sehingga terdapat jarak antara pelat kubu-kubu dengan sisi atas pelat lajur atas. Hal tersebut berfungsi sebagai lubang pembuangan.

Di bawah kubu-kubu, tepat di tepi geladak, dibuat lubang pembuangan yang digunakan untuk mengalirkan air laut pada saat menerpa geladak untuk dibuang kembali.

Untuk penguatan dan pengikatan dengan geladak, kubu-kubu ditumpu oleh pelat penyangga. Pelat penyangga ini dibuat dari pelat dengan pelat hadap atau pelat gembung (bulba), yang dapat berupa profil dan dipasang di atas balok geladak atau pelat lutut gading.

Ukuran pelat lutut kubu-kubu menurut BKI adalah sebaga berikut :

$$W = 4 P_s e I^2 \text{ (cm}^3\text{)},$$

di mana :

W = Modulus penampang pelat lutut

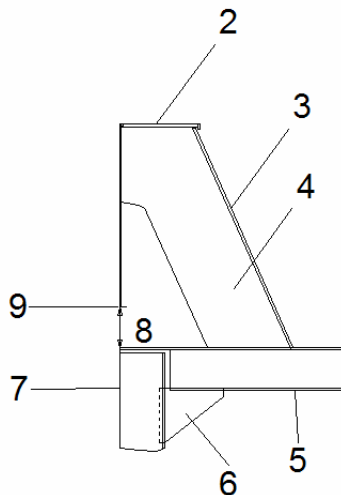
P_s = Beban pada bagian sisi (kN/m²) dengan harga minimum 15 kN/m²

e = Jarak antara pelat lutut kubu-kubu (m)

I = Tinggi pelat lutut kubu-kubu (m).

Dibagian tepi atas kubu-kubu dipasang profil. Profil ini mempunyai bentuk profil siku gembung atau setengah bulat.

Khusus untuk kapal penumpang, pada besi siku atau bilah rata yang dilas diberi kayu pelindung dan dibuat dari kayu jati. Pengikatan kayu ke kubu-kubu dengan baut baja. Konstruksi kubu-kubu tertutup dan pengikatannya diperlihatkan pada Gambar 11.27.



Gambar 11.27 Kubu-kubu Tertutup

1. Pelat kubu-kubu
2. Pelat dengan flens
3. Flens/bilah hadap
4. Pelat penyangga
5. Balok geladak
6. Pelat lutut
7. Pelat lajur atas
8. Lubang pembuangan
9. Flens kubu-kubu

C. Konstruksi Geladak

Secara umum konstruksi geladak adalah suatu bentuk permukaan datar atau hampir mendatar yang menutupi sisi atas ruangan-ruangan di kapal. Dilihat dari segi konstruksi, geladak adalah kumpulan komponen-komponen konstruksi mendatar yang terdiri atas balk geladak, pembujur geladak, penumpu geladak dan pelat geladak yang dibatasi oleh lambung di sekelilingnya.

Fungsi geladak adalah untuk :

- ✚ Menjaga kedapannya kapal,
- ✚ Menempatkan dan melindungi barang atau kargo, tempat anak buah kapal dan penumpang,
- ✚ Menambah kekuatan memanjang dan melintang.

Oleh sebab itu, persyaratan perencanaan dan pemasangan geladak betul-betul kedap air dan memenuhi persyaratan ukuran tertentu.

Susunan konstruksi geladak adalah : balok geladak ditempatkan secara melintang kapal, dengan penumpu geladak dipasang searah dengan panjang kapal, sedangkan balok geladak dan gading dihubungkan dengan lutut.

1. Macam – macam geladak

Dari segi arsitektur kapal, geladak dapat dibagi sebagai berikut :

- a. Geladak utama, yaitu geladak menerus yang dipasang paling penting sebagai komponen konstruksi pada kapal-kapal yang mempunyai lebih dari satu geladak.
- b. Geladak kedua, ketiga dan seterusnya, yaitu geladak yang terletak di bawah geladak utama secara berurutan.
- c.

Kapal-kapal berurutan relatif besar, terutama kapal penumpang, mempunyai geladak yang sangat banyak baik di bawah maupun di atas geladak utama.

Dari segi konstruksi, dikenal pula istilah geladak kekuatan. Geladak menurut Biro Klasifikasi Indonesia didefinisikan sebagai berikut.

- ✚ Geladak teratas yang menerus sepanjang kapal yang merupakan lingkaran kerangka bujur pokok.
- ✚ Geladak bangunan atas memanjang di dalam daerah 0,4 L tengah kapal dan lebih panjang dari 0,15 L. Geladak bangunan atas yang panjangnya di bawah 12 m, tidak dianggap sebagai geladak kekuatan.
- ✚ Geladak penggal atau geladak bangunan atas yang diturunkan, memanjang ke dalam daerah 0,4 L tengah kapal.

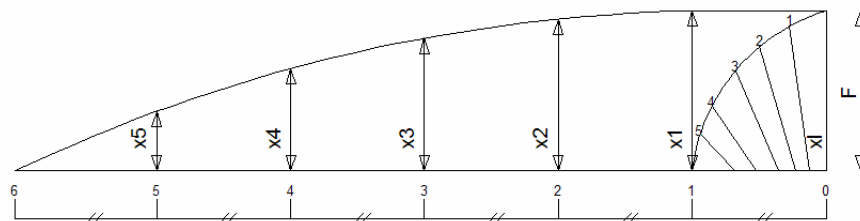
Geladak utama dapat pula dianggap sebagai kekuatan, asalkan memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh Biro Klasifikasi. Berarti pula geladak tersebut memenuhi dua fungsi, yaitu sebagai geladak utama dan geladak kekuatan.

Sebuah geladak yang menerus dan terletak di bawah geladak utama kapal dinamakan geladak kedua, ketiga, dan seterusnya. Geladak ini dinamakan geladak antara. Jadi, didefinisikan geladak antara adalah geladak yang terletak di bawah geladak atas dan berada di atas geladak lainnya (Gambar 11.32)

Selain dari geladak yang telah dijelaskan di atas, ada pula geladak di atas geladak utama. Geladak tersebut ada yang menerus dan ada pula yang tepotong, yang dimaia sesuai dengan fungsinya. Misalnya geladak sekoci, geladak kimbul, geladak akil, dan geladak anjungan.

Pada kapal kargo, yang hanya mempunyai sebuah geladak, geladak tersebut dapat berfungsi sebagai geladak atas, geladak kekuatan, dan geladak utama.

Perencanaan geladak yang lebih menguntungkan, bisa dilihat dari segi penampang melintang kapal, adalah berbentuk cembung. Keuntungannya, air yang ada di tengah kapal dapat mengalir ke samping. Kenaikan ini dinamakan camber. Camber mempunyai ukuran ketinggian normal F/B , di mana B adalah lebar maksimum kapal. Diperlihatkan pada gambar 11.28.



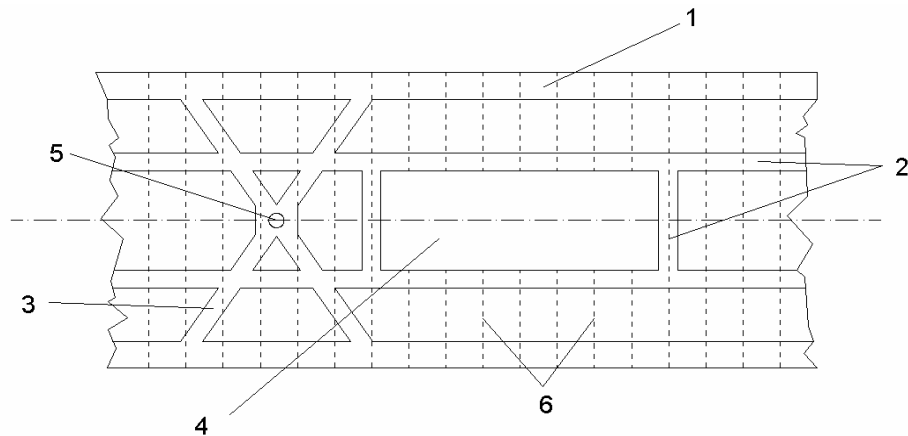
Gambar 11.28 Lengkung Geladak

Geladak juga mempunyai bentuk yang melengkung, bila dilihat secara memanjang kapal. Kelengkungan ini makin ke depan dan ke belakang makin tinggi. Lengkungan memanjang ini dinamakan sheerline.

Kekuatan camber dan sheer adalah untuk mempermudah mengalirnya air keluar dari tengah dan ujung kapal dan untuk menambah kekuatan melintang serta memanjang.

Dari bentuk susunan geladak yang sering dipakai di kapal, ada beberapa macam geladak yaitu sebagai berikut.

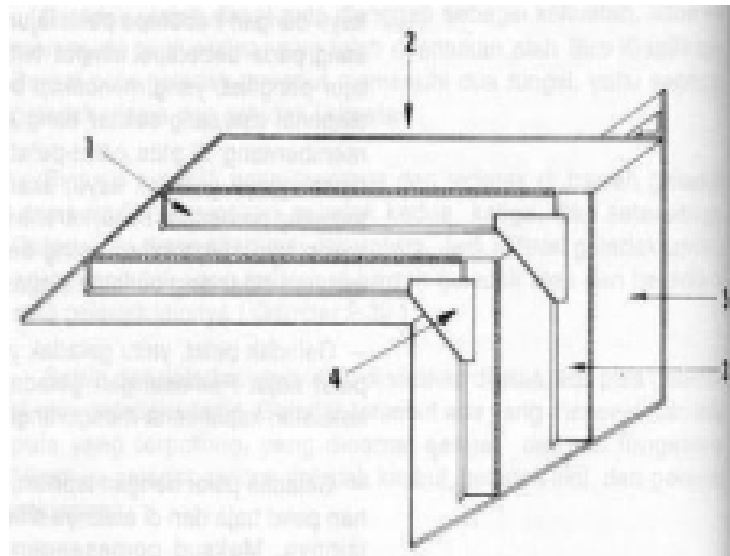
- ✚ Geladak kayu dan pelat baja, yaitu geladak yang dibuat dari bahan kayu dengan beberapa pelat lajur geladak. Pelat lajur geladak dipasang pada beberapa tempat tertentu, yaitu pada sisi geladak. Pelat lajur pengikat, yang mencakup bukaan-bukaan geladak, dan pelat diagonal dipasang sekitar tiang agung, sedangkan kayu dipasang membentang di atas pelat-pelat lajur geladak tersebut. Dengan dipasangnya geladak kayu, akan lebih memberikan perlindungan terhadap perbedaan suhu, karena bersifat isolasi terhadap panas dan dingin. Juga kalau orang berjalan di atas geladak kayu lebih nyaman dibanding berjalan di atas geladak pelat (Gambr 11.29).
- ✚ Geladak pelat, yaitu geladak yang seluruhnya dibuat dari bahan-bahan pelat baja. Pemasangan geladak pelat tersebut akan memenuhi kekuatan kapal serta mengurangi biaya pembuatan dan perawatan.
- ✚ Geladak pelat dengan lapisan, yaitu geladak yang dibuat dari bahan pelat baja dan di atasnya diberi lapisan kayu atau bahan-bahan lainnya. Maksud pemasangan lapisan tersebut adalah untuk mengambil manfaat kebaikan-kebaikan dari bahan kayu atau bahan lainnya, meskipun biaya pembuatannya lebih besar dan memerlukan perawatan yang lebih cermat.



Gambar 11.29 Geladak Kayu dengan Pelat Lajur Geladak

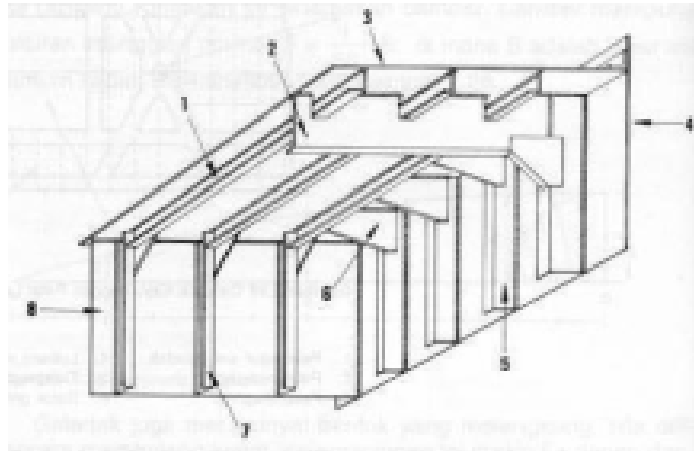
1. Pelat lajur sisi geladak
2. Pelat pengikat
3. Pelat diagonal
4. Lubang palka
5. Tiang agung
6. Balok geladak

Dilihat dari segi konstruksi, ketiga macam geladak di atas disangga oleh balok-balok geladak yang membentang dari lambung kiri sampai kanan. Balok geladak tersebut dihubungkan ke gading-gading bagian atas dengan memakai lutut. Diperlihatkan pada Gambar 11.30 dan Gambar 11.31.



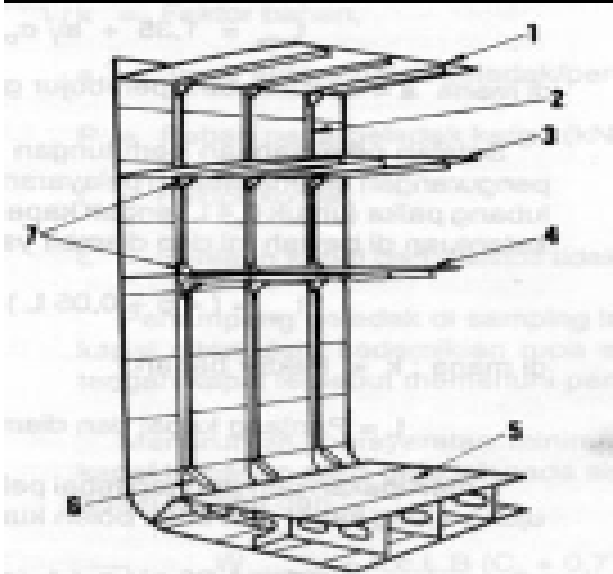
Gambar 11,30 Hubungan Balok geladak dengan Gading

1. Balok geladak
2. Pelat geladak
3. Gading
4. Lajur sisi atas



Gambar 11.31 Susunan Konstruksi Geladak dengan penyangganya

- | | |
|---------------------|----------------------|
| 1. Pembujur geladak | 5. Gading |
| 2. Pelintang | 6. Lutut |
| 3. Pelat geladak | 7. Penegar |
| 4. Lajur sisi atas | 8. Dinding kedap air |



Gambar 2.32 macam-macam Geladak

1. geladak utama
2. Gading
3. geladak kedua
4. geladak ketiga
5. Pelat alas da;am
6. Lutut bilga
7. Pelat lutut

2. Pelat Geladak

Pelat geladak terdiri atas rangkaian lembaran pelat rata dan hamper rata yang membentang dari depan ke belakang dan dari lambung kiri ke lambung kanan kapal.

Lembaran pelat apda tepi geladak dinamakan senta geladak dan berfungsi sebagai penghubung antara konstruksi geladak dengan konstruksi lambung bagian atas. Pelat lajur sisi geladak relative lebih tebal. Hal ini disebabkan pelat lajur sisi merupakan salah satu komponen penunjang yang penting dalam kekuatan memanjang kapal.

Pada system konstruksi melintang pada geladak pada 0,4 L tengah kapal di samping lubang palka, ketebalan pelat kritis tidak boleh kurang dari harga berikut :

$$t_{\text{kritis}} = 2,7.a. \sqrt{\frac{\sigma_D}{C}} \text{ (mm)}$$

dimana ;

σ_D = Tegangan tekan terbesar karena lenturan memanjang (N/mm^2). Untuk kapal yang menerima tegangan tekan sesuai yang disyaratkan, tegangan tekan diambil tidak boleh kurang dari D

$$C = 1 + 3 \left(\frac{a}{b_1} \right)^2$$

b_1 = Lebar pelat geladak (m).

A =Jarak anatar balok geladak (m)

Jika geladak menggunakan system konstruksi memanjang perhitungan tebal pelat kritis tidak boleh kurang dari :

$$T_{\text{kritis}} = 1,35 + a. \sqrt{\sigma_D}$$

dimana : a = jarak antara pembujur geladak (m)

Setelah pelaksanaan perhitungan dan koreksi-koreksi, termasuk pengurangan karena daerah pelayaran, tebal pelat geladak di samping lubang palka (untuk 0,4 L tengah kapal) tidak boleh kurang dari kedua ketentaun di bawah ni dan diambil yang lebih besar.

$$T = (4,5 + 0,55 L) \sqrt{k}$$

dimana : k = factor bahan.

L = Panjang kapal dan diambil tidak lebih dari 200 m
 t_E merupakan perhitungan tebal pelat geladak kekuatan umum 0,1
 L ujung-ujung kapal dan tidak boleh kurang dari :

$$t_E = 1,26 a \sqrt{p + t_k} \text{ (mm)}$$

dimana : p = beban pada geladak PD atau PL diambil mana yang lebih
 besar (kN/m²).

P_o = beban pada geladak cuaca dan PL = Beban pada
 geladak
 kargo (kN/m²).

$$t_E \text{ min} = 5,5 + 0,02 L \text{ (mm)},$$

L = Panjang kapal dan diambil tidak lebih dari 200 m.

Untuk tebal pelat geladak kekuatan antara lubang palka, Biro
 kalsifikasi menentukan sebagai berikut :

$$Tl_1 = 12 a \text{ (mm)},$$

$$Tl_2 = 5,5 + 0,02 L \text{ (mm)}.$$

dimana : a = jarak anatar balok geladak atau pembujur geladak
 (m).

L = Panjang kapal diambil tidak lebih dari 200 m.

Ketebalan pelat untuk geladak kedua (di bawah geladak kekuatan
 tidak boleh kurang dari :

$$t = 1,26.a \sqrt{P_L/k + t_k} \text{ (mm)}$$

dimana :

$t \text{ min} = (5,5 + 0,02 L) \text{ (mm)}$, untuk geladak kedua dan 6,0 untuk
 geladak lain yang berada di bawahnya.

k = factor bahan,

a = jarak antara balok geladak/pembujur geladak (m).

P_L = Beban pada geladak kargo (kN/m²).

T_k = factor korosi.

L = Panjang kapal dan diambil tidak lebih dari 200 m.

Penampang geladak disamping lubang palka pada 0,4 L tengah
 kapal ditentukan sedemikian rupa sehingga modulus penampang
 tengah kapal tersebut memenuhi persyaratan.

Menurut BKI persyaratan minimal modulus penampang tengah
 kapal terhadap garis geladak pada sisi kapal dan terhadap alas
 tidak boleh kurang dari :

$$W_{\min} = k.c.L.B (C_B + 0,7) 10 \text{ (mm}^3\text{)},$$

dimana : $c = C_0$ untuk $L \geq 90 \text{ m}$.

$$c = L/25 + 4,1 \text{ untuk } L < 90 \text{ m}.$$

C_B = Koefisien balok kapal.

B = Lebar kapal (m).

L = Panjang kapal (m).

Bila geladak diberi lapisan kayu atau baghan lain yang sesuai dengan persyaratan, tebal pelat geladak tersebut dapat dikurangi. Paemasangan kayu tersebut harus mendapat persetujuan Biro Klasifikasi dan disesuaikan dengan persyaratan lain yang ada.

Pemakaian lapisan kayu ini mempunyai keuntungan, yaitu dapat melindungi pelat geladak dari korosi dan pengaruh cuaca. Pelapisan kayu secara umum dipasang pada geladak terbuka yaitu geladak cuaca.

Bahan-bahan lain seperti aspal yang sudah diolah sering pula dipakai untuk pelapis geladak.

Persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi dalam hal pelapisan geladak adalah :

- ✚ Harus terjamin kekedapannya,
- ✚ Tahan terhadap kerusakan mekanis,
- ✚ Tahan terhadap air laut,
- ✚ Tidak meleleh jika berlayar di daerah tropis,
- ✚ Liat, tidak pecah jika terjadi gaya geser di geladak.

Harus diperhatikan pula bahwa sudut-sudut lubang yang terdapat pada pelargeladak, terutam geladak kekuatan, harus dibulatkan. hal ini untuk mengurangi sebanyak mungkin terjadinya keretakan akibat konsentrasi tegangan pada sudut-sudut lubang.

Bukaan-bukaan yang cukup lebar pada geladak kekuatan misalnya lubang palka atau pada selubung kamar mesin, di samping sudut-sudutnya harus dibulatkan, juga pelat geladak di sekitar ujung lubang harus dipertebal.

Besar jari-jari pembulatan sudut lubang palka sesuai ketentuan BKI dan tidak boleh kurang dari :

$$R = n b (1 - b/B) \text{ dan } r_{\min} = 0,1m$$

dimana : $n = 1/22$

l = Panjang lubang palka (m)

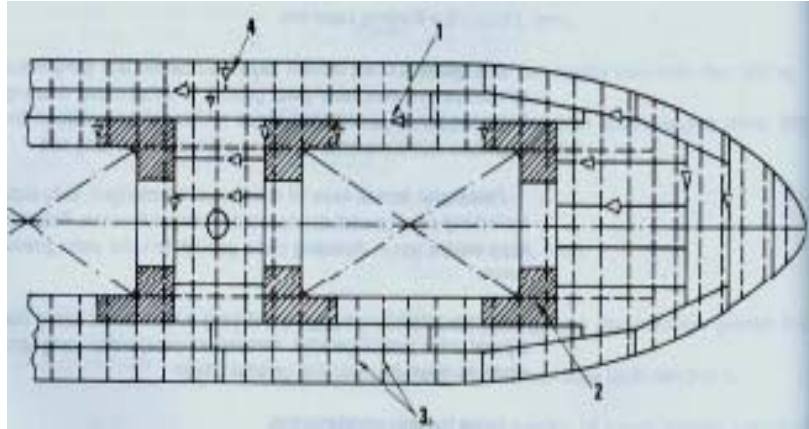
B = Lebar lubang palka (m) atau jumlah lebar

Beberapa lubang palka pada penempatan yang berdampingan

B = Lebar kapal (m).

b.B = Diambil tidak lebih kecil dari 0,4.

Adapun sudut-sudut lubang palka yang harus dipertebal sekurang-kurangnya meliputi satu jarak gading-gading depan belakang dan kiri kanan sudut itu. Pemasangan pelat geladak secara melintang dan memanjang diperlihatkan pada Gambar 11.33 dan Gambar 11.34



Gambar 11.33 Susunan Pelat Geladak yang Dipasang Membujur

1. Sambungan pelat geladak memanjang
2. Pelat rangkap
3. Balok geladak
4. Sambungan pelat geladak melintang

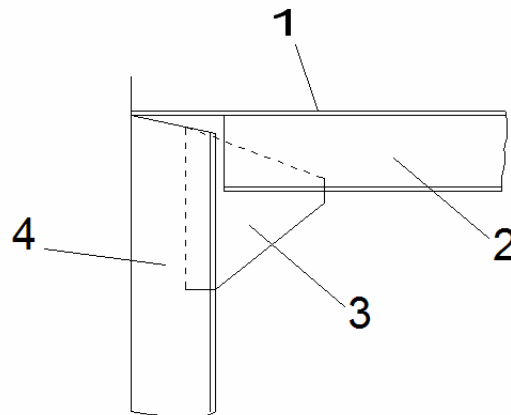
Susunan pelat Geladak yang dipasang melintang dalam konstruksi yang peling berperan besar dalam menahan dan menyalurkan beban-beban adalah balok geladak dan penumpu geladak. Balok geladak adalah bagian dari system kekuatan geladak yang mempunyai bentuk profil baja siku sama kaki, baja siku tidak sama kaki atau pelat bulb. Pemasangan balok geladak kearah memanjang kapal disebut pembujur geladak. Pemasangan balok geladak dengan arah melintang kapal yang dihubungkan dengan gading merupakan suatu system kerangka melintang dan akan berfungsi sebagai komponen kekuatan melintang kapal. Di pihak lain, dengan adanya balok geladak akan menahan beban-beban yang bekerja di atas geladak. Hal ini tidak akan melunturkan pelat geladak ke arah bawah. Balok geladak dipasang sesuai dengan melengkungnya pelat geladak. Kebanyakan Biro Kasifikasi menetapkan peraturan tertentu untuk menentukan ukuran-ukuran balok geladak. Beberapa factor penting yang mempunyai pengaruh terhadap ukuran balok geladak adalah sebagai berikut.

- ✚ Jenis geladak. Misalnya geladak utama, geladak muatan, dan geladak antara untuk menentukan beban yang diterima oleh geladak.
- ✚ Lebar maksimum kapal.
- ✚ Banyaknya deret topang yang menyangga geladak.
- ✚ Jarak antara balok geladak
- ✚ Tipe balok
- ✚ Panjang maksimum balok geladak yang tidak ditumpu.
- ✚ Perbandingan garis air muat kapal dengan tinggi kapal (T/H)

3. Balok Geladak

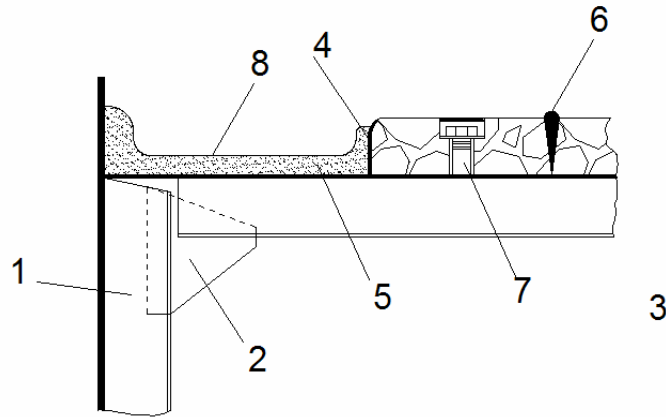
Balok geladak dipasang pada setiap jarak, semakin ke depan atau ke belakang kapal, balok geladak berukuran semakin pendek dan ringan. Balok-balok yang berada pada ujung-ujung lubang palka harus diperkuat lagi, dan setidaknya tidaknya sama dengan balok geladak pada geladak kekuatan. Hal ini mengingat daerah yang harus menerima beban yang relative besar. Balok-balok ujung lubang palka di bagian tengah, ditumpu oleh penumpu-penumpu ujung lubang palak dan ujung-ujung yang lain diikat ke gading-gading besar dengan lutut.

Pemasangan balok geladak dan pelat geladak dengan lapisan kayu atau tanpa lapisan kayu dapat dilihat pada Gambar 11.35. Geladak dengan lapisan kayu, pada Gambar 11.36 kedua sisi kapal dibulatkan semacam selokan (gutterway) yang dibatasi bilah rata pada senta geladak.



Gambar 11.35 Pemasangan geladak Tanpa lapisan kayu

1. Pelat geladak
2. Balok geladak
3. Lutut balok geladak
4. Gading

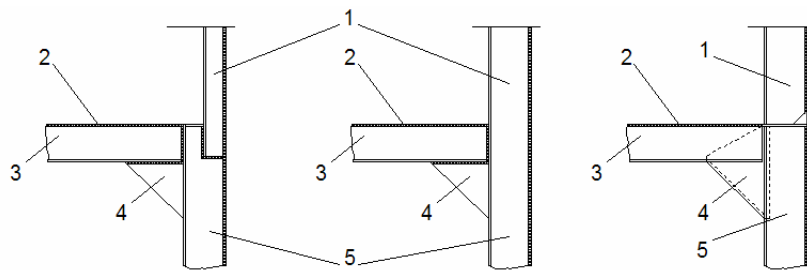


Gambar 11.36 Pemasangan Geladak dengan Lapisan Kayu

1. gading
2. Lutut balok geladak
3. balok geladak
4. Bilah rata
5. Lapisan semen
6. Palka
7. Mur dan baut pengikat
8. Selokan

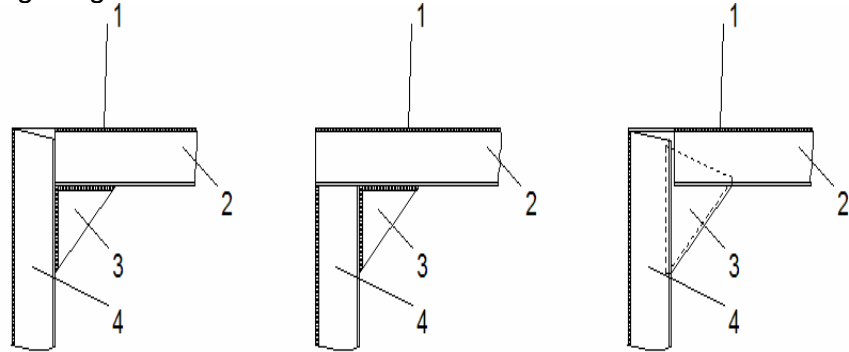
Bilah rata tersebut merupakan batasan lapisan kayu, yang tinggi bilahnya 1 cm lebih kecil dari tebal kayu.

Pemasangan balok geladak secara memanjang akan lebih memperkuat kekuatan geladak secara memanjang. Apalagi kalau konstruksi dasar ganda dan pelat dasar kapal terdiri dari konstruksi memanjang, balok geladak memanjang ini akan lebih memberikan ketegaran dan kekuatan pada struktur kapal secara keseluruhan. Penyambungan antara balok geladak dengan gading-gading yang diperkuat lutut balok geladak dapat dilihat pada Gambar 11.37 dan Gambar 11.38



Gambar 11.37 Sambungan Antara Balok Geladak dengan Gading pada Geladak Antara

1. gading antara
2. Geladak antara
3. Balok geladak
4. Lutut
5. gading utama



Gambar 11.38 Sambungan antara balok Geladak dengan gading pada Geladak Utama

1. Geladak
2. Balok geladak
3. Lutut
4. gading

Untuk menentukan ukuran balok geladak, harus ditentukan modulus balok tersebut. Menurut BKI, untuk balok geladak melintang dan memanjang kapal antara 0,25 H dan 0,75 H (H adalah jarak vertical antara bidang basis dan pinggir atas balok geladak kontinu teratas diukur pada pertengahan panjang kapal L ditentukan oleh rumus berikut :

$$W = k c e p l^2 \text{ (cm}^3\text{)}$$

dimana : k = factor bahan

c = 0,55

c = 0,75 untuk balok dan penumpu yang disangga pada salah satu atau kedua ujungnya/ditumpu sederhana

e = Jarak pembujur/balok geladak (m)

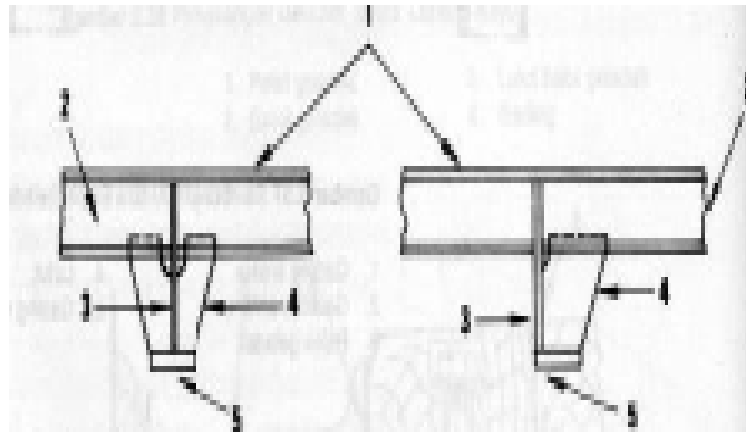
p = Beban geladak (kN/m²).

L = Panjang yang tidak ditumpu (m)

4. Penumpu Geladak

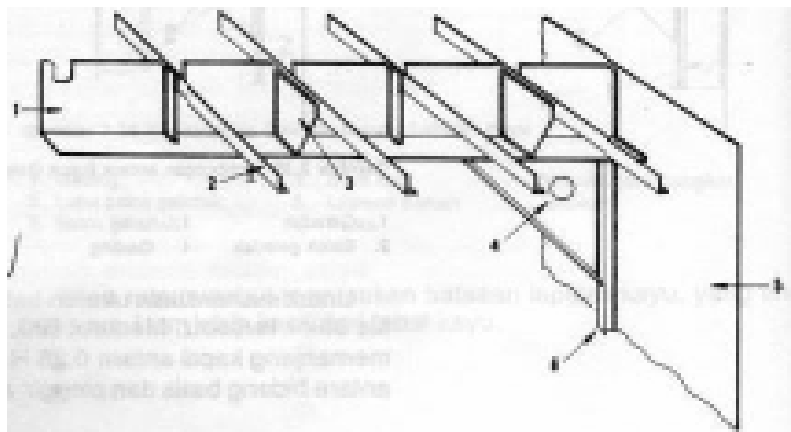
Bentuk dan jumlah penumpu tergantung pada lokasi dimana ditempatkan. Penumpu yang terbuat dari profil L dengan penyangga jungkir (lutut) sering dipakai pada konstruksi sekitar ambang palka. Pengikatan penumpu profil L ini ke balok geladak dihubungkan dengan penyangga jungkir (lutut). Bentuk ini dari penumpu geladak

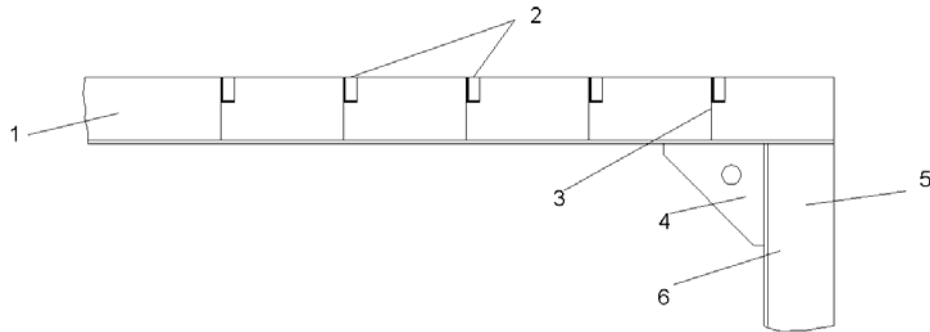
(girder) adalah yang terbuat dari profil T. Posisi penumpu di kapal biasanya terletak secara memanjang sedangkan bila posisinya melintang dinamakan pelintang geladak. Penumpu yang terletak di tengah-tengah bidang geladak disebut penumpu samping geladak. Penumpu yang terletak di ujung-ujung palka harus diberi penyangga tambahan berupa tiang (topang) atau pelintang. Bentuk penumpu dengan profil L dan T dapat dilihat pada gambar 11.39.



Gambar 11.39 Potongan Melintang Penumpu Geladak yang Berbentuk 'T' dan 'L'

1. Pelat geladak
2. Balok geladak
3. Penumpu geladak
4. Penyangga jungkir/lutut
5. Pelat bilah datar





Gambar 11.40 Hubungan Konstruksi Penumpu geladak

1. Penumpu
2. balok geladak
3. Lutut
4. Lutut
5. Dinding sekat kedap air
6. Penegar sekat

Modulus penampang dan pelintang tidak boleh kurang dari :

$$W = k c e l p \text{ (Cm)}$$

dimana :

k = factor bahan

c = 0,55

c = 0,75 untuk balok geladak, penumpu dan pelintang yang kedua atau salah satu ujungnya ditumpu bebas.

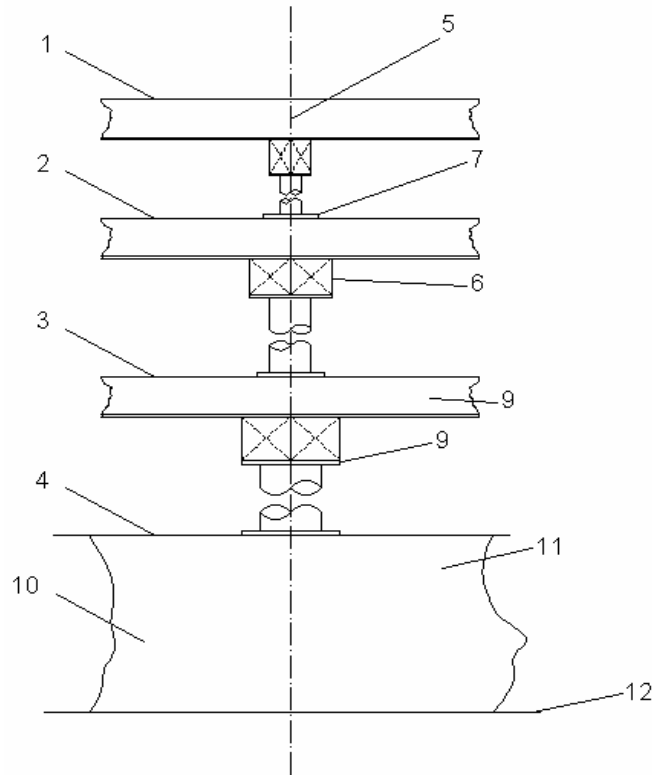
e = Lebar geladak yang ditumpu

L = Panjang yang tidak ditumpu m).

Tinggi pelat bilah dari penumpu tidak boleh kurang dari 1/25 panjang bentangan yang tidak ditumpu. Bila penumpu ditembus oleh balok geladak yang menerus, tinggi pelat bilahnya harus paling sedikit 1,5 kali tinggi balok geladak. Bila sebuah penumpu mempunyai modulus penampang yang tidak sama, modulus yang besar harus dipertahankan sampai ke tumpuan dan dikurangi berangsur-angsur sampai ke modulus yang lebih kecil. Pengikatan antara penumpu dengan sekat melintang dibuat sedemikian rupa supaya dapat menyalurkan momen lengkung dan gaya lintang. Setiap dua jarak gading pada penumpu geladak dipasang penguat (lutut) yang

menghubungkan ke pelat bilah penumpu serta balok geladak, yang posisi lututnya adalah melintang kapal. Bila penumpu tersebut berpenampang simetris (profil T), lutut dipasang berselang-seling di bagian kanan-kiri pelat bilah penumpu.

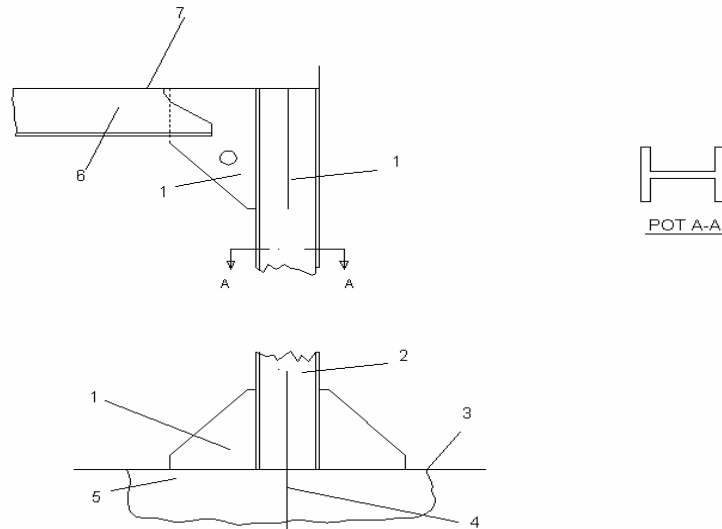
Topang dipasang sebagai penyangga geladak yang berfungsi sebagai penyalur gaya ke dasar kapal atau ke geladak di bawahnya bila kapal tersebut mempunyai lebih dari dua geladak. Umumnya profil topang berbentuk silinder atau pipa tetapi ada pula yang berprofil atau lainnya. Topang yang dipasang di ruang muat maupun di ruang mesin, agar lebih tegar dan kuat pengikatnya dipasang beberapa lutut dibagian bawah atau bagan atasnya lutut ini perlu dipasang karena topang memakan beban yang cukup besar. Topang di ruang muat biasanya berpenampang besar tetapi jumlahnya sedikit karena menghindari berkurangnya volume untuk muatan dan untuk memudahkan bongkar muat barang atau kargo. Pemakaian topang juga dapat mengurangi besarnya ukuran dengan geladak dan balok geladak yang menyangga pelat. Bila terdapat lebih dari satu geladak topang dipasang dalam satu garis lurus bertemu antara satu dengan lainnya agar beban yang diterima oleh topang dalam disalurkan oleh topang lainnya secara efektif (*Gambar11.41*).



Gambar 11.41 Topang yang Dipasang Segaris Vertikal

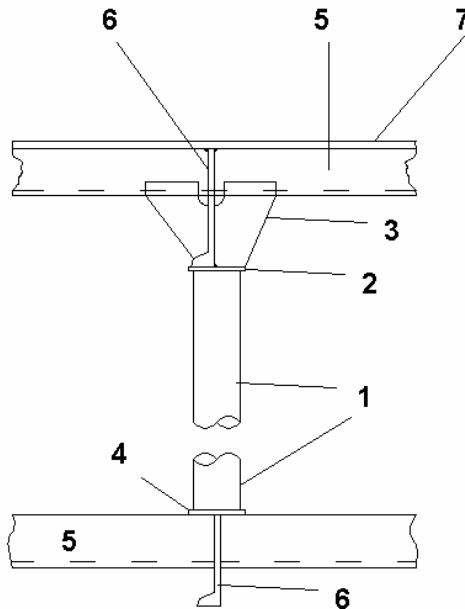
1. Geladak utama
2. Geladak II
3. Geladak III
4. Alas dalam
5. Penumpu/girder
6. Chock
7. Pelat kaki
8. Pelat kepala
9. Balok geladak
10. Penumpu tengah
11. Wrang
12. Pelat alas

Penampang topang di ruang muat biasanya dibuat dalam bentuk pipa berongga dari pelat baja, segi empat, dan kadang-kadang dijumpai dalam bentuk segi delapan. Adapun topang di ruang mesin bisa dibuat dari profil-profil tertentu misalnya profil H seperti pada gambar 11.42. Bila hubungan bagian atas topang diikat dengan penumpu dan balok geladak, dipasang penyangga jungkir atau tripping bracket. Bila hubungannya dengan penumpu dan penegar (stiffener), dipasang lutut biasa. Pada bagian bawah topang, dipasang pelat sisipan (insert/heel plate atau pelat rangkap (doubling plate) sebagai pengikat ke konstruksi sekitarnya dengan atau tanpa penguat (pelat lutut), bergantung pada jenis bebannya (*Gambar 11.43*)



Gambar 11.42 Topang pada Kamar mesin

1. Lutut
2. Topang
3. Pelat alas dalam
4. Penumpu samping
5. Balok geladak
6. Balok geladak
7. geladak utama



gambar 11.43 Hubungan Konstruksi Topang pada Bagian atas dan bagian Bawah dengan Geladak II

1. Pelat kepala
2. Lutut
3. Balok geladak I
4. Pelat geladak I
5. Penumpu geladak I
6. Topang
7. Pelat tumit
8. balok geladak II
9. Penumpu geladak II
10. Geladak II

Topang padat (tidak berongga) dapat dipasang di ruang akomodasi atau dibawah beban konstruksi. Topang jenis ini diameternya sampai mencapai 100 mm. Menurut BKI, bagian-bagian konstruksi kepala dan kaki topang maupun penguat-penguat konstruksi di kepala dan dipakai harus sesuai dengan gaya-gaya yang

akan disalurkan. Topang-topang pipa pada umumnya dipasang pelat kepala dan pelat kaki. Pengikatan sambungan harus sedemikian rupa ukurannya, sehingga untuk 1 cm^2 luas penampang tersedia beban 10 kN. Topang di dalam tangki harus diperiksa dengan memperlihatkan beban tekan. Untuk topang pipa sedapat mungkin tidak dipasang di dalam tangki, harus diperiksa dengan memperlihatkan beban tekan. Untuk topang pipa sedapat mungkin tidak dipasang di dalam tangki. Topang pipa yang cepat rusak karena operasi bongkar muat harus mempunyai ketebalan sebagai berikut :

dimana : d_a = Diameter luar dari topang pipa

Luas penampang topang tidak boleh kurang dari :

$$P = \text{Beban (kN)} = pA.$$

Beban P adalah perkalian p = beban geladak (kN/m^2) dengan A = luas geladak (m^2) yang ditumpu oleh topang yang panjangnya diukur dari pertengahan ke pertengahan bentang penumpu pada kedua sisinya dan lebarnya dari pertengahan ke pertengahan bentang balok geladak yang berdampingan. Beban-beban dari topang-topang yang ditempatkan di atasnya harus ditambahkan sesuai dengan susunan topang.

$$\lambda = \text{Derajat kelangsingan topang} = l/i$$

$$L = \text{Panjang topang (cm).}$$

$$I = \text{radius lembam topang} = \sqrt{J/f} \text{ (cm)}$$

$$J = \text{Momen lembam topang (cm}^2\text{)}$$

$$F = \text{Luas penampang topang (cm}^2\text{)}$$

Kalua topang tersebut bulat, momen lembam topang sesuai dengan rumus berikut :

$$I = 0,25 d \text{ (cm), untuk topang padat,}$$

$$D = \text{Diameter topang (cm),}$$

$$I = 0,25$$

$$D_a = \text{Diameter luar penopang (cm),}$$

$$D_i = \text{Diameter dalam topang (cm).}$$

D. Lubang Palka da Penutup Lubang Palka

Lubang palka merupakan jalan keluar masuknya kargo atau barang muatan selama proses bongkar muat, terutama untuk kapal-kapal kargo. Lubang palka terletak di geladak dan berbentuk segi empat, yang ke empat sudut-sudutnya dibulatkan dengan jari-jari tertentu.

1. Konstruksi Lubang Palka

Di sekelilingnya lubang dipasang pelat tegak yang berfungsi melindungi orang jatuh ke dalam palka dan menjaga ,masuknya air ke lubang palka pada waktu air naik ke geladak. Pelat tegak yang

mengelilingi lubang palka ini disebut pelat ambang palka, yang terdiri atas pelat ambang palka membujur dan pelat ambang palka melintang (*Gambar 11.44*)

Untuk ambang palka yang konvensional, pada bagian atas lubang dipasang balok-balok melintang sebagai penyangga sistem penutupan pelaka (*Gambar 11.45*). Balok-balok melintang ini disebut balok palka dan diatas balok palka yang berbentuk profil I ini, diletakkan susunan-susunan papan dalam arah memanjang kapal. Papan ini digunakan untuk menutup lubang, sedangkan bagian atas papan ditutup lagi oleh kain terpal. Hal ini untuk menghindarkan masuknya air ke dalam palka. Menurut BKI, lubang palka dibedakan menurut posisi penempatannya. Posisi tersebut dibagi menjadi dua macam penempatan, yaitu :

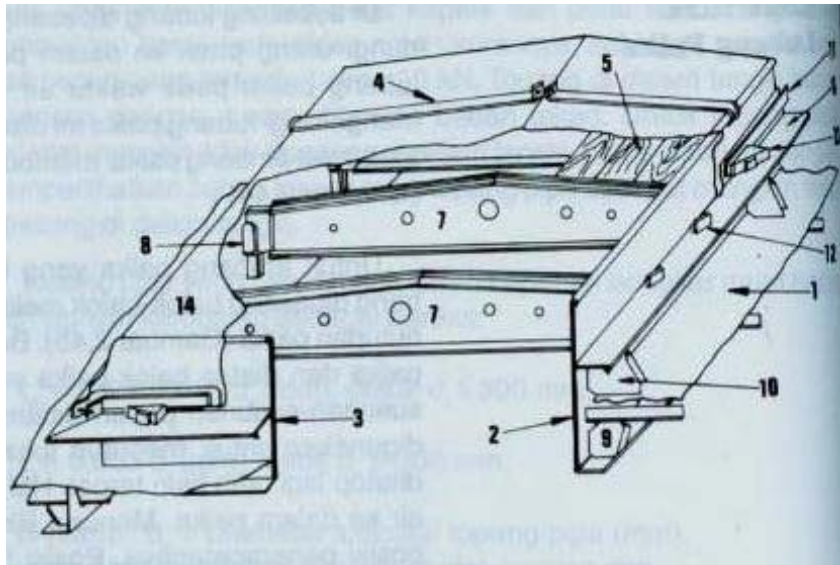
- ✚ Posisi I : Lubang palka di atas geladak lambung timbul terbuka dan geladak penggal yang ditinggikan dan terbuka dan terletak pada bangunan atas terbuka, di dalam batas 0,25 L dari haluan.
- ✚ Posisi II : Lubang palka di atas geladak bangunan atas terbuka di belakang 0,25 L dari hauan.

Penentuan ketinggian ambang palka, untuk lubang palka yang ditutup dengan terpal, harus mempunyai tinggi minimum 600 mm dari atas geladak. Hal tersebut untuk posisi I. Untuk posisi II ia harus mempunyai ketinggian minimum 450 mm. Bila penutupan palka dipakai tutup baja yang kedap cuaca, tinggi ini dapat dibuat lebih rendah atau dihilangkan sama sekali. Bila tinggi ambang palka 600 mm atau lebih, ambang palka harus diperkuat bagian atasnya oleh sebuah penegar bujur horizontal.

Bila tinggi ambang palka yang tidak ditumpu melebihi 1,2 m, harus dipasang penegar lain pada setengah tinggi ambang. Hubungan antar ambang palka dengan pelat geladak dan balok geladak dibantu dengan lutut, baik yang berada di atas geladak maupun di bawah geladak (*Gambar 11.45*).

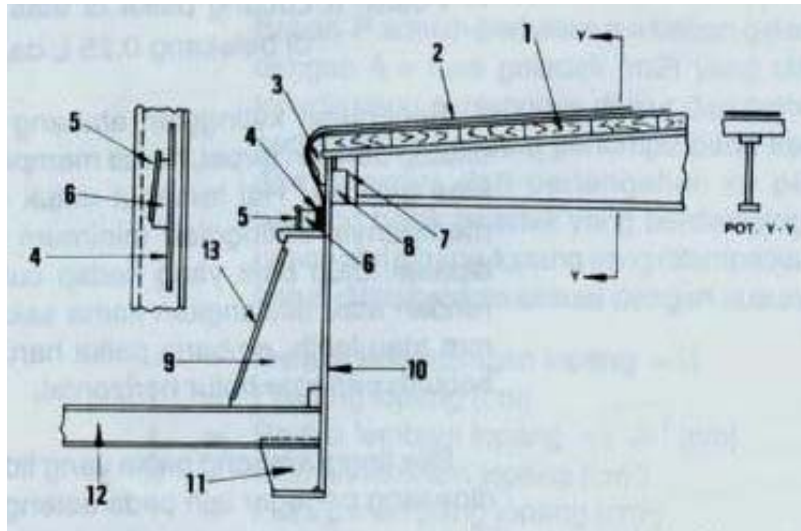
Pada kapal-kapal yang membawa muatan di atas geladak seperti muatan kayu, dan batu bara jarak topang yang menyangga geladak satu sama lain tidak boleh melebihi 1,5 m dan untuk kapal-kapal peti kemas sesuai dengan peraturan yang ada.

Bagian ujung bawah ambang palka, seperti sudah dijelaskan di atas, dibuat dari profil yang mempunyai flens. Akan tetapi kadang-kadang sering pula dijumpai bentuk konstruksi lain, seperti pelat tegak yang dilengkapi pelat hadap.



Gambar 11.44 Konstruksi Ambang Palka

1. Pelat geladak
2. Pelat ambang palka membujur
3. Pelat ambang palka melintang
4. Pelat pengunci
5. Penutup papan kayu
6. Penegar horizontal
7. Balok palka
8. Penyangga balok palka
9. Pelat lutut
10. pelat penyangga
11. Penjepit terpal
12. Tupai-tupai
13. Baji
14. Terpal penutup



***gambar 11.45 Konstruksi Penampang Melintang
ambang palkah, Balok Geladak, dan Balok
palka***

1. Papan penutup ambang palka
2. Terpal penutup
3. Ujung palka
4. penjepit terpal
5. Tupai-tupai
6. baji
7. Pelat ganda
8. Penyangga balok palka
9. Pelat penyangga
10. Pelat ambang memanjang
11. Lutut balok geladak
12. pelat hadap

Bentuk konstruksi penampang melintang ambang palka dapat dilihat pada Gambar 11.45. Pada konstruksi ini, sambungan antara pelat ambang palka memanjang dengan balok geladak dihubungkan dengan las dan diperkuat dengan lutut ambang palka. Agar ketegaran pelat lutut ambang palka terjamin, pada pelat lutut tersebut dipasang pelat hadap.

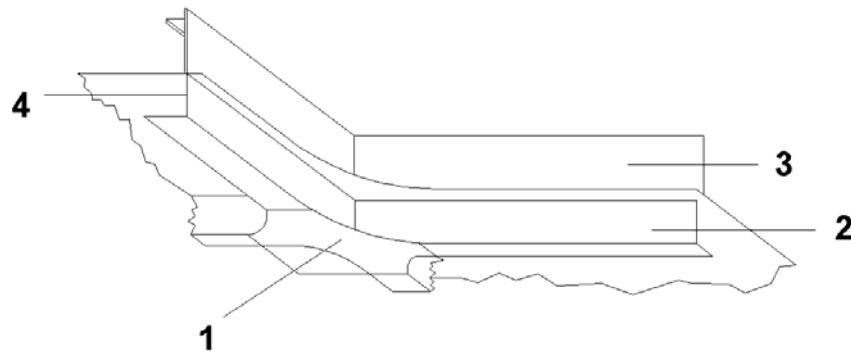
Ikatan balok palka dengan pelat ambang palka memanjang bersifat tidak tetap, artinya balok palka sewaktu-waktu dapat diangkat dan dapat pula dipasang dan dikunci. Dalam hal ini, balok palka tidak dilas mati terhadap pelat ambang palka memanjang. Penutup ambang palka ada yang dibuat kayu dan kayu-kayu ini menumpang di atas balok geladak dengan arah memanjang kapal. Ukuran lebar kayu antara 200-300 mm, dan tebalnya bergantung

dari antara balok geladak. Untuk jarak balok palka 1,5 m atau kurang, tebal tutup palka dari kayu tidak boleh kurang dari 60 mm. Papan-papan kayu di atasnya, ditutup lagi dengan bahan terpal. Agar pengikatan terpal tidak bergerak atau bergeser ambang palka diberi baji pada tupai-tupainya. Fungsi baji adalah sebagai penjepit (*Gambar 11.44*).

Kedudukan balok palka pada ambang palka disangga oleh penyangga balok palka (kuda-kuda) yang dilas ke pelat ambang palka membujur, baik di sebelah kiri maupun di sebelah kanan ambang palka membujur.

Ke empat sudut ambang palka dibuat sedemikian rupa sehingga berbentuk bulatan. Hal ini dimaksudkan agar tidak terjadi konstruksi tegangan yang akan menyebabkan keretakan pada ujung-ujung lubang palka. Pada Gambar 11.46 pelat hadap penumpu geladak dan pelat hadap balok lubang palka melintang disambung dengan menggunakan pelat diamond. Pelat ini dibuat bulat untuk menghindari konstruksi tengah.

Pada Gambar 11.46 penumpu geladak memanjang dipertemukan dan dilas dengan balok lubang palka melintang dengan salah satu terpotong. Pada bagian bawah dilapisi pelat ganda (*doubling plate*) dengan pelat intan (*diamond plate*).



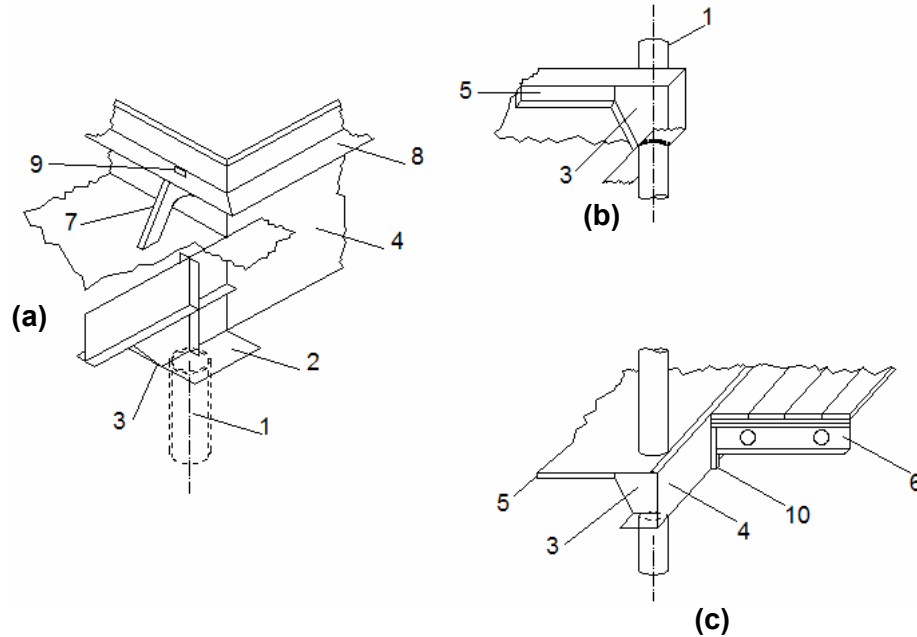
Gambar 11.46 Konstruksi Sudut ambang Palka

1. Pelat intan
2. Balok ujung palka
3. Pelat ambang palka, memanjang
4. Penumpu disamping palka
5. Pelat ambang palka membujur

Pada kapal-kapal kargo yang mempunyai ruang palka yang cukup besar, harus dipasang topang untuk menyangga atau menyalurkan gaya-gaya dari geladak atau di atasnya. Biro Klasifikasi

menentukan perlu atau tidak pemasangan topang dan ukuran-ukurannya.

Topang umumnya diletakkan pada sudut-sudut bagian ujung palka atau pada jarak tertentu untuk menyangga beban di atas geladak. Kadang-kadang untuk menyangga bongkar muat barang. Dan, sebagai penggantinya dipakai katilever. Katilever adalah balok geladak pada sisi lubang palak yang diperkuat dan dipasang pada ujung palka, pada jarak tertentu untuk menyangga geladak, dan diteruskan ke bawah dengan gading besar. Pada Gambar 2.47 b palaka ada pada geladak kedua, yang geladak utama dan geladak keduanya disangga oleh masing-masing tiang yang terletak pada satu garis lurus pada arah tegak.



Gambar 11.47 Peletakan Topang pada Sudut Geladak

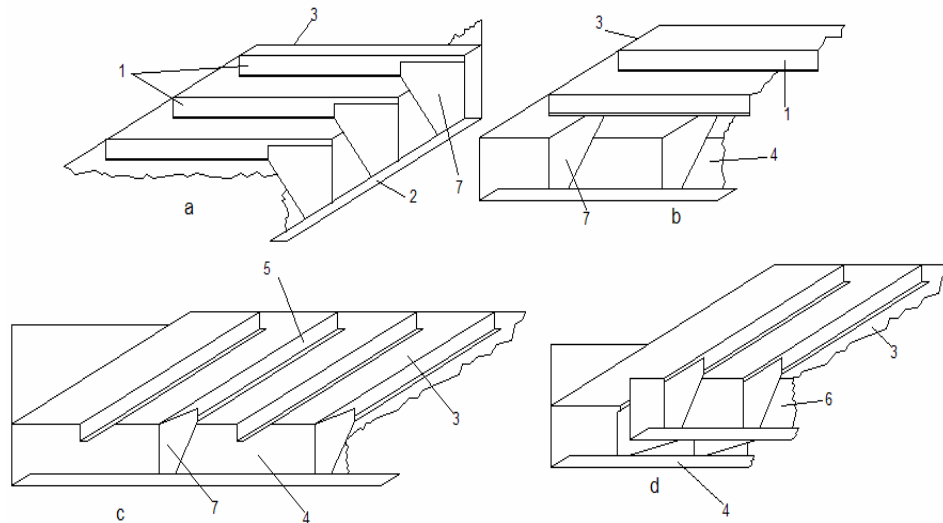
1. Topang
2. Pelat diamond
3. Lutut
4. Pelat ambang palka
5. Balok geladak
6. Balok palka
7. Pelat penyangga
8. Penegar horizontal
9. Tupai-tupai
10. Penyangga balok palka

Pada gambar 11.47 a diperlihatkan posisi topang pada sudut palka yang penyangga penumpu memanjang. Ikatan antara topang dan

penumpu ini dihubungkan melalui pelat intan dan diperkuat dengan pelat lutut.

Pada gambar 11.47c diperlihatkan hubungan topang dengan penumpu memanjang balok geladak, penumpu geladak, dan pelat lutut, dapat dilihat pada Gambar 11.48

Pada gambar 11.48 a, pelat ambang palka melintang dihubungkan dengan pembujur geladak dengan perantara pelat lutut sebagai penguat. Pada gambar 11.48b, pelat ambang palka membujur dihubungkan dengan pembujur geladak dengan perantara pelat lutut, namun lutut pelat ambang palka arah membujur. Pada Gambar 11.48c, pelat ambang palka membujur merupakan bagian penumpu geladak. Balok geladak tersebut sebagian dihubungkan langsung dengan hubungan las dan sebagian lagi dihubungkan memakai pelat lutut. Bila pelat ambang palka membujur dianggap sebagai penumpu geladak, pemasangan pelat lutut diselang-seling pada setiap jarak gading antara dua balok geladak.



Gambar 11.48 Hubungan Pelat Ambang Palka dengan daerah sekitarnya Dilihat dari Dalam palka

1. Pembujur geladak
2. Balok ujung palka
3. palat geladak
4. Penumpusamping palka
5. Balok geladak
6. Penumpu geladak
7. Lutut

Gambar 11.48 d, pelat ambang palka membujur bukan merupakan bagian penumpu geladak. Di sini dapat dilihat ada jarak tertentu

antara penumpu geladak dengan pelat ambang palka membujur. Agar hubungan konstruksi tersebut lebih kuat, dipasang pelat penguat khusus yang menghubungkan pelat ambang palka membujur dengan penumpu geladak dan balok geladak.

2. Kontruksi Penutup Lubang Palka

Fungsi penutup lubang palka adalah untuk melindungi isi palka dan barang-barang yang ada di dalamnya.

Konstruksi penutup palka harus dibuat kedap air atau sedapat mungkin kedap air, sehingga perlindungan terhadap barang-barang di dalam palka dapat dikatakan sempurna atau dapat dijamin terhadap kerusakan yang disebabkan oleh air, dan mencegah masuknya air ke dalam palka ditinjau dari stabilitas kapal.

Sistem penutupan palka ada berbagai macam, baik dilihat dari bahannya maupun dari cara penutupan dan pembukaannya.

Akan tetapi secara umum, konstruksi penutup lubang palka dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu penutup palka dari kayu dan dari bahan baja.

a. Penutup Palka dari Kayu

Palka dengan penutup dari bahan kayu adalah system yang konvensional, namun masih banyak digunakan, terutama pada kapal-kapal kecil. Bentuk konstruksinya dilihat dari samping seperti atap rumah dan biasanya ditempatkan di geladak terbuka. Bagian tengah balok palka dibuat lebih tinggi daripada dibagian ujung kiri dan kanannya. Hal ini untuk memudahkan air yang jatuh di atas tutup palka dapat cepat mengalir kesamping. Balok palka dipasang secara melintang di atas lubang palka. Untuk balok palka yang dipasang pada geladak kedua dapat dibalik, berlawanan arah dengan balok di geladak terbuka. Hal tersebut dilakukan supaya pada waktu penempatan barang tidak mempunyai kesulitan, karena permukaan penutup palka yang miring.

Ukuran-ukuran balok palka yang meliputi tebal pelat-pelatnya, jarak antar balok, lebar balok, profil, dan cara pemasangan di kapal dapat dihitung dengan peraturan Biro Klasifikasi.

Menurut Biro Klasifikasi, untuk papan kayu yang digunakan sebagai penutup, ketebalannya tidak boleh kurang dari 60 mm. Hal tersebut berlaku untuk jarak balok palka lebih besar dari 1,5 m. Bila jarak balok lebih kecil daripada 1,5 m, tebal penutup palka dapat diubah atau disesuaikan dan tidak boleh kurang dari 50 mm.

Bila tinggi geladak antara melebihi 2,5 m atau bila beban geladak lebih dari 1,8 t/m², ketebalan tutup palka kayu harus ditambah

12mm setiap 1 m penambahan tinggi geladak antara atau tiap 0,72 t/m² tambahan muatan geladak.

Agar lebih sempurna kedapannya terhadap air, susunan papan-papan penutup palka ditutupi lagi dengan terpal yang disetujui oleh BKL. Hal tersebut berlaku secara khusus dalam pemakaian di geladak terbuka. Konstruksi ambang palka dengan penutup bahan kayu dapat dilihat pada Gambar 11.44.

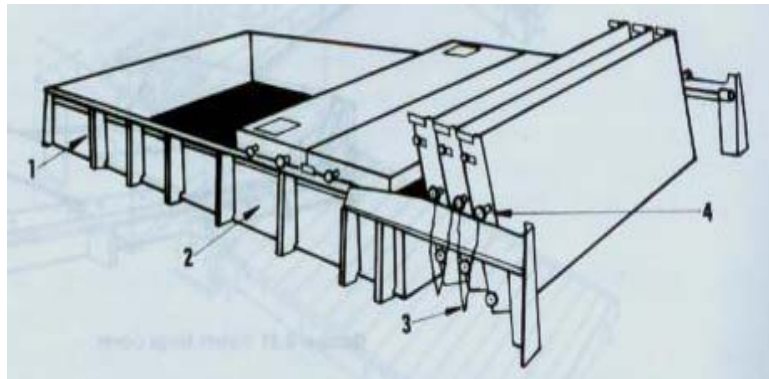
b. Penutup Palka dari Bahan Baja

Penutup palka dari bahan baja sudah banyak dibuat untuk kapal-kapal besar dan mutakhir. Penutupnya terdiri atas ponton-ponton baja seperti daun pintu yang dapat dipasang menutupi seluruh lubang palka dan dapat ditarik untuk dikumpulkan di tepi ujung ambang palka secara tegak. Gerakan menutup dan membuka dilakukan dengan tenaga listrik atau hidrolik.

Bagian tepi ambang palka terdiri atas rel-rel kecil untuk tempat lalu lintas dari roda-roda baja penutup palka.

Pada Gambar 11.45 diperlihatkan penutup palka yang paling banyak digunakan. Sistem ini dinamakan single pull system dari Mac Grogor. Sistem ini mempunyai keuntungan bagian-bagian ponton penutup palka dapat dilipat.

Bila ambang palka dalam kondisi tertutup, ponton baja penutup palka menutupi seluruh lubang palka secara rapat.

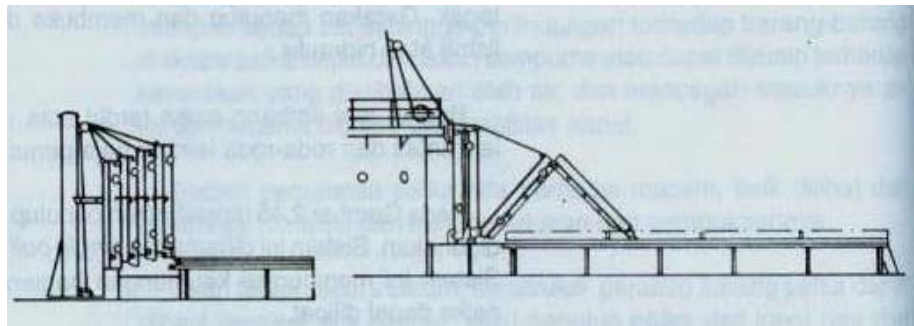


Gambar 11.49 Sistem Mac Grogor

1. Pelat penyangga ambang palka
2. Ambang palka
3. Rantai penghubung
4. Roda bagian atas
5. Pada celah-celah antara ponton baja dipasang lapisan karet agar lebih kedap air. Ponton baja atau dengan lainnya dihubungkan dengan tali atau rantai sedemikian rupa, sehingga bila salah satu penutup ditarik, penutup berikutnya akan ikut tertarik juga. Untuk mempermudah

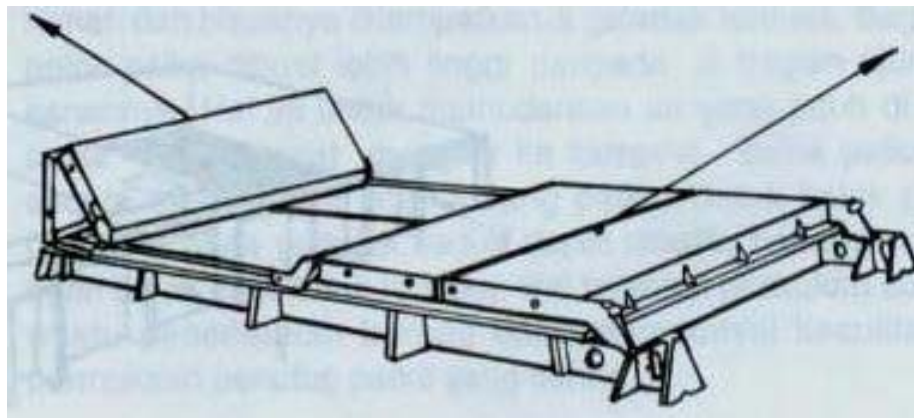
proses pembukaan dan penutupan palka, di sebelah samping lubang palka dipasang rel untuk memperlancar proses terseut. Sistem ini mempunyai keuntungan, antara lain, penutup palka dapat dilipat menjadi satu ujung palka, proses membuka dan menutup palka dapat dilakukan dengan cepat, dan kedapness ambang palka dapat dijamin dengan adanya lapisan karet yang dipasang antar celah penutup palka.

6. Sistem ini dari Mac Gregor adalah yang dinamakan individual pull system. Sistem ini lebih sederhana konstruksinya dan lebih cocok untuk dipakai pada kapal-kapal yang relative kecil. Sistem tersebut diperlihatkan pada Gambar 11.50 di bawah ini.



Gambar 11.50 Individual Pull System

Jenis lain penutup palka adalah tipe mega cover. Sistem ini sering dipakai pada kapal-kapal muatan curah atau kapal-kapal muatan biji-bijian. Diperlihatkan Gambar 11.51 di bawah ini.

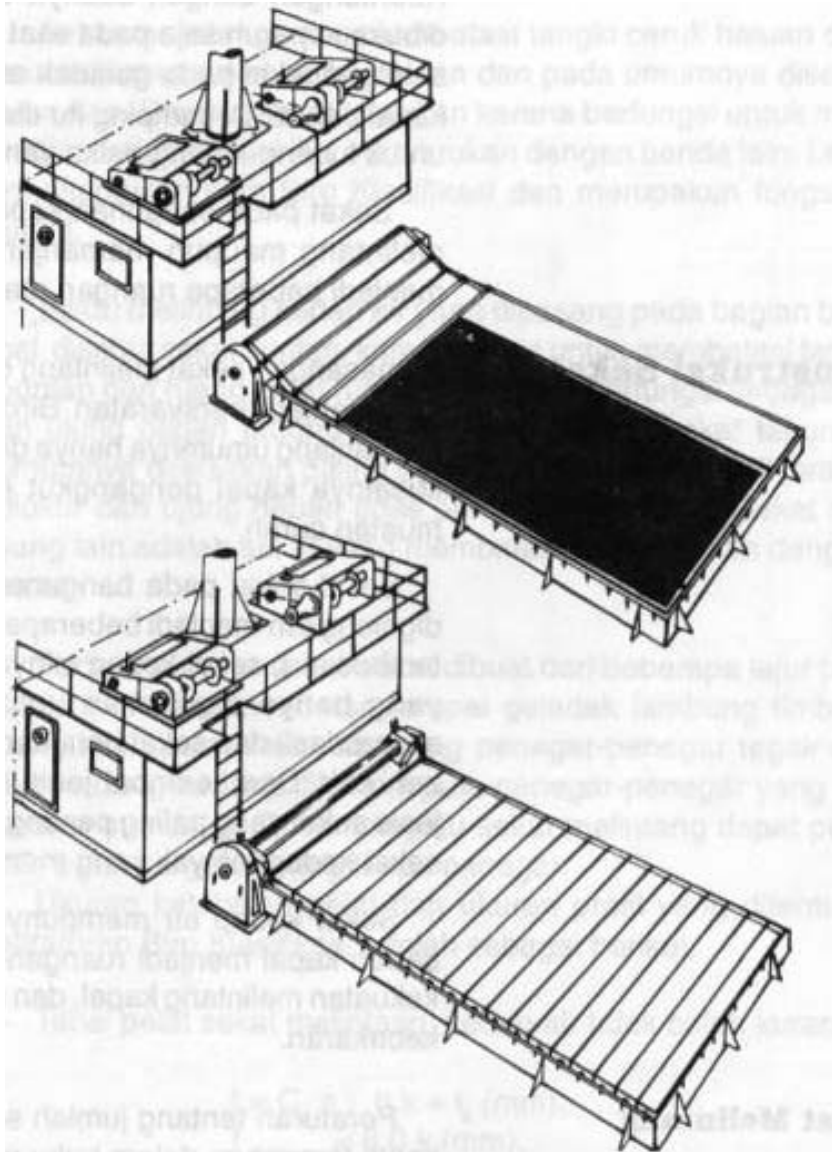


Gambar 11.51 Sistem Mega Cover

Ada lagi jenis penutup palka lain, yaitu yang disebut pontoon cover seperti Gambar 11.52 di bawah ini. Gambar 11.52 Sistem Penutup Ponton (pontoon cover).

Walaupun system pontoon cover sering digunakan, namun banyak kerugian yang dijumpai pada system ini. Kerugian tersebut anatar lain konstruksinya relative lebih mahal, sebagian besar ruangan di geladak terpakai oleh penempatan tutup geladak pembukaan dan penutupannya banyak memakan waktu.

Masih ada lagi cara yang akhir-akhir ini sering dipakai, system ini dinamakan Ermans stell rolling hatch covers. Pada system ini penutup-penutupnya terdiri atas beberapa elemen yang berbeda besarnya, sehingga elemen tersebut dapat digulung. Sistem ini diperlihatkan pada Gambar 11.53



Gambar 11.53 Sistem Ermans Steel Rolling Hatch Covers

Kekedapan tertutup elemen dijamin dengan dipasangnya lajur karet yang diperkuat oleh kain di tengahnya. Cara membuka dan menutup sistem ini dapat dilakukan dengan tiga cara.

- ✚ Dengan tenaga listrik. Penutup palka dapat dibuka dan ditutup secara otomatis dalam waktu cepat kira-kira satu menit. Pengoperasiannya sangat mudah dan dapat dilakukan setiap orang.

- ✚ Dengan mesin Derek. Dilaksanakan dengan cara menghubungkan poros tutup palka dengan drum penggulung tali mesin Derek. Membukanya dengan memasang tali di ujung penutup palka dan ditarik dengan cargo hook.
- ✚ Dengan tangan. Penutupan dan pembukaan palka dengan cara ini dimungkinkan bila dalam keadaan darurat . Misalnya, listrik mati atau mesin Derek rusak.

Bila tutup ambang palka terlalu panjang, penutupan ini dapat dibuat dua bagian dengan memasang Derek pada kedua ujungnya. Dua bagian ini bila dalam keadaan tertutup dapat dibuat kedap air. Keuntungan dengan adanya dua bagian penutup ini., palka dapat dibuka separuh saja pada saat bongkar muat. Tipe penutup palka ini sering dipakai pada geladak antara, tongkang-tongkang dan kapal-kapal pantai . Di samping itu system penutupan ini banyak digunakan untuk lubang-lubang palka yang lebarnya kecil.

Sekat pada bangunan kapal merupakan dinding yang dipasang melintang maupun memanjang. Sekat ini membagi badan kapal menjadi beberapa ruangan atau kompartemen.

E. Kostruksi Sekat

Pemasangan sekat melintang dapat dijumpai pada semua tipe kapal dan menjadi persyaratan Biro Klasifikasi, sedangkan untuk memanjang umumnya hanya dijumpai pada kapal-kapal tertentu saja. Misalnya kapal pengangkut muatan cair, dan kapal pengangkut muatan curah.

Sekat-sekat pada bangunan kapal ditinjau dari fungsinya dapat digolongkan menjadi beberapa golongan, yaitu sekat kedap air (tidak tembus air), sekat kedap minyak (tidak tembus minyak), sekat biasa yang hanya digunakan untuk membagi ruang bagi keperluan akomodasi, dan sekat berlubang untuk mengatasi permukaan bebas zat cair. Dari keempat jenis tersebut, sekat kedap air merupakan jenis sekat yang paling penting, kalau ada kapal bermuatan minyak, sekat kedap minyak yang memegang peranan utama.

Sekat kedap air mempunyai tiga fungsi utama, yaitu membagi badan kapal menjadi ruangan-ruangan yang kedap air, menambah kekuatan melintang kapal, dan mencegah menjalarnya api saat terjadi kebakaran.

1. Sekat Melintang

Peraturan tentang jumlah sekat melintang kedap air pada kapal-kapal tercantum dalam buku peraturan Biro Klasifikasi. Pada kapal-kapal paling sedikit harus mempunyai tiga sekat untuk kamar mesin yang terletak di belakang atau empat sekat untuk kamar mesin yang sekat depan kamar mesin, sekat belakang kamar mesin, dan sekat buritan. Untuk kapal dengan kamar mesin di belakang sekat buritan dapat menggantikan sekat belakang kamar mesin.

Banyaknya sekat kedap air yang harus dipasang pada kapal tergabung pada panjang ketidaktenggelaman (floodable length) atau peraturan yang diberikan Biro Klasifikasi yang tergantung pada panjang kapal.

- ✚ Untuk $L < 65$ m harus mempunyai tiga sekat melintang.
- ✚ Untuk $65 \leq L \leq 85$ m harus mempunyai empat sekat melintang ditambah satu sekat untuk setiap 20 m perpanjangan kapal.
- ✚ Jarak sekat melintang kedap air sedapat mungkin dibuat sama dan tidak perlu kurang dari lebar kapal.
- ✚ Untuk kapal-kapal pengangkut muatan berat (misalnya biji tambang) panjang ruang muat tidak boleh melebihi 30 m.

Sekat melintang yang membatasi tangki ceruk haluan dan ruang muat disebut sekat ceruk haluan dan pada umumnya disebut sekat tubrukan. Disebut sekat tubrukan karena berfungsi untuk melindungi bagian haluan kapal jika bertubrukan dengan benda lain. Letak sekat ini ditentukan oleh Biro Klasifikasi dan merupakan fungsi panjang kapal.

Sekat melintang kedap air yang dipasang pada bagian buritan kapal disebut sekat buritan, karena selain untuk membatasi tangki ceruk buritan dan ruang muat ruang mesin juga berfungsi sebagai pegangan ujung depan tabung poros baling-baling. Sekat tabung buritan umumnya diletakkan paling sedikit pada jarak tiga kali jarak gading, diukur dari ujung dengan boss poros baling-baling. Sekat melintang yang lain adalah sekat yang membatasi kamar mesin dengan ruang muat.

Pada umumnya sekat-sekat dibuat dari beberapa lajur pelat yang disusun secara mendatar sampai geladak lambung timbul. Untuk penguatan pelat sekat dipasang penegar-penegar yang dipasang secara mendatar. Di samping itu sekat melintang dapat pula dibuat dari pelat bergelombang tanpa penegar.

Ukuran ketebalan pelat dan ukuran profil yang ditentukan oleh peraturan Biro Klasifikasi adalah sebagai berikut.

✚ Tebal pelat sekat melintang kedap air tidak boleh kurang dari :
 $T = C$

Dimana : C_p = Koefisien pelat yang bergantung pada jenis sekat.
 Harga 3,8 untuk sekat tubrukan, 2,8 untuk sekat-sekat lainnya.

a = jarak antar penegar

h = Tinggi, dalam m air tawar.

Untuk tinggi tekanan dimasukkan jarak dari pertengahan panjang penegar yang tidak ditumpu sampai 1,0 m diatas pinggir geladak sekat.

k = factor bahan.

T_k = factor korosi yang bergantung pada ketebalan pelat.

✚ Untuk kapal-kapal kecil, tebal pelat sekat tidak perlu lebih tebal dari pelat kulit. Hal ini berlaku untuk jarak gading sama dengan jarak penegar.

✚ Lebar lajur pelat sekat paling bawah sekurang-kurangnya 900 mm dan lajur ini diteruskan ke atas sampai 300 mm di atas alas dalam.

✚ Pada sekat tabung buritan harus dilengkapi dengan pelat yang dipertebal padadaerah tabung buritan.

✚ Pada bagian lajur sekat paling bawah sebagai tambahan factor korosi, pelat harus 1 mm lebih tebal dari hasil perhitungan.

✚ Jika ceruk dipakai sebagai tangki, tebal pelat sekat ceruk tidak boleh kurang dari :

dimana :

p = Besar beban yang diterima sekat (kN/m^2)

Ukuran penegar sekat ditentukan berdasarkan perhitungan modulus penampang penegar. Untuk itu, dipakai rumus di bawah ini, dengan modulus penampangnya tidak boleh kurang dari :

$$W = k C_s a l^2 h \text{ (cm}^2\text{)}$$

dimana :

k = factor bahan. Untuk baja kapal normal berharga 1.

l = Panjang yang tidak ditumpu (m)

a = Jarak antara penegar (m).

h = Tinggi dalam meter air tawar.

P dan P_2 = Besar beban yang diterima (kN/m^2).

C_s = Besar koefisien yang bergantung pada jenis tumpuan penegar dan jenis sekat (Stiffener Coeffisien). Penegar yang kedua ujungnya dijepit dengan nilai 3,3 untuk sekat tubrukan dan 2,6 untuk sekat lainnya. Penegar yang satu ujungnya ditumpu bebas dan lainnya. Dijepit dengan nilai 4, untuk sekat tubrukan dan 3,2 untuk

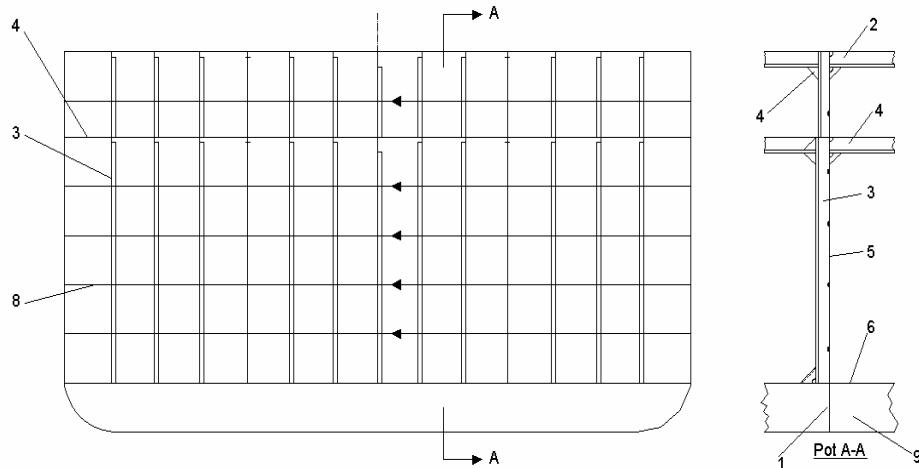
sekat lainnya. Penegar yang kedua ujung-ujungnya ditumpu dengan nilai 6,5 untuk sekat tubrukan dan 5,2 untuk sekat lainnya. Jika sekat ceruk digunakan untuk tangki, modulus penampang penegar tidak boleh kurang dari :

$$W_1 = k 0,55 a i^2 P.$$

$$W_2 = k 0,44 a i^2 P.$$

Jika satu atau kedua ujung penegar ditumpu bebas, modulus penampang ditambah 50%. Penegar-penegar pelat sekat dipasang dengan jarak sekitar 760 mm. Jarak penegar sekat datar dikurangi sampai 610 mm untuk sekat tubrukan dan kedap minyak.

Ujung-ujung penegar dapat diikat dengan pelat lutut, dengan mengelaskan langsung pada geladak dan dasar ganda atau membiarkan penegar tanpa pengikatan kecuali penegar yang dihubungkan dengan penumpu geladak dan penumpu samping alas. Cara terakhir sekat pada rumah geladak. Konstruksi sekat kedap air dapat dilihat pada Gambar 11.54 di bawah ini.



Gambar 11.54 Konstruksi Sekat Kedap Air

1. Lutut
2. Penumpu geladak
3. Penegar sekat
4. Geladak kedua
5. Sekat kedap air
6. Dasar ganda
7. Wrang kedap air
8. Sambungan pelat sekat
9. Penumpu samping

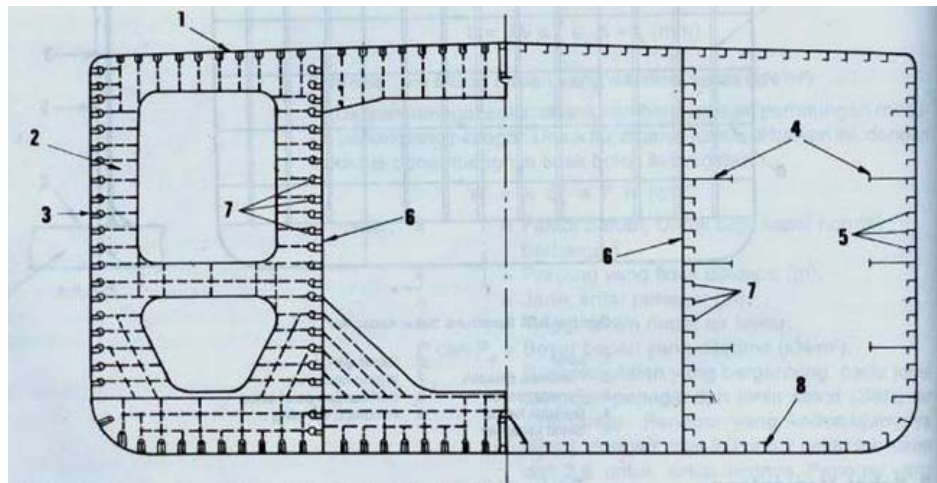
2. Sekat Memanjang

Telah dijelaskan bahwa dinding sekat memanjang hanya dipasang pada jenis kapal-kapal tertentu saja, misalnya kapal tangki minyak, kapal muatan curah, dan kapal pengangkut biji-bijian. Sekat memanjang pada kapal tangki dan muatan curah selain untuk mengurangi luas permukaan bebas juga berfungsi untuk menambah kekuatan memanjang kapal. Luas permukaan bebas muatan cair dan muatan curah perlu diperkecil dengan pemasangan sekat memanjang karena permukaan zat cair atau muatan curah akan berubah dengan kemiringan kapal. Perubahan luas permukaan bebas yang cukup besar akan mengurangi stabilitas kapal tersebut, terutama pada kapal-kapal tanpa sekat memanjang.

Jenis sekat memanjang yang dipasang dapat berupa sekat rata atau sekat-sekat yang mempunyai konstruksi khusus (sekat bergelombang). Susunan konstruksi pada sekat rata sama dengan susunan konstruksi pada lambung kapal. Jika lambung menggunakan gading-gading tegak, pada sekat memanjang dipasang penegar-penegar tegak.

Pada system knstruksi memanjang diperlukan senta sekat memanjang yang dihubungkan dengan senta mendatar untuk sekat melintang dan senta sisi untuk lambung kapal. Diperlukan pula pelintang sisi pada sekat yang dihubungkan dengan pelintang pada geladak dan pelintang sisi pada lambung kapal. Palang pengikat menghubungkan antara pelintang sisi pada lambung dan pelintang sisi pada sekat.

Susunan konstruksi sekat memanjang dapat dilihat pada Gambar 11.55 dan Gambar 11.56.



Gambar 11.55 Penampang tengah Kapal pada Sistem Konstruksi Memanjang.

1. Geladak
2. Pelintang sisi
3. Pelat sisi
4. Senta
5. Pembujur sisi
6. Sekat memanjang
7. Pembujur sekat
8. Pembujur alas

3. Sekat Bergelombang

Dengan adanya muatan yang bermacam-macam jenisnya, di perlukan pembagian ruangan kapal yang makin efisien. Muatan minyak memerlukan tangki-tangki yang mudah untk dibersihkan. Untuk ini, dipakai sekat bergelombang (*corrugated bulkhead*), yaitu jenis sekat yang tidak memiliki penegar-penegar. Sekat ini terdiri dari beberapa bagian elemen pelat yang mempunyai lekukan (gelombang) dan disambung dengan system pengelasan. Sudut-sudut elemen pelat gelombang (α) minimum 45^0 . ketebalan sekat bergelombang tidak boleh kurang dari persyaratan yang ditentukan untuk tebal pelat sekat rata karena pada sekat bergelombang tidak memiliki penegar. Untuk itu, jarak antara penegar a diambil nilai terbesar dari b atau f (m). hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 11.56

Modulus penampang elemen sekat bergelombang ditentukan menurut rumus modulus penampang penegar sekat rata dengan mengganti nilai jarak penegar (a) dengan elemen (e) (m).

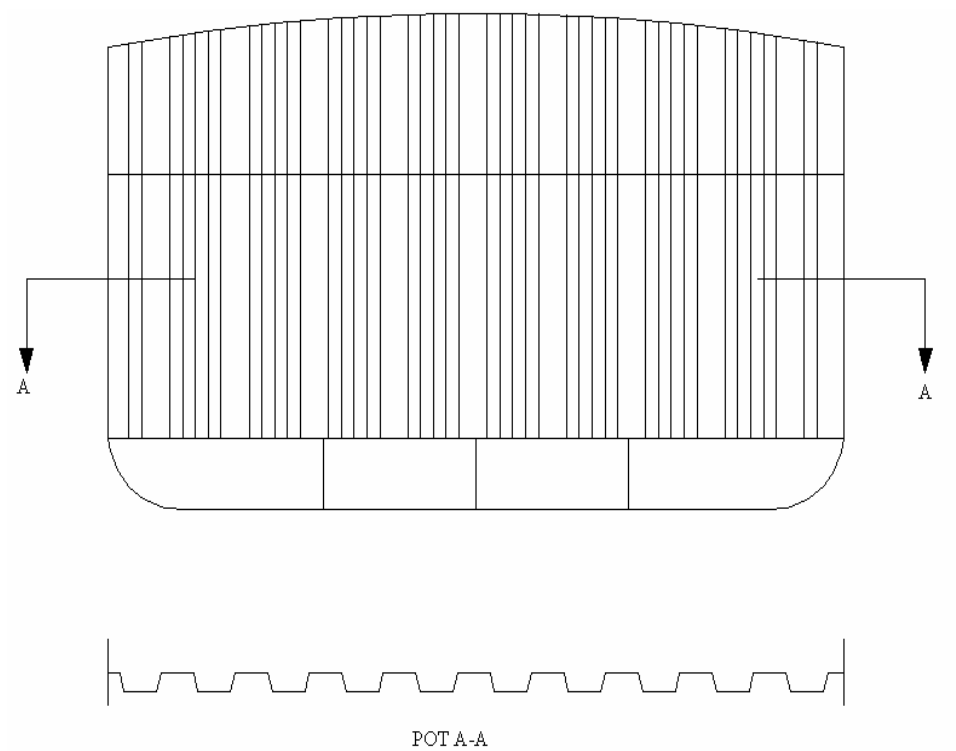
Modulus penampang sekat bergelombang dapat juga ditetapkan menurut rumus berikut :

$$W = t d (b + f/3) (\text{cm}^3)$$

Nilai t,d,b,f dan e (m) seperti ditunjukkan pada gambar sekat bergelombang.

Keuntungan pemakaian sekat bergelombang antara lain adalah :

- ✚ Penghematan berat yang relatif besar, bila dibandingkan dengan sekat rata berpenegar,
 - ✚ Pengelasannya berkurang.
 - ✚ Mempunyai konstruksi yang lebih sederhana,
 - ✚ Sekat lebih mudah dibersihkan, terutama pada kapal-kapal tangki,
 - ✚ Mempermudah pemuatan barang pada kapal-kapal kargo.
- Konstruksi sekat bergelombang diperlihatkan seperti pada Gambar 11.56



Gambar 11.56 Konstruksi Sekat Bergelombang

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, *Rules for the Classification and Construction of Seagoing Steel Ship*. Biro Klasifikasi Indonesia, Jakarta : PT. Bina Cakrawala Utama, 2004.
- Dopatka, Perepczko, *Das Buch vom Schiff*, Stuttgart : Motorbuch Verlag.
- Pussex, H.J. *Merchant Ship Construction*, Sixth Edition, Glasgow : Brown, son and Fergusen, Ltd, Nautical Publisher, 1975.
- Taggart, Robert. *Ship Design and Construction*. The Society of Naval Architest and Marine Engineers, 1980.
- Taylor, DA. *Merchant Ship Construction*. London, Boston : Butterworths, 1985.
- Soegiono dkk. *Kamus Istilah Teknik Kapal*. Surabaya : Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi 10 Novemsber Surabaya, 1984.
- Harsono Wiryo Sumarto, To shie Okumura. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta : Pradnya Paramita, 1991.
- Ir. Muhammad Bakri, *Teknologi Bangunan Kapal*.
- Buku “*Sistem Instalasi Pipa* “ dari PT. PAL Surabaya.
- Sistem dan Perlengkapan kapal Penerbit ITS.
- Groot DC.R, *Dredging pipe Lines and Pumps*.
- Haynes, *Material Handling Aplications*.
- Douglas, *Ship Production*.
- DJ.J. Eryres, *Ship Construction*” Fifth Edition, M.Sc FRINA (Formerly lecture in Naval Architecture).

Glosarium

Balas air (*water balast*) bahan pemberat (air) yang diletakkan pada tangki, untuk menjaga stabilitas trim dan sarat kapal.

Bagian depan (*fore body*) bagian badan kapal yang terletak di depan bidang penampang tengah kapal.

Bagian belakang (*after body*) bagian dari badan kapal yang terletak di belakang bidang penampang tengah kapal.

Bagian tengah (*middle body*) bagian badan kapal yang berdekatan dengan penampang tengah kapal.

Bak rantai (*chain locker*) ruang yang menyimpan rantai jangkar yang terletak di haluan kapal, di bawah mesin jangkar.

Baling – baling (*propeller*) alat yang digunakan sebagai penggerak kapal.

Bidang simetri (*centre line*) bidang yang melalui garis tegak depan dan garis tegak belakang.

Bilah hadap (*face plate*) bilah yang ditempelkan tegak lurus dan simetri pada ujung bebas penegar atau gading yang juga terbuat dari pelat bilah, sehingga penampangnya seperti huruf T yang dimaksudkan untuk menambah kekakuan dan kekuatan.

BKI (*Indonesia Classification Society*), Biro Klasifikasi Indonesia, badan pemerintah (BUMN) yang didirikan pada tahun 1964. Badan ini bertugas mengelompokkan kapal yang berbendera Indonesia menurut kelas masing–masing dan dapat memberikan sertifikat laik laut bagi kapal yang beroperasi di Indonesia maupun perwakilan dari klasifikasi negara yang bekerja sama dengannya.

Bobot mati (*deadweight*) berat dalam ton metrik dari muatan, perbekalan, bahan bakar air tawar, penumpang, dan awak kapal yang diangkut kapal sampai garis air muat musim panas.

Bolder (*mooring bitt*) tonggak yang dibuat dari baja tuang atau pelat baja yang dipasang pada geladak kapal atau dermaga dan di pergunakan untuk pengikatan tali tambat.

Buritan (*Stern*) bagian belakang kapal atau perahu.

Celaga kemudi (*rudder tiller*) lengan atau batang yang salah satu ujungnya berlubang dan di pasang pada tongkat kemudi, sedangkan ujung yang lain dihubungkan dengan alat penggerak untuk memutar kemudi.

Ceruk buritan (*after peak*) ruangan antara sekat lintang kedap air yang paling belakang dan gading linggi buritan. Biasa dipergunakan untuk tangki balas atau untuk tangki air tawar.

Ceruk haluan (*fore peak*) ruangan yang terletak antara sekat tubrukan dengan linggi haluan, biasa dipergunakan untuk tangki balas.

Dasar ganda (*double bottom*) ruangan pada dasar kapal yang terletak di antara pelat kulit dan alas dalam, yang dipergunakan untuk air balas, bahan bakar, air tawar, dan lain – lain.

Dasar tunggal (*single bottom*) dasar kapal yang tidak mempunyai alas dalam sehingga kalau terjadi kebocoran pada pelat alas, air akan langsung masuk kedalam kapal.

Derek muat (*cargo derrick*) alat angkat yang terdiri atas sebuah batang dan tiang dengan tali dan blok yang dihubungkan pada lir geladak untuk mengangkat dan menurunkan beban.

Displasemen (*displacement*) jumlah air dalam ton yang dipindahkan oleh kapal yang terapung.

Dok (*dock*) sarana dengan segala peralatan dan perlengkapan, tempat badan kapal dapat duduk diatasnya dalam keadaan kering.

Ferosemen (*ferrocement*) beton bertulang yang terbuat dari campuran semen air dan pasir serta pembesian jalan (kawat ayam atau kawat jala), yang mempunyai sifat mudah dibentuk dan dikerjakan serta memiliki kekuatan tarik dan tekan yang tinggi.

Gading (*frame*) salah satu anggota kerangka melintang kapal berupa profil baja yang dipasang pada sisi kapal mulai dari bilga sampai geladak atau dari geladak sampai geladak di atasnya.

Gading besar (*web frame*) bentuknya seperti gading, tetapi mempunyai ukuran yang paling besar.

Gambar rencana (*garis lines plan*) gambar yang menunjukkan bentuk – bentuk penampang bujur dan penampang lintang dari kapal.

Garis air muat (*load line, load water line*) garis air pada sarat kapal maksimum yang diperkenankan untuk dimuati sesuai dengan peraturan lambung timbul.

Garis tegak haluan (*fore perpendicullar*) garis tegak yang melalui perpotongan garis muat dengan sisi depan linggi haluan.

Garis tegak buritan (*after perpendicullar*) garis tegak yang dibentuk melalui sumbu poros kemudi.

Geladak (*deck*) permukaan datar atau hampir datar yang menutupi sisi atas dari ruang di kapal.

Gelas serat (*fibre glass*) bahan yang dibuat dari serat gelas dan di pergunakan sebagai bahan untuk pembuatan kapal, perlengkapan rumah tangga, dan lain – lain.

Haluan (*bow*) bagian depan kapal atau perahu.

Haluan bola (*bulbous bow*) haluan kapal di bawah permukaan air yang di bentuk menggembung seperti bola, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi tahanan gelombang kapal.

Jangkar (*anchor*) suatu benda tempa atau cor yang terdiri atas sebuah batang yang mempunyai ring atau segel di salah satu ujungnya

dan mempunyai lengan di ujung yang lain. Dibuat sedemikian rupa, sehingga kalau diturunkan ke dasar laut dengan bantuan rantai atau tali dapat mencekeram dasar laut.

Jarak gading (*frame spacing*) jarak antara gading – gading yang bersebelahan. Diukur dari sisi belakang ke sisi depan pada arah membujur kapal.

Jari – jari bilga (*bilga radius*) jari – jari lingkaran pada bidang tengah kapal yang menyinggung alas dan sisi kapal serta membentuk lengkungan bilga.

Kantilever (*cantilever*) konstruksi batang (balok) salah satu ujungnya dijepit, sedangkan ujung yang lain tidak (bebas).

Kapal palet (*pallet ship*) kapal yang dipergunakan untuk mengangkut muatan umum yang sejenis, yang diletakkan di atas papan – papan palet.

Kapal ro-ro (*ro-ro vessel*) kapal yang dirancang untuk mengangkut kendaraan, dimana kendaraan yang dimuat dapat langsung berjalan dengan rodanya sendiri melalui rampa yang dipasang pada haluan, buritan atau sisi kapal.

Kapal pendingin (*refrigerated vessel*) kapal yang khusus di rencanakan dan dilengkapi dengan instalasi pendingin untuk seluruh ruang muatannya, dan di pergunakan untuk pengangkutan bahan makanan, misal : daging, ikan, dan buah – buahan.

Kapal peti kemas (*container ship kapal*) yang di pergunakan untuk mengangkut peti kemas, baik di dalam palka maupun di atas geladak.

Kapstan (*capstan*) alat di buritan kapal yang di pergunakan untuk menambatkan kapal di dermaga

Karat (*rust*) hasil korosi yang terdiri atas oksida besi yang berwarna coklat kemerah – merahan dan terbentuk pada permukaan besi atau baja.

Kemudi (*rudder*) alat untuk mengolah gerak dan mengemudikan kapal.

Kemiringan alas (*rise floor*) kemiringan dalam arah melintang dari dasar kapal, mulai dari lunas sampai bilga.

Kimbul (*poop*) bangunan atas pendek yang terletak di bagian belakang.

Knot (*knot*) satuan kecepatan dalam mil laut per jam untuk kapal dan arus, 1 mil laut internasional = 1.852 meter.

Koferdam (*cofferdam*) ruangan kosong di antara dua dinding yang memisahkan dua ruangan yang berdampingan. Hal ini untuk menjaga supaya cairan dari ruang sebelah tidak merembes ke lain ruang kalau terjadi kebocoran.

Korosi (*corrosion*) kerusakan logam secara bertahap yang disebabkan oleh oksidasi (karat) atau oleh suatu proses kimia.

Kran (*Crane*) suatu alat yang digunakan untuk menurunkan dan menaikkan barang dari atau kesuatu tempat

Kubu-kubu (*bulwark*) pelat yang digunakan pelat baja atau batang yang dipasang sepanjang kedua sisi geladak cuaca untuk mencegah air tidak membasahi geladak dan menjaga barang atau orang tidak tercebur kelaut

Laik laut (*seaworthiness*) kesempurnaan kapal ditinjau dari segi bahan, konstruksi , mesin, perlengkapan dan peralatan serta awak kapal dalam pelayaran.

Lajur biga (*bilga strake*) lajur pelat kulit yang membujur kapal dan terletak pada lengkungan bilga .

Lajur lunas (*keel strake*) lajur pelat baja pada alas kapal yang membujur pada garis paruh sepanjang kapal

Lajur pelat (*plate strake*) lembaran pelat baja yang dipasang membujur untuk pelat kulit kapal

Lajur sisi atas (*sheer strake*) lajur pelat sisi yang paling atas yang di hubungkan dengan pelat sisi geladak dari geladak kekuatan atau geladak utama kapal.

Lajur sisi geladak (*deck stringer plate*) lajur pelat geladak kekuatan atau geladak utama kapal.

Las sumbat (*slot weld, plug weld*) pengelasan untuk sambungan pelat tumpang, tempat pelat sebelah atas di lubang untuk memasukkan logam pengisi las.

Lengkungan gunung (*hogging*) keadaan sebuah kapal yang mengalami gaya tekan air keatas pada daerah tengah kapal lebih besar daripada beratnya, sedangkan pada ujung haluan dan buritan gaya tekan air keatas lebih kecil dari berat kapal, sehingga kapal condong untuk melengkung ke atas pada daerah tengah kapal.

Lengkungan lembah (*sagging*) kecenderungan melenturnya badan kapal yang mengakibatkan bagian tengah lebih rendah daripada bagian haluan dan buritan, sebagai akibat dari distribusi berat sepanjang kapal dan gaya tekan air keatas.

Lengkung lintang geladak (*camber*) lengkungan melintang dari geladak kapal yang berbentuk potongan dari sebuah lingkaran atau bagian dari sebuah parabola.

Linggi baling – baling (*propeller post*) bagian depan linggi buritan yang berdiri tegak. Pada kapal berbaling – baling tunggal, linggi berfungsi untuk menyangga tabung buritan atau poros baling – baling.

Linggi buritan (*stern frame, stren post*) suatu kerangka konstruksi yang membentuk ujung buritan kapal dan menyangga kemudi serba poros baling – baling.

Linggi kemudi (*rudder post*) kerangka konstruksi berbentuk batang yang tegak lurus pada sepatu kemudi dan merupakan satu – kesatuan dengan linggi buritan, tempat pada batang tersebut pena – pena kemudi bertumpu.

Lubang orang (*man hole*) lubang yang berbentuk bulat atau bulat telur pada tangki alas ganda, tangki – tangki, ketel, dan lain – lain, untuk keluar masuk orang. Lubang ini mempunyai penutup yang kedap minyak dan uap.

Lubang peringan (*lighneting hole*) lubang pada konstruksi pelat. Lubang ini untuk mengurangi berat konstruksi tersebut.

Lunas (*keel*) bagian konstruksi utama pada kapal yang membentang sepanjang garis tengah kapal dari depan sampai belakang.

Lutut (*knee, bracket*) komponen konstruksi berupa pelat baja berbentuk segitiga, tanpa atau dengan flens. Lutut di pergunakan untuk menghubungkan profil dengan profil atau profil dengan pelat baja dan lain – lain.

Mesin jangkar (*windlass*) yang khusus direncanakan untuk mengangkat jangkar kapal dan menambatkan kapal di dermaga.

Mesin Bantu (*auxiliary machinery*) mesin yang bukan merupakan motor penggerak utama kapal. Sebagai contoh pompa – pompa dan separator.

Mesin utama (*main engine*) mesin yang digunakan sebagai motor penggerak utama kapal.

Modulus penampang (*sectional modulus*) harga perbandingan antara momen kelembaban suatu penampang terhadap sumbu yang melalui titik berat penampang dengan jarak terjauh dari ujung penampang ketitik berat

Muatan cair (*liquid cargo*) segala cairan yang dapat diangkut dalam bentuk curah. Misalnya, minyak dan minyak sawit

Muatan curah (*bulk cargo*) muatan homogen yng diangkut dalam bentuk curah didalam ruang muat dan dalam keadaan terbungkus kemasan seperti kotak, peti karung, dan lain-lain.

Oleng (*rolling*) gerakan kapal dengan sumbu putar pada arah membujur kapal.

Pakal (*caulk*) bahan yang dipergunakan untuk mengisi dan menutup sambungan antara papan dengan papan pada geladak

Pallet (*pallet*) papan kayu berbentuk segi empat berukuran sekitar 6 kaki x 4 kaki, yang dipergunakan untuk mengangkut muatan homogen

Palka (*hold*) nama umum untuk ruangan dibawah geladak yang dipakai untuk menyimpan muatan

Panjang antara garis tegak (*leng between perpendicular*) jarak antara garis tegak depan dengan garis tegak belakang.

Pelat bilah (*flat bar*) batang baja berbentuk bilah yang mempunyai berbagai ragam ukuran dan bentuk.

Pembujur (*longitudinal*) profil penguat yang dipasang membujur dan menempel pada sisi bawah pelat geladak, sisi dalam pelat lambung, dan sisi atas pelat alas, pada setiap jarak tertentu. Dijumpai pada kapal dengan konstruksi memanjang.

Pena kemudi (*rudder pintle*) pena pada tepi depan rangka kemudi. Dengan pena tersebut kemudi duduk atau menggantung pada linggi kemudi dan berputar.

Pendorong haluan (*bow Thruster*) baling – baling yang dipasang pada daerah kapal untuk menghasilkan gaya dorong melintang kapal, sehingga mempermudah olah gerak kapal waktu merapat atau meninggalkan dermaga.

Penegar (*stiffener*) baja profil yang dilas pada permukaan pelat baja. Hal ini untuk menambah ketegaran pelat. Contoh, penegar dinding sekat.

Penyangga baling – baling (*fropeller bracket*) kerangka konstruksi yang menempel pada kedua sisi buritan kapal berbaling – baling ganda, yang di pergunakan untuk menyangga poros baling – baling.

Rampa (*ramp*) jembatan yang dapat diangkat dan dimasukkan kedalam kapal, yang menghubungkan kapal dengan dermaga.

Sarat (*draught draft*) jarak tegak dari titik terbawah lunas sampai kepermukaan air.

Sekat (*bulkhead dinding*) tegak baik melintang maupun membujur yang memisahkan antara ruang satu dengan yang lain.

Selokan (*gutterway*) saluran air yang dipakai untuk air pembuangan.

Senta sisi (*side stringer*) penumpu bujur yang terbuat dari profil baja atau pelat bilah dan pelat bilah dan pelat hadap, yang dipasang pada kedua sisi kapal sebelah dalam diatas bilga.

Sirip keseimbangan (*stabilizer fin sirip*) atau sayap yang dipasang tegak lurus pada kedua sisi lambung kapal dekat bilga yang dipergunakan untuk mengurangi gerakan oleng kapal. Sayap ini ada yang dapat dimasukkan ke dalam badan ada pula yang tidak.

Skalop (*scallop*) lubang pada komponen – komponen konstruksi yang dimaksudkan agar sambungan las yang melalui komponen – komponen tersebut dapat menerus.

Tengah kapal (*midship*) titik tengah antara panjang dari dua garis tegak kapal.

Tangki sayap (*wing tank*) tangki yang salah satu sisinya adalah pelat sisi kapal, sedangkan sisi yang lain merupakan seka membujur kapal yang bukan pada bidang paruh kapal.

Tiang muat (*derrick mast*) tiang dikapal yang dipergunakan untuk keperluan bongkar muat.

Trim (*trim*) keadaan yang dialami oleh suatu kapal, ketika sarat depan dan sarat belakang berbeda tingginya.

Tupai – tupai palka (*hatch cleat*) penjepit yang dipasang pada sisi luar ambang palka untuk menjepit terpal penutup palka supaya tidak lepas.

Ventilasi (*ventilation*) penggantian udara kotor yang ada di dalam suatu ruangan kapal dengan udara segar dari luar.

Wrang (*floor*) pelat tegak melintang dari bilga ke bilga kapal, baik yang berlubang maupu tidak, yang dipasang di atas pelat alas pada setiap jarak gading.

Lampiran 1: Perhitungan Lambung Timbul

Tabel Panjang Timbul Untuk Kapal – Kapal Type “ A “

L = Panjang Kapal (M).

F = Lambung Timbul Minimum (MM).

L	F	L	F	L	F	L	F	L	F
24	200	92	1014	160	2126	228	2857	297	3250
25	208	93	1029	161	2141	229	2865	298	3254
26	217	94	1044	162	2155	230	2872	299	3258
27	225	95	1059	163	2169	231	2880	300	3262
28	233	96	1074	164	2184	232	2888	301	3266
29	242	97	1089	165	2198	233	2895	302	3270
30	250	98	1105	166	2212	234	2903	303	3274
31	258	99	1120	167	2226	235	2910	304	3278
32	267	100	1135	168	2240	236	2918	305	3281
33	275	101	1151	169	2254	237	2625	306	3285
34	283	102	1166	170	2268	238	2882	307	3288
35	292	103	1181	171	2281	239	2939	308	3292
36	300	104	1196	172	2294	240	2946	309	3295
37	308	105	1212	173	2307	241	2953	310	3298
38	316	106	1228	174	2320	242	2959	311	3302
39	325	107	1244	175	2332	243	2966	312	3305
40	334	108	1260	176	2345	244	2945	313	3308
41	344	109	1276	177	2357	245	2979	314	3312
42	354	110	1293	178	2369	246	2986	315	3315
43	364	111	1309	179	2381	247	2993	316	3318
44	374	112	1326	180	2392	248	3000	317	3322
45	385	113	1342	181	2405	249	3006	318	3325
46	396	114	1359	182	2416	250	3012	319	3328
47	408	115	1376	183	2428	251	3018	320	3331
48	420	116	1392	184	2440	252	3024	321	3334
49	432	117	1409	185	2451	253	3030	322	3337
50	443	118	1426	186	2463	254	3036	323	3339
51	455	119	1442	187	2474	255	3012	324	3342
52	467	120	1459	189	2486	256	3018	325	3345
53	478	121	1476	190	2497	257	3054	326	3347

L	F	L	F	L	F	L	F	L	F
51	490	122	1494	190	2509	258	3060	327	3350
55	503	123	1511	191	2519	259	3066	328	3355
56	516	124	1528	192	2530	260	3072	329	3355
57	530	125	1516	193	2541	261	3078	330	3358
58	544	126	1563	194	2552	262	3084	331	3361
59	559	127	1580	195	2562	263	3089	332	3363
60	573	128	1598	196	2572	264	3095	333	3366
61	587	129	1615	197	2582	265	3101	334	3368
62	600	130	1632	198	2592	266	3106	335	3371
63	613	131	1650	199	2602	267	3112	336	3373
64	626	132	1667	200	2612	268	3117	337	3375
65	639	133	1684	201	2622	269	3123	338	3378
66	653	134	1702	202	2632	270	3128	339	3380
67	666	135	1719	203	2641	271	3133	340	3382
68	680	136	1736	204	2650	272	3138	341	3385
69	693	137	1733	205	2659	273	3143	342	3387
70	706	138	1770	206	2669	274	3148	343	3389
71	720	139	1787	207	2678	275	3153	344	3392
72	733	140	1803	208	2687	276	3158	345	3394
73	746	141	1820	209	2696	277	3163	346	3396
74	760	142	1837	210	2705	278	3167	347	3399
75	773	143	1853	211	2714	279	3174	348	3401
76	786	144	1870	212	2723	280	3176	349	3403
77	800	145	1887	213	2732	281	3181	350	3406
78	614	146	1903	214	2741	282	3185	351	3408
79	628	147	1919	215	2749	283	3189	352	3410
80	641	148	1935	216	2758	284	3194	353	3412
81	855	149	1952	217	2767	285	3198	354	3414
82	869	150	1968	218	2775	286	3202	355	3416
83	883	151	1984	219	2784	287	3207	356	3418
84	897	152	2000	220	2792	288	3211	357	3420
85	911	153	2016	221	2801	289	3215	358	3422
86	926	154	2032	222	2809	290	3220	359	3423
87	940	155	2048	223	2817	291	3224	360	3425
88	955	156	2064	224	2825	292	3228	361	3427
89	969	157	2080	225	2833	293	3233	362	3428
90	984	158	2096	226	2841	294	3237	363	3430
91	999	159	2111	227	2849	295	3241	364	3432
						296	3246	365	3433

Tabel Lambung Timbul Untuk Kapal – Kapal Type “ B “.

L = Panjang Kapal (M).

P = Lambung Timbul minimum (MM).

L	F	L	F	L	F	L	F	L	F
24	200	92	1116	160	2520	228	3705	297	4393
25	208	93	1135	161	2540	229	3729	298	4607
26	217	94	1154	162	2560	230	3735	299	4618
27	225	95	1172	163	2580	231	3750	300	4630
28	233	96	1190	164	2600	232	3765	301	4642
29	233	97	1209	165	2620	233	3780	302	4651
30	250	98	1229	166	2640	234	3795	303	4665
31	258	99	1250	167	2660	235	3808	304	4676
32	267	100	1271	168	2680	236	3821	305	4686
33	275	101	1293	169	2698	237	3835	306	4695
34	283	102	1315	170	2716	238	3849	307	4804
35	292	103	1337	171	2735	239	3864	308	4714
36	300	104	1359	172	2754	240	3880	309	4725
37	308	105	1380	173	2774	241	3893	310	4736
38	309	106	1401	174	2795	242	3906	311	4748
39	325	107	1421	175	2815	243	3920	312	4757
40	334	108	1440	176	2835	245	393	313	4768
41	344	109	1459	177	2855	246	3949	314	4779
42	354	110	1479	178	2875	247	3965	315	4790
43	364	111	1500	179	2895	248	3978	316	4801
44	374	112	1521	180	2915	249	3780	317	4812
45	385	113	1543	181	2933	250	3795	318	4823
46	396	114	1565	182	2952	251	3808	319	4834
47	408	115	1587	183	2970	252	3821	320	4844
48	420	116	1605	184	2988	253	3835	321	4855
49	432	117	1630	185	3007	254	3058	322	4866
50	443	118	1651	186	3025	255	4072	323	4878
51	455	119	1671	187	3044	256	4085	324	4890
52	467	120	1690	188	3062	257	4098	325	4899
53	476	121	1709	189	3080	258	4112	326	4090

L	F	L	F	L	F	L	F	L	F
54	493	122	1729	190	3098	258	4125	327	4920
55	503	123	1750	191	3116	259	4139	328	4931
56	516	124	1771	192	3134	260	4152	329	4943
57	530	125	1793	193	3151	261	4165	330	4955
58	544	126	1815	194	3167	262	4177	331	4965
59	559	127	1837	195	3186	263	4189	332	4975
60	573	128	1859	196	3202	264	4201	333	4985
61	587	129	1880	197	3219	265	4214	334	4995
62	601	130	1901	198	3235	266	4227	335	5005
63	615	131	1921	199	3249	267	4240	336	5015
64	629	132	1940	200	3264	268	4252	337	5025
65	644	133	1959	201	3280	269	4264	338	5035
66	659	134	1979	202	3296	270	4276	339	5045
67	674	135	2000	203	3313	271	4289	340	5055
68	689	136	2021	204	3330	272	4302	341	5056
69	705	137	2043	205	3347	273	4315	342	5075
70	721	138	2065	206	3363	274	4327	343	5086
71	738	139	2087	207	3380	275	4339	344	5097
72	754	140	2109	208	3397	276	4350	345	5097
73	769	141	2130	209	3413	277	4362	346	5119
74	784	142	2151	210	3430	278	4373	347	5130
75	800	143	2171	211	3445	279	4385	348	5140
76	816	144	2190	212	3460	280	4397	349	5150
77	833	145	2209	213	3475	281	4408	350	5160
78	850	146	2229	214	3490	282	4420	351	5170
79	868	147	2250	215	3505	283	4432	352	5180
80	887	148	2271	216	3520	284	4443	353	5190
81	905	149	2293	217	3537	285	4455	354	5200
82	926	150	2315	218	3554	286	4467	355	5210
83	942	151	2334	219	3570	287	4478	356	5220
84	960	152	2354	220	3586	288	4490	357	5230
85	978	153	2375	221	3601	29	4502	358	5240
86	996	154	2396	222	3615	290	4513	359	5250
87	1015	155	2448	223	3630	291	4525	360	5260
88	1034	156	2440	224	3645	292	4537	361	5264
89	1054	157	2460	225	3660	293	4538	362	5276
90	1075	158	2480	226	3675	294	4560	363	5285
91	1096	159	2500	227	3690	295	4572	364	5294
						296	4583	365	5303

Untuk panjang kapal yang terletak diantara harga – harga pada tabel diatas, besarnya lambung timbul didapat dengan interpolasi linier.
 Untuk kapal – kapal dengan panjang diatas 365 meter harus mendapat persetujuan dari pihak klasifikasi.

L	F	L	F	L	F	L	F
108	50	131	131	154	244	177	306
109	52	132	136	247	247	178	308
110	55	133	142	156	251	179	311
111	57	134	147	157	254	180	313
112	59	135	153	158	258	181	315
113	62	136	159	159	261	182	318
114	64	137	164	160	264	183	320
115	68	138	170	161	267	184	322
116	70	139	175	162	270	185	325
117	73	140	181	163	273	186	327
118	76	141	186	164	275	187	329
119	80	142	191	165	278	188	332
120	84	143	196	166	280	189	334
121	87	144	201	167	283	190	336
122	91	145	206	168	285	191	339
123	95	146	210	169	287	192	341
124	99	147	215	170	290	193	343
125	103	148	219	171	292	194	346
126	108	149	224	172	294	195	348
127	112	150	228	173	297	196	350
128	116	151	232	174	299	197	353
129	121	152	236	175	301	198	355
130	126	153	240	176	304	199	357
						200	358

Untuk panjang kapal yang terletak diantara harga – harga pada tabel diatas besarnya lambung timbul didapat dengan interpolasi linier.

Untuk kapal – kapal dengan panjang diatas 200 meter harus mendapat persetujuan dari pihak yang berwenang.

Perhitungan Lambung Timbul

Sesuai dengan penjelasan diatas, maka Lambung Timbel ini minimum didapat dari Tabel A kita kapal sudah jelas termasuk type A atau dan tabel B dengan variasi – variasinya.

1. Penentuan lambung timbul minimum (F_s) dari kapal yang dihitung :

Type A (lihat Tabel A)	$F_s = (A) = \dots\dots\dots\text{mm}$
Type B 100 (lihat tabel B)	$F_s = (B) = \dots\dots\dots\text{mm}$
Type B (lihat Tabel A,B)	$F_s = 0,6(A)+0,4(B) = \dots\text{mm}$
Type B(lihat tabel A)	$F_s = (A) = \dots\dots\dots\text{mm}$
Type B + (lihat Tabel B,B)	$F_s = (B) + \Delta (B) = \dots\dots\text{mm}$

2. Koreksi lambung timbul kapal type B dengan panjang lebih kecil dari 100 m

$$L < 100 \text{ m}$$

$$E/L < 0,35$$

Penambahan Lambung Timbul

$$\Delta F_s = 7,5 (100 - L) (0,35 - E/L) = \dots\dots\text{mm}$$

3. Koreksi untuk koefisien Block

Untuk $C_b > 0,68$ maka :

Penambahan lambung timbul

$$(F_s + \Delta F_s) \times \frac{C_b - 0,68}{136} = \dots\dots\dots\text{mm}$$

4. Koreksi untuk Depth

- a. Bila $D < L/15$ maka lambung timbul ditambah dengan $(D-L/15) R = \dots\dots\dots\text{mm}$
Dimana : $R = L/0,48 \dots\dots\dots$ untuk $L < 120 \text{ m}$
 $R = 250 \dots\dots\dots$ untuk $L \geq 120 \text{ m}$
- b. Bila $D < L/15$ tidak diadakan reduksi (pengurangan) kecuali kapal memiliki bangunan atas tertutup sepanjang $0,6L$ ditengah atau trunk yang menyeluruh dan jika $h \geq h_n$ lambung timbul dikurangi = $(D-L/15) R = \dots\dots\dots\text{mm}$, jika $h < h_n$ lambung timbul dikurangi = $(D-L/15) R \cdot h/h_n = \dots\dots\dots\text{mm}$

5. Koreksi untuk bangunan atas dan trunk.

- a. Bila $E/L = 0,1$, maka reduksi adalah sebagai berikut :
 $L = 24 \text{ m}$, maka reduksi = 350 mm
 $L = 85 \text{ m}$, maka reduksi = 860 mm
 $L \geq 122 \text{ m}$, maka reduksi = 4070 mm

Untuk panjang L, diantara harga diatas reduksi (pengurangan) diambil dengan interpolasi.

- b. Bila $E/L < 1,0$ maka reduksi diambil sebagai prosentase dari tabel berikut :

Type	Lajur	Prezentase reduksi untuk bangunan atas											
B		E/L	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	I	Kapal dengan forecastle tanpa brige	0	5	10	15	23,5	32	46	63	75,3	87,7	100
	II	Kapal dengan fore castle dan bridge	0	6,3	12,7	19	27,5	33	46	63	75,3	87,7	100
		Kapal pengangkut kayu	20	32	42	53	64	70	75	82	88	94	100
A	Kapal tangki		0	7	14	21	31	41	52	63	75,5	87,7	100

Untuk E/L diantara harga batas tersebut, maka persentase reduksi diambil dengan interpolasi linier.

Untuk Type B

1. Bila panjang efektif dari bridge $< 0,2 L$ maka presentase di dapat dengan interpolasi linier dari lajur 1 dan 2.
2. Bila panjang efektif dari forecastle $> 0,4 L$ maka presentase harus diperoleh dari lajur 2.
3. Bila panjang efektif dari forecastle $< 0,07 L$ maka presentase yang dibuat dari tabel harus dikurangi lagi dengan :

$$E_f = \frac{5 \times (0,07 L - E_f)}{0,07 L}$$

Dimana : E_f = Panjang efektif dari forecastle.

6. Koreksi untuk sheer.

Koreksi untuk sheer adalah kekurangan (difficiency) atau kelebihan (excess) dikalikan dengan faktor.

$$0,75 - \frac{S}{2 L}$$

Dimana : S = panjang total dari bangunan atas tutup.

- a. Bila sheer kurang dari standard (0 = negatif), maka koreksi merupakan penambahan.

$$\text{Penambahan Lambung Timbul} = / 0 / (0,75 - \frac{S}{2L}) = + \dots \text{ mm.}$$

- b. Bila sheer kelebihan maka :

1. Bila letak bangunan atas tutup mencakup 0,1 L dibelakang Dan 0,1 L didepan tengah kapal (><), maka koreksi Merupakan pengurangan :

$$\text{Pengurangan Lambung Timbul} = - 0 (0,75 - \frac{S}{2L})$$

2. Bila bangunan atas tertutup tidak mencakup tengah kapal (><), maka pengurangan (reduksi) tidak ada.

3. Bila bangunan atas tertutup mencakup kurang dari 0,1 L Dibelakang dan 0,1 L didepan tengah kapal (∂), maka Pengurangan didapat dengan interpolasi.

$$\begin{aligned} \text{Pengurangan Lambung Timbul} &= - 0 (0,75 - \frac{S}{2L}) \times \frac{S'}{0,21} \\ &= \dots \text{ mm.} \end{aligned}$$

Dimana S' = Panjang Bangunan atas antara 0,1 L Dibelakang dan 0,1 L didepan tengah kapal, jadi S' < 0,2 L.

4. Pengurangan lambung timbul untuk sheer kelebihan, maximum = 1,25 L =mm (L dalam meter).

7. Lambung Timbul untuk Summer Free Boara.

Didapat dari lambung timbul minimum sesuai Tabel A, B, dengan variasi – variasinya ditambah atau dikurangi dengan Koreksi – koreksinya.

Ikhtiar sebagai berikut :

- | | | | |
|---|---|----------------------------------|-------------|
| a. Fs | = |mm. | |
| b. ΔFs | = | <u>.....mm.</u> | |
| Fs + ΔFs | = |mm. | = mm. |
| c. Koreksi untuk koefisien block (Cb) | = | +mm. | |
| d. Koreksi untuk Depth | = | \pmmm. | |
| e. Koreksi untuk bangunan atas | = | -mm. | |
| f. Koreksi untuk sheer | = | <u>\pmmm.</u> | |
| Summer Free Board (Fso) | = | mm. | |

Koreksi untuk Fso.

Koreksi untuk tinggi haluan maximum (minimum how height). Tinggi haluan adalah jarak vertikal digaris tegak depan antara garis air dari mer Summer Free board sampai sisi atas dari geladak terbuka disisi kapal.

Minimum dari tinggi haluan adalah :

Untuk $L < 250$ meter :

$$H_{min} = 56 L \left(1 - \frac{L}{500} \right) \times \frac{1,36}{C_b + 0,68} \text{ mm.}$$

Untuk $L \geq 250$ meter :

$$H_{min} = 7000 \times \frac{1,36}{C_b + 0,68} \text{ mm.}$$

Besarnya H_{min} yang didapat dari rumus diatas harus dibandingkan dengan tinggi bahan kapal yang didapat dari F_{so} .

- Sheer didepan 1FB.
 - Tinggi bangunan atas hFH dengan syarat panjang forecastle $\geq 0,07 L$ dari garis tegak depan.
- Jadi $H = F_{so} + t_{FH} + t_{FH}$.

1. Bila $H \geq H_{min}$
Summer Freeboard tetap F_{so} .
2. Bila $H < H_{min}$
 $F_{s'} = F_{so} + H_{min} - H.0$

- B. Pemeriksaan/koreksi terhadap daya apung kapal setelah tulbrukan Khusus untuk type A, type B, type C harus diadakan pemeriksaan sebagai berikut :

Apakah syarat air d yang didapat dari $D - F_{so}$ atau $D_{fs'}$ sesuai dengan syarat air D_o dari perhitungan kebocoran kapal. Bila tidak sesuai maka Summer Freeboard harus ditambah sehingga sesuai dengan hasil perhitungan kebocoran kapal.

Jadi sebagai ikhtisar dapat disimpulkan bahwa Summer Freeboard bisa diambil :

$$F_{s'} = F_{so} \text{ atau}$$

$$F_{s'} = F_{s'} \text{ atau}$$

$$F_{s'} = F_{s^2} \text{ sesuai dengan penjelasan diatas, bila ada koreksi/pemeriksaan}$$

- C. Koreksi untuk posisi dari garis geladak (deck line). Bila tinggi, Yang sebenarnya diukur sampai sisi atas dan garis geladak tidak Sama dengan D , maka bila :

$$D = D_r \text{ sampai } S = F_s.$$

$$D > D_r \text{ sampai } S = D_r - (D - F_s).$$

Dimana :

D = Tinggi (depth) sampai sisi atas garis geladak.

S = Lambung timbul minimum pada Summer Freeboard

Sesudah di koreksi semuanya.

- D. Lambung timbul minimum untuk S dan T adalah 50 mm.

9. Sarat maximum

$$d = D_r - S \text{ atau } d = D - S \text{ bila } D_r = D$$

10. Lambung timbul untuk T dan W.

$$T = S - \frac{1}{48} \times D.$$

$$W = S + \frac{1}{48} \times D.$$

Khusus untuk kapal pengangkut kayu :

$$T = S - \frac{1}{36} \times D.$$

$$W = S + \frac{1}{36} \times D.$$

11. Lambung timbul untuk WNA :

Untuk $L < 100$ m sampai $WNA = W + 50$.Untuk $L > 100$ m sampai $WNA = W$.

12. Lambung timbul di air tawar (Freshwater).

$$TF = T - \frac{\Delta}{40 \text{ TPC.}}$$

$$F = S - \frac{\Delta}{40 \text{ TPC.}}$$

Dimana :

 Δ = Displacement di air laut pada garis air musim panas (ton)

TPC = Tons per centimeter immersion di air laut.

Bila Δ tidak dapat ditetapkan maka faktor diatas digantiDengan $\frac{1}{48} \times D$.**B. CONTOH PERHITUNGAN**

KAPAL TANGKI :

Data – data :

Panjang = 174 ,39 m (sesuai 1 – 1)

Lebar = 23,47 m (sesuai 1 – 4)

Tinggi = 13,03 m (sesuai 1 – 5)

 Δ pada 0,85 H = 36,330 ton.

1. Lambung timbul minimum untuk kapal tangki Dari Tabel A untuk

 $L = 174,39$ m $F_s = 2324,7$ mm (sesudah di interpolasi).2. Koreksi Untuk koefisien block (C_b) $D^1 = 0,85 H = 0,85 \times 13,030 = 11,076$ m Δ pada 0,85 H = 36.330 ton

$$C_b = \frac{\Delta}{L.B.d^1 \cdot 1,025} = \frac{36.330}{174,39 \times 23,47 \times 11,076 \times 1,025}$$

$$C_b = 0,07819 > 0,68$$

$$\text{Jadi koreksi untuk } C_b = F_s \times \frac{C_b - 0,86}{1,36} = 2324,7 \times \frac{0,1019}{1,36} = + 174,1 \text{ mm.}$$

3. Koreksi untuk tinggi (depth)

Tinggi untuk lambung timbul (D)

$$\text{Monlded depth} = 13030 \text{ mm}$$

$$\text{Deck stringer} = 35 \text{ mm}$$

$$\text{Lapisan geladak} = - \text{ mm}$$

$$C^1 = \frac{T(L - S)}{T} = 0 \text{ mm}$$

$$D = H + c + c^1 = 13065 \text{ mm}$$

$$1 \sqrt{15} = \frac{174,39}{15} = 11,625$$

Karena $D > 1 \sqrt{15}$ maka Koreksi = $(D - L/15) R$.

Dimana untuk $L = 174,39 > 120$, maka $R = 250$.

$$\text{Jadi konstruksi tinggi} = (13,065 - 11,626) \times 250 = + 359,8 \text{ mm.}$$

4. Koreksi untuk bangunan atas dan trunk.

Forecastle	Panjang rata-rata	Tinggi sebenarnya	Tinggi standard	Panjang efektif E
	20,175	2,286	2,300	20,052
	35,048	2,286	2,300	34,834
	S = 55,223			54,886

$$\frac{S}{2L} = \frac{55,223}{2 \times 174,39} = 0,1583 \quad \frac{E}{L} = \frac{54,886}{174,39} = 0,3147$$

Reduksi untuk :

$$E/L = 1 \quad R = - 1070 \text{ mm.}$$

$$E/L = 0,3 \quad \text{Presentase reduksi} = 21\%.$$

$$E/L = 0,4 \quad \text{Presentase reduksi} = 31\%$$

$$E/L = 0,3147, \text{ maka presentase reduksi} = 22,74\% \times 1070 = - 240,4 \text{ mm.}$$

5. Koreksi untuk sheer.

$$T_{AH} = \frac{\sum AH}{8} - \frac{\sum a AH}{8} = - \frac{3279}{8} = - 409,9 \text{ mm.}$$

$$T_{FH} = \frac{\sum FH}{8} - \frac{\sum o FH}{8} = - \frac{7403}{8} = - 925,4 \text{ mm.}$$

Karena :

$$T_{AH} < 0 \text{ dan } T_{FH} < 0$$

$$\text{Maka : } 0 = \frac{T_{AH} + T_{FH}}{2} = - \frac{409,9 - 925,4}{9} = - 667,7 \text{ mm.}$$

Jadi koreksi sheer =

$$667,7 (0,75 - S/21) =$$

$$667,7 (0,75 - 0,1583) = 667,7 \times 0,5917 = + 395,1 \text{ mm.}$$

6. Lambung timbul minimum pada musim panas (Summer Freeboard).

$$\begin{aligned} \text{a. } F_s &= 2324,7 \text{ mm} \\ \text{b. Koreksi } C_b &= 174,1 \text{ mm} \\ \text{c. Koreksi tinggi} &= 359,8 \text{ mm} \\ \text{d. Koreksi bangunan atas} &= 240,4 \text{ mm} \\ \text{e. Koreksi Sheer} &= \underline{359,1 \text{ mm}} \\ F_s^o &= 3013,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

7. Koreksi untuk minimum tinggi haluan.

Untuk $L < 250 \text{ m}$.

$$H_{\min} = 56 L (1 - L/500) \frac{1,36}{C_b + 0,68}$$

$$H_{\min} = 56 \times 174,39 (1 - 0,3488) \frac{1,36}{0,7819 + 0,68} = 5916 \text{ mm.}$$

$$\begin{aligned} F_{so} &= 3013,3 \text{ mm} \\ \text{Sheer di depan} &= 1685 \text{ mm} \\ \text{Tinggi bangunan atas didepan} &= \underline{2286 \text{ mm}} \\ H &= 6984,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

Karena $H > H_{\min}$

Jadi tetap diambil $F_{so} = 3013,3 \text{ mm}$.

8. Pemeriksaan mengenai daya apung setelah kebocoran.
Kapal ini telah memenuhi syarat dari kapal tangki dimana masih Dapat mengatasi bila 1 kompartemen kurang mengalami Kebocoran. Jadi F_{so} tetap = 3013,3 mm.

9. Koreksi untuk posisi garis geladak.

Tidak ada, karena :

$$D^2 = D \text{ Jadi } S = F_s^1.$$

10. Sarat air maximum untuk musim panas (Summer).

$$d - D - S = 13,065 - 3,013 = 10,052 \text{ mm.}$$

11. Letak tanda lambung timbul untuk T, W, dan WNA, F dan TF.

$$T = S - \frac{1}{48} d = 3013,3 - 209 = 2804,3 \text{ mm.}$$

$$W = S + \frac{1}{48} d = 3013,3 + 209 = 3222,3 \text{ mm.}$$

Karena $L > 100 \text{ m}$, maka $WNA = W$.

Displacement $\Delta = 34000 \text{ ton}$ pada Summer.

TPC = 37,77 ton/cm.

$$F = S - \frac{\Delta}{40 \text{ TPC}} = 3013,3 - 225 = 2788,3 \text{ mm.}$$

$$TF = T - \frac{\Delta}{40 \text{ TPC}} = 2804,3 - 225 = 2579,3 \text{ mm.}$$

Hasil :

$$S = 3013 \text{ mm.}$$

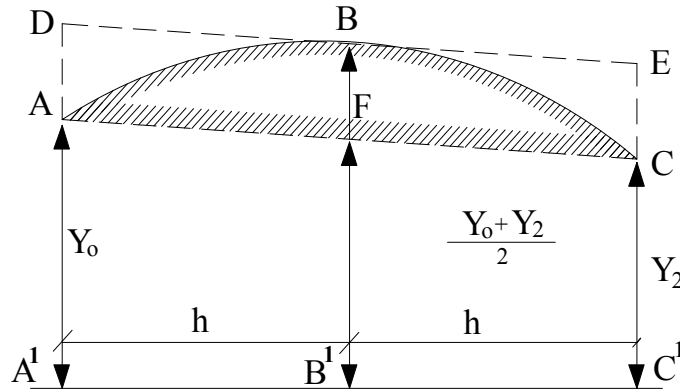
$$T = 2804 \text{ mm.}$$

$$W = 3222 \text{ mm.}$$

$$WNA = 3222 \text{ mm.}$$

$$F = 2788 \text{ mm.}$$

$$TF = 2579 \text{ mm.}$$

Lampiran 2 : Pembuktian Cara Simpson**1. Cara Simpson I**

Bidang Lengkung ABCC'A' terdiri dari :

Luas trapesium ACC'A' dan Luas tembereng parabola ABCF.

Luas trapesium ACC'A' adalah :

$$\begin{aligned}\text{Luas ACC'A'} &= \frac{1}{2} \cdot 2h (y_0 + y_2) \\ &= h (y_0 + y_2) \dots \dots \dots (I)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas ABCF} &= \frac{2}{3} \text{ luas jajaran genjang ADEC} \\ &= \frac{2}{3} \text{ ECA'C'} \\ &= \frac{2}{3} BF \cdot 2h \\ &= \frac{4}{3} h (BB' - FB') \\ &= \frac{4}{3} h (y_1 - \frac{1}{2} (y_0 + y_2)) \\ &= \frac{4}{3} h (y_1 - \frac{1}{2} y_0 - \frac{1}{2} y_2) \dots \dots \dots (II)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{I. Luas ACC'A'} &= h (y_0 + y_2) \\ &= \frac{1}{3} h (3y_0 + 3y_2)\end{aligned}$$

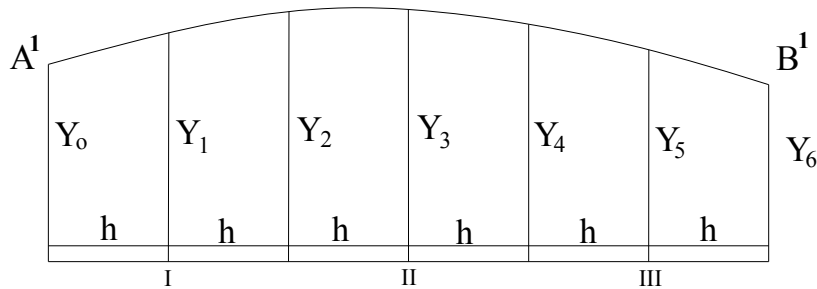
$$\begin{aligned}\text{II. Luas ABCF} &= \frac{4}{3} h (y_1 - \frac{1}{2} y_0 - \frac{1}{2} y_2) \\ &= \frac{1}{3} h (4y_1 - 2y_0 - 2y_2) +\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas ABCC'A} &= \frac{1}{3} h (3y_0 - 2y_0 + 4y_1 + 3y_2 - 2y_2) \\ \text{Jadi Luas ABCC'A'} &= \frac{1}{3} h (y_0 + 4y_1 + y_2)\end{aligned}$$

Angka didepan tiap-tiap ordinat disebut juga faktor luas (FL). Angka didepan h disebut angka perkalian (k), maka faktor luas untuk 2 bagian tadi menurut Simpson I :

$$\text{FL Simpson I} = 1 \ 4 \ 1$$

$$k = 1/3 \text{ (Menurut Simpson I)}$$



Berdasarkan pendapat diatas, maka untuk menghitung luas sebuah bidang lengkung adalah sebagai berikut :

- Bagilah panjang bidang menjadi beberapa bagian yang jumlahnya genap, masing-masing sepanjang h (Lihat gambar diatas).
- Ambilah dua dari kiri dan pada tiap-tiap 2 bagian berilah nomor secara berurutan dimulai dari kiri kekanan yaitu nomor I, II, III dan seterusnya.
- Untuk tiap 2 bagian masukkan rumus pokok dari simpson I.yaitu : $1/3k (1, 4, 1)$
- Jumlahkan semua rumus pokok sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{I.} &= \frac{1}{3}h (y_0 + 4y_1 + y_2) \\ \text{II.} &= \frac{1}{3}h (y_2 + 4y_3 + y_4) \\ \text{III.} &= \frac{1}{3}h (y_4 + 4y_5 + y_6) \\ \text{Luas Simpson I} &= \frac{1}{3}h (y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + 4y_5 + y_6) \end{aligned}$$

Dengan demikian terbukti bahwa faktor luas untuk rumus simpson adalah :

$$\text{FL simpson I} = 1,4,2,4,2,4,1$$

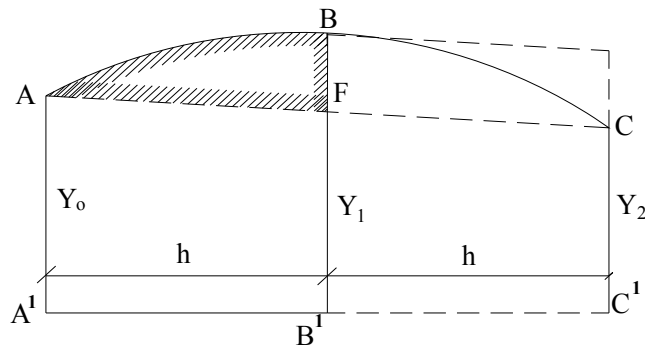
Pada umumnya rumus simpson I juga dilaksanakan dalam daftar perhitungan. Adapun cara menyusunnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{FL I} &= 1 \ 4 \ 1 \\ \text{FL II} &= \quad \quad 1 \ 4 \ 1 \\ \text{FL III} &= \quad \quad \quad 1 \ 4 \ 1 \\ \hline \text{FL} &= 1 \ 4 \ 2 \ 4 \ 2 \ 4 \ 1 \end{aligned}$$

Maka Rumus dari Simpson I adalah

Luas simpson I = $k.h.\Sigma$, dimana $k = 1/3$ dan semua angka yang dipakai dalam perhitungan hendaklah dibuat desimal.

2. Cara Simpson III.



Sebuah bidang lengkung seperti pada gambar diatas, dimana bagian bidang sebelah kiri dapat dihitung dengan menggunakan rumus simpson III (delapan lima kurang satu).

Untuk ini maka bidang lengkung tadi dibagi menjadi sebuah trapesium dan sebuah parabola.

$$\begin{aligned}\text{Luas AFB'A'} &= \frac{1}{2} h (y_0 + FB) \\ &= \frac{1}{2} h (y_0 + \frac{1}{2} y_0 + \frac{1}{2} y_2) \\ &= \frac{1}{12} h (6y_0 + 3y_0 + 3y_2) \\ &= \frac{1}{12} h (9y_0 + 3y_2) \dots\dots\dots (I)\end{aligned}$$

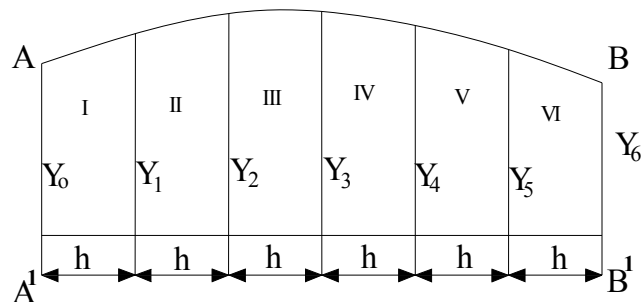
$$\begin{aligned}\text{Luas ABF} &= \frac{2}{3} h .BF \\ &= \frac{2}{3} h (y_1 - B'F) \\ &= \frac{2}{3} h (y_1 - \frac{1}{2} (y_0 + y_2)) \\ &= \frac{2}{3} h (y_1 - \frac{1}{2} y_0 - \frac{1}{2} y_2) \\ &= \frac{1}{3} h .2 (y_1 - \frac{1}{2} y_0 - \frac{1}{2} y_2) \\ &= \frac{1}{12} h (8y_1 - 4y_0 - 4y_2) \dots\dots\dots (II)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas I + II} &= \text{luas ABB'A'} = \frac{1}{12} h (5y_0 + 8y_1 - y_2) \\ \text{Maka faktor luas dari rumus ini adalah :}\end{aligned}$$

$$\text{FL Simpson III} = 5 + 8 - 1 \quad \text{Sedangkan } k = 1/12.$$

Dengan demikian tadi ternyata bahwa rumus ini mampu menulis luas suatu bidang lengkung tanpa mengadakan pembagian. Sebaliknya diperlukan ordinat bantuan (y_2) yang jaraknya juga sejauh dari ordinat akhirnya (y_1). Tanpa adanya bantuan dari ordinat yang lain itu, rumus tadi tidak dapat digunakan.

3. Cara Simpson II



Rumus simpsons II merupakan gabungan dari rumus Simpsons I dan Simpson III sehingga dapat diuraikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas I} &= \frac{1}{12} h (5y_0 + 8y_1 - y_2 \dots \dots \dots (I). \\
 \text{Luas I + II} &= \frac{1}{3} h (y_0 + 4y_1 + y_2). \\
 &= \frac{1}{12} h (4y_0 + 16y_1 + 4y_2 \dots \dots \dots (II). \\
 \text{Luas II + III} &= \frac{1}{3} h (y_1 + 4y_2 + y_3). \\
 &= \frac{1}{12} h (4y_1 + 16y_2 + 4y_3 \dots \dots \dots (III). \\
 \text{Luas III} &= \frac{1}{12} h (5y_3 + 8y_2 - y_1 \dots \dots \dots (IV). + \\
 \hline
 (I + II + III) &= \frac{1}{12} h (9y_0 + 27y_1 + 27y_2 + 9y_3) \\
 &= \frac{9}{12} h (y_0 + 3y_1 + 3y_2 + y_3). \\
 &= \frac{3}{4} h (y_0 + 3y_1 + 3y_2 + y_3).
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\text{Luas I + II + III} = \frac{\frac{3}{4} h (y_0 + 3y_1 + 3y_2 + y_3)}{2}$$

$$\text{Jadi luas I + II + III} = \frac{3}{8} h (y_0 + 3y_1 + 3y_2 + y_3).$$

Disini ternyata bahwa : $F_i \text{ simpson II} = 1 \ 3 \ 3 \ 1$.

Sedangkan angka perbanyakkan adalah $k = 3/8$.

Dengan kenyataan seperti diatas dapatlah dihitung luas seluruh bidang lengkung ABBA yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas I + II + III} &= \frac{3}{8} (y_0 + 3y_1 + 3y_2 + y_3). \\
 \text{Luas IV + V + VI} &= \frac{3}{8} (y_3 + 3y_4 + 3y_5 + y_6). +
 \end{aligned}$$

Luas ABBA $= \frac{3}{8} h (y_0 + 3y_1 + 3y_2 + 2y_3 + 3y_4 + 3y_5 + y_6)$.
 Dengan demikian bahwa faktor luas dari rumus Simpsons II adalah :
 FI simpson II = 1 3 3 2 3 3 2.....3 3 1.

Pada umumnya untuk melaksanakan rumus ini juga dipakai sebuah daftar perhitungan yang bentuknya serupa dengan daftar perhitungan dari Trapesium, dengan catatan sebagai berikut :

- a. Bagilah seluruh panjang dari bidang lengkung menjadi beberapa bagian masing – masing sepanjang H dan jumlahnya merupakan kelipatan dari 3.
- b. Berilah pada tiap – tiap tiga (3) bagian nomor romawi yangurut yang dimulai dari kiri. Jadi I, II, III, IV, V, dan seterusnya.
- c. Tentukan dulu susunan faktor luasnya, berdasarkan : 1, 3, 3,1.

Lampiran 3 : Pengendalian Mutu pada Teknik Konstruksi Kapal

BAGIAN		BAHAN		Unit :mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	KETERANGAN	
Cacat Permukaan	Lubang	Tingkat cacat lubang	<p>1. Kelas A ialah dengan pertimbangan hanya cacat kecil sehingga tidak diperlukan perbaikan. Kelas B ialah cacat menengah dan harus diperbaiki jika diperlukan. Kelas C ialah yang sama sekali tidak teratur dan memerlukan beberapa kali perbaikan</p> <p>2. Batas alur kelas B terhadap kelas A termasuk kelas A. Batas alur kelas B terhadap kelas C termasuk kelas C.</p> <p>3. Rasio kelulusan adalah prosentase dari jumlah luasan lubang dimana tampak permukaannya tidak memuaskan untuk digunakan.</p> <p>Untuk pelat kulit</p> $\text{Rasio luasan} = \frac{\text{jumlah luasan lubang}}{\text{luas pelat}}$ <p>4. Cara memperbaiki cacat permukaan adalah sbb:</p> <p>$d < 0,07 t \dots$ digerinda (tidak berlaku untuk $d \leq 3\text{mm}$)</p> <p>$0,07 t \leq d \leq 0,2 t \dots$ digerinda dulu kemudian dilas.</p> <p>Dimana : d = kedalaman cacat T = tebal pelat</p>	

	Jonjot /serpilh	Tingkat cacat jonjot/serpilh	<p>1. Kelas A ialah dengan pertimbangan hanya cacat kecil sehingga tidak diperlukan perbaikan. Kelas B ialah cacat menengah dan harus diperbaiki jika diperlukan. Kelas C ialah yag sama sekali tidak teratur dan memerlukan beberapa perbaikan .</p> <p>2. Batas alur kelas B terhadap kelas A termasuk Kelas A Batas alur kelas B terhadap kelas C termasuk kelas C.</p> <p>3. Cara memperbaiki cacat permukaan adalah sebagai berikut :</p> <p>$d < 0,07 t \dots$ digerinda (tidak berlaku untuk $d \leq 3\text{mm}$)</p> <p>$0,07 t \leq d \leq 0,2 t \dots$ digerinda dulu kemudian dilas.</p> <p>Dimana : d = kedalaman cacat T = tebal pelat</p>
Baja Tuang	Cacat pada Baja tuang	Bila cacat ;ebih dari 20 % tebalnya, atau kedalamannya lebih dari 25 mm dan panjangnya lebih dari 150 mm.	Bila retak kapitasi dan cacat lain yang merugikan didapatkan, setelah cacat-cacat dihilangkan kemudian diperiksa oleh dye penetrant (DP), magnet penetrant (MPI) atau ultrasonic dan selanjutnya diperbaiki dengan cara yang memadai.

BAGIAN		BAHAN		Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	KETERANGAN	
Laminasi	Laminasi Lokal	(a)	Bilamana luasan laminasi terbatas,dapat dihilangkan dan diisi dengan las seperti gambar (a). Juga laminasi yang dekat dengan permukaan pelat baik diisi las seperti gambar (b)	
		(b)	Dan ini harus diperiksa secara seksama apakah prosedurnya disetujui atau tidak dalam hal dimana tingkat laminasi bertambah besar dan meluas.	
	Laminasi yang membesar perlu penggantian setempat pada pelat tersebut		<p>Disarankan untuk mengganti setempat pada pelat tersebut, dimana luasan laminasinya terus bertambah. Standar minimum lebar pelat yang harus diganti :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pelat kulit dan geladak kekuatan <li style="padding-left: 20px;">Dibawah beban besar.....1600 mm <li style="padding-left: 20px;">Tidak dibawah beban besar 800mm <li style="padding-left: 20px;">Untuk struktur lain...300mm <p>Seluruh pelat harus diganti apabila tingkat laminasinya sangat besar dan cepat meluas.</p>	

BAGIAN		PENANDAAN			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN
Garis potong dan garis pemasangan dibandingkan dengan salah satu yang benar	Umum	Ukuran dan bentuk, dibandingkan dengan salah satu yang benar	± 2	± 3	
			$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	Khususnya untuk tinggi lantai dan pembujur pada dasar ganda
		Sudut pojok, dibandingkan dengan salah satu yang benar	$\pm 1,5$	± 2	
		Lengkungan	± 1	$\pm 1,5$	
		Lokasi dari bagian dan tanda untuk pemasangan. Dibandingkan dengan salah satu yang benar	± 2	± 3	
		Penandaan blok (blok panel). Dibandingkan dengan salah satu yang benar	$\pm 2,5$	$\pm 3,5$	
		Lokasi dari bagian untuk pemasangan pada blok. Dibandingkan dengan salah satu yang benar.	$\pm 2,5$	$\pm 3,5$	

BAGIAN		PEMOTONGAN DENGAN GAS			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN
Kekasaran	Ujung bebas	Bagian kekuatan : - Di bengkel - Di lapangan	100 μ (klas 2) 150 μ (klas 3)	200 μ (klas 3) 300 μ (diluar klas)	Tanda klas yang tertera di dalam kurung sesuai dengan definisi yang diterbitkan oleh Welding Engineering Standart (WES)
		Lain-lain : - Di bengkel - Di lapangan	100 μ (klas 2) 500 μ (diluar klas)	200 μ (klas 3) 1000 μ (diluar klas)	< 50 μklas 1 50 μ - 100 μ ...klas 2 100 μ - 200 μ ..klas 3 > 200 μ .di luar klas
	Kampuh las	Bagian kekuatan : - Di bengkel - Di lapangan	100 μ (klas 2) 400 μ (diluar klas)	200 μ (klas 3) 800 μ (diluar klas)	- Tindakan pencegahan khusus, diperlukan dalam hal mana penghalusan (grinding) atau perlakuan lain dikehendaki
		Lain-lain : - Di bengkel - Di lapangan	100 μ (klas 2) 800 μ (diluar klas)	1500 μ (diluar klas) 1500 μ (diluar klas)	Untuk sudut pemotongan sama halnya dengan pekerjaan lapangan .

Takik	Ujung bebas	1. Ujung atas pelat lajur. 2. Geladak kekuatan 0,6 L dan ujung bebas dari bukaan pelat kulit 3. Bagian kekuatan membujur utama.			0	Dalam hal mana takikan diperhalus dengan gerinda, maka harus dilas kembali. (hati-hati, hindari pembentukan manik sesaat)
		Bagian kekuatan melintang dan membujur			Cekungan ≤ 1	
		Lain-lain			Cekungan ≤ 3	
	Kampuh Las	Las rata (buttweld)	Pelat kulit dan geladak antara 0,6 L		Cekungan ≤ 2	Takikan diperbaiki dengan gerinda atau pahat. (Hati-hati, hindari kerusakan pengelasan)
			Lain-lain		Cekungan ≤ 3	
		Las sudut (Fillet weld)			Cekungan ≤ 3	
	Cekungan dianggap takik, dalam hal mana kedalamannya lebih dari tiga kali batas toleransi kekasarannya.					

BAGIAN		PEMOTONGAN DENGAN GAS			Unit :
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN
Ukuran	Kelurusan Ujung pelat	Las busur rendah pada kedua sisinya	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	

		Las manual Las semi otomatis	$\pm 0,1$	$\pm 2,5$	
	Kedalaman kampuh		$\pm 1,5$	$\pm 2,0$	
	Sudut kampuh		$\pm 2^{\circ}$	$\pm 4^{\circ}$	
	Panjang kemiringan kampuh	l dibandingkan dengan ukuran yang benar.	$\pm 0,5d$	$\pm 1,0d$	
	Ukuran bagian	Umum. Dibandingkan dengan ukuran yang benar	$\pm 3,5$	$\pm 5,0$	
		Khusus untuk tinggi lantai dan pembujur pada dasar ganda (double bottom). Dibandingkan dengan ukuran yang benar	$\pm 2,5$	$\pm 4,0$	
		Lebar permukaan pelat hadap. Dibandingkan dengan ukuran yang benar.	$\pm 2,0$	-3,0 - +4,0	

	Sudut kampuh	Las otomatis	$\pm 2^{\circ}$	$\pm 4^{\circ}$	
		Las semi otomatis dan las tangan	$\pm 2^{\circ}$	$\pm 4^{\circ}$	

BAGIAN		FABRIKASI			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN
Flensa membujur	Lebar Flensa	Dibandingkan dengan ukuran yang benar.	$\pm 3,0$	$\pm 5,0$	
	Tinggi bilah	Dibandingkan dengan ukuran yang benar.	$\pm 3,0$	$\pm 5,0$	
			$\pm 2,0$	$\pm 3,0$	Dalam hal mana kekuatan khusus dikehendaki. Misalnya: pembujur dsb.
	Sudut antara sarang dan flensa	Dibandingkan dengan template pada lebar flensa 100 mm	$\pm 2,5$	$\pm 4,5$	
	Lengkungan atau kelurusan pada bidang datar flensa		± 10	± 25	

Per 10 m panjang

	Lengkungan atau kelurusan pada bidang datar sarang	Per 10 m panjang	± 10	± 25	
Flensa Sudut	Lebar flensa	Dibandingkan dengan ukuran yang benar	$\pm 3,0$	$\pm 5,0$	
	Sudut antara sarang dan flensa	Dibandingkan dengan lebar template pada lebar flensa per 100 mm.	$\pm 3,0$	$\pm 5,0$	

BAGIAN		FABRIKASI			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN
Mal untuk lengkungan (bidang datar atau kotak)	Mal berbentuk kotak	Kedudukan ujung pelat, dibandingkan dengan salah satu yang benar	$\pm 2,0$	$\pm 4,0$	
		Bentuk permukaan lengkungan, dibandingkan dengan salah satu yang benar	$\pm 2,0$	$\pm 4,0$	Untuk yang besar $\pm 5,0$

	Penampang mal	Kedudukan garis periksa untuk kelurusan dengan cara penglihatan, dibandingkan dengan salah satu yang benar (untuk melintang)	$\pm 1,5$	$\pm 3,0$	
		(untuk membujur)	$\pm 1,5$	$\pm 1,5$	
		Bentuk dibandingkan dengan salah satu yang benar	$\pm 1,5$	$\pm 3,0$	
	Mal lain	Bentuk, dibandingkan dengan salah satu yang benar	$\pm 1,5$	$\pm 3,0$	
	Sudut senta	Sudut			
			$\pm 1,5$	$\pm 2,0$	
		Dibandingkan dengan mal.			
		Lengkungan			
			$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	
		Dibandingkan dengan mal.			
	Gading-gading dan pembujur	Lengkungan, disbandingkan dengan mal atau garis periksa setiap 10m panjang	$\pm 2,0$	$\pm 4,0$	
		Penyimpangan dari bentuk yang benar.	3,0	5,0	
		Bentuk yang benar			

		Penyimpangan sudut flensa	$\pm 1,5$	$\pm 3,0$	
		Dibandingkan dengan mal			
		Penyimpangan pelat hadap			

BAGIAN		FABRIKASI				Unit : mm	
SEKSI	SUB SEKSI	HAL		Standar		Toleransi	KETERANGAN
Pelat	Sekat gelombang	Tinggi gelombang (T)		± 3,0		± 6,0	
		Lebar gelombang dibandingkan dengan salah satu yang benar		A	± 3,0	± 6,0	
				B	± 3,0	± 6,0	
	Dinding gelombang	Dibandingkan dengan salah satu yang benar	Jarak antara titik tengah gelombang	± 6,0	± 9,0	Kalau tidak digabungkan dengan yang lain.	
				± 2,5	± 3,0	Kalau digabungkan dengan yang lain	
			Tinggi	± 2,5	± 5,0		
	Bangun silindris (tiang agung, dsb)	Diameter		± $\frac{D}{200}$ tetapi maks. ± 5,0		± $\frac{D}{150}$	

tetapi
maks.
 $\pm 7,5$

	Lengkungan pelat kulit	Dalam hal garis periksa (untuk membujur)		$\pm 2,5$	$\pm 5,0$	
		(Untuk melintang)		$\pm 2,5$	$\pm 5,0$	
		Jarak antara pelat kulit dengan penampang mal		$\pm 2,5$	$\pm 5,0$	
	Temperatur pemanasan maksimum pada permukaan	.50HT .TMCP	Pendingin air dengan air	dibawah 650°C		50HT = 50Kg classsingher tensile stell
		tipe 50HT (ceq.>0, 38%)	Pendinginan dengan udara kemudian dengan air setelah pemanasan	dibawah 900°C		TMCP = Thermo- Mechanical Control Process

		.TMCP tipe 50HT (ceq.≤0,38%) AH~DH	Pendinginan dengan air sesaat setelah pemanasan atau pendinginan dengan udara	dibawah 1000°C		Ceq. Didefinisikan oleh IACS
		.TMCP tipe 50HT (ceq.≤0,38%) EH	Pendinginan dengan air sesaat setelah pemanasan atau pendinginan dengan Udara	dibawah 900°C		
BAGIAN		PRAKTIK AWAL				Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN	
Ketelitian dari ukuran	Perakitan pelat datar	Lebar perakitan awal	± 4	± 6	Potong, apabila terlalu panjang	
		Panjang perakitan awal	± 4	± 6	Potong, apabila terlalu panjang	
		Bentuk kesegitupan perakitan awal	4	8	Ukurlah perbedaan panjang diagonal pada penandaan	

					garis akhir. Apabila perbedaannya melebihi garis akhir tersebut.
		Distorsi perakitan awal	10	29	Ukurlah permukaan gading besar atau penumpu
		Penyimpangan konstruksi bagian dalam dari pemasangan pelat kulit	± 5	± 10	Kecuali apabila konstruksi bagian dalam dihubungkan dengan cara sambungan tumpang.
		Lebar perakitan awal	± 4	± 8	Ukurlah sepanjang lengkungannya. a. Potong, apabila terlalu panjang.
		Panjang perakitan awal	± 4	± 8	Potong apabila terlalu panjang
			10	20	Ukurlah permukaan sarang penumpu. Apabila perbedaannya melebihi batas, betulkanlah penandaan garis akhir tersebut.
		Kesegi-empatan dari perakitan awal	10	15	Perbedaan garis dasar untuk penandaan

					<p>Atau perbedaan panjang diagonal pada penandaan</p> <p>Penandaan harus diubah</p>
		<p>Penyimpangan kontruksi bagian dalam dari pemasangan pelat kulit</p>	Sama seperti untuk awal [erakitan		
	<p>Perakitan awal pelat blok</p>	<p>Lebar setiap panel. Panjang dari setiap panel. Kesegi-empatan setiap panel. Distorsi setiap panel. Distorsi bagian dalam dari pelat kulit</p>	Sama seperti untuk perakitan awal pelat datar		
BAGIAN		PRAKTIK AWAL			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN

Ketelitian dari ukuran	Perakitan awal blok pelat rata	Puntiran pada perakitan awal	10	20	Diukur sebagai berikut : Titik A,B,C diletakkan pada suatu bidang, kemudian ukurlah penyimpangan dari titik D pada bidang tersebut. Apabila penyimpangan melalui batas, dapat dirakit ulang sebagian.	
		Penyimpangan bagian atas/bawah panel terhadap C.L atau B.L	5	10		
		Penyimpangan bagian atas/bawah panel dari garis gading/Fr.L.	5	10		
	Perakitan awal pelat lengkung	Lebar setiap panel	Sama seperti untuk perakitan awal pelat rata			
		Panjang setiap panel				
		Distorsi setiap panel				
		Penyimpangan pada konstruksi bagian dalam pelat kulit				
		Puntiran perakitan awal	15	25	Sama seperti untuk	

					perakitan awal pelat rat
		Penyimpangan bagian atas/bawah panel dari C.L atau B.L	7	15	Rakit ulang sebagian, apabila penyimpangan melampaui batas
		Penyimpangan bagian atas/bawah panel dari garis gading/Fr.L	7	15	
	Perakitan awal blok meliputi kerangka butiran	Jarak antara bagian atas dan bawah dari kokot (gudgeon)(a)	± 5	± 10	

BAGIAN		PRAKTIK AWAL			Unit : mm	
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN	
Ketelitian ukuran	Perakitan awal khusus	Perakitan awal termasuk kerangka buetian	Jarak antara ujung belakang dari boss dan sekat buritan	± 5	± 10	(c) puntiran dari bidang termasuk garis tengah kapal (C.L)
			Puntiran dari perakitan awal (c)	5	10	
			Penyimpangan dari daun kemudi terhadap as poros (d)	4	8	
			Lain – lain	Sama seperti perakitan awal blok pelat lengkung		
		Daun kemudi	Puntiran dari pelat daun kemudi	6	10	Perbaiki atau rakit ulang sebagian
			Lain-lain	Sama seperti perakitan awal blok pelat lengkung		
		Pondasi mesin induk	Keretaan dari pelat atas pondasi mesin induk	5	10	
			Lebar dan panjang dari pelat atas mesin induk	± 4	± 6	
			Lain - lain	Sama seperti perakitan awal blok pelat lengkung		

BAGIAN		KETELITIAN BENTUK LAMBUNG			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN
Ukuran Pokok	Panjang	Panjang antara garis tegak	± 50 per 100m	Tidak didefinisikan	Digunakan untuk kapal dengan panjang 100 meter atau lebih. Untuk memudahkan pengukuran panjang titik dimana lunas dihubungkan ke lengkung dari stem dapat dipakai sebagai garis tegak depan pada pengukuran penjang.
		Panjang antara tepi boss dan mesin utama	± 25	Tidak didefinisikan	Untuk ketelitian, dalam hubungannya dengan panjang as
	Lebar	Lebar dalam (moulded) pada bagian tengah kapal	± 15	Tidak didefinisikan	Digunakan untuk lebar kapal 15m atau lebih. Diukur pada geladak atas (upper deck)
	Tinggi	Tinggi dalam (moulded) pada bagian tengah kapal	± 10	Tidak didefinisikan	Digunakan untuk tinggi kapal 10m atau lebih

BAGIAN		KETELITIAN BENTUK LAMBUNG			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN
Perubahan bentuk lampung	Kerataan lunas	Perubahan bentuk	± 25	Tidak didefinisikan	Atas (-) dan bawah (+) terhadap garis periksa tampak lunas
		Perubahan bentuk ukuran jarak antara dua buah sekat yang berdekatan	± 15	Tidak didefinisikan	Pemeriksaan dengan terus menerus atau sesekali Ketidak rataan setempat, lihat pada "Bagian perubahan bentuk"
	ketegakan	Ketegakan lambung depan	± 30	Tidak didefinisikan	Atas (-) dan bawah (+) terhadap garis periksa lunas pada gading haluan dibagian lunas datar.

	Kenaikan dari lantai	Ketegakan lambung belakang	± 20	Tidak didefinisikan	Atas (-) dan bawah (+) terhadap garis periksa lunas pada garis tegak buritan
		Rise of floor pada bagian tengah kapal	± 15	Tidak didefinisikan	Tinggi rendah dari bilga, dibandingkan dengan tinggi perencanaan. Ukurlah pada bagian datar menerus melalui permukaan terluar dari pelat lunas.

BAGIAN	PENGELASAN				Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	TOLERANSI	KETERANGAN	
BENTUK MANIK	Tinggi Lebar manik Sudut rusuk		h= tidak didefinisikan B= tidak didefinisikan $\Theta \leq 90^0$	Dalam hal $\Theta > 90^0$ harus diperbaiki dengan gerinda atau pengelasan agar $\Theta \leq 90^0$	

	Under cut (Las isi)	Pelat kulit dan pelat hadap antara $0,6L$	>90 mm menerus $d \leq 0,5$	Harus diperbaiki dengan menggunakan elektroda yang tepat. (hati-hati, hindari pembentukan manik sesaat untuk baja tegangan tinggi)
		Lain-lain	$d \leq 0,8$	
	Under cut (las sudut)			
	Panjang kaki	Dibandingkan dengan salah satu yang benar (L, I)	$L = \text{Panjang kaki}$ $I = \text{Tinggi kaki}$ $\geq 0,9 L$ $\geq 0,9 I$	Dalam hal kaki las melebihi batas toleransi, las kembali disekitarnya. (hati-hati, hindari pembentukan manik sesaat untuk baja tegangan tinggi)
Distorsi dari penyambungan las	Distorsi sudut dari penyambungan las	Pelat kulit antara $0,6L$	Jarak antara gading atau balok geladak W ≤ 6	Dalam hal ini, apabila melebihi batas toleransinya harus diperbaiki dengan pemanasan garis atau dilas ulang setelah pemotongan dan pemasangan kembali
		Pelat kulit bagian depan dan buritan kapal serta bagian dari kekuatan melintang	$W \leq 7$	

		Lain-lain	$W \leq 8$	
--	--	-----------	------------	--

BAGIAN	PENGELASAN			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	TOLERANSI	KETERANGAN
Manik Sesaat	Manik pengelasan cantum Perbaikan dari goresan	<div>- 50 HT - Baja tuang/cast steel - TMCP tipe 50 HT (ceq.>0,36%)</div>	≥ 50	Dalam hal pembentukan manik sesaat tidak dapat dihindari, pemanasan awal sebaiknya dilakukan pada 100 ± 25^0 C
		Baja lunak kelas E	≥ 30	Apabila pembentukan manik sesaat menjadikan salah, hilangkan manik sesaat tersebut dengan gerinda, dan dilas melebihi toleransi panjang bead setelah pemeriksaan crack.
		TMCP tipe 50 HT (Ceq. \leq 0,36 %)	≥ 10	
	Perbaikan Manik Las	<div>- 50 HT - Baja tuang/cast steel - TMCP tipe 50 HT (ceq.>0,36%)</div>	≥ 50	
			≥ 30	
Baja lunak kelas E				

		TMCP tipe 50 HT (Ceq. $\leq 0,36\%$)	≥ 30	
Pemantik busur		<ul style="list-style-type: none"> - 50 HT - Baja tuang/cast steel - Baja lunak kelas E - TMCP tipe 50 HT 	Tidak diijinkan	Dalam hal pemantik busur yang dibuat dengan salah, hilangkan bagian yang mengeras dengan gerinda dan las kembali melebihi toleransi panjang dari manik sesaat pada pemantik busur.
Pemanasan awal	Temperatur yang diperlukan untuk pemanasan awal	TMCP tipe 50 HT (Ceq. $\leq 0,36\%$)	$T \leq 0^{\circ} \text{C}$	Dalam hal ceq. Pada masing-masing pelat berbeda pada penyambungan, maka toleransi ceq. Yang lebih besar yang digunakan
		<ul style="list-style-type: none"> - 50 HT - Baja tuang/cast steel - TMCP tipe 50 HT (ceq. $>0,36\%$) 	$T \leq 5^{\circ} \text{C}$	
		Baja lunak	$T \leq -5^{\circ} \text{C}$	

BAGIAN	KELURUSAN DAN PENYELESAIAN AKHIR				Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL		TOLERANSI	KETERANGAN
Jarak minimum antara pengelasan terhadap pengelasan di dekatnya	Jarak antara las dan isi			$a \geq 30$	Konstruksi detail ditetapkan pada lantai pola atau pada seksi gambar kerja, apabila ini tidak digambarkan pada rencana (gambar umum) yang disetujui
				$a \geq 0$	Angka-angka pada bagian ini menunjukkan keadaan akhir
	Jarak antara las isi terhadap las sudut		Konstruksi utama	$a \geq 10$	Dalam hal manik-manik paralel
			Konstruksi lain	$a \geq 0$	
			Konstruksi utama	$a \geq 5$	
			Konstruksi lain	$a \geq 0$	

Jarak antara bagian	Jarak antara pelat dan penegar	<p>Penegar yang dipasang tegak lurus terhadap pelat</p> <p>Apabila $C > 3$, beberapa perlakuan berikut ini dapat digunakan</p>	$C \leq 3$	Jarak antara pelat dan penegar harus kurang dari 3 mm, apabila terjadi kesukaran/ memungkinkan untuk membuat rata permukaan pelat.
		Penegar dipasang miring terhadap pelat (tanpa persiapan kampuh)	$B \leq 3$	

BAGIAN	KELURUSAN DAN PENYELESAIAN AKHIR				Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	STANDAR	TOLERAN SI	KETERANGAN
Jarak antara bagian	Konstruksi menerus dan pelat mengendap			$C1 \leq 3$	
Ketelitian pemasangan	Kelurusan sambungan sudut	Bagian kekuatan		$a \leq 1/3 t2$	$a \leq 1/2 t2$ pasang ulang
	a= Perbedaan t= Ketebalan $t1 \geq 12$	Lain-lain	$a \leq 1/3 t2$	$a \leq 1/2 t2$	$a \leq 1/2 t2$ pasang ulang
	Jarak antara balok geladak dan gading	a = perbedaan	$a \leq 3$	$a \leq 5$	Angka-angka toleransi menunjukkan bahwa bagian/konstruksi dapat dilas dengan tarikan

	Jarak sebelum pengelasan	Las sudut	$a \leq 2$	$a \leq 3$	<p> $1.3 < a \leq 5$ Penambahan kaki las : Peraturan kaki las + (a-2) $2.5 < a \leq 16$ Persiapan pengelasan dengan kampuh miring atau perlakuan lamak. </p> <p> <u>Persiapan dengan kampuh miring</u> </p> <p> Buat kemiringan ujung sorong 30°-40°. Lkatkan pada pelat penahan belakang dan setelah pengelasan, lepas penahan tersebut. Kemudian las sisi lawannya. </p> <p> <u>Perlakuan dengan lamak</u> </p> <p> $3. a > 16$ Dengan perlakuan lamak atau sebagian diperbarui </p>
--	--------------------------------	-----------	------------	------------	---

BAGIAN	KELURUSAN DAN PENYELESAIAN AKHIR				Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	STANDAR	TOLERAN SI	KETERANGAN
Ketelitian Pemasangan	Jarak sebelum pengelasan	Las isi (las tangan)	$2 \leq a \leq 3,5$	$a \leq 5$	<p>1 $5 < a \leq 16$</p> <p>Setelah dilakukan pengelasan dengan pelat penahan, lepaskan pelat penahan tersebut kemudian sempurnakanlah pengelasan tersebut</p> <p>2 $16 < a < 25$ Las kembali dengan persiapan kampuh atau diperbarui sebagian</p> <p>3 $a > 25$ Diperbarui sebagian</p>
		<p>Las isi (las otomatis)</p> <p>1. Pengelasan busur rendah pada kedua sisinya.</p>	$0 \leq a \leq 0,8$	$a \leq 5$	Dalam hal mana ini diperkirakan dibakar menerus, harus dibuat lapisan manik

		2. Pengelasan busur rendah dengan las tangan atau CO ₂ .	$0 \leq a \leq 3,5$	$a \leq 5$	Dalam hal mana $a > 5$ mm, lihat "Las tangan"
		3. Pengelasan busur rendah pada salah satu sisinya dengan alas bawah flux tembaga atau flux	$0 \leq a \leq 1,0$	$a \leq 3$	Dalam hal mana ini diperkirakan dibakar terus menerus, harus dibuat lapisan manik
		4. Pengelasan busur rendah pada salah satu sisinya dengan alas bawah serat asbes	$0 \leq a \leq 4$	$a \leq 7$	Dalam hal mana ini diperkirakan dibakar menerus, ini harus diseduaikan dengan serbuk metal atau dibuat lapisan manik

BAGIAN	KELURUSAN DAN PENYELESAIAN AKHIR				Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	STANDAR	TOLERAN SI	KETERANGAN
Ketelitian Pemasangan	Jarak sebelum pengelasan	5. Pengisian CO2 satu sisi. (dengan pelat penahan)	$2 \leq a \leq 8$	$a \leq 16$	$16 < a$ Sama seperti las tangan
		6. Pengelasan elektro gas	$9 \leq a \leq 16$	$a \leq 16$	$22 < a$ Las kembali dengan persiapan kampuh atau diperbarui sebagian
		7. Pengelasan elektro gas sederhana	$2 \leq a \leq 8$	$a \leq 10$	$10 < a$ Las kembali dengan persiapan kampuh atau diperbarui sebagian
		Las tumpang Atau	$\leq a \leq 2$	$a \leq 3$	$13 < a \leq 5$ Penambahan kaki las : Peraturan kaki las + a $2a > 5$ Pasang ulang

	Kelurusan sambungan las isi	Bagian kekuatan		$a \leq 0,15t$ (maks 3)	$a > 0,15t$ atau $a > 3$ Pasang ulang
	a : perbedaan t : ketebalan (pelat yang paling tipis)	Lain-lain		$a \leq 0,2t$ (maks 3)	$a > 0,2t$ atau $a > 3$ Pasang ulang

BAGIAN	KELURUSAN DAN PENYELESAIAN AKHIR				Unit : mm	
SEKSI	SUB SEKSI	HAL		STANDAR	TOLERANSI	KETERANGAN
Penyelesaian akhir bekas pengerjaan sementara	Bagian yang harus bagus penampakan nya	Permukaan luar dari pelat kulit. Gelagak terbuka. Bangunan atas yang terbuka.		Digerinda		
	Bagian yang tak perlu berpenampakan bagus	Bagian dalam tangki. Bagian dalam langit-langit. Deck yang diberi lapisan dengan komposit geladak dsb		Digerinda hanya pada bagian yang kelihatan nyata pada waktu penyelesaian akhir.		
	Goresan	Kedalaman (d)	10 < l	d ≤ 0,8		1 d < 0,07t (maks 3) Digerinda atau dilas 2 0,07t ≤ d dilas
		Panjang (l)	l < 10	d ≤ 1,0		

	BAGIAN	KELURUSAN DAN PENYELESAIAN AKHIR	
SEKSI	SUB SEKSI	Penyangga dan plat mata untuk angkat yang harus dihilangkan	KETERANGAN
Penyangga	Dalam tangki	Tidak perlu dihilangkan	<ul style="list-style-type: none"> - Pelat mata untuk angkat yang diperkirakan akan mengalami kelelahan (fatigue strength) harus dihilangkan. - Cara menghilangkan : <ol style="list-style-type: none"> 1. Bagian-bagian yang mengganggu pandangan lorong-lorong diratakan terhadap pelat dasar. 2. Yang lain harus dikerjakan dengan gas potong pada daerah yang diisyaratkan
	Dalam ruang mesin	Bagian yang tampak mengganggu pandangan dan lorong-lorong.	
	Dalam ruang muat	Bagian bawah ruang muat dan ambang palkah	
	Bagian yang terbuka dari pelat kulit, geladak, dsb.	Dihilangkan	
Pelat mata angkat	Dalam tangki	Tidak perlu dihilangkan kecuali yang mengganggu lorong	Tetapi bagian yang secara khusus mementingkan kekuatan harus dikerjakan dengan menambah kaki las.
	Dalam ruang mesin	Bagian yang mengganggu pandangan dan lorong-lorong.	
	Dalam ruang muat	Dihilangkan kecuali dibalik geladak.	
	Bagian yang terbuka dari pelat kulit, geladak, dsb.	Dihilangkan	

BAGIAN	KELURUSAN DAN PENYELESAIAN AKHIR			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	TOLERANSI	KETERANGAN
Perlakuan terhadap kesalahan pembuatan lubang	D < 200	Bagian kekuatan pada pelat kulit	A	Bukaan lubang lebih dari Ø 75mm
			Atau B	Bukaan lubang lebih dari Ø 200mm
		Lain - lain	B, C atau D	Untuk B, buka lubang dari Ø 200mm
	D ≥ 200	Bagian kekuatan pada kulit	B	Metode perlakuan A : Tambal pasak
		Lain - lain	B atau C	
	Gerigi, skalop, slot.		B atau C	
				<p>B : Penutup dengan las isi</p> <p>C : Penutup dengan pelat tumpang (Pelat tutup tebalnya harus sama dengan pelat dasar)</p> <p>D : Apabila dilihat dari segi konstruksinya sukar membuat bukaan lubang lebih dari 200mm, ini harus secara hati-hati dengan menggunakan elektroda hydrogen rendah setelah pemanasan awal dan diuji dengan radiographig atau pemeriksaan ultrasonic.</p>

BAGIAN	PERUBAHAN BENTUK				Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	STANDAR	TOLERAN SI	KETERANGAN
Kelurusan pelat diantara gading	Pelat kulit	Pelat sisi yang paralel	4	6	
		Pelat dasar yang paralel	4	6	
		Pelat haluan dan pelat buritan	5	7	
	Pelat atas tangki dasar ganda		4	6	
	Sekat	Sekat membujur Sekat melintang Sekat cambung	6	8	
	Geladak kekuatan	Bagian yang paralel (antara 0,6L)	4	6	
		Haluan dan buritan	6	9	
		Bagian tertutup	6	9	
	Geladak kedua	Bagian yang terbuka	6	8	
		Bagian yang tertutup	7	9	
	Geladak anjungan dan buritan	Bagian yang terbuka	4	6	
		Bagian yang tertutup	7	9	
	Geladak bangunan atas	Bagian yang terbuka	4	6	
		Bagian yang tertutup	7	9	
	Geladak silang		5	7	
	Dinding ruang	Dinding luar	4	6	
		Dinding dalam	4	6	
		Bagian tertutup	7	9	
	Kontruksi bagian dalam	Penumpu lintang	5	7	
	Lantai dan penumpu dari dasar ganda		6	8	

BAGIAN	PERUBAHAN BENTUK				Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	STANDAR	TOLERAN SI	KETERANGAN
Penyimpangan gading	Pelat kulit	Pelat sisi yang paralel	$\pm 2\ell/1000$	$\pm 3\ell/1000$	<p>harus diukur setiap satu jarak pelintang. (Min. $\ell=3$ M)</p> <p>Pengukuran panjang sekitar 5M untuk sekat, dinding luar, dsb.</p>
		Pelat haluan dan buritan	$\pm 3\ell/1000$	$\pm 4\ell/1000$	
	Pelat atas tangki dasar ganda		$\pm 3\ell/1000$	$\pm 4\ell/1000$	
	Sekat		$\pm 4\ell/1000$	$\pm 5\ell/1000$	
	Akomodasi	Geladak	$\pm 3\ell/1000$	$\pm 4\ell/1000$	
		Diluar dinding	$\pm 2\ell/1000$	$\pm 3\ell/1000$	
	Lain - lain		$\pm 5\ell/1000$	$\pm 26/1000$	
Konstruksi lainnya	Distorsi girder dan transver. (Pada bagian ujung atas flensa)	Panjang rentangan	5	8	
	Distorsi dari : - Kontruksi membujur - Gading-gading, balok geladak melintang - Penegar (pada bagian flensa)	$\ell \leq 1000$	5	8	
		$1000 < \ell$	$3+2\ell/1000$ (maks. 10)	$6+2\ell/1000$ (maks. 13)	
	Distorsi pilar H antara geladak		4	6	
	Distorsi penguat silang	Distorsi arah belakang.	6	10	

		δ_1 (hanya penguat silang)			
		Distorsi arah belakang. δ_2 (penguat silang + serang melintang)	12	16	
	Distorsi penyangga jungkir dan penegar kecil	Distorsi pada bagian ujung bebas		t ~	
	Distorsi pelat hadap		$a=2+b/100$	$a=5+b/100$	

BAGIAN	LAIN - LAIN				Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	STANDAR	TOLERAN SI	KETERANGAN
pengelasan sambungan las pada test kekedapan atau inspeksi pembangunan	Sambungan las perakitan awal dan perakitan		Dicat setelah blok konstriksi diinspeksi	Tidak didefinisikan	Cat dasar (shop primer) dapat dipakai.
	Sambungan las pada ereksi		<p>Pengecatan setelah test kekedapan.</p> <p>Las isi pada kulit dicat lapisan dasar (wash primer) sebelum inspeksi konstruksi final/ terakhir.</p> <p>Pengecatan dilakukan sebelum test kekedapan apabila tangki diberi cat perlindungan khusus ditest secara hidrolik.</p>	<p>Las isi pada pelat kulit dicat setelah inspeksi konstruksi akhir dan sebelum test kebocoran</p>	
Tanda sarat	Menurut mal (pola)		± 1,0	± 2,0	

Tanda lambung timbul	Menurut (pola)	mal	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	
----------------------	-------------------	-----	-----------	-----------	--

ISBN 978-979-060-078-2
ISBN 978-979-060-079-9

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 22.946,00