MODUL
PEMBINAAN KARIR

BANGUNAN DAN STABILITAS KAPAL NIAGA

Paket Keahlian
Nautika Kapal Niaga

Kelompok Kompetensi E

Penulis : Dr. Jr. Esther Sanda Manapa

Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan
Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan
Tahun 2017



MODUL
PEMBINAAN KARIR

BANGUNAN DAN STABILITAS KAPAL NIAGA

Paket Keahlian
Nautika Kapal Niaga

Kelompok Kompetensi E

Penulis : Dr. Jr. Esther Sanda Manapa

Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan
Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan
Tahun 2017

Penulis:
1. Dr. Jr. Esther Sanda Manapa S.Pi.,
   Email: ester.manapa@yahoo.co.id

Penelaah:
1. Siarra Maulida Asrin, S.T [081562783394],
   Email: abdulmuism@gmail.com
2. Abdul Haliq, S.Pd., M.Pd., [085341259862]
   Email : abdulhaliq88@gmail.com
3. Pereview : Amir Yusuf, S.St.Pi., M.Si [085340200341]
   Email : amir.yusuf32@gmail.com
4. Perevisi : Paharuddin, ST., M.Si, [08124242556]
   Email : dhodypi@gmail.com

Ilustrator :
Imran, S.Kom., M.Pd., 085242642377. imranlahami@gmail.com

Copyright ©2017
Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidikan Tenaga Kependidikan Bidang Kelautan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Dilarang mengkopi sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk kepentingan komersial tanpa izin tertulis dari Kementrian Pendidikan Kebudayaan.

KATA SAMBUTAN

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal ini tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kopetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui program Pembinaan Karir merupakan upaya peningkatan kompetensi untuk semua guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui uji kompetensi guru (UKG) untuk kompetensi pedagogik dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokan menjadi 10 (sepuluh) kelopok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG melalui program Pembinaan Karir. Tujuannya untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahaan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Pembinaan Karir dilaksanakan melalui pola tatap muka, daring (*online*) dan campuran (*blended*) tatap muka dengan *online*.

Commented [TKL1]:

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenag Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK) dan Lembaga Pengembangan dan Pemberayaan Kepala Sekolah (LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jendral Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkaan kompetensi guru sesuai dengan bidangnya. Adapun peragkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut adalah modul untuk program Pembinaan Karir tatap muka dan GP *online* untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program GP memberikan sumbangan yang sangat

besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru. Mari kita sukseskan program Pembinaan Karir ini untuk mewujudkan Guru Mulia Karena Karya.

Jakarta, Februari 2017

Direktur Jendral
Guru dan Tenaga Kependidikan

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP. 195908011985031002

KATA PENGANTAR

Profesi guru dan tenaga kependidikan harus dihargai dan dikembangkan sebagai profesi yang bermartabat sebagaimana diamanatkan Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen. Hal ini dikarenakan guru dan tenaga kependidikan merupakan tenaga profesional yang mempunyai fungsi, peran, dan kedudukan yang sangat penting dalam mencapai visi pendidikan 2025 yaitu “Menciptakan Insan Indonesia Cerdas dan Kompetitif”. Untuk itu guru dan tenaga kependidikan yang profesional wajib melakukan pengembangan keprofesian berkelanjutan.

Modul Diklat Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan Bagi Guru dan Tenaga Kependidikan untuk institusi penyelenggara program pengembangan keprofesian berkelanjutan merupakan petunjuk bagi penyelenggara pelatihan di dalam melaksakan pengembangan modul yang merupakan salah satu sumber belajar bagi guru dan tenaga kependidikan. Buku ini disajikan untuk memberikan informasi tentang penyusunan modul sebagai salah satu bentuk bahan dalam kegiatan pengembangan keprofesian berkelanjutan bagi guru dan tenaga kependidikan. Dengan Modul ini diharapkan dapat digunakan pada program sertifikasi keahlian dan sertifikasi pendidik bagi guru SMK/SMA.

Pada kesempatan ini disampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi secara maksimal dalam mewujudkan buku ini, mudah-mudahan buku ini dapat menjadi acuan dan sumber inspirasi bagi guru dan semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan penyusunan modul untuk pengembangan keprofesian berkelanjutan. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan buku ini di masa mendatang.

Makassar, Desember 2016

Kepala LPPPTK KPTK Gowa
Sulawesi Selatan,

Dr. H. Rusdi, M.Pd,
NIP 19650430 199103 1 004

DAFTAR ISI

COVER LUAR i

COVER DALAM ii

KATA SAMBUTAN iii

KATA PENGANTAR vi

DAFTAR ISI vii

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL xiii

PENDAHULUAN 1

A. Latar Belakang 1

B. Tujuan 7

C. Peta Kompetensi 8

D. Ruang Lingkup 9

E. Saran Cara Penggunaan Modul 9

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 : BANGUNAN KAPAL NIAGA 10

A. Tujuan 10

B. Indikator Pencapaian 11

C. Uraian Materi 12

D. Aktifitas Pembelajaran 65

E. Latihan Soal 67

F. Rangkuman..... 69

G. Umpan Balik/Tindak lanjut 70

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : STABILITAS KAPAL NIAGA …….. 71

A. Tujuan 71

B. Indikator Pencapaian 72

C. Uraian Materi 74

D. Aktifitas Pembelajaran..... 196

E. Latihan/Kasus/Tugas 197

F. Rangkuman 213

G. Umpan Balik/Tindak lanjut 216

EVALUASI **216**

A. Tertulis …… 216

B. Performansi …… 218

KUNCI JAWABAN …… 217

PENUTUP …… 218

DAFTAR PUSTAKA …….. 219

GLOSARIUM …….. 221

DAFTAR GAMBAR

Gambar	*Teks*	*Halaman*
1	Kesetaraan level lulusan di dalam jenjang KKNI ……	2
2	Posisi Modul dalam Paket keahlian Nautika Kapal Niaga, Bidang Perikanan dan Kelautan……	7
3	Peta Kompetensi modul berdasarkan rumusan Standar Kompetensi Guru (SKG) Kejuruan bidang keahlian perikanan dan kelautan ……	8
4	Kapal kayu ……	14
5	Kapal *fiber glass*……	14
6	Kapal ferro cement ……	14
7	Kapal Baja ……	14
8	Penggerak layar ……..	15
9	Padhel whell ……	15
10	Jet propultion ……..	16
11	Baling-baling ……	16
12	Kapal dengan muatan barang disebut kapal barang (*cargo ship*)	18
13	Kapal *Cargo passangership* ……..	19
14	*Passenger ship* ……..	19
15	Kapal pengangkut kayu ……...	20
16	Kapal mengangkut muatan cair …….	21
17	Kapal Pengangkut Peti Kemas ……..	21
18	Kapal pengangkut muatan curah ……	22
19	Kapal pendingin ……..	23
20	Kapal pengangkut ternak ……	23
21	Kapal Keruk ……...	24
22	Kapal Tunda ……...	25
23	Kapal Penangkap Ikan ……	25
24	Kapal Pemadam ……...	26
25	Kategorisasi Kapal, profil badan kapal (tanpa skala) dan hubungannya dengan cara dukungan fisik (kecepatannya)…….	27
26	Sebuah Air Cushion Vehicle (ACV) ……...	28
27	Kapal CAB (*Capture Air Bubble*), yang didukung dengan suatu bantalan udara yang ditutupi pada sisi-sisinya dengan struktur	28

kapal yang kaku ……..

28 Kapal *hidrofoil* memiliki potensi perlindungan laut yang terbaik dari berbagai kapal dukungan hidrodinamika …….. 29

29 HMS Tenacity, satu kapal pengawas perikanan yang cepat, esensial dari kapal lambung datar ……... 30

30 USS Welsh, kapal meriam angkatan laut yang cepat, mampu untuk kecepatan datar, namum memiliki kombinasi sumber tenaga yang lebih ekonomis untuk lintasan dengan kecepatan rendah. Kapal ini beroperasi sebagai lambung *semi planning* 31

31 Kapal yang indah, termasuk kapal *displacement* konvensional, contoh kapal modern yang luks, dirancang sebagai kapal penumpang, salah satu contoh terakhir dari tipe yang mulai menghilang, yakni kapal penumpang samudera ……. 32

32 Kapal *displacement* tipe SL7, peti kemas (*container*), merupakan kapal muatan yang tercepat di dunia dan mahal, mampu mempertahankan kecepatan pelayaran pada 33 knot …… 32

33 Kapal *displacement* terberat dan terbesar, kapal tanker minyak mentah. Sering dirujuk sebagai *Large Crude Carrier* dan *Very Large Crude Carrier*, kapal jenis ini dibangun dengan kapasitas dapat sebesar setengah juta ton …… 33

34 Tipe *draft* yang dalam, masih dalam konsep percobaan, masuk dalam kategori "*small waterplane area twin hull*", atau SWATH .. 34

35 Kapal Selam Penyerang dari angkatan laut, bertenaga nuklir, dan dirancang penuh untuk beroperasi sepenuhnya di bawah air secara optimum …….. 34

36 Kapal riset oseaanografi USNS Hayes, satu contoh terbaik dari kapal multi lambung ……..... 35

37 Profil badan kapal (tanpa skala) dan hubungannya dengan cara dukungan fisik ……. 36

38 Kapal *Lipscomb Lykes*, sebuah kapal Ro/Ro ……..... 37

39 Penampilan relatif dan kemampuan terkait dengan kategori kapal pada Gambar 25 …….. 39

40 USS Enterprise (CVAN 65), terbesar dalam semua sistem kapal. 41

41 Konstruksi membujur/ memanjang (*longitudinal*) …….. 58

42 Ukuran melintang/melebar (transversal) …… 58

43 Proyeksi *body plan*untuk s*hip's lines* ……... 60

44 Dimensi longitudinal …… 60

45 Rencana Garis Air (*lines plan*) ……... 61

46 Rencana Garis Air (*lines plan*) *Typical body plan*yang mengekspresikan penegar/gading-gading kapal ……. 61

47	Rencana Garis Air (*lines plan*) *Block coefficient relationship* …….	62
48	*Prismatic coefficient relatioships* ……...	63
49	*Water Plane coeficient* ……...	63
50	*Midship section coefficient* ……	64
51	Gambaran bentuk badan kapal yang terbentuk berdasarkan koefisien-koefisien perbandingan ……	64
52	Gambaran kebahagiaan Archimedes saat menemukan konsepnya ……...	77
53	Ilmuwan Archimedes ……	78
54	Sekrup Archmedes (Archimedes screw) ……	79
55	Cakar Archimedes ……...	80
56	Cermin Archimedes ……...	81
57	Pengungkit Archimedes ……...	81
58	Method of Exahaustion ……	82
59	Pengungkit Archimedes ……	83
60	Pengungkit Archimedes ……	85
61	Pengungkit *Archimedes* ……	86
62	Pengungkit *Archimedes* ……	88
63	Benda di media zat cair, kondisi terapung ……..	89
64	Benda di media zat cair, kondisi melayang ……	89
65	Benda di media zat cair, kondisi tenggelam ……...	89
66	Kondisi stabil ……..……..……	91
67	Kondisi labil ……..……...	91
68	Kondisi indifferent ……..……	91
69	Kapal stabil ……..……..……..	92
70	Kapal tidak stabil ……..……..……	92
71	Kapal netral ……..……..……	93
72	Keolengan akibat gaya dari luar, titik G tidak mengalami perubahan ……..……..	93
73	Keolengan akibat gaya dari luardan titik G mengalami perubahan akibat titik berat muatan ……..……	94
74	Keolengan akibat gaya dari luar dan titik G tidak mengalami perubahan ……..……..	94
75	Peninjauan stabilitas melintang kapal ……	97
76	Stablitas Melintang ……..……...	141

77	Gambar naik-turunnya bagian muka/haluan dan bagian belakang/buritan kapal ……..……	142
78	Penambahan berat W mengakibatkan G berpindah ke Gb ……	144
79	Arah Momen Gaya ……..……..	144
80	Penambahan Muatan W ……..……..	145
81	Pengaruh Perpindahan Berat W ……	152
82	Menentukan Momen Trim ……..……..	165
83	Perhitungan posisi G ……..……..	169
84	Perhitungan posisi G ……..……..	171
85	Keadaan *sagging* dan *hongging* kapal ……..	178
86	Markah sarat lambung kapal ……..……..	179
87	Penentuan koneksi sarat ……..……	181
88	Perubahan sarat ……..……	192

DAFTAR TABEL

Tabel	*Teks*	*Halaman*
1	Indikator Pencapaian Kompetensi “Bangunan Kapal Niaga”	11
2	Satuan Dasar SI (Sistem Internasional)	45
3	Satuan Nama dan Simbol Khusus	45
4	Satuan satuan standar internasional *multiple*	46
5	Satuan satuan turunan	46
6	Ekivalen Satuan Inggris dan Standar Satuan Internasional	47
7	Indikator pencapaian kompetensi ‘Stabilitas Kapal Niaga”	72
8	Perubahan Trim	148
9	Hubungan Berat, KG, momen dan LCG	170

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pendidikan Nasional adalah suatu sistem yang memiliki fungsi dan tujuan membentuk manusia pembangunan. Salah satu sub sistemnya adalah pendidikan kejuruan yang yang setara pendidikan menengah yang mempersiapkan peserta didik terutama untuk bekerja dalam bidang tertentu. Hal tersebut berarti bahwa keterampilan serta kemampuan yang dijadikan sasaran penyelenggaran pendidikan kejuruan harus dapat dimanfaatkan dalam sistem lapangan pekerjaan (Nolker & Schoenfeldt, 1983).

Peraturan Presiden No 8 tahun 2012 tanggal 17 Januari 2012 mengenai Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) atau *Indonesian Qualification Framework* (IQF) adalah sebuah pernyataan mengenai kualitas Sumber Daya Manusia (SDM) Indonesia. KKNI adalah kerangka penjenjangan kualifikasi kerja yang menyandingkan, menyetarakan, mengintegrasikan sector pendidikan dan pelatihan serta pengalaman kerja dalam rangka pemberian pengakuan kompetensi kerja sesuai dengan jabatan kerja di berbagai sektor.

Commented [TKL2]: Memuat alasan yuridis

Defenisi tersebut merupakan perwujudan mutu jati diri bangsa Indonesia terkait dengan sistem pendidikan dan pelatihan serta peningkatan SDM secara nasional. Mutu tersebut disusun berjenjang dan ditentukan dalam suatu pengakuan kualifikasi. Jenjang kualifikasi adalah tingkat capaian pembelajaran yang disepakati secara nasional, disusun berdasarkan ukuran hasil pendidikan dan/atau pelatihan yang diperoleh melalui pendidikan formal, non-formal, atau pengalaman kerja. Kesetaraan level lulusan dan tenaga kerja yang disusun di dalam jenjang KKNI dapat dilihat pada gambar berikut;



Gambar 1. Kesetaraan level lulusan di dalam jenjang KKNI

Lulusan SMK berdasarkan Kerangka Kualifikasi Kerja Nasional Indonesia (KKNI) berada pada jenjang 2, yakni operator yaitu melaksanakan kegiatan dalam llingkup pekerjaan terbatas. Kualifikasi tersebut didasarkan pada kompetensi yang berbasis pengetahuan, keterampilan, dan sikap yang dibutuhkan dalam pekerjaan, sehingga pendidikan SMK lebih menekankan pada keseimbangan antara teori dan praktik pada bidang kejuruan tertentu (Mariah dan Mahmud, 2010). Pencapaian keseimbangan ini tidak terlepas dari peranan guru sebagai fasilitator dalam program pembelajaran yang merupakan bagian dari sistem pembelajaran.

Mengingat pentingnya keterlibatan guru dalam pengembangan konten khususnya pada tingkat mata pelajaran dan program pembelajaran, maka perlu adanya upaya untuk melatih kemampuan guru dalam mengembangkan konten mata pelajaran. Salah satu tugas penting bagi guru adalah memilih konten yang paling tepat dari berbagai bidang subjek untuk diajarkan kepada kelompok peserta didik tertentu. Konten menempati posisi yang penting dan turut menentukan kualitas suatu kurikulum lembaga pendidikan. Dengan demikian, konten harus disusun sedemikian rupa sehingga dapat menunjang tercapainya tujuan kurikulum.

Berkenan dengan hal itu, peningkatan mutu atau kualitas kompetensi guru perlu ditingkatkan. Pencapaian peningkatan tersebut dapat dilakukan dengan berbagai program, dan salah satu cara yang ditempuh oleh Kementerian Pendidikan dan

Kebudayaan (Kemdikbud) adalah program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) dalam bentuk program Pendidikan Latihan (Diklat) bagi para guru Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Nomor 16 Tahun 2009, tentang Jabatan Fungsional guru dan angka kreditnya, maka kegiatan PKB mencakup Pengembangan diri (diklat fungsional, kegiatan kolektif guru), publikasi ilmiah (Presentasi pada forum ilmiah, Publikasi ilmiah atas hasil penelitian atau gagasan ilmu di bidang pendidikan formal, publikasi buku pelajaran, buku pengayaan dan pedoman guru) dankarya inovatif (Menemukan teknologi tepat guna, Menemukan/menciptakan karya seni, membuat, memodifikasi alat peraga/ praktikum, Mengikuti pengembangan penyusunan standar, pedoman, soal dan sejenisnya).

Agar kegiatan pengembangan diri optimal, diperlukan modul-modul yang akan digunakan sebagai salah satu sumber belajar pada kegiatan diklat fungsional dan kegiatan kolektif guru. Pencapaian program PKB dimulai dengan penyusunan “Modul Diklat PKB guru SMK”. Modul ini diperuntukkan bagi PKB guru SMK bidang keahlian Perikanan dan Kelautan dengan program keahlian Pelayaran untuk keahlian Nautika Kapal Niaga. Materi kegiatan pembelajaran pada modul ini banyak diambil dari buku Baxter, B. 1976, Purba, 1981dan Gilmer & Johnson, 1982.

Kompetensi yang akan dicapai atau ditingkatkan melalui modul ini merujuk pada Permendiknas Nomor 16 Tahun 2007 Tentang Standar Kualifikasi akademik dan Kompetensi Guru. Pengertian kompetensi dalam SKG yaitu merupakan seperangkat pengetahuan, keterampilan, dan perilaku yang harus dimiliki, dihayati, dikuasai, dan diaktualisasikan oleh guru dalam melaksanakan tugas keprofesionalan.

Kompetensi Guru sebagaimana dimaksud pada pengertian di atas meliputi kompetensi pedagogik, kompetensi kepribadian, kompetensi sosial, dan kompetensi profesional yang diperoleh melalui pendidikan profesi. Kompetensi Guru ini bersifat holistik. Sedangkan pengertian Kompetensi Kejuruan dalam Standar Kompetensi Guru (SKG) ini merupakan penjabaran kompetensi

profesional dalam melaksanakan tugas/pekerjaan sesuai bidang kejuruan atau keahliannya berkaitan dengan mata pelajaran, dan/atau kelompok mata pelajaran yang akan diampu. Kompetensi tersebut mencakup kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional.

Kompetensi pedagogik yaitu merupakan kemampuan guru dalam pengelolaan pembelajaran peserta didik yang sekurang-kurangnya meliputi:

a. pemahaman wawasan atau landasan kependidikan;
b. pemahaman terhadap peserta didik;
c. pengembangan kurikulum atau silabus;
d. perancangan pembelajaran;
e. pelaksanaan pembelajaran yang mendidik dan dialogis;
f. pemanfaatan teknologi pembelajaran;
g. evaluasi hasil belajar; dan
h. pengembangan peserta didik untuk mengaktualisasikan berbagai potensi yang dimilikinya.

a. Kompetensi profesional yaitu merupakan kemampuan guru dalam menguasai pengetahuan bidang ilmu pengetahuan, teknologi, dan/atau seni dan budaya yang diampunya yang sekurang-kurangnya meliputi penguasaan:

a. Materi pelajaran secara luas dan mendalam sesuai dengan standar isiprogram satuan pendidikan, mata pelajaran, dan/atau kelompok mata pelajaran yang akan diampu; dan
b. konsep dan metode disiplin keilmuan, teknologi, atau seni yang relevan, yang secara konseptual menaungi atau koheren dengan program satuan pendidikan, mata pelajaran, dan/atau kelompok mata pelajaran yang akan diampu.

SKG Kejuruan dengan KKNI, Suatu pendekatan pengembangan Standar Kompetensi Guru (SKG) Kejuruan dapat dilakukan dengan bertitik tolak dari Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia. Dijelaskan dalam Peraturan Presiden Nomor 8 Tahun 2012 bahwa Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia adalah kerangka penjenjangan kualifikasi kompetensi yang dapat menyandingkan,

menyetarakan, dan mengintegrasikan antara bidang pendidikan dan bidang pelatihan kerja serta pengalaman kerja dalam rangka pemberian pengakuan kompetensi kerja sesuai dengan struktur pekerjaan di berbagai sektor. Penyetaraan adalah proses penyandingan dan pengintegrasian capaian pembelajaran yang diperoleh melalui pendidikan, pelatihan kerja, dan pengalaman kerja. Pengalaman kerja adalah pengalaman melakukan pekerjaan dalam bidang tertentu dan jangka waktu tertentu secara intensif yang menghasilkan kompetensi. Sedangkan kualifikasi adalah penguasaan capaian pembelajaran yang menyatakan kedudukannya dalam KKNI.

KKNI terdiri atas 9 (sembilan) jenjang kualifikasi, dimulai dari jenjang 1 (satu) sebagai jenjang terendah sampai dengan jenjang 9 (sembilan) sebagai jenjang tertinggi. Jenjang kualifikasi KKNI sebagaimana terdiri atas:

a. Jenjang 1 sampai dengan jenjang 3 dikelompokkan dalam jabatan operator;
b. Jenjang 4 sampai dengan jenjang 6 dikelompokkan dalam jabatan teknisi atau analis;
c. Jenjang 7 sampai dengan jenjang 9 dikelompokkan dalam jabatan ahli.

Berkaitan dengan KKNI ini maka kedudukan guru sesuai undang-undang Guru dan Dosen adalah minimal memiliki kualifikasi S1 atau D4. Dengan demikian, kedudukan guru jika disandingkan atau disetarakan dengan kompetensi yang ada dalam KKNI tersebut berada pada sertifikat 7 yaitu dalam kategori jabatan ahli dengan rincian kualifikasi sebagai berikut:

a. Mampu merencanakan dan mengelola sumber daya di bawah tanggung jawabnya, dan mengevaluasi secara komprehensif kerjanya dengan memanfaatkan ilmu pengetahuan, teknologi, dan/atau seni untuk menghasilkan langkah-langkah pengembangan strategis organisasi.
b. Mampu memecahkan permasalahan ilmu pengetahuan, teknologi, dan/atau seni di dalam bidang keilmuannya melalui pendekatan monodisipliner.
c. Mampu melakukan riset dan mengambil keputusan strategis dengan akuntabilitas dan tanggung jawab penuh atas semua aspek yang berada di bawah tanggung jawab bidang keahliannya.

Berdasarkan uraian di atas, pendekatan pengembangan SKG guru paket keahlian disandingkan dengan KKNI jenjang 7 dapat diuraikan secara sederhana sebagai berikut:

1. Point a jenjang 7 KKNI untuk guru paket keahlian kejuruan dikembangkan dari kompetensi inti Nomor 20 Permendiknas No.16 Tahun 2007
2. Dari kompetensi inti Nomor 20 Permendiknas No.16 Tahun 2007 dikembangkan menjadi jabaran kompetensi guru paket keahlian berdasarkan kompetensi C2 dan C3 pada setiap paket keahlian Kurikulum 2013 khususnya untuk KI-4.
3. Point b dan c jenjang 7 KKNI untuk guru paket keahlian terwadahi dalam kompetensi inti No.23 Permendiknas No.16 Tahun 2007 yaitu mengembangan keprofesian secara berkelanjutan dengan melakukan tindakan reflektif.



Sumber: Modifikasi (Endrotomo,2012)



Sumber: Modifikasi (Endrotomo,2012)

B. Tujuan

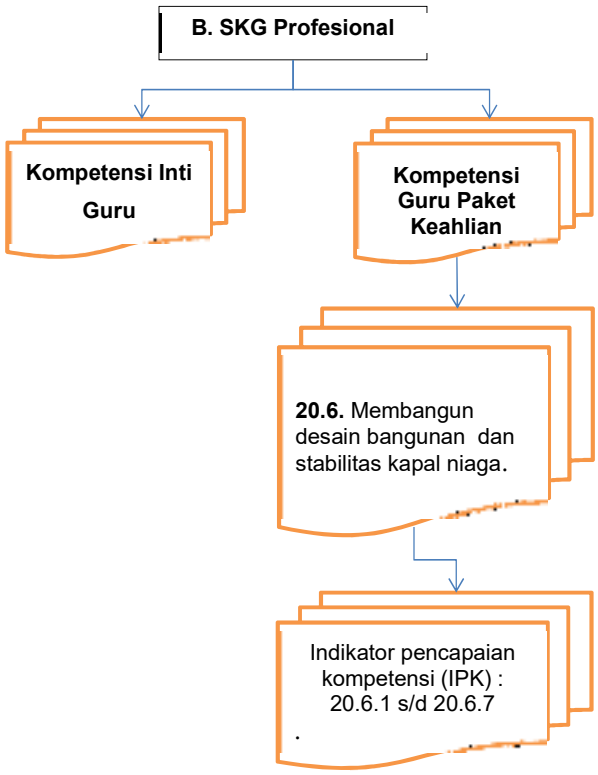
Tujuan dari penyusunan modul ini adalah untuk memberikan bahan materi yang harus dikuasai mengenai kompetensi bidang Perikanan dan Kelautan, program keahlian Pelayaran khususnya pada Nautika Kapal Niaga. Adapun program keahlian berdasarkan Bidang keahlian disajikan pada diagram berikut:



Gambar 2. Posisi Modul dalam Paket keahlian Nautika Kapal Niaga, Bidang Perikanan dan Kelautan.

C. Peta Kompetensi

Peta kompetensi pada SKG (Standar Kompetensi Ganda) profesional pada nomor kompetensi inti guru nomor 20 yaitu Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu dengan kompetensi paket keahlian 20.6 membangun desain bangunan dan stabilitas kapal niaga. judul Modul pada paket ini adalah Bangunan dan Stabilitas Kapal Niaga. Adapun peta kompetensi disajikan dalam berikut.



Gambar 3. Peta Kompetensi modul berdasarkan rumusan Standar Kompetensi Guru (SKG) Kejuruan bidang keahlian perikanan dan kelautan.

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari modul ini dibatasi pada kompetensi guru paket keahlian 20.6 Membangun desain bangunan dan stabilitas kapal yang terdiri dari 7 (tujuh) Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK), ruang lingkup materi kompetensi guru paket keahlian tersebut adalah : 1). Bangunan kapal Niaga, dan 2). Stabilitas kapal Niaga dengana indikator pencapaian kompetensi sebagai berikut :

1. Menelaah desain bangunan & stabilitas Kapal niaga berbagai macam tipe (20.6.1)
2. Membandingkan desain bangunan Kapal berbagai macam tipe (20.6.2)
3. Merumuskan stabilitas kapal berbagai Macam tipe (20.6.3).
4. Menunjukan desain bangunan kapal niaga berbagai macam tipe (20.6.4)
5. Menunjukkan stabilitas kapal niaga berbagai macam tipe (20.6.5).
6. Memodivikasi desain bangunan & stabilitas kapal niaga berbagai macam tipe (20.6.6).
7. Mendesain desain bangunan dan stabilitas kapal niaga berbagai macam tipe (20.6.7).

E. Saran Cara penggunaan modul

Modul pembelajaran *Grade* 5 “Bangunan dan Stabilitas Kapal Niaga” ini disusun dan dikemas bagi Program Keahlian perikanan dan kelautan, khususnya paket keahlian Nautika kapal Niaga (098). Penyusunannya dibagi dalam 2 Kegiatan pembelajaran yang didesain dalam bentuk lepas, sehingga dapat dipelajari untuk masing-masing kegiatan pembelajaran tanpa harus berurutan. Untuk memudahkan memahami isi dari modul dapat dilihat pada halaman daftar isi, lalu disesuaikan dengan tabel indikator pencapaian kompetensi yang dimaksudkan. Beberapa hal yang dianggap penting disajikan dalam bentuk kotak catatan.

Kegiatan Pembelajaran 1: Bangunan Kapal Niaga

A Tujuan

Modul ini diperlukan untuk mempersiapkan para guru SMK Bidang Kelautan dan Perikanan dalam *transfer of knowledge* kepada siswa. Penyusunan modul dikhususkan bagi program keahlian perikanan dan kelautan pada paket keahlian nautika kapal niaga. Kegiatan pembelajaran yang disusun dalam modul ini terdiri dari dua bagian, yakni: 1. Bangunan kapal niaga, dan 2. Stabilitas kapal niaga. Topik kegiatan pembelajaran yang pertama dari modul ini mencakup "Bangunan Kapal Niaga". Konten kegiatan pembelajaran untuk cakupan materi ini, sebagian besar dari referensi Gilmer dan Johnson, 1982, serta Baxter, 1976.

Dengan modul ini, diharapkan para guru sebagai peserta diklat Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB), akan mampu meningkatkan integritas profesinya. Integritas merupakan hal yang sangat penting dan seyogianya dimiliki seorang manusia sebagai anggota masyarakat untuk mampu mengupayakan dan mewujudkan suatu harapan. Kemampuan tersebut diungkapkan dalam bentuk aksi atau gerakan (Manapa,2011). Berkaitan dengan profesi guru, aksi atau gerakan tersebut adalah bagaimana seorang guru berusaha membangun minat (*interest*) dan keingintahuan (*inquiry*) para siswa dalam mengeksplorasi ilmu pengetahuan yang dikemas dalam mata pelajaran yang diampunya.

Harapan di atas dapat terwujud apabila seorang guru mengkondisikan dirinya dalam penguasaan konsep dan substansi mata pelajaran tersebut serta mengenali peserta didiknya. Pengkondisian tersebut berlaku pula bagi guru mata pelajaran mengenai Kapal Niaga bagi siswa program keahlian Pelayaran Nautika.

Kegiatan Pembelajaran ini akan mudah diikuti oleh para guru yang berlatar pendidikan strata satu (S1), dalam bidang studi yang mempersyaratkan dan menawarkan Fisika Dasar sebagai mata kuliah wajibnya. Setelah menyelesaikan Kegiatan Pembelajaran: 1. Bangunan Kapal Niaga, diharapkan para guru SMK Bidang keahlian Kelautan dan Perikanan, Program Keahlian Nautika Kapal Niaga sebaga peserta Diklat PKB memiliki tiga hal penguasaan kinerja atau spesifikasi kompetensi. Ketiga spesifikasi kompetensi tersebut,

yakni: 1) kompetensi utama, 2) kompetensi pendukung, dan 3) kompetensi tambahan yang dapat dilihat pada Tabel 1, yakni pada kolom (1) Sasaran Pembelajaran.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Evaluasi (*assessment*) pencapaian ketiga spesifikasi kompetensi yang akan dicapai tersebut melalui proses. Proses evaluasi mencakup dua hal, yaitu penilaian (kualitatif) dan pengukuran (kuantitatif) yang tidak mudah dilakukan. Oleh karena itu, untuk membantu mengaksesnya, kita membuat indikator pencapaian kompetensi yang dapat dilihat pada Tabel 1, yakni pada kolom (3) Indikator Pencapaian Kompetensi.

- Menelaah desain bangunan & stabilitas Kapal niaga berbagai macam tipe
- Membandingkan desain bangunan Kapal berbagai macam tipe
- Merumuskan stabilitas kapal berbagai Macam tipe.
- Menunjukan desain bangunan kapal niaga berbagai macam tipe

Tabel 1. Indikator Pencapaian Kompetensi " Bangunan Kapal Niaga"

(1) Sasaran Pembelajaran	(2) Materi Pembelajaran	(3) Indikator Pencapaian Kompetensi
Kompetensi utama: Mengklasifikasi kesamaan dan perbedaan kapal niaga berdasarkan konsepsi umum dan konsepsi khusus	**KP 1: Bangunan Kapal Niaga**:	Mampu menjelaskan kesesuaian jenis desain bangunan kapal niaga antara peruntukan desain, kondisi desain dan bentuk desain.
Kompetensi pendukung 1.1: Mengklasifikasi /membandingkan kapal ditinjau dari aspek konsepsi umum	1.1 **Kategorisasi berdasarkan Konsepsi umum:**	Mampu mengelompokkan kapal niaga dalam kelompok berdasarkan konsepsi umum
Kompetensi pelengkap: 1. Klasifikasi material untuk kapal niaga	1.1.1 Kapal berdasarkan bahan	Mampu menjelaskan berdasarkan bahan
2. Klasifikasi alat penggeraknya	1.1.2 Kapal berdasarkan alat penggeraknya.	Mampu menjelaskan berdasarkan alat penggerak
3. Klasifikasi mesin penggerak utamanya	1.1.3 Kapal berdasarkan	Mampu menetapkan berdasarkan mesin

	mesin penggerak utamanya	penggerak utamanya
4. Klasifikasi kapal khusus terhadap fungsinya	1.1.4 Kapal khusus berdasarkan fungsinya	Mampu menjelaskan berdasarkan fungsinya
5. Klasifikasi kapal-kapal Khusus	1.1.5 Kapal-kapal khusus	Mampu menjelaskan berdasarkan spesifikasi khusus
Kompetensi pendukung 1.2: Mengklasifikasi kapal ditinjau dari aspek konsepsi khusus	1.2 **Kategorisasi Berdasarkan Konsepsi Khusus: Profil Badan Kapal dan Kecepatannya**	Mampu menjelaskan kapal niaga dalam kelompok berdasarkan konsepsi khusus
Kompetensi pelengkap: - Komparasi berbagai disain kapal berdasarkan prinsip/ teori pendukungnya	1.2.1 *Aeroststic support* 1.2.2 *Hydrodinamic support* 1.2.3 *Hydrostatic support*	Mampu menjelaskan kapal niaga berdasarka konsep Bernoulli dan konsep Archimedes
- Komparasi berbagai disain bangunan kapal dari aspek profil badan	1.2.4 Tipe lambung *displacement* standar 1.2.5 Tipe lambung *Displacement* khusus	Mampu menjelaskan hubungan profil disain dengan muatan khusus
- Komparasi berbagai disain bangunan kapal dari aspek profil badan dan kecepatan	1.2.6 Kriteria lain 1.2.7 Pendekatan Sistem 1.2.8 Sistem kapal yang efektif	Mampu menjelaskan pengaruh desain profil terhadap kecepatan
Kompetensi pendukung 1.3:	1.3 **Dimensi dan Ukuran Utama kapal**	
	1.3.1 Sistem metrik dalam industri kelautan	Mampu menjelaskan ukuran kapal dalam satuan standar internasional
	1.3.2 Ukuran utama kapal	Mampu menunjukkan ukuran utama kapal
	1.3.3 Koefisien dimensi kapal	Mampu menghitung koefisien penentu ukuran kapal

sumber: Manapa, ES. (2011b, 2015) dan penelusuran pustaka yang di kembangkan.

C. Uraian Materi

Fokus kegiatan pembelajaran pada topik “Bangunan Kapal Niaga” ini, meninjau beberapa hal penting yang menyangkut arsitektur kapal niaga. yakni:1) Kategorisasi kapal berdasarkan konsepsi umum, 2) Kategorisasi kapal berdasarkan moda pendukung, dan 3) Dimensi dan ukuran utama kapal.

1.1 Kategorisasi Kapal Berdasarkan Konsepsi Umum

Peninjauan pengelompokan dari suatu kapal tidak mudah. Setiap kapal masing-masing dimungkinkan memiliki spesifikasi dan karakteristik khusus, sehingga cukup kompleks untuk mengklasifikasi. Di modul ini, kita mengkategorikan kapal atas dua bagian yaitu: Kategorisasi berdasarkan konsepsi umum dan kategorisasi berdasarkan konsepsi khusus. Peninjauan berdasarkan konsepsi umum terdiri dari lima konsep, yakni: 1) kapal berdasarkan bahan, 2) Kapal berdasarkan alat penggeraknya, 3) Kapal berdasarkan mesin penggerak utamanya, 4) Kapal berdasarkan fungsinya, dan 5) Kapal khusus. Kelima konsep ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

1.1.1 Kapal berdasarkan bahan

Bahan untuk membuat kapal bermacam-macam dan tergantung dari tujuan serta maksud pembuatan itu. Bahan yang terpilih selain ekonomis juga sesuai dengan keperluannya. Berdasarkan bahan, kapal dikategorikan: (1) Kapal kayu adalah kapal yang seluruh konstruksi badan kapal dibuat dari kayu; (2) Kapal *fiberglass* adalah kapal yang seluruh kontruksi badan kapal dibuat dari *fiberglass*; (3) Kapal *ferro cement* adalah kapal yang dibuat dari bahan semen yang diperkuat dengan baja sebagai tulang-tulangnya. Fungsi tulangan ini sangat menentukan karena tulangan ini yang akan menyanggah 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 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. Di samping pada konstruksi las berat kapal secara keseluruhan menjadi lebih ringan.



Gambar 4. Kapal kayu (Sumber : http://m9.i.pbase.com/g4/76/410576/2/64217779.tKzssu48.jpg)



Gambar 5. Kapal *fiber glass* (Sumber : http://www.indonesianship.com/images/Marathon%2038%20Flybridge%20Cruiser.JPG)



Gambar 6. Kapal ferro cement
(Sumber : https://i.ytimg.com/vi/FUsnqX9jyDY/maxresdefault.jpg)



Gambar 7. Kapal baja
(Sumber : http://indoboats.com/wp-content/uploads/2013/01/PB42m.jpg)

1.1.2 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 (Gambar 8); (2) Kapal dengan menggunakan alat penggerak *paddle wheel*. Sistem *paddle wheel*, pada prinsipnya adalah gaya tahanan air yang menyebabkan/menimbulkan gaya dorong kapal (seperti dayung). *Paddle wheel* dipasang di kiri dan kanan kapal dan gerak putarnya dibantu oleh mesin (Gambar 9). 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.* Sistem ini pada prinsipnya adalah air diisap melalui saluran di muka lalu didorong ke belakang dengan pompa hingga menimbulkan impuls (jet air ke belakang). Sistem ini banyak kita jumpai pada *tug boat* tetapi fungsinya untuk mendorong bukan menarik (Gambar 10); (4) Kapal dengan menggunakan alat penggerak *propeller* (baling-baling). Kapal bergerak karena berputarnya baling-baling yang dipasang di belakang badan kapal sehingga menimbulkan daya dorong.Alat penggerak inilah yang pada umumnya digunakan pada saat sekarang (Gambar 11).



Gambar 8. Penggerak layar (Sumber : http://t.wallpaperweb.org/wallpaper/boats/1600x1200/Juan_Sebastian_de_Elcano.jpg)



Gambar 9. Padhel whell (Sumber : http://3.bp.blogspot.com/-agAjz-3jLME/VhYAFAXEJgI/AAAAAAAAAK0/InXhC1bDpqg/s1600/kapal%2Bpaddle%2Bwheel.jpg)



Gambar 10. Jet propultion (Sumber : http://s93.photobucket.com/user/kecemplunglagi/media/kapal/IMG_0662.jpg.html)



Gambar 11. Baling-baling (Sumber : http://www.jejaktapak.com/wp-content/uploads/2015/01/french-aircraft-carrier-charles-de-gaulle-broken-propeller-2000-e1421416490602.jpg)

1.1.3 Kapal Berdasarkan Mesin Penggerak Utamanya.

Beberapa faktor ekonomis dan faktor-faktor desain akan menentukan mesin macam apa yang cocok untuk dipasang pada suatu kelas tertentu dari sebuah kapal. Jenis-jenis yang biasa dipakai di antaranya:

(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 baling-baling. 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 *nonreversible* sehingga diperlukan *reversingturbine* yang tersendiri khusus untuk keperluan tersebut. Juga putarannya sangat tinggi sehingga, *reduction propeller gear*, sangat diperlukan untuk membuat perputaran baling-baling 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. Dalam hal ini, suatu turbin memutarkan sebuah elektrik generator, sedangkan baling-baling digerakkan oleh suatu motor yang terpisah tempatnya dengan mempergunakan aliran listrik dari generator tadi. Dalam hal ini, *reversing turbine* yang tersendiri dapat dihapuskan dengan memakai sistem 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 *outboard* 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, maka akan lebih kecil ukurannya. Dengan adanya kemajuan dalam pemakaian *turbocharger* untuk *supercharging.* Beratnya pun dapat diperkecil dan penghasilan tenaga dapat dilipatgandakan; (5) Turbin Gas. 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 "*heatexchangers*" sehingga pemakaiannya dapat seefektif mungkin.Tipe mesin ini yang sebetulnya adalah kombinasi dari "*Free Piston Gas* Fiier" dan *gas turbine* belum banyak dipakai oleh kapal-kapal dagang. Riset mengenai mesin ini masih banyak dilakukan; (6). Mesin Nuklir Bentuk Propulsi ini hanya dipakai pada kapal-kapal besar non-komersial, seperti kapal induk, kapal perang sehingga kapal yang memakainya masih terbatas.

1.1.4 Kapal Khusus Berdasarkan Fungsinya

Kapal yang digunakan dalam kegiatan bukan untuk perang, disebut juga sesuai dengan barang/muatan yang pokok pada kapal tersebut. Berdasarkan fungsinya dikategorikan:

(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, maka kapal tersebut dinamakan *General cargo* (Gambar 12). 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 12. Kapal dengan muatan barang disebut kapal barang (*cargo ship*)
(sumber : http://www.blog.beldensolutions.com/wp-content/uploads/Cargo-Ship-Image.jpg)

(2) Kapal dengan muatan barang dan penumpang disebut Kapal barang penumpang (*Cargo passanger ship*). Istilah kapal barang penumpang dan kapal penumpang barang pada umumnya selalu membingungkan. Pembatasannya berdasarkan suatu ketentuan, bahwa jika kapal tersebut terutama digunakan untuk mengangkut barang di samping muatan penumpang disebut kapal barang penumpang. Jika kapal tersebut digunakan terutama untuk mengangkut penumpang dalam jumlah yang cukup besar Di samping itu, juga barang misalnya seratus penumpang dan muatan barang yang dibawanya disebut kapal penumpang barang. Jika kapal mengangkut penumpang lebih dari 12 orang maka kapal tersebut harus menggunakan persyaratan keselamatan pelayaran sebagai kapal penumpang. Kapal penyeberangan atau kapal feri 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, misalnya: mobil, truk, bus dan bahkan sarana tempat gerbong kereta api;



Gambar 13. Kapal *Cargopassangership* (Sumber : http://s585.photobucket.com/user/CaptainsVoyageForum/media/CVF-04/NewScan093.jpg.html)

(3) Kapal Penumpang (*passenger ship*) ialah kapal yang khusus mengangkut penumpang. Kapal penumpang ada yang besar dan ada yang kecil (Gambar 14). Kapal penumpang kecil kebanyakan digunakan untuk pesiar antarpulau yang tak begitu jauh menyusuri pantai/sungai yang menghubungkan antarkota sebagai komunikasi transpor. Kapal penumpang besar biasanya dipakai untuk pelayaran antarpulau yang jauh atau antarbenua untuk turis dan lain-lain. Kapal ini biasanya dilengkapi dengan akomodasi penumpang yang lebih baik dan fasilitas rekreasi misalnya kolam renang, bioskop dan tempat-tempat relaksasi 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 14. *Passenger ship*
(Sumber : http://shiptype.com/img/2/13)

(4) Kapal pengangkut kayu (*timbercarrier* atau *logcarrier*) ialah kapal yang fungsinya mengangkut kayu, baik berupa kayu balok, kayu papan maupun kayu

gelondongan. Umumnya sebagai muatan kayu yang diangkut diletakkan di atas geladak dan jumlah muatan di geladak 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 *freeboard* khusus. Dalam menentukan stabilitas, harus dianggap muatan geladak yang diikat dengan kuat merupakan satu bagian dari badan kapal;



Gambar 15. Kapal pengangkut kayu (sumber : http://splash247.com/wp-content/uploads/2015/11/cosco-wood.jpg)

(5) Kapal yang mengangkut muatan cair misalnya kapal tanker, 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 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 16;



Gambar 16. Kapal mengangkut muatan cair (sumber : http://www.indonesianship.com/images/10122008.jpg)

(6) Kapal pengangkut peti kemas (*Container Ship*), kapal yang dimaksud mengangkut barang yang sudah diatur di dalam peti-peti. Muatan peti kemas di samping di dalam palka 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, harus diperhatikan mengenai stabilitas kapal. Periode keolengan perlu diperhatikan agar jangan sampai terlalu lincah, sebab membahayakan yang ada di atas dek, lebih-lebih apabila sistem pengikatannya kurang sempurna (Gambar 17). Konstruksi peti kemas dibuat sedemikian rupa sehingga barang-barang yang ada di dalamnya terjamin keamanan dari kerusakkan dan lain-lain. Kapal pengangkut peti kemas harus mempunyai fasilitas pelabuhan khusus.



Gambar 17. Kapal Pengangkut Peti Kemas (Sumber : http://static.guim.co.uk/sys-images/Guardian/About/General/2013/3/6/1362591273241/Triple-E-container-ship-011.jpg)

(7) Kapal pengangkut muatan curah (*Bulkcarrier*). Kapal yang mengangkut muatan tanpa pembungkusan tertentu, berupa biji-bijian yang dicurahkan langsung ke dalam palka 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, *bauxite*, dan sebagainya. Kapal pengangkut biji tumbuh-tumbuhan, yaitu kapal yang mengangkut muatan curah berupa biji-bijian hasil tumbuh-tumbuhan, misalnya 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 sistem bongkar muatnya dilakukan dengan sistem isap untuk grain carrier, tetapi untuk *ore* atau *coal* dipakai *grab*(*bucket*) &*conveyer* (Gambar 18). Khusus *orecarrier* biasanya mempunyai *doublebottomtanktop* yang tinggi dengan maksud untuk mempertinggi letak titik berat muatan, sehingga memperbaiki *rollingperiode* kapal, lagi pula gerak kapal tidak terlalu kaku. Pada *bulkcarrier* umumnya letak kamar mesin di belakang dengan maksud untuk mempermudah sistem bongkar muat;



Gambar 18. Kapal pengangkut muatan curah (Sumber : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d4/Sabrina_I_cropped.jpg)

(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 sistem isolasi dan sistem 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 (Gambar 19). Meskipun ruang muat sudah dilengkapi dengan instalasi pendingin untuk mengawetkan muatan, tetapi kecepatan kapal masih relatif lebih cepat dibandingkan dengan kapal-kapal pada umumnya. Sebagai contoh, kapal pengangkut buah-buahan kecepatan dinas antara 18 - 21 knots;



Gambar 19. Kapal pendingin (Sumber : https://images.vesseltracker.com/images/vessels/midres/Ice-Flake-662191.jpg)

(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, Gambar 20.



Gambar 20. Kapal pengangkut ternak (Sumber : http://duniaternak.com/wp-content/uploads/Kapal-Pengangkut-Ternak1-600x300.jpg)

1.1.5 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 tipe-tipe keruk tergantung dari jenis tanah galian.



Gambar 21. Kapal Keruk (Sumber : http://worldmaritimenews.com/wp-content/uploads/2012/10/Dredger-Athena-Prepares-to-Work-in-Inpex-Ship-Channel.jpg)

Tipe-tipe kapal keruk:

- *Plain Suction Dredger*: Pengerukan dengan cara menghisap dengan pipa isap. Jenis yang modern mempunyai *water jet* di sekeliling ujung pipa yang berguna untuk menghancurkan material yang keras dengan menyemprotkan air dengan tekanan tinggi,
- *Cutter Suction Dredger:* Pada prinsipnya, sama dengan jenis di atas hanya dilengkapi dengan *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 Dedger*: Pengerukan tanah galian dengan menggunakan timba. Sangat sesuai pada segala jenis galian, baik tanah padat maupun batu-batuan, tetapi bukan tanah padat yang keras.
- *Dipper Driedger* : Dipergunakan untuk pekerjaan penggalian yang sukar dan ada rintangan dan 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 22. Kapal Tunda
(Sumber :http://www.bantenport.co.id/images/tunda/4.jpg)

(3) Kapal Penangkap Ikan

Fungsi kapal ini, untuk menangkap ikan (Gambar 23), apabila ditinjau dari penangkapannya dapat dibedakan atas tiga 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 pancing. Kapal-kapal ikan dimana operasi penangkapannya agak jauh dari pangkalannya, yang berhari-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.



Gambar 23. Kapal Penangkap Ikan (Sumber :https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bf/Makassar,_old_harbour_(6965255799).jpg)

(4) Kapal Pemadam

Fungsi kapal pemadam kebakaran membantu memadamkan kebakaran pada kapal lain atau kebakaran pada dermaga pelabuhan (Gambar 24). Operasinya biasanya dilakukan sekitar pelabuhan.



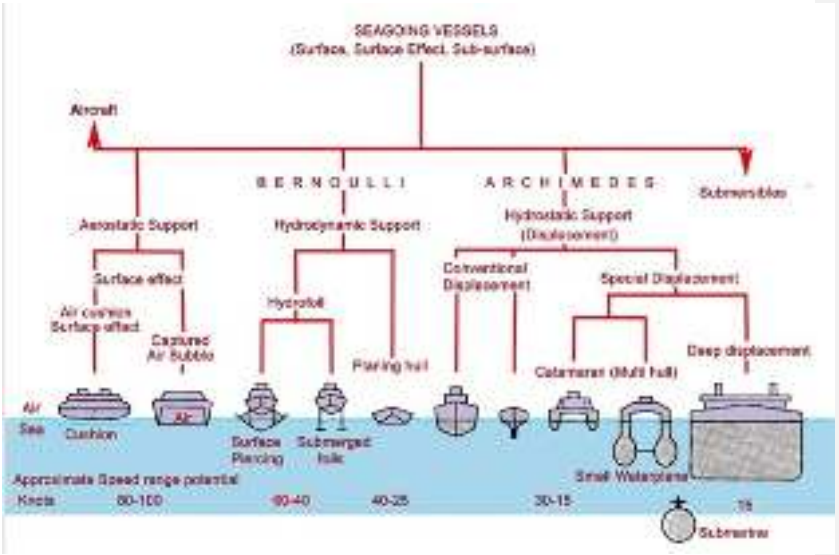
Gambar 24. Kapal Pemadam
(Sumber : http://panduanwisata.id/files/2013/07/60-6.jpg)

1.2 Kategorisasi kapal laut berdasarkan moda pendukung

Kapal sebagai sarana perangkutan atau wahana transportasi laut dapat ditinjau dari berbagai aspek peruntukan. Peruntukan merupakan faktor utama ketika merancang dan mendesain suatu kapal. Sebagai contoh, seorang pemilik perusahaan di bidang perkapalan ingin mengembangkan trayek usahanya dan ingin menambah jumlah armada kapalnya. Si pemilik kapal (*ownership*) kemudian memesan kepada yang berkompeten, yakni seorang arsitek kapal yang akan mendesain dan merancang sesuai dengan permintaannya.

Bentuk kapal sangat banyak (*innumerable*), mulai dari kapal pesiar yang indah, kapal penembak rudal yang kekar, ataupun kapal tanker pengangkut minyak mentah yang ditutupi dengan pipa-pipa yang kompleks. Deskripsi eksternal kapal tidak langsung dapat menerangkan sistem kapal secara keseluruhan, misalnya kemandirian, kelaikan laut, serta kestabilan dalam fungsi sebagai habitat dari awak kapal dan muatan. Hal ini yang ada dalam pemikiran seorang arsitek kapal dalam mendesain kapal. Untuk itu, sangatlah diperlukan pengklasifikasian kapal, berdasarkan landasan pendukung fisik dan kepentingan rancang bangunnya atau dengan kata lain kapal tersebut dikategorisasi ke dalam tipe kapal sesuai dengan moda atau alat pendukung fisik..

Moda pendukung fisik digunakan sebagai dasar kategorisasi kapal, dalam hal ini kapal didesain untuk beroperasi pada kondisi tersebut. Kapal dirancang untuk beroperasi di atas permukaan air (*surface*), pada permukaan air (*surface effect*), atau di bawah permukaan air (*sub-surface*). Karakteristik fisik dari kapal dirancang untuk beroperasi di tiga daerah tersebut, sebagaimana yang ditunjukkan pada (Gambar 25), yaitu profil badan kapal (tanpa skala) dan hubungannya dengan cara dukungan fisik (*physical support*).



Gambar 25. Kategorisasi Kapal, profil badan kapal (tanpa skala) dan hubungannya dengan cara dukungan fisik (kecepatannya).
sumber: modifikasi (Gilmer dan Johnson, 1982)

1.2.1 Dukungan Aerostatik (A*erostatic Support*)

Ada dua tipe kapal yang bergerak di atas permukaan laut untuk kategori *aerostatic support*. Pertama, dengan dukungan gaya pendorong yang gerakannya berupa suatu bantalan udara yang terinduksi langsung. Kapal jenis ini berbobot relatif ringan dan mampu berkecepatan tinggi karena tekanan udara sangat lebih rendah dibandingkan dengan tekanan air, ketidakadaan kontak dengan gelombang kecil dipadukan dengan katup fleksibel mengurangi pengaruh dari dampak gelombang pada kecepatan tinggi. Kapal tersebut tergantung pada kipas pengangkat untuk menghasilkan satu bantalan udara bertekanan rendah

dalam suatu ruang bagian bawah. Bantalan udara ini cukup untuk mendukung berat dari kapal di atas permukaan air.

Tipe kapal yang pertama ini memiliki penutup yang mengelilingi seluruh bantalan udara yang memungkinkan kapal terangkat keseluruhan di atas permukaan air Ini dinamakan "*Air Cushion Vechicle*" (ACV) atau kendaraan bantalan udara, dan dalam pengertian sempit bersifat ampibi (benda yang dapat berfungsi di dua media), (Gambar 26).



Gambar 26. Sebuah Air Cushion Vehicle (ACV)
(https://en.wikipedia.org/wiki/SR.N4#/media/File:BHC_SR.N4_GH-2004.jpg)

Tipe yang kedua dari kendaraan bantal udara ini adalah memiliki dinding sisi kapal yang kaku atau lambung kapal yang tipis yang memanjang ke bawah air untuk mengurangi jumlah aliran udara yang diperlukan dalam mempertahankan tekanan bantalan. Tipe ini disebut sebagai *Capture Air Buble Vehicle* (CAB) atau kendaraan penangkap gelembung udara. Tipe ini memerlukan tenaga kipas pengangkat yang lebih sedikit dibandingkan dengan pada ACV, lebih stabil untuk dikendalikan, dan dapat digerakkan dengan jet air atau baling-baling superkavitasi (Gambar 27). Tipe ini tidak bersifat amfibi, namun belum mencapai kepopuleran dari ACV, yang juga mencakup kapal feri penumpang, armada pendarat, dan kapal perang penyelusur sungai.



Gambar 27. Kapal CAB (*Capture Air Bubble*), yang didukung dengan suatu bantalan udara yang ditutupi pada sisi-sisinya dengan struktur kapal yang kaku.
(http://www.islandeye.co.uk/uploads/history/28620d315cfcdc562155.jpg)

1.2.2 Dukungan Hidrodinamika (*Hydrodinamic Support*)

Kategori yang kedua, yakni tipe kapal yang tergantung pada dukungan dinamis yang dihasilkan oleh gerakan maju yang relatif cepat dari bentuk hidrodinamika yang didesain secara khusus, baik untuk di permukaan maupun di dalam air. Suatu prinsip fisika mengatakan bahwa "setiap benda yang bergerak yang dapat menghasilkan pola aliran asimetris, menghasilkan suatu tenaga pengangkat yang tegak lurus terhadap arah gerakan." Sama dengan sayap pesawat udara (*air foil*) menghasilkan tenaga angkat sewaktu bergerak di udara, suatu *hydrofoil*, yang terletak di bawah permukaan dan melekat dengan suatu tegakan yang menancap di bawah permukaan dapat secara dinamis mendukung lambung kapal ke atas air (Gambar 28).



Gambar 28. Kapal *hidrofoil* memiliki potensi perlindungan laut yang terbaik dari berbagai kapal dukungan hidrodinamika (Sumber: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/Hydrofoil_near_Piraeus.JPG)

Lambung datar adalah bentuk lambung yang dicirikan oleh dasar kapal yang relatif datar dan bagian V yang sempit (terutama ke arah depan dari tengah kapal) yang menghasilkan sebagian sampai seluruh dukungan dinamis untuk kapal berbobot ringan dan armada kecil berkecepatan tinggi (Gambar 29). Armada datar biasanya dibatasi dalam ukurannya yang bobotnya terkait rasio tenaga-bobot dan tekanan struktur yang sesuai dengan perjalanan dengan kecepatan tinggi di atas gelombang.Hampir semua armada datar juga terbatas untuk beroperasi pada perairan yang cukup tenang, walaupun ada lambung/ berbentuk V yang tajam juga mampu beroperasi di perairan yang buruk.



Gambar 29. HMS Tenacity, satu kapal pengawas perikanan yang cepat, esensial dari kapal lambung datar.
(Sumber: https://c1.staticflickr.com/3/2016/5791442800_cc73486cf9.jpg)

1.2.3 Dukungan Hidrostatik (*Hydrostatic Support*)

Dukungan yang paling dapat dipercaya adalah tipe dukungan yang lama, yakni dukungan hidrostatik. Semua kapal, perahu, dari armada kuno sampai pada abad ini tergantung pada tenaga apung yang mudah diperoleh dari air untuk pengoperasiannya. Dukungan hidrostatik ini secara umum dikenal sebagai daya apung, yang dapat diterangkan dengan suatu dasar hukum fisika yang didefinisikan oleh ahli filosofi matematika Archimedes pada abad ke-2 SM, "Prinsip Archimedes" menyatakan bahwa suatu benda yang dimasukkan dalam suatu cairan akan diapungkan ke atas oleh suatu tenaga yang kekuatannya sama dengan berat cairan yang dipindahkan olehnya. Prinsip itu berlaku untuk semua kapal yang terapung (atau tenggelam) di air laut maupun air tawar. Dari pernyataan inilah, nama kategori kapal ini diikuti, yakni lambung *displacement*.

Ada beberapa hal yang perlu dibicarakan secara khusus untuk sub-kategori tipe kapal ini. Sebagai contoh, beberapa kapal dengan kecepatan cukup tinggi harus dikombinasikan dengan kemampuan untuk mengangkut muatan ringan atau untuk bergerak lebih nyaman di perairan yang bergelombang dibandingkan jenis lambung datar (*planing hull*). Karakteristik lambung datar yang berkecepatan tinggi dapat dimodifikasi menjadi lambung *semi displacement* atau lambung semi datar (Gambar 30). Kapal kompromistik ini, tidak dapat secepat lambung datar sepenuhnya tapi lebih cepat dari lambung *displacement* konvensional, memiliki tenaga lebih besar dan bobot lebih ringan dibanding yang disebutkan terakhir. Tipe seperti ini jelas merupakan hasil *trade offs*.

Contoh tersebut di atas berada di antara kategori yang terdefinisikan dengan jelas secara fisik, namun bukanlah contoh yang baik untuk variasi dari kapal lambung *displacement* yang asli. Tipe yang terakhir harus dikenal pasti sebagai kapal lambung *displacement*, dan variasi tergantung terutama pada sebaran isi daya apung, yakni dalam dan lebar lambung di bawah air.



Gambar 30.USS Welsh, kapal meriam angkatan laut yang cepat, mampu untuk kecepatan datar, namum memiliki kombinasi sumber tenaga yang lebih ekonomis untuk lintasan dengan kecepatan rendah. Kapal ini beroperasi sebagai lambung *semi planning*.
(Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/USS_Welch_(PG-93)#/media/File:Welch_(PG-93).jpg)

1.2.4 Tipe Lambung *Displacement* Standar

Tipe yang paling umum dari kapal *displacement* biasanya diklasifikasikan sebagai pengangkut umum kapal pengarung laut. Kapal ini dapat digunakan untuk melayani penumpang, pengangkut muatan ringan, penangkap ikan dengan pukat *trawl,* atau ratusan tugas lain yang tidak memerlukan kapasitas istimewa, kecepatan, kedalaman, serta kinerja lain yang khusus (Gambar 30). Kapal ini sangat umum, mudah dikenal tipenya, dengan *displacement* sedang, kecepatan sedang, ukuran panjang sedang sampai besar, dan kapasitas sedang.Sangat maksimum dalam jarak tempuh pelayaran dan kelaikan laut. Tipe ini adalah “kapal untuk sepanjang musim” atau sepanjang masa, merupakan standar untuk klasifikasi seluruh kapal lainnya dalam kategori *displacement* yang dapat dirujuk (Gambar 31).



Gambar 31. Kapal yang indah, termasuk kapal *displacement* konvensional, contoh kapal modern yang luks, dirancang sebagai kapal penumpang, salah satu contoh terakhir dari tipe yang mulai menghilang, yakni kapal penumpang samudera.(Sumber: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9a/Marco_Polo_2_August_2012_Tallinn.JPG)



Gambar 32. Kapal *displacement* tipe SL7, peti kemas (*container*), merupakan kapal muatan yang tercepat di dunia dan mahal, mampu mempertahankan kecepatan pelayaran pada 33 knot. (Sumber: http://www.smc-uae.com/images/sea-banner.png)

Jenis terdekat dengan kapal standar lambung *displacement* ini, yang berperan penting tidak hanya dalam dunia komersial, tetapi juga dalam keberlanjutan perindustrian dunia, adalah *bulk oil carrier* kapal tanker, atau kapal tanker super (Gambar 32). Terminologi ini sudah umum, namun tidak spesifik, karena yang disebut kapal tanker super beberapa tahun yang lalu dan pada hari ini tidak lagi termasuk kapal tanker super.Industrinya sendiri telah mengkreasi nomenklatur yang lebih eksplisit. Berdasarkan indeks 100.000 ton kapasitas muat minyak, ukuran, kategori adalah LCC (*Large Crude Carrier*), VLCC (*Very Large Crude Carier*) dan ULCC (*Ultra Large Crude Carier*). Setiap kapal tanker lebih besar dari 100.000 ton tapi kurang dari 200.000 ton tergolong LCC, antara 200.000 ton dan 400.000 ton adalah VLCC, dan di atas 400.000 ton adalah ULCC.

Kebutuhan masa kini untuk ketentuan-ketentuan tersebut menjadi jelas, ketika kita sadar bahwa sebelum tahun 1956 tidak ada tanker yang lebih besar dari 50.000 ton, dan tidak ada sebelum awal 1960'an kapal yang dibangun lebih besar dari 100.000 ton. Pada tahun 1968, kapal berukuran 300.000 ton dibangun

untuk pertama kalinya. Kapal dengan ukuran kapasitas yang sangat besar ini dirancang dan dibangun menjadi penghasil keuntungan, sangat panjang, lebar dan dalam, mengangkut ribuan ton minyak mentah per lintasan dengan biaya sangat rendah. Beberapa dari kapal tanker yang sangat besar ini memiliki lebih dari satu as baling-baling dan kemudi. Anjungan navigasinya mendekati ¼ mil jaraknya dari bagian dada kapal.Kecepatan layanan maksimum sangat rendah, sehingga satu lintasan pelayaran dari pelabuhan minyak di Arab ke tempat tujuan di Eropa memakan waktu dua bulan, (Gambar 33).



Gambar 33. Kapal *displacement* terberat dan terbesar, kapal tanker minyak mentah. Sering dirujuk sebagai *Large Crude Carrier* dan *Very Large Crude Carrier*, kapal jenis ini dibangun dengan kapasitas dapat sebesar setengah juta ton. (Sumber :http://www.portcities.org.uk/london/upload/img_400/P42896CT.jpg)

Kapal tersebut termasuk kategori kapal *displacement*, yakni kapal yang memiliki kisaran dukungan daya apung yang tinggi. Volume lambung kapal yang sangat besar dan tidak proporsional dibawah air ketika termuat penuh.Tentu saja berat muatan jauh melebihi berat kapal itu sendiri. *Draft* atau kedalaman air yang diperlukan untuk satu VLCC yang bermuatan penuh berkisar antara 50 atau 60 kaki dan untuk ULCC dapat mencapai 80 kaki. Kapal-kapal ini dalam kategori *displacement* disebut sebagai kapal "*deep displacement*".

1.2.5 Tipe lambung *displacement* khusus

Ada juga kapal tipe lain dengan lambung *displacement* yang memiliki *draft* ekstrim.Tipe kapal ini disebut dengan SWATH (*Small Waterplane Area Twin Hull*). Singkatnya, jenis kapal yang jarang ini dirancang untuk kecepatan tinggi dan anjungan yang stabil pada perairan sedang kondisinya. Masa depan kapal ini bermasalah, tetapi teori untuk menempatkan *displacement* besar jauh di bawah permukaan dan peningkatan dukungan terhadap anjungan di atas air atau dek kapal melalui sirip garis air yang sempit atau "tegakan" adalah baik.

Lambung ganda yang terhubung dengan anjungan atas akan menyediakan stabilitas operasi yang diperlukan (Gambar 34).



Gambar 34. Tipe *draft* yang dalam, masih dalam konsep percobaan, masuk dalam kategori "*small waterplane area twin hull*", atau SWATH.(sumber:http://www.bluebird-electric.net/boats_images/SWATH_twin_hulled_survey_pilot_ship_small_waterplan_submerged.jpg)

Kapal selam merupakan contoh terbaik dari aplikasi khusus kelas lambung *displacement*, sebuah kapal yang beroperasi penuh didalam laut. Perlu disebutkan bahwa kapal selam adalah kapal *displacement* yang secara spesifik mengaplikasikan "Prinsip Archimedes" dan seluruh cakupannya (Gambar 35).



Gambar 35. Kapal Selam Penyerang dari angkatan laut, bertenaga nuklir, dan dirancang penuh untuk beroperasi sepenuhnya di bawah air secara optimum. (Sumber:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/US_Navy_040730-N-1234E-002_PCU_Virginia_(SSN_774)_returns_to_the_General_Dynamics_Electric_Boat_shipyard.jpg)

Masih ada satu tipe lambung yang lain dari yang umum digunakan, namun belum disebutkan karena tidak sesuai dengan kategori yang disebutkan. Kapal ini disebut kapal lambung multi, yakni "katamaran" dan "trimaran". Kapal-kapal ini lebih umum merupakan lambung *displacement* pada ukuran yang lebih besar, seperti SWATH yang disebut di atas, atau lebih konvesional kapal riset samudera yang memerlukan anjungan yang stabil dan daerah terlindung untuk meluncurkan peralatan (Gambar 36).



Gambar 36. Kapal riset oseaanografi USNS Hayes, satu contoh terbaik dari kapal multi lambung.
(sumber :http://ecx.images-amazon.co m/images/I/51FnyuVsSkL. SX342 .jpg)

Juga ada kapal CAB berlambung kembar yang disebutkan lebih dahulu dan katamaran *planing* berkecepatan tinggi. Sebenarnya dasar kapal lambung multi adalah adaptasi dari setiap dasar kategori lambung menjadi suatu aplikasi khusus yang memerlukan pengecualian pemindahan stabilitas dan atau tempat bekerja di lambung dalam.

1.2.6 Kriteria Lain

Ada kriteria yang mendasari keanekaragaman konfigurasi desain kapal. Semua itu adalah hasil dari pertimbangan tentang biaya, misi, kecepatan, daya tahan muatan (atau kapasitas), lingkungan kerja (stabilitas, keselamatan dan persyaratan pelabuhan), realibilitas, penampilan, kenyamanan pribadi serta pertimbangan politis.Tingkat kepentingan relatif dari variasi faktor tersebut ditentukan oleh tujuan pengoperasian kapal yang diatur oleh perusahaan komersial, pemerintah, atau individu yang membeli kapal. Suatu klasifikasi yang berbasis kepentingan termasuk kategori berikut: kapal dagang atau niaga, kapal angkatan laut, kapal pesiar.

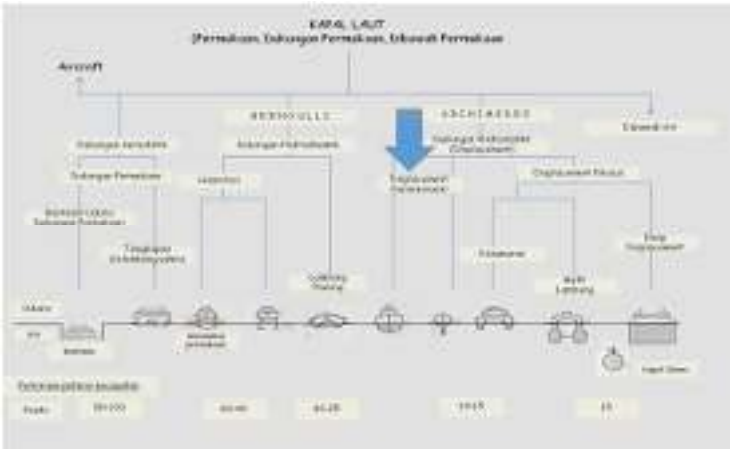
(1) Kapal dagang atau kapal niaga

Kapal Niaga adalah kapal yang khusus mengangkut barang dagangan atau kapal dagang (Depdiknas, 2012). Jenis kapal niaga sangat banyak tergantung dari apa benda atau barang yang akan dimuat. Secara garis besar, kapal niaga dibagi dua jenis, yaitu kapal barang (*cargo ship*) dan kapal penumpang (*passenger ship*).

Kapal dagang atau kapal niaga biasanya dibeli untuk menghasilkan keuntungan. Kapal muatan yang sebelumnya dibicarakan dirancang untuk persyaratan minimum (paling tidak, kompetitif) biaya muatan, yang melibatkan perkiraan biaya *life cycle* dari kapal, termasuk biaya akuisisi, biaya operasi dan biaya pemeliharaan, serta setiap barang bernilai dari sisa kapal ketika dijual. Suatu analisis *cash flow* dibuat menunjukkan berapa *rate of return* diharapkan untuk investasi dari pemilik baik desain baru dari semua kapal niaga, termasuk kapal muatan/barang, kapal penumpang, kapal penangkap ikan, kapal suplai lepas pantai, dan kapal tunda, harus bersaing secara ekonomis dengan kapal yang sama yang dapat diperoleh dari galangan kapal dunia yang banyak.

Subsidi dari pemerintah diberikan kepada industri galangan kapal nasional untuk melindunginya dari persaingan dengan galangan kapal asing, akan menurunkan biaya untuk para pembeli, walaupun biaya konstruksi yang nyata lebih tinggi. Jadi pertimbangan politis bisa berperan penting pada ekonomi dari desain dan konstruksi kapal niaga.

Berdasarkan uraian di atas, posisi kapal niaga yang dimaksudkan dalam modul ini dapat dilihat pada Gambar 37 berikut.



Gambar 37. Profil badan kapal (tanpa skala) dan hubungannya dengan cara dukungan fisik.
(sumber: modifikasi dari Gilmer dan Johnson, 1982)

Penampilan kenyamanan pribadi, dan dapat dipercaya sangat diperlukan kapal penumpang luks (mewah) untuk menarik pelanggan, sedangkan muatan, daya tahan, dan kemampuan selamat dari lingkungan laut yang buruk merupakan pertimbangan penting untuk mendesain kapal penangkap ikan. Kapal suplai lepas pantai akan mempertimbangkan kecepatan untuk transportasi awak anjungan minyak atau layanan darurat, namun kecepatan lebih kecil akan diperlukan bila pipa pengebor minyak dan pengebor lumpur merupakan muatan utama. Lingkungan pengoperasian, termasuk angin dan gelombang di laut, serta kemampuan kapasitas pelabuhan dan tempat pendaratan di pantai. Kapal dengan draft yang dalam dapat di kendalikan dari daerah geografis tertentu. Peralatan khusus untuk menangani kargo seperti *ramp* untuk membongkar muatan pada kapal *roll on/roll off* (Ro/Ro) pada Gambar 38 sangat diperlukan baik untuk putaran balik di pelabuhan samudera dunia, maupun di negara yang masih terbelakang. Pelabuhan yang disebut terakhir memerlukan pembatasan penanganan muatan terhadap perancangan kapal.



Gambar 38. Kapal *Lipscomb Lykes*, sebuah kapal Ro/Ro
(sumber :http://www.histarmar.com.ar/Vapores/BuquesMaritimeComm/C-3/AlmeriaLykesx10.jpg)

(2) Kapal angkatan laut

Kapal angkatan laut pada umumnya diklasifikasikan sebagai kapal tempur atau kapal perang pun kapal pendukung, walaupun ada kapal tugas khusus yang tidak mudah dimasukkan dalam kategori yang ada. Kapal perang tempur yang besar seperti pengangkut pesawat udara, pelintas misil terpimpin, kapal perusak, kapal selam nuklir, maka semua faktor yang disebutkan sebelumnya menjadi penting dan menjadi biaya sangat tinggi untuk pembuatan kapalnya. Misi militer adalah kepentingan utama, namun untuk melaksanakan misi tergantung pada

kecepatan, daya tahan (mungkin dapat ditambahkan sewaktu perbaikan di laut untuk kapal permukaan, muatan senjata, dan kemampuan untuk beroperasi dan bertahan di lingkungan buruk. Realibilitas sewaktu kondisi tempur, penampilan kekuatan militer, kebiasaan anak buah kapal, yang mempengaruhi pengaktifan mereka kembali, dan kepentingan politik tentang siapa yang akan jadi kontraktor utama dan sub-kontraktor subsistem senjata utama: seluruh faktor ini yang harus dipertimbangkan, membuat konstruksi dan operasi kapal perang sangat mahal untuk para pembayar pajak. Kapal pendukung angkatan laut kelihatannya lebih dekat dengan kapal niaga, tapi dalam misinya dapat terlibat operasi dengan kapal perang, yang perlu kompatibel dalam hal kecepatan, daya tahan, persyaratan muatan, dan kemampuan untuk melakukan operasi perbaikan selama kondisi laut buruk. Jadi, dapat dimengerti bila biaya kapal jenis ini lebih besar dari kapal niaga.

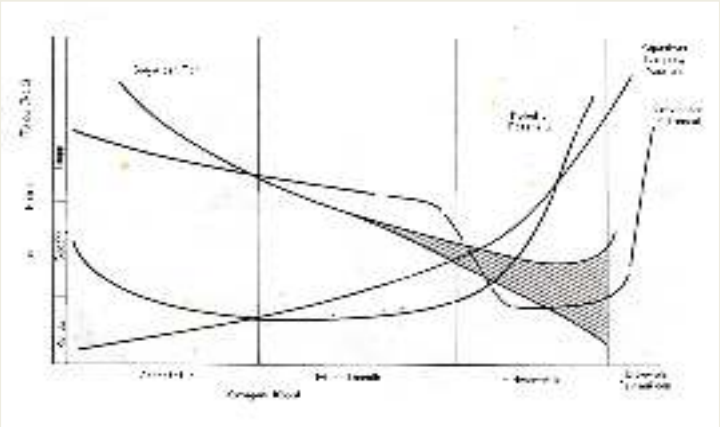
(3) Kapal pelesir

Kapal riset oseanografi, kapal penjaga pantai dan kapal pemecah es memiliki misi, dengan daya tahan, realibilitas, kemampuan beroperasi di lingkungan buruk dan sebagai habitat adalah sangat penting. Oleh karena kapal yang lebih kecil kapasitas bahan bakarnya terbatas, maka ada "*trade off*" antara kecepatan dan daya tahan, sehingga dua jenis sumber tenaga sering dipakai untuk optimasi kecepatan dan daya tahan secara bersama. Kapal yang lebih canggih yang dibicarakan sebelumnya biasanya mengorbankan muatan dan daya tahan untuk kecepatan. Sementara kapal pesiar, baik bertenaga mesin maupun tenaga layar memiliki kisaran yang lebar dalam ukuran dan bentuk, untuk memenuhi kebutuhan dan selera pribadi. *Trade off* ekonomi berdasarkan bagaimana kemampuan pembeli potensial untuk membayar. Penampilan kecepatan, kenyamanan pribadi, dan kelayakan huni, serta stabilitas merupakan kriteria utama untuk perancangan yang akan memenuhi tujuan penggunaan kapal, yakni kesenangan dalam waktu santai.

PERTIMBANGAN UMUM

Dalam komparasi umum dan kategorisasi, sangat perlu untuk kembali pada perspektif praktis. Sangat baik untuk mengatur tipe kategori merujuk pada denominator umum dalam mendukung tenaga atau misi, namun pertanyaan

tentang signifikasi relatif dalam pengertian yang lebih tajam haruslah dapat dijawab. Grafik komparasi pada Gambar 39 menunjukkan variasi yang besar dalam penampilan relatif dan kemampuan sebagai suatu fungsi dari kategori kapal berdasarkan tipe dukungan.



Gambar 39.Penampilan relatif dan kemampuan terkait dengan kategori kapal pada Gambar 25 (Sumber: Gilmer dan Johnson, 1982).

Berapa banyak kapal untuk setiap kategori yang dapat menjustifikasi diri secara dukungan ekonomi dari kemampuan dan kemampuan lingkungan? Berapa banyak yang masih merupakan percobaan murni? Apa yang diharapkan dimasa depan? Pertanyaan-pertanyaan ini diaplikasikan pada masalah yang dihadapi oleh perancang kapal.

Diskusi rinci tentang komparasi faktor baru dengan tuntas dapat dilakukan apabila aspek teknis telah dipahami. Kapal *displacement* akan lebih baik untuk didiskusikan, karena mewakili hampir semua kapal di dunia, dan mungkin juga masih demikian di masa depan. Pengangkutan bahan mentah untuk perdagangan dunia dan kekuatan militer ke seluruh pelosok dunia merupakan penyebab hal ini, dan bila tidak maka industri dunia dapat hancur.

Kapal-kapal di tahun belakangan ini banyak berkembang dalam bentuk konfigurasi eksternal, penggunaan *rake*, penyempurnaan superstruktur, bentuk *sheer* dan *flare* yang baru untuk kapal muatan yang cepat. Peralatan di bawah

garis air disempurnakan dengan pengetahuan hidrodinamik, juga untuk konfigurasi kemudi. Teknologi modern digunakan, termasuk peningkatan kekuatan dan penampilan dengan menggunakan logam dan bahan lain yang kualitasnya lebih baik.

1.2.7 Pendekatan Sistem

Perubahan terbesar yang terjadi pada kapal baru, tidaklah terlalu banyak pada strukturnya. Hal ini karena para perancang dan perencana serta operator kapal mengetahui bahwa kapal adalah sangat kompleks, namun merupakan total sistem terintegrasi (Gambar 25). Merancang dan membangun sebuah kapal semakin sulit tanpa mengacu pada pendekatan sistem enjiniring. Dengan pertumbuhan teknologi yang cepat di abad sekarang, telah berkembang pula spesialisasi dalam profesi enjiniring. Hal ini mengarahkan kepada kebutuhan untuk menggeluti rakitan kompleks dari berbagai komponen-komponen khusus. Bila mampu untuk tampil optimum, maka kapal selam *Trident* merupakan kapal pengangkut yang didesain dengan cara runtun. Pendekatan terintegrasi ini dirujuk sebagai sistem enjiniring. Sistem enjiniring digunakan dalam desain semua kapal angkutan laut dari semua kapal niaga dimasa kini, dan peserta didik dari desain kapal harus terbiasa dengan hal itu seawal mungkin dalam pendidikan enjiniring. Kita dapat mendefinisikan pendekatan ini sebagai suatu proses untuk mencapai tujuan yang nyata, pengalokasian sumber daya, pengorganisasian informasi, sehingga semua aspek utama dari satu masalah dapat ditentukan dengan pasti dan terorganisasi dalam suatu rencana. Sistem enjiniring menjembatani antara apa yang diperlukan dan apa yang layak secara teknis.

Sistem enjiniring, apakah digunakan terhadap satu kapal transpor samudera yang besar, sebuah kapal perang, atau kapal yang sangat kecil, memerlukan integrasi total dari semua subsistem untuk menyediakan suatu unit fungsional yang dapat mencapai misi kapal secara mendasar. Ini berarti bahwa pengendalian kapal harus berfungsi melalui sistem komunikasi internal dan eksternal, dan mesin serta sistem propulsi harus bereaksi terhadap pengendalian, mengisyaratkan responsnya pada instrumen layar pada stasiun pengendali pusat. Sistem persenjataan dari kapal perang harus berfungsi secara

teratur dengan enjiniring mencakup seluruh sistem pengendalian otomatis, demikian pula kecanggihan subsistem dan penampilan kehidupan harian serta fungsi darurat.

Pada abad yang lalu, keberhasilan dari propulsi mekanis, kapal telah mengalami perubahan mendasar; tidak lagi merupakan kapal besar yang mengapung dengan sumber tenaga yang relatif terisolasi. Valka muatan dan ruang tinggal terisolasi; dan sebuah anjungan navigasi yang sepih serta bunyi kasar dari isyarat mekanik ke ruang mesin. Pada dasarnya, perbedaan kapal se-abad yang lalu juga merupakan satu sistem, namun desainnya tidak memiliki pendekatan sistematik dan terpadu yang diperlukan oleh kapal sebagaimana pada kapal modern yang sukses karena fasilitas teknologinya.



Gambar 40. USS Enterprise (CVAN 65), terbesar dalam semua sistem kapal
(Sumber :http://blogs.esa.int/atv/files/2013/05/040614-N-0119G-008.jpg)

Pada desain kapal perang modern, galangan dan arsitek lautnnya mengenal subsistem utama dari kelompok fungsional berikut :

1. Lambung kapal
2. Mesin dan unit populsi
3. Unit listrik
4. Perintah dan penyidikan
5. Sistem alat bantu
6. Perlengkapan personel dan ruang kapal
7. Persenjataan

Kaitan dan hubungan fungsi antara subsistem tersebut harus diidentifikasi dan didefinisikan. Subsistem sekunder harus didefinisikan dengan blok fungsional

yang lebih rinci. Komponen untuk operasi darurat dan penyelamatan korban harus disediakan dan teristimewa pada tahap desain, pertimbangan utama harus diberikan pada bobot dan daya apung, kecepatan, tenaga dan daya tahan, hubungan volume, kapasitas muatan, penataan umum, layak huni, pengaruh gerak kapal, dan pengaruh akustik. Pemaduan dari pertimbangan yang multi ini biasanya tercapai sebelum pradesain dimulai. Disebutkan bahwa suatu kapal terpadu cenderung menjadi satu kotak hitam kaku, tanpa kemampuan berkembang. Bila ini benar, kapal akan berisi komponen-komponen yang bisa tidak kompatibel dengan rencana logistik untuk mendukung kapal lain, dan kelemahan ini harus didapatkan dan dieliminasi pada proses desain.

Sebenarnya, kapal terpadu dapat dibuat lebih kompatibel dengan logistik dengan menggunakan komponen yang distandardisasi maksimum dan penyesuaian untuk aplikasi khusus dalam pada desain subsistem. Subsistem tersebut berupa komando pengendali, sebagai contoh, memerlukan *interchangeable display* yang multiguna terpasang bersama pada subsistem pusat komponen dan terprogram baik untuk mencapai kompatibilitas dan fleksibilitas yang diperlukan. Perlu juga diketahui bahwa pada desain kapal secara keseluruhan, sistem enjiniring ini disediakan untuk standardisasi, kemampuan untuk *interchange*, dan pengadaan terpusat dari komponen yang dipadukan.

1.2.8 Sistem kapal yang efektif

Seseorang berpikir bahwa pada masa kini semua kapal modern didesain dan dibangun sebagai sistem terpadu yang lengkap. Hal ini tidak sepenuhnya benar. Sistem terpadu adalah satu tujuan yang perlu dicapai sepanjang secara ekonomi diperbolehkan, permintaan diperlukan, dan keterampilan dari perancang dan pembangun kapal dimungkinkan. Dengan kata lain, semua kapal adalah sistem, tapi keterpaduan dari subsistem bervariasi. Kegunaan kapal untuk memenuhi misinya tergantung pada derajat keterpaduan. Ukuran dari derajat ini ditemukan dalam sains “keefektifan sistem.”

1.3 Desain Kapal

Para perancang kapal haruslah mengungkapkan sistem desain kapal terhadap prosedur evaluasi tersebut, karena begitu banyak tipe kapal, kompleksitas variasi

desain, dan kisaran persyaratan yang tak terhitung, maka tidaklah mungkin untuk menstandardisasi suatu pendekatan untuk sistem desain yang efektif. Cukuplah dengan menyatakan bahwa efektivitas sistem adalah peluang bahwa sistem akan beroperasi dengan sukses dalam kondisi khusus selama satu satuan periode waktu. Definisi ini umum dan dapat diaplikasikan untuk setiap sistem, termasuk kapal itu sendiri. Efektivitas sistem operasi meluas keluar pengendalian dari perancang dan berisikan minimum dua faktor: keputusan dan respons manusia. Eksternal dari desain, perancang adalah pengkreasi awal dari sistem dan efektivitasnya.

Beberapa contoh dari pengintegrasian enjiniring dapat menggambarkan apa yang bukan sistem efektif. Suatu keseluruhan sistem terdiri dari *determinat system* tidak dapat efektif karena ada hal-hal yang seperti persyaratan yang tumpang tindih, defisiensi mekanis, dan tidak teradaptasi secara lingkungan. Sebagai contoh unit propulsi dari lambung planing berkecepatan tinggi, bila merupakan baling-baling kapal laut, haruslah memiliki diameter yang relatif kecil, *piitch* yang tinggi, revolusi cepat per menit, agar kompatibel dalam sistem lambung. Agar kompatibel dengan lingkungan baling-baling harus terbuat dari logam yang tidak akan membentuk terminal dari suatu sistem elektrolitik dan karena itu terlindung dari elektrolisis. Perancang harus bertanya kepada dirinya: Apakah subsistem A memiliki bahan dengan realibilitas 50 persen, sementara subsistem B yang tergantung dari subsistem A, memiliki realibilitas 95 persen, dan total persyaratan sistem total seharusnya 90% realibilitas? Lebih jauh, apakah gabungan subsistem tersebut kompatibel? Apakah ada generator bantuan bensin dalam suatu sistem ketika bahan bakar utama adalah minyak diesel? Dari contoh sederhana tentang evaluasi keefektifan sistem, merupakan langkah pendek untuk menyadari kebutuhan untuk evaluasi sepenuhnya dipengaruhi oleh banyak sistem yang ada di kapal modern dan kompleks.

Kapal dengan bentuk dan konstruksinya mempunyai fungsi tertentu yang tergantung, pada tiga faktor utama, yaitu jenis (macam) kargo yang dibawa, bahan baku kapal, dan daerah operasi (pelayaran) kapal. Kapal pembawa muatan dibagi menjadi tiga bagian yaitu: kapal kargo, kapal tangker, dan kapal penumpang. Sedangkan kapal kargo juga dibagi lagi menurut cara muatannya,

yaitu kapal peti kemas (kontainer), kapal palet, dan kapal *roll on roll off* (ro-ro). Kapal tangker 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) dan kapal penumpang umum. Pengkhususan terhadap jenis muatan memberi dampak peningkatan efisiensi dan produktivitas. 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, dan (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 objektivitas proyek keseluruhan. Untuk tujuan ini, putusan kemampuan konstruksi diarahkan sebagai berikut:

(1) Pengurangan jumlah waktu konstruksi, dengan cara menciptakan kondisi memaksimalkan potensi untuk konstruksi secara bersamaan dan mengurangi pengerjaan yang berulang serta waktu terbuang.
(2) Pengurangan biaya peralatan konstruksi dengan cara pemakaian peralatan lebih efisien, mengurangi keperluan biaya tinggi.
(3) Pengurangan biaya material, dengan memperbaiki kualitas desain, material yang lebih murah dan meminimalisasi buangan, bersamaan dengan mengurangi kerja ulang serta waktu terbuang.

1.3.1 Sistem metrik dalam industri kelautan

Pada bulan Mei 1965 pemerintah Inggris dukungannya terhadap kebijakan nasional yang menganjurkan agar pihak industri mengubah ke arah sistem metrik dalam waktu 10 tahun. Perubahan tersebut berarti bahwa sistem satuan internasional versi sistem metrik akan mengganti sistem imperial mengenai berat dan ukuran. Ada enam satuan dasar SI (Sistem Internasional) seperti Tabel 1.2 berikut.

Tabel 2. Satuan Dasar SI (Sistem Internasional)

Kuantitas	Satuan	Simbol
Panjang	meter	M
Massa	kilogram	kg
Waktu	detik	s
Arus Listrik	amper	A
Suhu	Kelvin	K
Intensitas Pencahayaan	Kandela	Cd

Sumber: Baxter 1976

Satuan-satuan ini telah digunakan untuk diturunkan pada unit unit satuan lainnya yang telah diberikan nama dan simbol khusus, dan yang paling banyak diketahui adalah pada Tabel 1.3 berikut:

Tabel 3. Satuan Nama dan Simbol Khusus

Kuantitas	Satuan	Simbol Khusus
Gaya	Newton	$N = \frac{kg\ m}{s^2}$
Kerja, Energi, Kuantitas Panas	Joule	J = N m
Tenaga	Watt	W = J / s

Sumber: Baxter,1976

1) Definisi:

Newton (N) adalah satuan dari gaya Standar Internasional (SI), dan didefinisikan sebagai gaya yang apabila diaplikasikan terhadap satu massa dari satu kilogram, akan memberikan suatu percepatan satu meter per detik kuadrat :

1 newton = 0.225 lbf (mendekati)

Joule (J) adalah satuan energi Standar Internasional (SI) dan dipakai untuk seluruh bentuk energi, termasuk energi mekanis, kerja mekanis, dan panas. Ini diaturkan sebagai kerja yang dihasilkan oleh satu gaya dari satu newton yang bergerak melalui suatu jarak satu meter pada arah gaya itu bekerja, yakni, sama dengan satu newton meter hasil kerja.

1 Joule = 0.737 ft lbf (perkiraan);
1 Kilojoule (kJ) = 1000 joule = 0.949 Btu (mendekati)

Watt (W) adalah satuan tenaga dalam Standar Internasional (SI) dan dipakai untuk tenaga mekanis dan tenaga listrik. Hal ini didefinisikan sebagai suatu nilai kerja yang sama dengan satu Joule per detik.
746 W = 1 hp (mendekati)

2) Satuan satuan Standar Internasional yang Multipel

Unit-unit standar internalsional yang multipel dan semi-multipel terbentuk dengan cara seperti berikut (Tabel 4):

Tabel 4. Satuan satuan standar internasional *multiple*

Faktor *Multiple*	Nama Awal	Simbol
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hekto	h
10	deka	da
10^{-1}	desi	d
10^{-2}	senti	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	mikro	μ
10^{-9}	nano	n

Sumber: Baxter,1976

Nama awal adalah pertimbangkan untuk dikombinasikan dengan satuan simbol yang akan lansung berhubungan, membentuk suatu satuan simbol baru :
Contoh : 1 cm^3 = $(10^{-2}\ m)^3$ = $10^{-6}\ m^3$.
Pada Tabel 1.5 Daftar satuan-satuan lain yang menjadi turunan dan juga diberikan nilai ekivalen dari satuan Imperial:

Tabel 5. Satuan satuan turunan

Kuantitas Fisik	Satuan	Simbol
Luasan	meter kuadran	m^2
Isi	meter kubik	m^3
Densitas	kilogram per meter kubik	kg/m^2

Kecepatan	meter per detik	m/s
Kecepatan Sudut	radian per detik	rad/s
Percepatan	meter per detik kuadran	m/s^2
Percepatan Sudut	radian per detik kuadran	rad/s^2
Tekanan	newton per meter kuadran	N/m^2
Tegangan Permukaan	newton per meter	N/m
Viskositas Dinamis	newton detik per meter kuadran	$N\ s/m^2$
Viskositas Kinematis	meter kuadran per detik	m^2/s
Konduktivitas Suhu	watt per meter Kelvin	W/(mK)

Sumber: Baxter 1976

Tabel 6. Ekivalen Satuan Inggris dan Standar Satuan Internasional

Kuantitas	Satuan Inggris	Ekuivalen Satuan SI
Panjang	1 yd	0,9144 m
	1 ft	0.3048 m
	1 in	0.0254 m
	1 mile	1609.344 m
	1 nautical mile (UK)	1853 .18 m
	1 nautical mile (International)	1852 m
Luasan		$645.16 \times 10^{-6}\ m^2$
	$1\ in^2$	$0.092903\ m^2$
	$1\ ft^2$	$0.836127\ m^2$
	$1\ yd^2$	$2.58999 \times 10^6\ m^2$
	$1\ mile^2$	
Isi	$1\ in^3$	$16.3871 \times 10^{-6}\ m^3$
	$1\ ft^3$	$0.0283168\ m^3$
	1 UK gal	$0.004546092\ m^3$
Percepatan	1 ft/s	0.3048 m/s
	1 mile/hr	0.447 04 m/s; 1.609 34 km/h
	1 knot (UK)	
	1 knot (International)	0.514 44 m/s; 1.852 km/h
Percepatan Standar	$32.174\ ft/s^2$	$9.806\ 65\ m/s^2$

Masa	1 lb	0.453 592 37 kg
	1 ton	1016 05 kg
Densitas Masa	1 lb/in^3	27.6799 x 10^3 kg/m3
	1 lb/ft^3	16.0185 kg/m^3
Gaya	1 pdl	0.138 255 N
	1 lbf	4.448 22 N
Tekanan	1 lbf/in ^{2}	6894.76 N/m^2
Tegangan	1 tonf/in^2	15.4443 x 10^6 N/m^2
Energi	1 ft lbf	0.042 140 I J
	1 cal	4.1868 J
	1 Btu	1005.06 J
Kekuatan	1 hp	745.700 W
Suhu	1 Rankine unit	5/9 Kelvin unit
	1 Frarenheit unit	5/9 Celcius unit

Sumber: Baxter 1976

3) Catatan:

Dalam beberapa kasus penggunaan satuan standar internasional (SI) mungkin tidak praktis, dan beberapa satuan lainnya, masih menggunakan unit standar sesuai dengan kesepakatan internasional.

Sebagai contoh.

(a) Waktu. Satu standar hari memiliki 86.400 detik dan oleh karenanya hari, jam, dan menit akan seterusnya dipakai sebagai satuan praktis.

(b) Sudut datar. Sebagai suatu lingkaran sempurna tidak memiliki satu jumlah radian yang menyeluruh, derajat, menit dan detik juga akan terus digunakan.

(c) Panjang. Beda antara mil laut sistem Inggris dan Standar Internasional (SI) ada sekitar 0.06%.

(d) Isi. ton dari 100 ft^3 digunakan sebagai ukuran tonase akan sulit untuk menggantikan dan akan memerlukan penggunaan secara berkelanjutan dalam kesepakatan internasional.

(e) Data Stabilitas. *Displacement* dan berat muatan harus diungkapkan dalam tons. Perubahan momen dari *trim* harus dalam ton meter. Ton per inci rendaman akan menjadi ton per sentimeter.

Haruslah diingat bahwa hanya sedikit rekomendasi dari ISO (*International Organisastion Standarisation*) yang terkait dengan pembuatan kapal dan banyak yang belum digunakan secara umum. Walaupum, banyak negara sudah mengadopsi satuan teknis metrik yang berbeda dengan satuan-satuan standar internasional.

Di Inggris, sebenarnya sudah dapat dilakukan perubahan dari satuan imperial ke satuan metrik dan banyak negara eropa. Namun demikian, Inggris telah memilih untuk menyesuaikan dengan standar SI tidak bermaksud untuk berubah dan akan berbeda dengan negara-negara yang menggunakan sistem metrik.

4) Istilah yang umum digunakan.

Forward perpendicular (FP), ditunjukkan oleh suatu garis yang tegak lurus pada persilangan dari menurut rancangan dengan bagian depan dari haluan (linggi haluan).

After perpendicular (AP), ditunjukkan oleh satu garis yang tegak lurus pada persilangan dari pinggiran belakang tiang kemudi dengan garis beban yang ada pada rancang bangun. Ini merupakan kasus kapal niaga berbaling-baling satu dan berbaling-baling dua (linggi buritan). Beberapa kasus dari kapal perang, dan untuk kapal niaga yang tidak memiliki *after perpendicular* diambil dari stok kemudi.

Length between perpendiculars(L_{PP}), adalah jarak antara *forward* dan *after perpendiculars*.

Length on the designed load water-line (L_{WL}), adalah panjang dari garis beban yang dirancang ini adalah panjang yang diukur ketika terapung pada air tenang, atau kondisi yang dirancang.
Length overal (L_{OA}), adalah panjang yang diukur dari titik terdepan haluan yang maksimum dan titik yang terbelakang dari buritan.

Amidships, adalah titik tengah antara *forward* dan *after perpendiculars*.

Midship section, adalah bagian transversal dari amidships kapal. Pada kapal perang, amidship dapat berada pada garis tengah antara ujung ujung L_{WL}.

Breadth moulded (B), adalah beam maksimum, atau lebar kapal, bila kapal diukur di dalam kulit dalam dari papan dinding, biasanya ada pada *amidships*.

Breadth extreme (B_E), adalah lebar maksimum termasuk semua dinding papan, *straps*, dan lainnya.

Moulded base line, menunjukkan ekstrem terendah dari permukaan *moulded* kapal. Pada titik di tempat garis ini memotong bagian *midship* sebuah garis horizontal ditarik dan pada garis ini yang berlaku sebagai datum, atau garis dasar, untuk seluruh perhitungan hidrostatik. Garis ini dapat, atau tidak dapat paralel dengan L_{WL}, tergantung dari tipe kapal.

Depth moulded (D), menunjukkan jarak vertikal antara garis dasar *moulded* dan puncak dari beam dari bagian paling atas geladak bersambung diukur pada sisi amidships.

Draught moulded (T), merupakan draft yang diukur terhadap setiap garis air, apakah di buritan atau di haluan menggunakan garis dasar sebagai datum.

Draught extreme (T_E), didapatkan dengan menambahkan *draught moulded* dengan menambahkan jarak antara garis dasar *moulded* dan suatu garis yang mencapai titik terendah dari bagian lunas terbawah. Garis ini dilanjutkan ke *FP* dan *AP*, di tempat itu digunakan sebagai datum bagi perangkat tanda *draught*.

Trim, adalah perbedaan dari *draughts* haluan dan buritan. *Draught* haluan lebih besar dari *draught* buritan dinamakan dengan 'trim by the head', atau 'bow'. Jika *draught* buritan lebih besar, ini dinamakan 'trim by sterm'.

Heel, adalah jumlah inklinasi dari kapal pada arah transversal, dan biasanya diukur dalam derajat.

Sheer, adalah lengkungan yang diberikan pada dek dalam arah longitudinal, dan diukur setiap titik antara tinggi pada sisi *amidships.* Jumlah dari 'sheer' haluan biasanya dua kali dari 'sheer' buritan.

Camber or round of beam, adalah lengkungan transversal yang diperikan pada dek kapal, dan diukur dari perbedaan antara tinggi dek pada sisi dan bagian tengah. Jumlah dari *camber amidship* seringkali seper lima puluh dari beam dari kapal.

Rise of floor, merupakan jumlah dimana garis dari dinding kapal bagian dasar pada *amidships* berada di atas garis dasar bila dilanjutkan ke garis 'moulded bredth' pada setiap sisi.

Flat of keel, merupakan jumlah dari papan dasar yang datar pada setiap sisi dari girder sentral.

Bilge, merupakan dinding kapal yang dilengkukan pada sudut antara dinding papan vertikal dan dinding luar dari dasar kapal.

Tumble-home, adalah jumlah dengan bagian *midship* turun dari garis tengah lebar kapal pada setiap kedalaman tertentu.

Flare, adalah lengkungan kedepan dari permukaan lambung kapal diatas garis air dan merupakan kebalikan dari 'tumble-home'.

Entrance and run, merupakan bentuk bagian kapal di bawah air pada haluan dan buritan dari pertengahan badan kapal.

Parallel midle body (L_P), merupakan panjang dari bagian 'midship' kapal yang tetap tidak berubah.

Displacement. Sama dengan volume (▼), weight (▲), atau massa air yang dipindahkan oleh badan kapal, atau berat dari Karene. Karene adalah bentuk badan kapal yang ada di bawah permukaan air, dengan catatan, bahwa tebal kulit, tebal lunas sayap, tebal daun kemudi, baling-baling dan lain-lain perlengkapan kapal yang terendam di bawah permukaan air tidak termasuk Karene.

Volume karene atau Isi karene dinyatakan dalam m^3 oleh karena itu isi karene adalah

V = L x B x T x Cb
L = Panjang Karene
B = Lebar Karene
T = Sarat Kapal
Cb = Koefisien balok

Pemindahan air (Vs), adalah volume dari air yang dipindahkan oleh badan kapal, termasuk kulit lambung kapal lunas saya (*Bilge keel*), kemudi (rudder), baling-baling (propeller) dan lain-lain perlengkaan.

Displacement sebagai isi (▼), merupakan ukuran dari lubang dalam air yang ditempati oleh kapal diukur dengan meter kubik.Tidak ada koreksi densitas.

Displacement sebagai berat (▲), merupakan berat dari air yang dipindahkan oleh kapal dan sama dengan isi air yang dipindahkan dikalikan dengan satu konstanta yang menunjukkan densitas air. Contoh :
Pada air tawar ▲ = ▼ x 1000 kg/m^3.
Pada air laut ▲ = ▼ x 1025 kg/m^3.
Berat *displacement* dari satu kapal dapat bervariasi sesuai dengan keadaan dan posisi bumi, walaupun berat *displacement* dan berat kapal adalah sama bila kapal berada pada keadaan diam seimbang di air tenang.

*Displacement*sebagai massa, adalah jumlah air dipindahkan dan sebagai berat dari satuan massa dan 1000 kg = 1 ton ini merupakan satuan yang digunakan ketika merujuk pada ukuran satu kapal.

Displacement moulded, merupakan massa air yang akan dipindahkan oleh garis garis moulded dari kapal ketika terapung pada garis air pada beban yang dirancang.

Displacement extreme ($\blacktriangle_E$). Ini sama dengan *displacement moulded,* ditambah dengan *displacement* dari papan kulit, *bossings*, *cruiser stern* dan semua kelengkapan lainnya.

Lightship displacement. Ini sama dengan *displacement extre*m dari sebuah kapal apabila dalam keadaan penuh perlengkapan dan siap untuk berangkat ke laut namun tidak berawak kapal, penumpang, perbekalan, bahan bakar, air, atau muatan di atas kapal. Air pendidih, diisi penuh sampai pada jumlah untuk siap kerja.

Dreadweight, adalah perbedaan antara *displacement extrem* pada setiap *draught* dan '*displacement* lightship', dan dan sering dikenal sebagai *burden*.

Scantlings, adalah ketebalan dan dimensi dari bagian bundaran dan papan yang digunakan untuk menentukan dan membangun sebuah kapal.

Koefisien bentuk. Bentuk yang digunakan sebagai istilah umum guna menerangkan tentang bentuk dari badan kapal; dan bila membandingkan bentuk satu kapal dengan lainnya, arsitek kapal akan menggunakan sejumlah koefisien. Koefisien-koefisien ini banyak digunakan dalam tenaga, stabilitas, kekuatan, dan perhitungan rancang bangun.

Koefisien blok (C_B). Ini merupakan ukuran dari bentuk kapal secara penuh dan merupakan rasio dari volume air yang dipindahkan untuk garis air tertentu, dan

volume dari bagian padat yang mengililingi irisan melintang empat persegi memiliki panjang, lebar dan draught yang sama dari kapal.C_B = ▼ / (L x B x T). L_{PP} biasanya dipakai untuk menghitung nilai dari C_B, yang bervariasi menurut tipe kapal.

Kapal-kapal cepat (*Liners*, *Destroyers*)	0.50 - 0.65 (bentuk kecil)
Kapal Muatan biasa	0.65 - 0.75 (bentuk sedang)
Kapal Muatan lambat	0.75 - 0.85 (bentuk penuh)

Koefisien prismatik (C_P), adalah rasio dari isi *displacement* dari kapal terhadap isi dari benda padat yang mengilingi memiliki suatu bagian konstan yang sama dengan bagian midship yang terendam A_M dan panjang yang sama dengan L_{PP}. C_P = ▼ / (A_M x L). C_P adalah ukuran distribusi longitudinal dari *displacement* kapal, dan nilai nya berkisar dari 0.55 untuk kapal kecil sampai 0.85 untuk kapal penuh.

Koefisien *midsection area*(C_M). Ini adalah rasio dari luasan yang terendam dari bagian *midshop* terhadap luasan dari empat persegi yang mengelilingi dengan lebar yang sama dengan lebar kapal dan kedalaman yang sama dengan *draught*. C_M = A_M / (B x T). C_M kisaran nilai dari sekitar 0.85 untuk kapal cepat ke 0.99 untuk kapal lambat.

Koefisien *water-plane area*(C_{WP}). Ini adalah rasio dari luasan dari *water-plane* terhadap luasan empat persegi yang mengelilingi, memiliki panjang yang sama dengan L_{PP} dan lebar yang sama dengan B.
C_{WP} = A_W / (L x B)Kisaran nilai adalah dari 0.70 untuk kapal kecil sampai 0.90 untuk kapal penuh.

Tonnes per centimeter (TPC). Ini adalah masa yang harus ditambahkan kepada atau dikurangi dari, sebuah kapal yang akan mengubah *draught* rata dengan 1 cm. Bila kapal berubah satu 1 cm dari draught rata-rata dan bila A^W m^2 pada bagian *water-plane* di mana kapal akan terapung, maka :

Perubahan Volum (Isi) = A_W x 0.01 m^3
Perubahan *Displacement* = A_W x 0.01 x 1.025 tonnes dalam air laut
TPC = A_W x 0.01025

= A_W / 97.5

TPC = A_W x 0.01 tonnes air tawar

= A_W / 100

Centre of floation (F), merupakan titik berat dari luasan atau *centroid*, dari *water-plane* suatu kapal. Untuk sudut trim kapal yang kecil pengikuti garis air yang melewati titik F.

Centre of buoyancy(B), merupakan *centroid* dari bagian di bawah air dari suatu kapal, dan ditunjukkan melalui gaya apung yang dapat diperkirakan untuk terjadi. Posisinya ditentukan dengan:

(a) KB, jarak vertikal di atas dasar
(b) FB, jarak longitudinal dari *forward perpendicular*
(c) LCB, jarak longitudinal dari *amidships*

Centre of gravity (G). Ini merupakan titik di tempat berat total dari kapal diasumsikan akan terjadi. Ini juga ditentukan dengan :

(a) KG, jarak vertikal di atas dasar
(b) FG, jarak longitudinal dari *forward perpendicular*
(c) LCB, jarak longitudinal dari *amidships*

1.3.2 Ukuran utama kapal

Perbandingan ukuran utama kapal adalah :L/B; L/H, B/T, dan H/T. Di bawah ini diberikan uraian secara singkat mengenai ukuran utama serta perbandingan ukuran utama dan pengaruhnya terhadap perencanaan kapal.

Panjang kapal (1.) terutama mempunyai pengaruh pada kecepatan kapal dan pada kekuatan memanjang kapal. Penambahan panjang L pada umumnya akan mengurangi tahanan yang diderita kapal pada *displacement* tetap dan akan mengurangi kekuatan memanjang kapal. Di samping itu, penambahan panjang L dapat pula mengurangi kemampuan olah gerak kapal (*manouver*) mengurangi penggunaan fasilitas dok galangan dan terusan. Sedangkan penggunaan panjang L pada *displacement* akan menyebabkan ruangan badan kapal yang bertambah besar.

Perbandingan L/B yang besar terutama sesuai untuk kapal-kapal dengan kecepatan yang tinggi dan mempunyai perbandingan ruangan yang baik, akan tetapi mengurangi kemampuan olah gerak kapal dan mengurangi pula stabilitas kapal. Perbandingan L/B yang kecil memberikan kemampuan stabilitas yang lebih baik akan tetapi dapat juga menambah tahanan kapal. Perbandingan L/B terutama mempunyai pengaruh terhadap kekuatan memanjang kapal.

Untuk harga L/H yang besar akan mengurangi kekuatan memanjang kapal sebaliknya untuk harga L/H yang kecil akan menambah kekuatan memanjang kapal.
Oleh karena itu, Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) 1971 memberi persyaratan sebagai berikut:
L/H = 14 untuk daerah pelayaran samudra.
L/H = 15 untuk daerah pelayaran pantai.
L/H = 17 untuk daerah pelayaran lokal.
L/H = 18 untuk daerah pelayaran terbatas.

Dari ketentuan di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa daerah yang mempunyai gelombang besar atau pengaruh-pengaruh luar lainnya yang lebih besar sebuah kapal mempunyai persyaratan harga perbandingan L/H yang lebih kecil. Penyimpangan-penyimpangan dari ketentuan di atas masih dimungkinkan atas dasar bukti perhitungan kekuatan yang dapat dipertanggungjawabkan.

Lebar Kapal B terutama mempunyai pengaruh pada tinggi metacentre. Penambahan lebar B dengan *displacement*, panjang kapal dan sarat kapal tetap akan menyebabkan kenaikan tinggi metacenter MG. Penambahan lebar pada umumnya digunakan untuk mendapatkan penambahan ruangan badan kapal. Akan tetapi hal ini juga mempunyai kerugian karena dapat mengurangi penggunaan fasilitas terusan, dok, dan galangan.

Perbandingan B/T terutama mempunyai pengaruh pada stabillitas kapal. Harga perbandingan B/T yang rendah terutama akan mengurangi stabilitas kapal. Sebaliknya, harga perbandingan B/T yang tinggi akan membuat stabilitas kapal

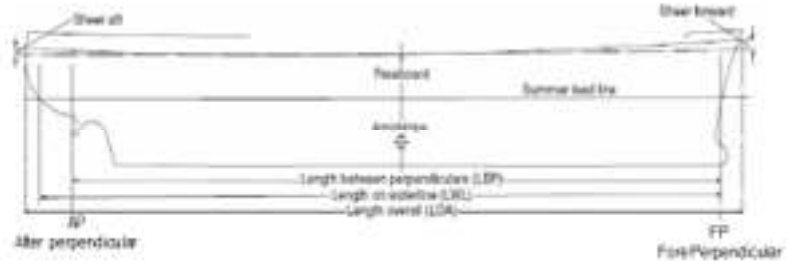
menjadi lebih baik. Untuk kapal-kapal sungai harga perbandingan B/T dapat diambil sangat besar, karena harga T dibatasi oleh dalam sungai yang pada umumnya sudah tertentu.

Tinggi Dek H terutama mempunyai pengaruh pada tinggi titik berat kapal (centre of gravitiy) KG dan juga pada kekuatan kapal serta ruangan dalam kapal. Penambahan tinggi dek H pada umumnya akan menyebabkan kenaikan KG sehingga tinggi metacentre MG berkurang. Selain itu, penambahan tinggi dan H dapat menyebabkan bertambahnya kekuatan memanjang kapal, kalau ukuran-ukuran penguat memanjang tetap. Pada umumnya, kapal barang mempunyai harga KG sebesar 0.60 H.

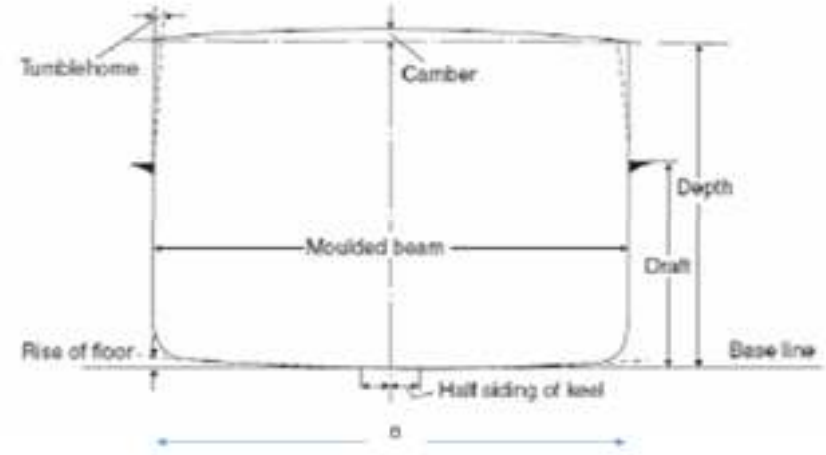
Sarat Air T terutama mempunyai pengaruh pada tinggi centre of buoyaney (KB). Penambahan sarat air T pada *displacement*, panjang kapal dan lebar kapal tetap pada umumnya akan menyebabkan kenaikan harga KB. Penambahan sarat T selalu dihindarkan karena dapat menyebabkan kapal kandas, mengurangi jumlah pelabuhan yang dapat disinggahi. Daerah pelayaran menjadi terbatas serta penggunaan fasilitas repair, dok, galangan dan terusan menjadi berkurang pula.

Perbandingan H/T terutama berhubungan dengan *reserve displacement* atau daya apung cadangan. Harga H/T yang besar dapat dijumpai pada kapal-kapal penumpang. Harga H – T disebut lambung timbul (*Free board*), di mana secara sederhana dapat disebutkan bahwa lambung timbul adalah tinggi tepi dek dari permukaan air.

Ukuran-ukuran pokok atau yang terutama pada kapal terdiri dari: Ukuran membujur/ memanjang (longitudinal) dan ukuran melintang/melebar (transversal).



Gambar 41. Konstruksi membujur/ memanjang (*longitudinal*)
Sumber: Gilmer dan Johnson, 1982



Gambar 42. Ukuran melintang/melebar (transversal).

Panjang Lpp (*length per pendicular*), yaitu jarak membujur sebuah kapal dalam meter pada sarat muat musim panas yang dihitung dari bagian depan linggi haluan sampai sisi belakang poros kemudi atau tengah-tengah cagak kemudi pada kapal yang tidak memiliki poros kemudi. Panjang ini tidak kurang dari 76 % dan tak lebih dari 96 % atau panjang pada sarat musim panas maksimum dan merupakan panjang yang ditentukan oleh Biro Klasifikasi di tempat kapal

tersebut dikeluarkan. Lebar (*Breadth*), yaitu Lebar kulit kapal bagian dalam terbesar yang diukur dari bagian sebelah dalam kulit kapal. Lebar ini juga merupakan lebar menurut ketentuan Biro Klasifikasi di tempat kapal tersebut dikelaskan. Lebih jelasnya, untuk ukuran utama kapal dapat di lihat pada Catatan 1.1 Ukuran utama kapal dan Catatan 2.2 ukuran kapal untuk menarik biaya eksploitasi pelabuhan

Catatan 1.1

Ukuran utama kapal

LOA = Length Overall ialah panjang antara titik-titik ekstrim muka dan belakang kapal
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.
LBP = Length between perpendiculars. Panjang antara kedua garis tegak buritan dan garis tegak haluan yang diukur pada garis air muat

Midship= Titik tengah-tengah LBP.
Midship's Section = penampangan kapal yang melalui Midship.

Breadth Moulded = ukuran lebar dalam ekstrim kapal
Breadth Extreme = ukuran lebar luar ekstrime kapal (beam)

Displacement = berat air yang dipindahkan oleh kapal, yaitu volume kapal dibawah permukaan air dikalikan dengan BD air. Dalam hal ini ada 2 macam :
- Extreme = kapal dimuati penuh
- Light = kapal kosong

Displacement Extreme = *Displacement* Tomage Loadet = Berat Kapal Penuh
Displacetment Ligt = *Displacement* Tonage Light = Berat Kapal Kosong



. **Catatan 2**

Ukuran kapal untuk menarik biaya eksploitasi pelabuhan

BRT = Bruto Register Ton atau Gross Tonnage (GRT) ialah jumlah isi kapal seluruhnya dalam satuan Register Ton. GRT = GT

1 Register Ton = 100 cft = 2.83 m3

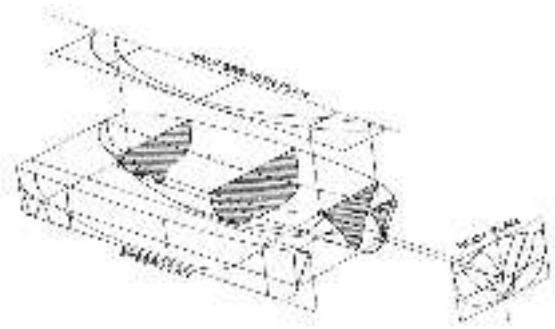
NRT = Net Register Ton ialah BRT dikurangi isi kamar mesin, tempat bahan bakar, ruangan air minum, ruangan untuk awak kapal, dll. dalam satuanRegister Ton. Secara Singkat NRT adalah jumlah isi ruangan kapal yang dapat disewakan.

DWT = Dead Weight Ton Ialah selisih dari *displacement* jika kapal dimuati penuh dengan kapal kosong dalam satuan ton. 1 ton = 1000k. (Bobot Mati)

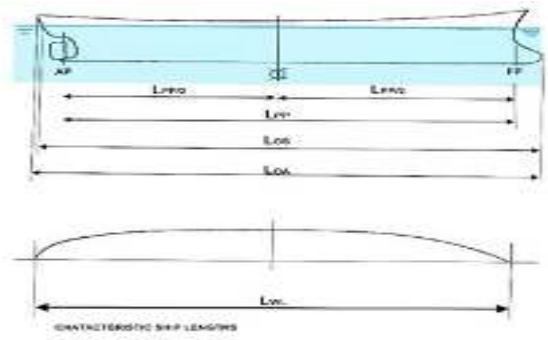


1.3.3 Koefisien dimensi kapal

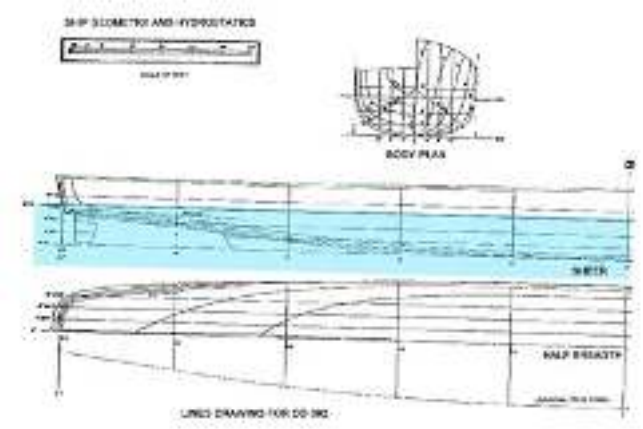
Secara umum, profil dapat menggambarkan bentuk lambung kapal. Bentuk lambung kapal ditentukan oleh perbandingan ukuran utama kapal, koefisien bentuk. perbandingan itu secara visual memberikan tampak pandangan dalam dua atau tiga dimensi dari kapal yang dimaksudkan. Ketika membandingkan bentuk kapal yang satu dengan lainnya, seorang arsitek perkapalan menggunakan bilangan koefisien-koefisien. Koefisien-koefisien ini sangat berguna dalam perhitungan tenaga, stabilitas, kekuatan dan desain (Baxter, 1976).



Gambar 43. Proyeksi *body plan*untuk s*hip's lines*
sumber: (Gilmer & Johnson, 1982)



Gambar 44. Dimensi longitudinal
sumber: modifikasi (Gilmer dan Johnsos, 1982)



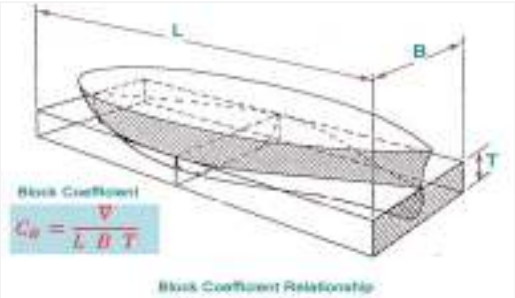
Gambar 45. Rencana Garis Air (*lines plan*) sumber: Gilmer & Johnson, 1982



Gambar 46. Rencana Garis Air (*lines plan*)
*Typical body plan*yang mengekspresikan penegar/gading-gading kapal
(sumber: Gilmer & Jonson, 1982)

1) Koefisien Balok (*block coeficient*)

Koefisien balok dinotasikan C_B atau C_b adalah perbandingan antara isi kapal dengan isi suatu balok dengan panjang L, lebar B, dan tingginya T. Berdasarkan nilai C_B dapat dilihat apakah badan kapal mempunyai bentuk yang gemuk ataukah ramping. Pada umumnya kapal cepat mempunyai nilai C_B yang kecil dan sebaliknya untuk kapal-kapal yang lambat mempunyai nilai C_B yang besar. Harga Cb terletak antara 0,20 dan 0,84 dimana batas terendah dapat dijumpai pada kapal-kapal layar sedangkan batas terbesar dapat dijumpai pada kapal-kapal sungai dan kapal-kapal tanker.

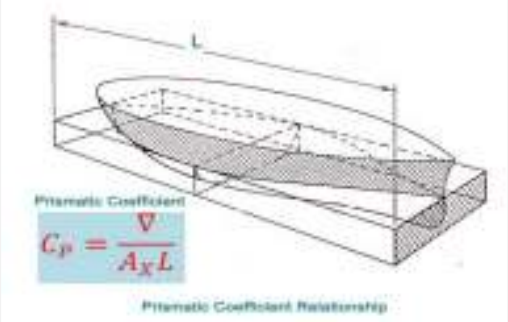


Gambar 47. Rencana Garis Air (*lines plan*) *Block coefficient relationship*
(sumber:Gilmer & Johnson,1982)

2) Koefisien prismatik (p*rismatic coefficient*)

Koefisien prismatik memanjang dengan notasi C_P adalah perbandingan antara volume badan kapal yang ada di bawah air (volume karene) dengan volume sebuah prisma dengan luas penampang *midship*A_X dan panjang L. Koefisien prismatik memanjang dengan notasi Cp adalah perbandingan antara volume badan kapal yang ada di bawah permukaan air (isi Karene) dengan volume sebuah prisma dengan luas penampang midship Ax dan panjang l. Koefisien prismatik memanjang sama dengan koeffisien blok dibagi koeffisien midship. Harga Cp pada umumnya menunjukkan kelangsingan bentuk dari kapal. Harga Cp yang besar terutama menunjukkan adanya perubahan yang kecil dari bentuk penampang melintang di sepanjang panjang L. Sebagai contoh dapat dijelaskan bahwa sebuah pensil yang belum diraut mempunyai Harga 1 Cp = 1, sedangkan setengah bola dengan sumbu vertikal mempunyai harga Cp = 0,776 atau 2/3. Pada umumnya kapal mempunyai harga Cp yang terletak antara 0,50 dan 0,92.Ada du acara peninjauan koefisien ini.

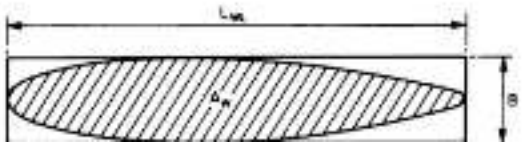
Koefisien prismatik melintang dengan posisi Cpv adalah perbandingan antara volume badan kapal yang ada di bawah permukaan air (isi Karene) dengan volume sebuah prisma yang berpenampang (Aw dan tingginya T). Jadi, koefisien prismatik tegak sama dengan koefisien blok dibagi koefisien blok dibagi koefisien garis air. Perlu dicatat bahwa koefisien prismatik melintang jarang dipergunakan dalam perhitungan.Jika dijumpai istilah koefisien prismatic, maka yang dimaksud adalah koefisien prismatik memanjang.



Gambar 48. *Prismatic coefficient relatioships*
(sumber: Gilmer & Johnson, 1982)

3) Koefisien Gading utama (*midship coefficient*)

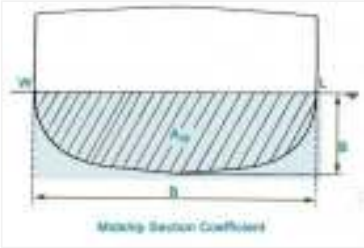
C_{wp} adalah perbandingan antara luas bidang garis air muat (A_W) dengan luas sebuah empat persegi panjang L dan lebarnya B. Sementara L_{WL} panjang garis air



$$C_{Wp} = \frac{A_W}{L_{wL} B}$$

Gambar 49. *Water Plane coeficient*
(sumber: Gilmer & Johnson, 1982)

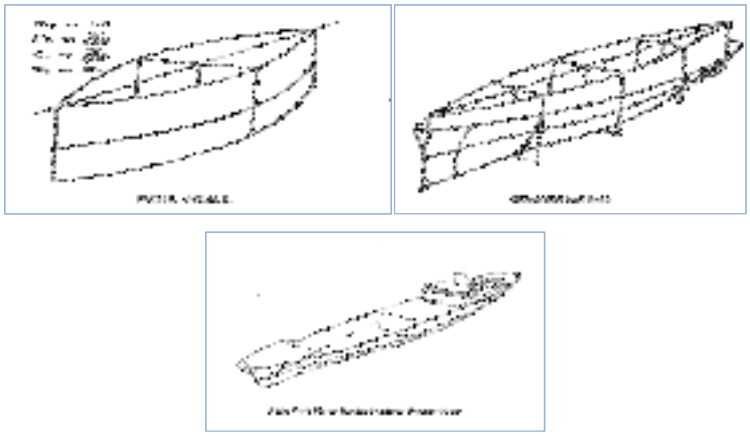
C_{XM} adalah perbandingan antara luas penampang gading besar yang terendam air dengan suatu penampang yang lebarnya B dan tingginya T. Kemudian A_M adalah luas penampang *midship* (gading besar).



$$C_{XM} = \frac{A_M}{BT}$$

Gambar 50. *Midship section coefficient*
(sumber: Gilmer & Johnson, 1982)

Berdasarkan perbandingan dari ukuran utama, macam koefisien bentuk, maka profil kapal akan nampak dalam tiga dimensi sebagaimana yang terlihat pada Gambar 51 berikut



Gambar 51. Gambaran bentuk badan kapal yang terbentuk berdasarkan koefisien-koefisien perbandingan.
(sumber: Gilmer & Johnson, 1982)

Stabilitas untuk kapal niaga akan dibahas lebih lanjut pada Kegiatan Pembelajaran 2, yakni Stabilitas Kapal Niaga.

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas pembelajaran yang disusun dalam modul ini terbagi atas tiga bagian yaitu kegiatan pendahuluan, kegiatan inti, dan kegiatan penutup serta media pembelajaran. Berikut ini merupakan penjelasan dari setiap tahapannya.

a) Kegiatan Pendahuluan

Kegiatan pendahuluan merupakan kegiatan permulaan tutor/pendidik dalam pembelajaran. Pada kegiatan pendahuluan ini, ada beberapa hal yang harus dilakukan oleh tutor. Tutor diantaranya harus:

- Melakukan Doa sesuai kepercayaan masing-masing sebelum memulai kegiatan.
- Mengkondisikan peserta pelatihan agar siap untuk belajar baik secara psikis maupun fisik,
- Melakukan apersepsi,
- Menjelaskan tujuan pembelajaran
- Menjelaskan garis besar kegiatan pembelajaran yang akan dilakukan.

Apersespi adalah kegiatan pengaitan antara konsep yang didapat peserta pelatihan selama hidup di dunia luar dunia pendidikan dengan materi yang hendak disampaikan. Jika materi yang hendak diajarkan berkaitan dengan materi pada pembelajaran sebelumnya, maka apersepsi berfungsi untuk mengingatkan peserta pelatihan pada materi sebelumnya. Namun, jika materi yang hendak diajarkan tidak berkaitan dengan materi pembelajaran sebelumnya, maka apersepsi ini berfungsi untuk mengaitkan konsepnya tentang suatu objek dengan materi yang hendak diajarkan.

b) Kegiatan Inti

Kegiatan inti merupakan kegiatan pokok dari suatu pembelajaran. Pada kegiatan inti inilah tujuan pembelajaran berupaya diwujudkan. Kegiatan ini diharapkan pelaksanaannya harus disusun secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk

secara aktif menjadi pencari informasi, serta memberikan ruang yang cukup bagi prakarya, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta pelatihan.

Pengembangan kegiatan inti dilakukan dengan menggunakan kerangka yang disebut pendekatan, model, dan metode pembelajaran. Kegiatan inti menggunakan pendekatan, model, dan metode yang disesuaikan dengan karakteristik peserta pelatihan dan muatan pelajaran.

c) Kegiatan Penutup

Kegiatan penutup ini merupakan akhir materi pembelajaran. Penguatan-penguatan terhadap isi materi perlu direfleksikan kepada para peserta pelatihan untuk mempertajam pemahaman mereka terkait dengan materi yang telah di ajarkan. Di akhir materi, *feedback* berupa pertanyaan-pertanyaan sederhana diberikan baik dari tutor/pengajar maupun dari peserta pelatihan.

d) Media Pembantu Pembelajaran

Media dan alat pengajaran yang digunakan berupa papan tulis (*white board*), Spidol, bahan presentasi (bahan *slide* materi pembelajaran berupa *power point*), modul dan *Infocus.*

Berbagai bentuk kegiatan belajar yang harus dilakukan peserta pelatihan untuk memantapkan pengetahuan, keterampilan, serta nilai dan sikap yang terkait dengan uraian materi:

1. Pembelajaran dengan ceramah atau diskusi
2. Tugas individu, dan dipraktikkan dalam bentuk *microteaching*.
3. Tugas kelompok, Aktivitas pembelajaran disajikan secara kreatif sesuai dengan karakteristik materi disertai rambu-rambu pengerjaan dan dipresentasikan.
4. Latihan mengerjakan tugas dalam bentuk kasus atau soal dan dikerjakan sebagai pekerjaan rumah, tes kecil di dalam kelas.

5. Kegiatan pembelajaran sedapat mungkin juga dilakukan di lokasi yang memiliki fasilitas visual yang nyata, seperti di galangan kapal dan di pelabuhan laut. Diharapkan agar kesesuaian atau teori dan praktik dapat terlihat nyata.
6. Lembar kerja praktik yang dilakukan ketika pembelajaran diintegrasikan dengan nilai-nilai karakter yang akan ditumbuhkan dan dikembangkan antara lain : (Kejujuran, Gotong royong, kemandirian, dan lain-lain).

E. Latihan/ Kasus/Tugas

(diadopsi dariBaxter, 1976)

1. Sebuah kapal memiliki spesifikasi sebagai berikut :

L_{PP}	96.60 m
Bearn	13.85 m *moulded*, 13.90 terbesar
Draought	5.70 m moulded, 5.72 terbesar
Displacement dalam SW	4690 tonnes moulded, 4750 tonnes terbesar

Hitung nilai Cb *moulded* dan terbesar

Diketahui bahwa :

A_W = 994,00 m^2 dan A_M = 77,00 m^2

2. Menggunakan spesifikasi di atas, hitunglah:

(a) C_P moulded; (b) C_M moulded; (c) C_{Wp};

(d) Tonnes/cm di air laut; (e) Tonnes/cm di air tawar

3. Buktikan bahwa untuk kapal apa saja : $C_P = C_B / C_M$

4. Sebuah kapal berukuran panjang 122 m memiliki bearn 15.25 m dan terapung di air laut dengan Draought 5.5 m. Bila koefisien blok 0.695, berapakah *displacement*? Bila bagian midship terendam 82.50, hitunglah nilai C_P dan C_M.

5. Sebuah kapal memiliki spesifikasi : L_{PP} 128 m; C_B 0.173; C_M 0.945; beammoulded 19.20 m; draught moulded 8.85 m.Hitunglah :

(a) Moulded *Displacement* di air laut
(b) Luasan bagian midship yang terendam
(c) Koefisien prismatik

6. Sebuah kapal memiliki *displacement* 1747 tonnes di air laut.; C_B 0.537 dan C_M 0.834. Luasan bagian midship terendam 30 m2 dan rasio beam terhadap drought 3.53. Hitunglah panjang, beam dan draought dari kapal.

7. Hubungan yang erat dimiliki antara koefisien luasan waterplane C_{WP} dan koefisien blok C_B. C_{WP} = 1/3 + 2/3 C_B. Dengan menggunakan hubungan tersebut, hitunglah perubahan dari C_B untuk perubahan draught T.

8. Rumus Alexander, memberikan pendekatan nilai koefisien blok sebagai berikut :

C_B = Constraint – (V / (3,62 x $\sqrt{}$L)

Dimana C_B = koefisien blok

V = kecepatan dalam knot

L = LPP dalam water untuk kapal berbaling-baling tunggal

Constraint = 1,08 untuk kecepatan permukaan dari sebuah kapal muatan biasa.

Hitung nilai koefesien blok dan sebuah kapal muatan dengan panjang 137 m dengan kecepatan awal 16,5 knot.

9. Rumus berikut sering digunakan dalam ruang rancang bangun untuk menghitung panjang awal dari sebuah kapal = L =C (V / (V+2))$^2\Delta$

di mana L = LPP dalam waktu

V = kecepatan dalam knot

Δ = *displacement* dalam tonnes

C = 7.13 untuk kapal berkecepatan lambat berbaling-baling tunggal

= 7.28 untuk kapal berkecepatan sedang baling-baling ganda

= 7.88 untuk kapal cepat

9.Sebuah kapal berbaling-baling ganda memiliki kecepatan 13 knot dan *displacement* muatan 17.273 *tonnes*. Berapakah perkiraan panjang kapal?

10. Dua bentuk koefisien lainnya yang sering digunakan dalam pekerjaan desain adalah :

(a) Koefisien relasi = e = koefisien prismatik / koefisien luasan waterplace = C_P / C_{WP}

(b) Koefisien prismatik vertikal = C_{VP} = koefisein blok / koefisien waterplane = C_B / C_{WP}

Nilai C_{VP} yang tinggi menunjukkan suatu konsentrasi *displacement* dekat lunas dan suatu nilai rendah konsentrasi dekat garis air.

Sebuah kapal muatan, panjang 46 m, beam 8 m dan luasan waterplane 305 m2 pada draught rata-rata 3,6 m, memiliki *displacement* 1030 tonnes di air laut. Nilai koefisien luasan bagian midship yang digunakan 0,97. Hitunglah nilai e dan C_{VP}.

F. Rangkuman

Kapal sebagai wahana transportasi laut dapat ditinjau dari dua aspek besar, yakni kategorisasi secara umum dan kategorisasi secara khusus. Kategorisasi dilakukan karena bentuk kapal sangat banyak (*innumerable*), dan sebahagian besar tergantung pada keinginan atau pesanan dari pemilik kapal (*ownership*) dan tentu saja tidak lepas dari saran pembuat atau perancang kapalnya (*naval architect*) ketika menghitung dan mendesain kapal tersebut.

Kategorisasi secara umum menyangkut aspek: bahan material yang digunakan, alat penggeraknya, mesin penggerak utamanya, fungsinya, dan spesifikasi khusus. Kategorisasi secara khusus adalah menyangkut profil bentuk kapal dan kecepatannya. Berdasarkan kategori ini kapal dapat dilihat dari enam aspek, yaitu: tiga aspek menyangkut media yang dilalui dengan dua konsep teori yang mendukung. Tiga aspek tersebut adalah *aeroststic support*, *hydrodinamic support*, dan *hydrostatic support* yang berdasarkan konsep teori atau prinsip Bernoulli dan prinsip Archimedes. Kemudian dua aspek menyangkut tipe *displacement* (lambung terbenam), yang dipengaruhi profil konstruksi rancangannya, yakni tampak bentuk tipe U: tipe standar yang kecenderungannya pada kuantitas muatan dan tampak bentuk tipe V: tipe khusus yang kecenderungannya lebih pada kecepatan.

Perbandingan ukuran utama kapal, yaitu: panjang (L_{OA}, L_{BP} atau L_{PP}, L_{WL}), Lebar (B), Tinggi (H), Sarat (T) dan bilangan koefisien, yaitu: Koefisien blok (C_b), koefisien garis air (C_{WL}), Koefisien midship (C_{XM} atau Cm), koefisien prismatik (C_P), dapat memberikan gambaran atau informasi tentang ukuran bentuk badan atau profil lambung kapal. Berdasarkan penampilan atau performansi kapal tersebut informasi secara global yang didapatkan antara lain, kategori kecenderungan tipe, kecepatan, muatan, dan lainnya. Bentuk-bentuk dari badan kapal tersebut juga memberi dampak pada analisis dan perhitungan stabilitas.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Pernyataan deskriptif peserta didik tentang hal-hal yang telah dipelajari ditemukan selama pembelajaran, rencana pengembangan dan implementasinya dapat dibuat dalam bentuk **portofolio** dan input terhadap pembelajaran berikutnya bisa dievaluasi dengan pengisian **kuisioner** yang telah dirancang berkenan dengan pembelajaran (materi, strategi, suasana).

Kegiatan Pembelajaran 2 : Stabilitas Kapal Niaga

A Tujuan

Modul ini diperlukan untuk mempersiapkan para guru SMK bidang Kelautan dan Perikanan dalam *transfer of knowledge* kepada siswa. Penyusunan modul dikhususkan bagi Program Keahlian Nautika Kapal Niaga. Kegiatan pembelajaran yang disusun dalam modul ini terdiri dari tiga bagian, yakni: 1. Bangunan kapal niaga, dan 2. Stabilitas kapal niaga. Topik kegiatan pembelajaran yang kedua dari modul ini mencakup “Stabilitas Kapal Niaga”. Konten kegiatan pembelajaran untuk cakupan materi ini, sebagian besar dari referensi Gilmer dan Johnson, 1982, serta Baxter, 1976.

Melalui modul ini, diharapakan para guru sebagai peserta diklat Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB), akan mampu meningkatkan integritas profesinya. Integritas merupakan hal yang sangat penting dan seyogianya dimiliki seorang manusia sebagai anggota masyarakat untuk mampu mengupayakan dan mewujudkan suatu harapan. Kemampuan tersebut diungkapkan dalam bentuk aksi atau gerakan (Manapa,2011). Berkaitan dengan profesi guru, aksi atau gerakan tersebut adalah bagaimana seorang guru berusaha membangun minat (*interest*) dan keingintahuan (*inquiry*) para siswa dalam mengeksplorasi ilmu pengetahuan yang dikemas dalam mata pelajaran yang diampunya.

Harapan di atas dapat terwujud apabila seorang guru mengkondisikan dirinya dalam penguasaan konsep dan substansi mata pelajaran tersebut, serta mengenali pesertanya. Pengkondisian tersebut berlaku pula bagi guru mata pelajaran mengenai Kapal Niaga bagi siswa program keahlian Pelayaran-Nautika dan Pelayaran-Teknika (walaupun istilah teknika tidak dikenali dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia).

Kegiatan Pembelajaran ini akan mudah diikuti oleh para guru yang memiliki latar belakang pendidikan strata satu (S1), dalam bidang studi yang mempersyaratkan dan menawarkan Fisika Dasar sebagai mata kuliah wajibnya. Setelah menyelesaikan Kegiatan Pembelajaran: 2. Stabilitas Kapal Niaga, diharapkan para guru SMK Bidang keahlian Kelautan dan Perikanan, Program Keahlian

Pelayaran-Nautika Kapal Niaga sebagai peserta Diklat PKB memiliki tiga hal penguasaan kinerja atau spesifikasi kompetensi. Ketiga spesifikasi kompetensi tersebut, yakni: 1) kompetensi utama, 2) kompetensi pendukung, dan 3) kompetensi tambahan yang dapat dilihat pada Tabel 2.1, yaitu pada kolom sasaran pembelajaran.

B Indikator Pencapaian Kompetensi

Evaluasi (*assessment*) pencapaian ketiga spesifikasi kompetensi yang akan dicapai tersebut melalui proses. Proses evaluasi mencakup dua hal, yaitu penilaian (kualitatif) dan pengukuran (kuantitatif) yang tidak mudahdilakukan. Oleh karena itu, untuk membantu mengaksesnya, kita membuat indikator pencapaian kompetensi yang dapat dilihat pada Tabel 2.1, yakni pada kolom Indikator Pencapaian Kompetensi.

Tabel 7. Indikator pencapaian kompetensi 'Stabilitas Kapal Niaga"

(1) Sasaran Pembelajaran	(2) Materi Pembelajaran	(3) Indikator Pencapaian Kompetensi
Kompetensi utama: Interpretasi dan inferensi kapal	**2 Stabilitas Kapal Niaga**:	Mampu memahami stabilitas kapal
Kompetensi Pendukung: Interpretasi dan inferensi (stabilitas,stabilitas kapal niaga)	**2.1Kapal sebagai benda apung** 2.1.1 Archimedes 2.1.2 Temuan Archimedes 2.1.3 Aplikasi prinsip Archimedes 2.1.4 Penerapan Konsep Hukum Archimedes pada Kapal	Menjelaskan aplikasi Hukum Archimedes pada kapal
	2.2 Stabilitas Kapal	Mengelompokkan karakteristik stabilitas berbagai tipe kapal
	2.3 Stabilitas kapal niaga	
Kompetensi pelengkap: Inferensi Stabilitas melintang kapal niaga dan stabilitas memanjang kapal niaga	2.3.1 Stabilitas melintang kapal Niaga 2.3.1.1 Distribusi vertikal, longitudinal	Menerapkan konsep karakteristik stabilitasmelintang kapal pada tipe kapal niaga

	dan transversal 2.3.1.2 Gravitas, daya apung dan metasenter 2.3.1.3 Beberapa-dalilmengenai gaya dan momen 2.3.1.4 Resultan beberapa gaya berat 2.3.1.5 Perubahan susunan gaya-gaya berat 2.3.1.6Gaya berat kapal dan muatannya 2.3.1.7 KG dan LCG kapal dan muatannya 2.3.1.8 Momen transversal dan longitudinal 2.3.1.9 Penambahan atau pengurangan muatan kapal 2.3.1.10 Posísi daya apung dan metasenter 2.3.1.11 Keseimbangan yang stabil, netral dan labil 2.3.1.12 Stabilitas awal, bentuk dan berat **2.3.2 Stabilitas memanjang kapal Niaga** 2.3.2.1 Titik berat dan daya apung longitudinal 2.3.2.2 Perubahan trim adalah fungsi dan momen 2.3.2.3 *Longitudinal centre of flotation* 2.3.2.4 Perubahan trim 2.3.2.5 Momen untuk mengubah trim satu inci 2.3.2.6 Menyusun rumus untuk menentukan MTI 2.3.2.7 Menentukan perubahan sarat kapal 2.3.2.8 Besar inci embenaman untuk tiap ton 2.3.2.9 Momen terhadap posisi rata-rata *tipping centre* 2.3.2.10 Momen terhdap titik daya apung longitudinal	Mampu menganalisis stabilitas melintang pada kapal Niaga Menerapkan konsep karakteristik stabilitas memanjang kapal pada tipe kapal niaga Mampu menganalisis stabilitas memanjang pada kapal niaga

	2.3.2.11 Daftar penimbunan/ Pemadatan muatan 2.3.2.12 Perubahan sarat anya pada salah satu ujung kapal 2.3.2.13 Data hidrostatik dan *deadweight scale* 2.3.2.14 Penyelidikan atas lengkungantubuh kapal 2.3.2.15 Koreksi *displacement*, untuk lingkungan tubuh kapal 2.3.2.16 Koreksi atas sarat rata-rata 2.3.2.17 Koreksi *displacement* untuk trim satu kaki 2.3.2.18 Koreksi atas sarat dengan pertolongan *trimming* table 2.3.2.19 Koreksi atas l*ongitudinal centre of flotation* 2.3.2.20 Koreksi atas sarat berdasarkandan AP 2.3.2.21 Koreksi atas *displacement* selisihberat jenis air 2.3.2.22 Koreksi atas sarat berdasarkan selisih berat jenis air	

sumber: Manapa, ES. (2011) dan penelusuran pustaka yang di kembangkan.

C. Uraian Materi

Fokus kegiatan pembelajaran pada topik “Stabilitas Kapal Niaga” ini terdiri dari beberapa konsep, yakni: Kapal sebagai benda apung; Stabilitas kapal secara umum, dan Stabilitas Kapal Niaga. Berikut ini pembahasan uraian konsep-konsep tersebut.

2.1 Kapal sebagai benda apung

Pertanyaan sederhana, mengapa pelat baja bila dimasukkan ke dalam air tenggelam, sedangkan kapal yang juga terbuat dari pelat baja dan memiliki muatan dapat terapung? Ketika pertanyaan ini diberikan seorang guru kepada siswa, maka salah seorang di antara mereka menjawab karena kapal adalah benda yang memiliki rongga. Secara pengetahuan (*knowledge*) jawaban

mahasiswa tersebut logis dan tidak salah. Pengetahuan tersebut mungkin didapatkan secara tidak sengaja dari pengalaman sehari-hari. Ketika pertanyaan dilanjutkan, apakah setiap benda berongga saja yang bisa terapung? Lalu bagaimana dengan kapal selam yang juga berongga dapat muncul di permukaan laut ataupun terbenam di bawah permukaan laut? Bagaimana menjelaskan fenomena ini?

Tidak semua fenomena yang terjadi di alam dapat dipahami dengan bahasa sehari-hari, karena itu diperlukan bahasa khusus dengan terminologi khusus. Penjelasan dengan bahasa khusus ini yang disebut konsep. Konsep merupakan ide, pengertian atau gambaran mental dari obyek, proses atau apapun yang menggunakan akal budi untuk memahami gambaran konkret dari suatu fenomena. Akal budi merupakan hasil ketrampilan berpikir yang diperoleh melalui proses kegiatan berpikir. Sains (*science*) adalah ilmu pengetahuan, yang sarat dengan kegiatan berpikir dapat menjadi wahana untuk meningkatkan kualitas akal budi manusia.

Fenomena yang diungkap oleh beberapa pertanyaan di atas dapat dijelaskan dengan konsep Hukum Archimedes. Cara untuk memahaminya dan menjawab keingintahuan, dapat dilakukan dengan menggunakan kata kunci (*keywords*) 5W+1H, yaitu: apakah yang dimaksudkan dengan hal tersebut (*What*),? Di manakah penggunaannya? (*Where*), Kapankah atau Bilamanakah ditemukan (*When*)?, Siapakah penemunya (W*ho*)? Mengapa demikian (*Why*), dan Bagaimanakah penjelasannya (*How*). Penggunaan enam (6) kata kunci ini sebagai proses berpikir (*cognitive*) tidak harus berurutan. Kita dapat menyesuaikan berdasarkan urutan kebutuhan informasi yang kita inginkan.

Catatan 1: *Knowledge* dan *Science*

"Mengetahui" bukanlah hak istimewa (*prerogrative*)ilmuwan saja.

Knowledge::

Menjelaskan tentang adanya sesuatu hal yang diperoleh atau "tahu" (*knowing*). Setiap orang mengetahui sesuatu dengan derajat atau tingkat, aspek dan cara yang berbeda. Ada dua cara untuk mengetahui sesuatu, yaitu:

1. Pengetahuan biasa (***regularly***)

Secara biasa atau sehari-hari melalui pengalaman-pengalaman, kesadaran, informasi, dan sebagainya.

2. Ilmu pengetahuan (***science***):

Sesuatu yang diketahui atau pengetahuan dapat disebut 'ilmu' (pengetahuan ilmiah) bila:

1) Merupakan suatu temuan (*discovered things*),

2) Dapat dijelaskan/ diterangkan (*explanatory*),

3) Mampu meramal kedepan (*predictive*),

4) Selalu berbasiskan temuan sebelumnya (*appositely recollective*),

5) Dapat dipertunjukkan kebenarannya (*demonstrable and verifiable*),

6) sistematis dan teratur (*systematic and organized*).

Semua syarat-syarat ini harus dipenuhi oleh 'pengetahuan' untuk dikategorikansebagai ilmu.

*Knowledge dapat di pahami sebagai pengetahuan yang cakupannya lebih luas dan umum.

**Science* dapat dipahami Pengetahuan yang pasti, lebih fokus, sistematik, methodik, ilmiah, dan mencakup kebenaran umum mengenai objek studi yang lebih bersifat *natural*, dan sebagai ilmu yang cakupannya lebih sempit dan khusus.

sumber: Manapa, ES. (2011) dan penelusuran pustaka yang di kembangkan.

2.1.1 Archimedes

Kisah Archimedes, memberikan gambaran bagaimana ketekunan ilmuwan dahulu kala mendapatkan temuan-temuan sebagai akar *science* (sains) yang artinya Ilmu pengetahuan. Kisah menarik dan banyak diceritakan oleh orang adalah kisah saat Archimedes menemukan cara dan rumus untuk menghitung volume benda. Benda yang dimaksud adalah benda yang tidak mempunyai bentuk baku.nMenurut kisah tersebut, sebuah mahkota untuk Raja Hiero II telah dibuat dan raja memerintahkan Archimedes untuk memeriksa apakah mahkota tersebut benar-benar terbuat dari emas murni ataukah mengandung tambahan perak, karena Raja Hieron II tidak mempercayai pembuat mahkota tersebut.

Ketika Archimedes berendam dalam bak mandinya, dia melihat bahwa air dalam bak mandinya tertumpah keluar sebanding dengan besar tubuhnya.



Gambar 52. Gambaran kebahagiaan Archimedes saat menemukan konsepnya
http://istart.webssearches.com

*Literacy*sains (kesadartahuan) menyentak Archimedes dan begitu antusias bahwa ternyata efek ini dapat digunakan untuk menghitung volume dan isi dari mahkota tersebut. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara membagi berat mahkota dengan volume air yang dipindahkan, maka kerapatan dan berat jenis dari mahkota bisa diperoleh. Berat Jenis mahkota akan lebih rendah daripada berat jenis emas murni apabila pembuat mahkota tersebut berlaku curang dan menambahkan perak ataupun logam dengan berat jenis yang lebih rendah. Karena terlalu gembira dengan penemuannya ini, Archimedes melompat keluar dari bak mandinya, lupa berpakaian terlebih dahulu, berlari keluar ke jalan dan berteriak "E*ureka*!" (Bahasa Yunani) yang berarti "Saya menemukannya!". Mari kita melihat siapakah Archimedes dan apa saja yang ditemukannya dan telah berkontribusi dalam dunia sains.

Archimedes (287-212 SM) adalah ahli matematika dan fisika ternama sepanjang masa. Ia dilahirkan di kota pelabuhan Syracuse (sekarang Sisilia), Italia. Archimedes putra dari Phidias yang giat dalam bidang keilmuan, dan hidup pada masa pemerintahan Raja Hieron II di Sisilia. Lewat tugas-tugas yang diberikan raja, Archimedes banyak mendapat penemuan baru.



Gambar 53. Ilmuwan Archimedes
https://pustakafisika.wordpress.com

Dia memulai kegiatan pengembangan ilmunya di sekolah yang didirikan oleh ilmuwan matematika Yunani Euclid di kota Alexandria, Mesir. Archimedes yang telah berjasa dalam sains meninggal dunia dengan sangat tragis. Dia dibunuh oleh prajurit Romawi dan meninggal pada usia75 tahun. Archimedes terkenal dengan pernyataannya, “Berikan saya tempat untuk berdiri, maka saya akan mengangkat bumi”.

2.1.2 Temuan Archimedes

Archimedes banyak mendapat penemuan baru. Dia memulai kegiatan pengembangan ilmunya di sekolah yang didirikan oleh ilmuwan matematika Yunani Euclid di kota Alexandria, Mesir. Beberapa temuan Imuwan Archimedes antara lain:

1) Archimedes Screw, *Compound Pulley*, Cakar Archimedes

Rumus hidrostatik dan peralatan untuk menaikkan air *'Archimedes Screw'*. Raja Hiero II dari Syracuse kala itu terikat perjanjian dengan kerajaan Romawi. Mereka harus mengirimkan logistik ke kerajaan tersebut, agar tidak diserang. Suatu ketika sang Raja tidak mampu lagi mengirim sesuai permintaan yang ditentukan. Raja menugaskan Archimedes merancang dan membuat kapal untuk memperkuat angkatan laut kerajaan Syracuse. Dia lalu merancang dan membangun sebuah kapal dengan ukuran besar. Karena begitu besar jumlah air yang dipindahkan akibat berat kapal dan muatannya amat banyak, Karena itu,

Archimedes menciptakan sebuah alat yang disebut "Sekrup Archimedes (*Archimedes Screw*)".



Gambar 54. Sekrup Archmedes (Archimedes screw)
http://daganganbersama.blogspot.co.id

Alat ini dapat menyedot air dari dek kapal. Ukuran kapal yang besar ini juga menimbulkan masalah lain, yakni massa kapal yang berat, menyebabkan kapal tersebut sulit untuk dipindahkan. Pada masa itu, belum ada penemuan alat penggerak atau mesin kapal, masih mengandalkan tenaga manusia untuk mendayung. Untuk mengatasi hal ini, Archimedes kembali menciptakan sistem katrol yang disebut "*Compound Pulley*". Sistem pada alat ini dapat memindahkan kapal tersebut beserta awak kapal dan muatannya sekaligus hanya dengan menarik tali. Sekarang pun sistem ini masih diterapkan dalam kehidupan sehari-hari yang kita kenal dengan sistem katrol. Penggunaanya katrol sumur, katrol yang digunakan oleh tukang bangunan dan lainnya merupakan contoh aplikasinya. Archimedes mendesain sejumlah alat pertahanan untuk mencegah pasukan Romawi di bawah pimpinan Marcus Claudius Marcellus, merebut tanah kelahirannya, Syracuse.

2) Cakar Archimedes

Ketika musuh mulai mengepung pantai, Archimedes kembali mengeluarkan alat andalannya. yang disebut "Cakar Archimedes". Penggunaan alat ini bertujuan untuk menenggelamkan kapal-kapal Romawi ini. Alat ini bentuknya mirip derek pada masa kini. Setelah alat ini secara diam-diam dikaitkan ke badan kapal

musuh, derek ini kemudian ditarik. Akibatnya kapal musuh akan oleng, atau bahkan robek dan tenggelam. \



Gambar 55. Cakar Archimedes
http://daganganbersama.blogspot.com

3) Cermin Archimedes

Saat armada Romawi yang terdiri dari 120 kapal mulai tampak di seberang lautan, Archimedes berpikir keras untuk mencegah dan menggangu tentara musuh merapat di pantai Syracuse. Archimedes kemudian mencoba membakar kapal-kapal Romawi ini dengan menggunakan sejumlah cermin yang disusun dari perisai-perisai prajurit Syracuse. Archimedes berencana untuk membakar kapal-kapal musuh dengan sumber energi cahaya matatahari. Rencana tersebut tidak berhasil, karena untuk memperoleh jumlah panas yang cukup untuk membakar, kapal tersebut haruslah dalam keadaan tidak bergerak atau diam sehingga panas yang diharapkan dari pantulan berkas sinar matahari tersebut terfokus titik apinya.

Walau demikian, dengan alat ini Archimedes berhasil membuat pasukan Romawi kesulitan untuk memanah karena silau akibat pantulan-pantulan cahaya yang ditimbulkan oleh cermin tersebut. Panas yang ditimbulkan dengan alat ini juga berhasil membuat musuh kegerahan, hingga mereka lelah sebelum berhadapan dengan pasukan Syrcuse.



Gambar 56. Cermin Archimedes
http://daganganbersama.blogspot.com

5) Pengungkit Archimedes

Pengungkit atau ungkitan telah ditemukan jauh sebelum Archimedes lahir, namun Archimedes yang mengembangkan teori untuk menghitung beban yang dibutuhkan untuk pengungkit tersebut.

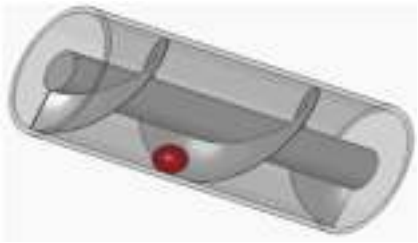


Gambar 57. Pengungkit Archimedes
http://daganganbersama.blogspot.co.id

2) "*Method of Exhaustion*".

Konsep matematika Archimedes sangat dipengaruhi oleh konsep yang telah dibangun oleh Euclid. Archimedesmengembangkan suatu konsep dengan menerapkan sebuah metode yang dikenal sebagai "*Method of Exhaustion*". Dengan metode ini, ia dapat menentukan luas area dan volume dengan garis lengkung serta permukaan seperti lingkaran, bolam piramida, dan kerucut. Selain itu, Archimedes juga menemukan kalkulus integral. *Archimedes* juga sangat berjasa ketika menemukan nilai phi, perbandingan nilai antara keliling sebuah lingkaran dengan diameternya. Menghitung panjang dan lebar benda berbentuk kotak atau persegi mudah, dan dapat diukur dengan penggaris, namun

menghitung ukuran bola bukan hal yang mudah. Perhitungan dari Archimedes yang akurat tentang lengkungan bola dijadikan konstanta matematika untuk Phi atau π .Buku-buku yang ditulis oleh Archimedes dan berisikan rumus-rumus matematika masih dapat ditemukan sekarang, antara lain *On the Equilibrium of Planes*, *On the Measurement of a Circle*, *On Spirals*, *On the Sphere and the Cylinder* dan lainnya.



Gambar 58. Method of Exahaustion
http://daganganbersama.blogspot.co.id

3) Hukum Archimedes

“ Suatu benda bila dimasukkan ke dalam zat cair, baik sebagian atau seluruhnya, akan mendapatkan gaya tekan ke atas sebesar berat zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut”. Misalnya, air mempunyai volume tertentu, ketika sebuah benda dimasukkan ke dalam air tersebut, maka permukaan air akan terdesak ke arah atas atau naik. Dengan kata lain, berat benda seolah-olah menjadi lebih ringan. Hal ini karena adanya gaya ke atas yang sering disebut gaya Archimedes (Fa). Apabila benda yang dimasukkan ke dalam fluida, terapung, di tempat bagian benda yang tercelup hanya sebagian maka volume fluida yang dipindahkan = volume bagian benda yang tercelup dalam fluida tersebut. Tidak peduli apapun benda dan bagaimana bentuk benda tersebut, semuanya akan mengalami hal yang sama. Ini adalah temuan Archimedes dikenal sebagai **“Prinsip Archimedes”**.

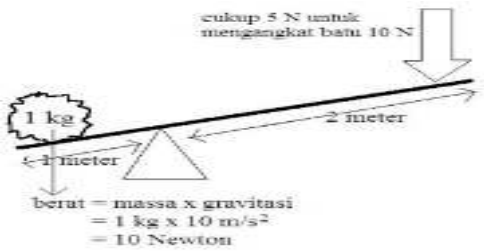
2.1.3 Aplikasi Prinsip Archimedes

(1) Balon udara

Balon udara adalah penerapan prinsip Archimedes di udara. Balon udara harus diisi dengan gas yang massa jenisnya lebih kecil dari massa jenis udara atmosfer sehingga balon udara dapat terbang karena mendapat gaya ke atas, misalnya diisi udara yang dipanaskan.

(2) Pengungkit Archimedes

Bahasa Latin "*Dos moi pou sto kai kino taen gaen*" dan diterjemahkan ke bahasa inggris artinya "*Give me a place to stand, and I will move the world*", kalimat yang diucapkan oleh Archimedes.Bagaimanakah latar belakang lahirnya kalimat ini? Benda dengan gaya cuma 5 Newton mampu mengangkat benda yang beratnya 10 Newton. Bagaimana hal itu dapat terjadi? Caranya adalah memakai asas pengungkit dengan perbandingan panjang papannya adalah 1:2. Jika gayanya cuma ingin 1 N. bikin perbandingan papannya jadi 1:10. Intinya perbandingannya harus sama dengan perbandingan berat benda yang ingin diangkat dengan gaya yang digunakan untuk mengangkat. Intinya, dengan menggunakan pengungkit, dia bisa mengangkat Bumi betapapun beratnya Bumi itu. Prinsipnya sederhana, yaitu hanya mencari tahu perbandingan berat Bumi dengan berat Archimedes. Kemudian membuat papan dengan perbandingan yang sama. Dengan berdiri di papan yang lebih panjang, Archimedes akan mengangkat Bumi.Perhatikan Gambar 59 berikut



Gambar 59.Pengungkit Archimedes
http://daganganbersama.blogspot.co.id

(3) Hidrometer

Hidrometer merupakan alat untuk mengukur berat jenis atau massa jenis zat cair. Jika hidrometer dicelupkan ke dalam zat cair, maka sebagian alat tersebut akan tenggelam. Semakin besar massa jenis zat cair, semakin sedikit bagian hidrometer yang tenggelam. Hidrometer banyak digunakan untuk mengetahui besar kandungan air pada bir atau susu. Hidrometer terbuat dari tabung kaca. Agar tabung kaca dapat terapung dalam keadaan tegak dalam zat cair, bagian bawah tabung dibebani dengan butiran timbal. Diameter bagian bawah tabung kaca dibuat lebih besar agar volume zat cair yang dipindahkan oleh hidrometer lebih besar. Dengan demikian, akan dihasilkan gaya ke atas yang lebih besar dan hidrometer akhirnya dapat mengapung di dalam zat cair.Tangkai tabung kaca hidrometer didesain supaya perubahan kecil dalam berat benda yang dipindahkan (sama artinya dengan perubahan kecil dalam massa jenis zat cair) menghasilkan perubahan besar pada kedalaman tangki yang tercelup di dalam zat cair. Artinya, perbedaan bacaan pada skala untuk berbagai jenis zat cair menjadi lebih jelas.

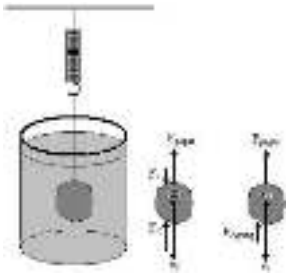
(4) Jembatan Ponton

Jembatan ponton adalah kumpulan drum-drum kosong yang berjajar sehingga menyerupai jembatan.Jembatan ponton merupakan jembatan yang dibuat berdasarkan prinsip benda terapung. Drum-drum tersebut harus tertutup rapat sehingga tidak ada air yang masuk ke dalamnya.Jembatan ponton digunakan untuk keperluan darurat. Apabila air pasang, maka jembatan naik. Jika air surut, maka jembatan turun. Jadi, tinggi-rendahnya jembatan ponton mengikuti pasang surutnya air.

2.1.4 Penerapan Konsep Hukum Archimedes pada Kapal

Ketika kita menimbang batu di dalam air, berat batu yang terukur pada timbangan pegas menjadi lebih kecil dibandingkan dengan ketika kita menimbang batu di udara (tidak di dalam air). Massa batu yang terukur pada timbangan lebih kecil karena ada gaya apung yang menekan batu ke atas. Efek yang sama akan dirasakan ketika kita mengangkat benda apapun dalam air. Batu atau benda apapun akan terasa lebih ringan jika diangkat dalam air. Hal ini

bukan berarti bahwa sebagian batu atau benda yang diangkat hilang sehingga berat batu menjadi lebih kecil, tetapi karena adanya gaya apung. Arah gaya apung ke atas searah dengan gaya angkat yang kita berikan pada batu tersebut sehingga batu atau benda apapun yang diangkat di dalam air terasa lebih ringan.



Gambar 60.Pengungkit Archimedes
http://daganganbersama.blogspot.co.id

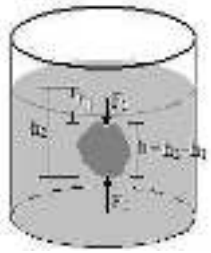
Keterangan gambar :
Fpegas = gaya pegas,
w = gaya berat batu,
F_1 = gaya yang diberikan fluida pada bagian atas batu,
F_2 = gaya yang diberikan fluida pada bagian bawah batu, Fapung = gaya apung.

F apung merupakan gaya total yang diberikan fluida pada batu (Fapung = $F_2 - F_1$).
Arah gaya apung (Fapung) ke atas, karena gaya yang diberikan fluida pada bagian bawah batu (F_2) lebih besar daripada gaya yang diberikan fluida pada bagian atas batu (F_1). Hal ini dikarenakan tekanan fluida pada bagian bawah lebih besar daripada tekanan fluida pada bagian atas batu.

Dalam kehidupan sehari-hari, kita akan menemukan bahwa benda yang dimasukkan ke dalam fluida seperti air misalnya, memiliki berat yang lebih kecil dari pada ketika benda tidak berada di dalam fluida tersebut. Akan lebih sulit mengangkat sebuah batu dari atas permukaan tanah tetapi batu yang sama dengan mudah diangkat dari dasar kolam. Hal ini disebabkan oleh adanya gaya

apung sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya. Gaya apung terjadi karena adanya perbedaan tekanan fluida pada kedalaman yang berbeda.

Sebagaimana yang dijelaskan pada pokok bahasan Tekanan pada Fluida, tekanan fluida bertambah terhadap kedalaman.Semakin dalam fluida (zat cair), semakin besar tekanan fluida tersebut. Ketika sebuah benda dimasukkan ke dalam fluida, akan terdapat perbedaan tekanan antara fluida pada bagian atas benda dan fluida pada bagian bawah benda. Fluida yang terletak pada bagian bawah benda memiliki tekanan yang lebih besar daripada fluida yang berada di bagian atas benda. (perhatikan gambar 61 di bawah).



Gambar 61. Pengungkit*Archimedes*
http://daganganbersama.blogspot.co.id

Pada gambar di atas, tampak sebuah benda melayang di dalam air. Fluida yang berada di bagian bawah benda memiliki tekanan yang lebih besar daripada fluida yang terletak pada bagian atas benda. Hal ini disebabkan oleh fluida yang berada di bawah benda memiliki kedalaman yang lebih besar daripada fluida yang berada di atas benda ($h_2 > h_1$).

Besarnya tekanan fluida pada kedalaman h_2 adalah :

$$P_2 = \frac{F_2}{A} \rightarrow F_2 = P_2 A = \rho g h_2 A$$

Besarnya tekanan fluida pada kedalaman h_1 adalah :

$$P_1 = \frac{F_1}{A} \rightarrow F_1 = P_1 A = \rho g h_1 A$$

F_2 = gaya yang diberikan oleh fluida pada bagian bawah benda, F_1 = gaya yang diberikan oleh fluida pada bagian atas benda, A = luas permukaan benda. Selisih

antara F_2 dan F1 merupakan gaya total yang diberikan oleh fluida pada benda, yang kita kenal dengan istilah gaya apung. Besarnya gaya apung adalah:

$$F_{apung} = F_2 - F_1$$
$$F_{apung} = (\rho g h_2 A) - (\rho g h_1 A)$$
$$F_{apung} = \rho g A(h_2 - h_1)$$
$$F_{apung} = \rho_f g \Delta V$$
$$F_{apung} = \rho_f g V$$

Keterangan :

ρ_f = massa jenis fluida
g = percepatan gravitasi
V = volume benda yang berada di dalam fluida

Karena persamaan massa jenis:

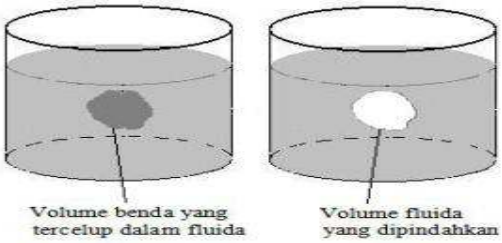
$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho V$$

Maka persamaan yang menyatakan besarnya gaya apung (Fapung) di atas bisa kita tulis menjadi :

$$F_{apung} = \rho_f g V$$
$$F_{apung} = m_f g = w_f$$

mFg = wF = berat fluida yang memiliki volume yang sama dengan volume benda yang tercelup.

Berdasarkan persamaan di atas, kita bisa mengatakan bahwa gaya apung pada benda sama dengan berat fluida yang dipindahkan. Ingat bahwa yang dimaksudkan dengan fluida yang dipindahkan di sini adalah volume fluida yang sama dengan volume benda yang tercelup dalam fluida. Pada gambar di atas, penulis menggunakan ilustrasi di mana semua bagian benda tercelup dalam fluida (air). Jika dinyatakan dalam gambar, maka akan tampak sebagai berikut :



Gambar 62.Pengungkit Archimedes
Sumber http://daganganbersama.blogspot.co.id

Mari kita tinjau kembali konsep prinsip hukum Archimedes di atas*:*
"Sebuah benda bila dimasukkan ke dalam zat cair sebagian tercelup atau seluruhnya di dalam zat cair, zat cair akan memberikan gaya ke atas (gaya apung) pada benda, di mana besarnya gaya ke atas (gaya apung atau Fa *sama dengan berat* (W) *zat cair yang dipindahkan*".

Kita bisa membuktikan prinsip Archimedes dengan melakukan percobaan sederhana berikut. Masukan air ke dalam sebuah wadah (misalnya: ember). Usahakan sampai meluap sehingga ember tersebut benar-benar penuh terisi air. Setelah itu, silahkan masukan sebuah benda ke dalam air. Setelah benda dimasukan ke dalam air, maka sebagian air akan tumpah. Volume air yang tumpah = volume benda yang tercelup dalam air tersebut. Jika seluruh bagian benda tercelup dalam air, maka volume air yang tumpah = volume benda tersebut. Akan tetapi, jika benda hanya tercelup sebagian, maka volume air yang tumpah = volume dari bagian benda yang tercelup dalam air. Besarnya gaya apung yang diberikan oleh air pada benda = berat air yang tumpah (berat air yang tumpah = w = m x g = massa jenis air x volume air yang tumpah x percepatan gravitasi). Volume air yang tumpah = volume benda yang tercelup dalam air. Secara sistematis, hukum Archimedes dapat ditulis sebagai berikut :

$F_a = \rho_a V_a g$
F_a = gaya angkat ke atas pada benda (N)
ρ_a = massa jenis zat cair (kg/m3)
V_a = volume zat cair yang terdesak (m3)
g = percepatan gravitasi bumi (m/s2)

Berdasarkan konsep prinsip Archimedes, ada tiga keadaan atau kondisi benda di dalam zat cair, yaitu:



1) Terapung:
ρb, rata-rata < ρf
w = Fa
Keterangan
ρb = massa jenis benda
ρf = massa jenis fluida
w = berat benda
Fa = gaya Apung

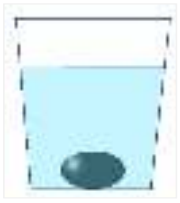
Gambar 63. Benda di media zat cair, kondisi terapung



2) Melayang:

ρb, rata-rata = ρf
w = F_a
Keterangan
ρb = massa jenis benda
ρf = massa jenis fluida
w = berat benda
F_a = gaya Apung

Gambar 64. Benda di media zat cair, kondisi melayang



3) Tenggelam:

ρb, rata-rata > ρf
w > F_a
Keterangan
ρb = massa jenis benda
ρf = massa jenis fluida
w = berat benda
w = F_a

Gambar 65.Benda di media zat cair, kondisi tenggelam

Fenomena: Pelat baja bila dimasukkan ke dalam air tenggelam sementara kapal yang juga terbuat dari pelat baja dan memiliki muatan dapat terapung atau mengapa kapal terapung. Pada saat kita meletakkan sepotong besi pada bejana berisi air, besi akan tenggelam. Namun, mengapa kapal laut yang massanya sangat besar tidak tenggelam, telah terjawab. Prinsip Archimede telah membuka wawasan dan secara konsep fisika telah menjelaskan, agar kapal laut tidak tenggelam badan kapal harus dibuat berongga. Hal ini bertujuan agar volume air laut yang dipindahkan oleh badan kapal menjadi lebih besar. Berdasarkan

persamaan besarnya gaya apung sebanding dengan volume zat cair yang dipindahkan, sehingga gaya apungnya menjadi sangat besar. Gaya apung inilah yang mampu melawan berat kapal, sehingga kapal tetap dapat mengapung di permukaan laut.

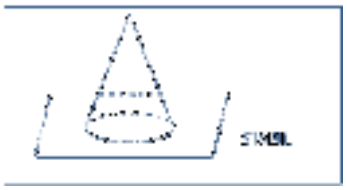
Pada dasarnya, prinsip kerja kapal selam dan galangan kapal (bentuk Pantom) sama. Jika kapal akan menyelam, maka air laut dimasukkan ke dalam ruang cadangan sehingga berat kapal bertambah. Pengaturan banyak sedikitnya air laut yang dimasukkan, menyebabkan kapal selam dapat menyelam pada kedalaman yang dikehendaki. Jika akan mengapung, maka air laut dikeluarkan dari ruang cadangan. Berdasarkan konsep tekanan hidrostastis, kapal selam mempunyai batasan tertentu dalam menyelam. Jika kapal menyelam terlalu dalam, maka kapal bisa hancur karena tekanan hidrostatisnya terlalu besar. Untuk memperbaiki kerusakan kapal bagian bawah, digunakan pantoms. Jika kapal akan diperbaiki, pantom ditenggelamkan dan kapal dimasukkan. Setelah itu galangan diapungkan. Pantom ditenggelamkan dan diapungkan dengan cara memasukkan dan mengeluarkan air laut pada ruang cadangan.

Prinsip Archimedes adalah asumsi awal kapal sebagai benda apung, namun belum menempatkan kapal sebagai sarana perangkutan atau wahana transportasi yang meninjau berbagai aspek peruntukan. Peruntukan tersebut antara lain: bentuk, ukuran, muatan (orang atau barang), kecepatan (mesin), dan lainnya. Semua peruntukan tersebut tentu berujung pada persoalan keselamatan pelayaran.Keselamatan ketika kapal berlayar hingga tiba di pelabuhan tujuan dengan selamat.Perencanaan bentuk bangunan dan perhitungan stabilitas pada kapal merupakan faktor utama ketika merancang suatu kapal sesuai peruntukannya.

2.2 Stabilitas

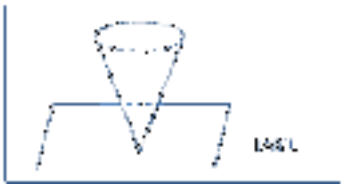
Teori mekanika sebagai salah satu cabang sains fisika mengenai gerak dan rehatnya benda, dan penyebab gerak dan rehatnya benda tersebut, membedakan tiga macam keseimbangan statis dari suatu benda. Mari kita tinjau ketiga macam keseimbangan tersebut.

1. Keseimbangan mantap (stabil), jika benda mendapat kemiringan sedikit dari kedudukannya, maka benda akan kembali pada kedudukan semula, sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 66.



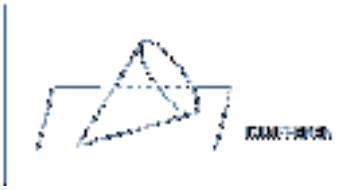
Gambar 66. Kondisi stabil

2. Keseimbangan goyah (labil), jika benda mendapat kemiringan sedikit dari kedudukannya, maka benda akan berubah lebih banyak dari kedudukan semula, sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 67.



Gambar 67. Kondisi labil

3. Keseimbangan netral/sembarang (*indifferent*), benda akan tetap pada kedudukannya yang baru bagaimanapun perubahan kedudukannya, sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 68.



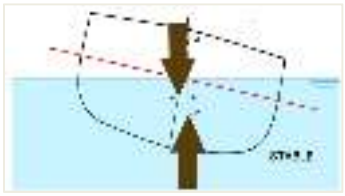
Gambar 68.Kondisi indifferent

Pada kapal, peninjauan stabilitasnya tidak lepas dari prinsip Archimedes, yaitu kapal sebagai benda apung. Kemudian media di tempat kapal akan bergerak, yakni air laut maka teori mekanika fluida turut mendukung. Berdasarkan hal tersebut, ada tiga titik yang memegang peranan penting, yakni:

1) Titik G (Gravity): titik berat dari kapal, dan ini dipengaruhi oleh konstruksinya.
2) Titik B (Bouyancy): titik tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang ada di dalam air, dan ini dipengaruhi oleh bentuk kapal yang ada di bawah permukaan air.
3) Titik M (Metacenter): titik perpotongan vektor gaya tekan ke atas ($F_a = \rho_a V_a g = \gamma V$) pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan ke atas pada sudut yang kecil (Φ).

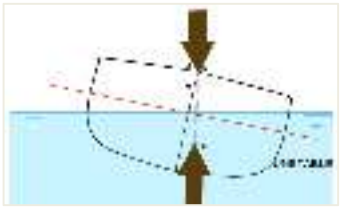
Berdasarkan kedudukan letak titik berat kapal G terhadap titik Metasenter M, terdapat tiga kemungkinan:

1) Titik M berada di atas titik G, kapal berada dalam keseimbangan mantap (stabil) dan pada keadaan ini MG positif sebagaimana Gambar 69



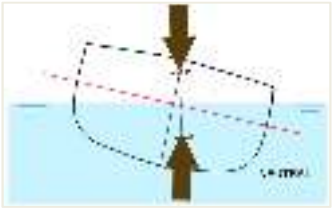
Gambar 69. Kapal stabil

2) Titik M berada di bawah titik G, kapal berada dalam keseimbangan goyah (labil) atau tidak stabil sebagaimana Gambar 70.



Gambar 70. Kapal tidak stabil

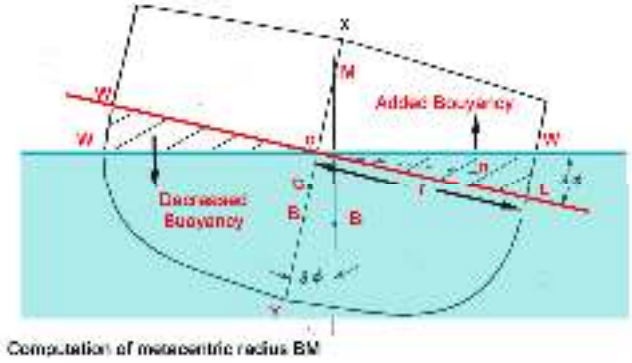
3) Titik M berimpit dengan titik G, kapal berada dalam keseimbanga sembarang *(indifferent*) dan pada keadaan ini MG=0 sebagaimana Gambar 71



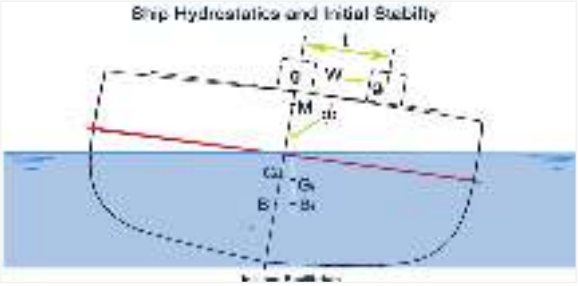
Gambar 71. Kapal netral

Jika kapal dalam keadaan seimbang, maka titik G dan titik B harus berada pada satu garis vertikal terhadap permukaan zat cair (fluida) dan besarnya gaya berat kapal (W) sama dengan gaya tekan ke atas (B).

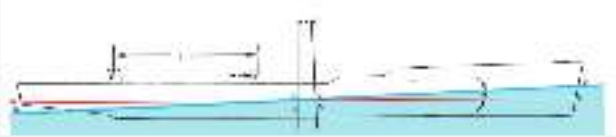
Apabila kapal mengalami kemiringan baik oleng maupun trim yang disebabkan oleh gaya-gaya dari luar, dengan anggapan bahwa titik G tidak mengalami perubahan (asumsi: muatan kapal tidak bergeser/ditambah atau dikurangi), maka titik B akan berpindah letaknya. Perpindahan titik B ke B_1 (titik tekan ke atas dari fluida tetap akan bergeser akibat gaya-gaya dari luar tadi menyebabkan perubahan bentuk bagian kapal yang tercelup di dalam air) atau *added buoyancy,* perhatikan Gambar 72.



Gambar 72. Keolengan akibat gaya dari luar, titik G tidak mengalami perubahan



Gambar 73. Keolengan akibat gaya dari luardan titik G mengalami perubahan akibat titik berat muatan



Gambar 74. Keolengan akibat gaya dari luar dan titik G tidak mengalami perubahan

2.3.1 Stabilitas melintang kapal niaga

Pembahasan mengenai stabilitas kapal (*ship's stability*) bertujuan agar kapal dengan muatannya (barang dan penumpang) dapat selamat dan utuh selama pelayaran hingga tiba di pelabuhan tujuan. Hal tersebut dapat tercapai dengan memperhitungkan stabilitas dan keseimbangan kapal. Stabilitas dan keseimbangan ini dipengaruhi oleh susunan timbunan barang-bararg di dalam palka-palka kapal, sehingga pengaturan dan pelaksanaan penimbunan dan pemadatan barang-barang di dalam masing-masing palka kapal sewaktu pemuatan dilakukan hal yang penting dan menentukan. Jika barang-barang ditimbun dan dipadatkan di dalam masing-masing palka kapal, maka distribusi penimbunan dan pemadatan harus dilakukan sedemikian rupa agar tercapai:1) keselamatan dan keutuhan kapal dengan muatannya, (2) pemuatan maupun pembongkaran barang-burang dengan secepat mungkin dan sistematis, (3) pemakaian maksimum atas kapasitas (daya angkut) kapal dan pemakaian maksimum atas ruangan muatan (*full and down*), (4) keselamatan para awak kapal dan para penumpang. terutama selama pelayaran, dan (5) keselamatan para buruh di pelabuhan sewaktu bongkar-muat barang-barang berlangsung.

Berdasarkan atas pengaturan barang di dalam yang disebutkan di atas, pembahasan distribusi penimbunan dan pemadatan barang palka-palka kapal tidak terlepas dan pembahasan atas stabilitas dan keseimbangan kapal (*trim*) dan sarat (*draft*). Tujuannya untuk memperoleh gambaran perihal cara menjamin dan keutuhan kapal dengan muatannya keselamatan para awak kapal dengan penumpangnya.

Distribusi penimbunan dan pemadatan muatan barang-barang di dalarn kapal ialah pengaturan banyaknya atau beratnya muatan yang ditimbun dan dipadatkan di dalarn masing-masing palka, yaitu di atas *main deck* (MD), di dalam *upper tween deck* (UTD), *lower twem.deck*.(LTD). dan di dalam *lower holds* (LH) sedemikian rupa sehingga keselamatan dan kutuhan kapal dengan barang-barang muatannya terjamin terutama selama dalam pelayaran. Demikian juga dicapai keadaan penuh dan sarat (*full and down*), serta pelaksanaan pemuatan dan pembongkaran secepat mungkin dan sistematis

2.3.1.1 Distribusi vertikal, longitudinal, dan transversal

Dalam pengatuan penimbunan dan pemadatan barang-barang harus diperhitungkan daya muat ruangan masing-masing kompartemen, demikian juga kekuatan atau daya tahan geladak (*deck load capacity*) masing-masing kompartemen. Adapun distribusi penimbunan tersebut menyangkut distribusi secara vertikal, secara longitudinal, dan secara transversal, dalam hal ini masing-masing cara distribusi mempengaruhi stabilitas dan keseimbangan kapal.

Distribusi vertikal adalah pengaturan timbunan muatan secara vertikal (dari bagian bawah ke atas). Cara distribusi mernpengaruhi stabiltas kapal, yaitu jika lebih (terlalu) berat muatan di bagian atas, maka kapal kan memiliki sedikit stabilitas (*smallarnmount of stability*) sehingga kapal mudah oleng (miring ke Kiri dan ke kanan), tapi olengnya agak lambat. Sebaliknya, jika lebih (terlalu) berat muatan di bagian bawah, maka kapal akan memiliki stabilitas yang besar (*excess of stability*) sehingga kapal oleng agak cepat.

Stabilitas kapal ialah, sifat atau kecenderungan kapal untuk kembali ke dalarn

posisi seimbang apabila kapal oleng yang disebabkan oleh gaya dari luar. Distribusi logitudinal adalah pengaturan timbunan muatan secara longitudinal (dari muatan muka ke bagian belakang). Cara distribusi ini mempengaruhi trim kapal, yaitu jika muatan lebih (terlalu) berat pada bagian muka (haluan), maka kapal agak menungging, yaitu bagian belakang kapal (buritan) naik ke atas sebaliknya, jika muantan labih (terlalu) berat pada bagian belakang (buritan), maka kapal agak mendongak, yaitu bagian haluan naik ke atas. Jika muatan terlalu (lebih) berat di tengah-tengah, maka tekanan muatan ini mengakibatkan bagian tengah kapal agak melengkung arah ke bawah (*sagging*). Sebaliknya, jika rnuatan lebih (terlalu) berat pada hagian haluan dan bagian buritan maka tekanan muatan ini mengakibatkan bagian tengah kapal agak melengkung arah ke atas (*hogging*).

Trim kapal ialah. perbedaan sarat (*draft*) kapal antara bagian haluan bangian bagian buritan, sedangkan yang dimaksud dengan sarat (*draft*) kapal ialah dalarnnya bagian tubuh kapal yang terendam di dalam air dihitung (diukur tegak lurus) mulai dan lunas kapal (bagian terbawah kapal (*keel*) sampai ke garis permukaan air (*waterline*).

Distribusi transversal adalah pengaturan timbunan muatan secara transversal (dari bagian samping ke samping kapal. Cara distribusi ini mempengaruhi posisi letaknya titik daya apung kapal (*buoyancy*). Jika berat muatan berada (dipusatkan) sepanjang garis tengah kapal (*cantreline*), maka jika kapal oleng, olengan tersebut agak cepat dengan periode olengan yang semakin berkurang (sampai akhirnya olengan berhenti). Sebaliknya, jika berat muatan berada (dipusatkan) sepanjang dinding (*hull*) kapal pada pinggir kanan dan kiri, maka jika kapal oleng, olengan tersebut agak lambat dengan periode olengan yang semakin besar (sampai akhirnya olengan berhenti). Yang terbaik ialah agar berat muatan merata dan sama beratnya pada bagian kanan dan kiri garis tengah kapal (*centreline*)

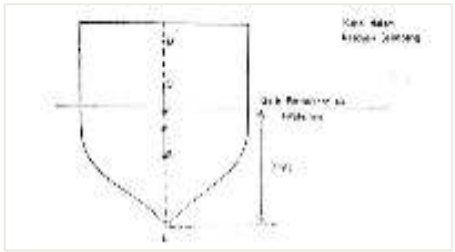
Daya apung (*bouyancy*) kapal ialah, kekuatan tekanan bagian-bagian air (water portions) yang menekan tubuh kapal arah ke atas sehingga kapal mengapung.

Persiapan akan di bahas mengenai stabilitas transversal (*transversel stability*) atau stabilitas melintang dan yang berhubungan dengan itu. Stabilitas melintang melintas ini mengenai olengnya kapal ke kanan dan ke kiri, olengan yang dapat mengakibatkan kapal terbalik (jika olengan itu besar), sehingga persoalan stabilitas melintang ini sangat penting dari segi kamanan dan keselamatan kapal dengan muatannya. Kemudian dibahas mengenai stabilitas longitudinal (*longitudinal stability*) atau stabilitas membujur dan yang berhubungan dengan itu. Stabilitas membujur mengenai stabilitas kapal yang mendongak (bagian haluan naik) dan menungging (bagian buritan naik), sehingga persoalan stabilitas membujur ini menyangkut persoalan sarat (*draft*) dan keseimbangan kapal (trim). Persoalan sarat kapal memengang peranan penting apakah suatu kapal dapat melalui suatu ambang atau alur pelayaran (*scaway*)

Stabilitas kapal dibedakan antara stabilitas awal (*initial stability*) yang disebut juga stabilitas metasentrik dengan stabilitas besar. Batas antara stabilitas awal dengan stabilitas besar ialah senget (oleng) kapal kira-kira 10° dari posisi seimbang (vertikal. Dengan demikian, stabilitas awal ialah, sifat atau kecenderungan kapal untuk kembali ke dalam posisi seimbang apabila kapal oleng kurang dari 10°.

2.3.1.2 Gravitasi daya apung dan metasenter

Pembahasan atas stabilitas kapal pembahasan atas gravitasi kapal mengenai posisi titik berat kapal), daya apung (*buoyancy*) dan metasenter (*metesentric*). Perhatikan gambar berikut.



Gambar 75. Peninjauan stabilitas melintang kapal

Keterangan gambar :

M = metasentra (terletak vertikal di atas B).

G = titik berat (*centre of gravity*), yaitu pusat dari segala gaya berat yang bekerja vertikal arah ke bawah (pusat dari gaya berat kapal dengan muatannya).

B = titik daya apung (*centre of buoyancy*), yaitu pusat dari semua bagian-bagian air (*water portions*) yang menekan tubuh kapal yang berada di dalam air (*underwater of the hull*)

K = keel (lunas kapal)

Apabila suatu benda mengapung di air, maka bagian benda yang terbenarn di dalam air mnendapat tekanan air dan segala penjuru, masing-masing tekanan tegak lurus terhadap benda yang terbenarn di dalam air tersebut. Jika bentuk benda tersebut melengkung, maka tekanan bagian-bagian air (*water portions*) tegak lurus pada masing-masing garis singgung titik tekanan air pada benda yang terbenam di dalamn air. Tekanan air menimbulkan daya apung benda. Titik pusat dan semua tekanan bagian-bagian air merupaKan titik pusat daya apung (*centre of buoyancy*) benda tersebut.

Besar daya apung atau jumlah semua tekanan bagian-bagian air sama dengan berat air yang dipindahkan atau didesak oleh bagian benda yang terbenam di dalam air disebut *displacement*. Ketentuan ini terkenal dengan hukum Archimedes yang berbunyi sebagai berikut.

Benda yang terbenam seluruhnya atau sebagian di dalam air mendapat tekanan ke atas oleh bagian-bagian air dengan jumlah kekuatan yang sama dengan berat air yang dipindahkan atau didesak oleh benda yang terbenani di dalam air. Jika banyaknya air yang dipindahkan atan didesak oleh benda tersebut 1000 kg, maka besar semua tekanan air atas benda tersebut adalah 1000 kg.

Titik pusat dan semua tekanan air (*centre of buoyancy*) diberi tanda B dengan arah tekanan ke atas (vertikal), sedangkan titik berat (*centre of gravity*) diberi tanda G dengan arah tekanan ke bawah (vertikal). B dan G merupakan gaya yang bekerja.

Jika benda mengapung, maka kekuatan gaya B yang menekan ke atas sarna dengan kekuatan gaya G yang menekan ke bawah sehingga agar benda mengapung, gaya G tidak boleh lebih besar dari gaya B.

Jika sekiranya gaya G lebih besar dari gaya B, maka benda tersebut tenggelam ke dalam air. Titik B selalu berada pada pusat dan semua bagian-bagian air yang menekan tubuh kapal yang berada di dalam air. Faktor yang mengakibatkan perubahan posisi B ialah perubahan posisi tubuh kapal yang berada di dalam air, misalnya jika kapal oleng. Jadi posisi B akan berubah-ubah jika kapal berlayar perubahan mana akan besar jika kapal berlayar melalui lautan yang bergelombang besar.

Titik G selain berada pada pusat dan seluruh massa kapal dengan muatannya. Massa tersebut meliputi semua bagian kapal yang berada di bawah dan yang di atas permukaan air serta semua benda yang berada di bagian atas dan di dalam kapal. Perubahan massa tersebut (penambahan berat pengurangan berat, pergeseran letak berat) akan mengakibatkan perubahan posisi G.
Titik M selalu berada vertikal di atàs B dan selalu terletak pada bidang penampang longitudinal yang tegak lurus pada lunas kapal.

2.3.1.3 Gaya dan momen

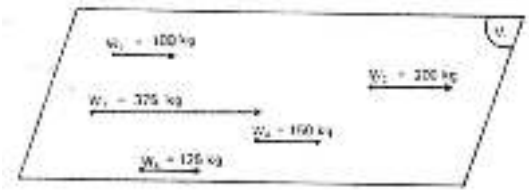
Pembahasan untuk menentukan posisi letaknya titik berat dilakukan dengan menggunakan hukum-hukum (dalil-dalil) ilmu gaya karena berat juga merupakan gaya atau membentuk gaya yang bekerja vertikal arah ke bawah (arah ke pusat bumi) di tempat gaya berat ini timbul karena daya tarik pusat bumi. Dalam pemhahasan gaya tersebut, pembahasan dilakukan atas berapa gaya yang membentuk suatu susunan (sistem) gaya yang berbubungan satu sama lain dan masing-masing gaya mempengaruhi posisi susunan gaya disebut dengan lain perkataan hasil akhir atau rasultan dan gaya-gaya tersebut menunjukkan posisi susunan (sistem) gaya tersebut.

1) Gaya-gaya berada pada suatu bidang datar

Dalil 1 :

Jika beberapa gaya berada pada suatu bidang datar (M), dalam hal ini, satu sama lain bekerja sejajar dan searah, maka (1) jumlah gaya-gaya tersebut (disebut resultan dan dibeni tanda dengan huruf (W) sama dengan jumlah semua gaya-gaya tersebut dan resultan W juga merupakan gaya, (2) arah bekerjanya resultan W sejajar dan searah dengan gaya-gaya tersebut, serta (3) resultan W berada pada bidang datar (M) tempat gaya-gaya tersebut bekerja

Jika resultan $W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + ... + W_N$



W = W1 + W2 + W3 + W4 + W5 = 100 + 200 + 375 + 150 + 125 = 950 kg

W berada pada bidang M dan arahnya sejajar dan searah dengan gaya-gaya

Dalil 2:

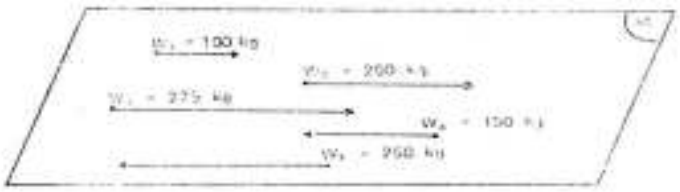
Jika beberapa gaya berada pada suatu bidang datar (M), dalam hal ini, satu sama lain bekerja sejajar tetapi dengan arah yang bertentangan. maka (1) resultan W sama dengan selisih gaya-gaya tersebut; (2) arah bekerjanya resultan W sejajar dan searah dengan jumlah gaya-gaya searah yang terbesar serta (3) resultan W berada pada bidang datar (M) tempat gaya-gaya tersebut bekerja.

Dalam hal ini, ditentukan resultan gaya-gaya yang searah misalkan resultannya masing-masing P, dan R,

Jika $R_1 > R_2$ maka resultan $W = R_1 – R_2$ dan searah dengan R_1.

Jika $R_2 > R_1$ maka resultan $W = R_2 – R_1$ dan searah dengan R_2

Karena gaya-gaya tersebut bertentangan arahnya, gaya-gaya tersebut saling menghapuskan sehingga resultan W adalah selisih dan gaya-gaya yang saling menghapuskan tersebut.



W = (W1 + W2 + W3) – (W4 + W5)

W = (100 + 200 + 275) – (150 + 250)

W = 175 kg

W berada pada bidang M dan arahnya sejajar dan searah dengan gaya-gaya W1, W9

Dalil 3 :

Jika beberapa gaya berada pada suatu bidang datar (M), dalam hal ini, gaya-gaya tersebut bekerja dengan arah yang tidak sejajar, maka besarnya resultan W serta arah bekerjanya ditentukan dengan mempergunakan ilmu *vector*.

2) Gaya - gaya berada dalam suatu ruang

Dalil 4:

Jika beberapa gaya berada dalam suatu ruang, dalam hal ini, gaya-gaya tersebut bekerja sejajar dan searah, maka resultan W gaya-gaya tersebut sama dengan jumlah gaya-gaya tersebut.

W = W1 + W2 + W3 + W4+....Wn

W berada dalam ruang tersebut dengan arah bekerjanya sejajar dan searah dengan gaya-gaya tersebut.

Dihubungkan dengan gaya-gaya yang bekerja pada suatu bidang datar seperti yang diuraikan di atas, dalil ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Diambil gaya W_1 dan W_2 dan melalui kedua gaya ini dapat dibentuk suatu bidang datar, pada bidang mana kedua gaya tersebut bekerja. Dengan

demikian, resultan (R_1) kedua gaya W_1 dan W_2 sama dengan jumlah kedua gaya tersebut, yaitu :

$R_1 = W_1 + W_2$

R1 berada pada bidang yang di bentuk melalui kedua gaya W1 dan W2 berarti berada dalam ruang tempat gaya-gaya tersebut di mana R_1 sejajar dan searah dengan W_1 dan W_2 berarti R_1 sejajar dan searah dengan semua gaya-gaya berada dalam ruang tersebut

2. Kemudian diambil resultan R_1 dan Gaya W_3 dan melalui kedua gaya ini dibentuk suatu bidang datar pada bidang mana kedua gaya tersebut bekerja. Dengan demikian, resultan (R_2) dari kedua gaya R_1 dan W_3 sama dengan jumlah kedua gaya tersebut yaitu:

   $R_3 = R_1 + W_3$

   R3 berada pada bidang yang dibentuk oleh kedua gaya tersebut berarti berada dalam ruang tempat gaya-gaya tersebut, di mana R_2 sejajar dan searah dengan semua gaya yang berada dalam ruang tersebut.

   Oleh karena telah diperoleh $R_1 = W_1 + W_2$ maka

   $R_2 = R_1 + W_3 = W_1 + W_2 + W_3$
3. Seterusnya begitu diambil resultan R_2 dan gaya W_4 kedua gaya ini dapat dibentuk satu bidang datar pada bidang mana kedua gaya tersebut bekerja. Dengan demikian, resultan (R_3) dari kedua gaya tersebut sama dengan jumlah kedua :

   $R_3 = R_2 + W_4$ atau $R_3 = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$
4. Dengan cara yang demikian dilakukan seterusnya sehingga akhirnya diperoleh :

   $W = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + ... + R_{n-1}$

   $W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + ... + W_n$

Dalil 5:

Jika beberapa gaya berada dalam suatu ruangan, dalam hal ini, gaya-gaya tersebut bekerja *sejajar* tapi dengan *arah yang bertentangan,* maka resultan W sama dengan gaya-gaya tersebut dan resultan W sejajar dan searah dengan jumlah gaya-gaya searah yang terbesar serta resultan W berada dalam ruang tersebut.

$W = W_1 + W_2 + W_3 – (W_4 + W_5)$

Gaya-gaya W_4 dan W_5 sejajar dan searah (bertentangan arah dengan W_1 W_2 dan W_3) sehingga resultannya R_2 sama dengan jumlah kedua gaya tersebut yaitu :

$R_2 = W_4 + W_5$ Dalam hal ini (1) $W = R_1 - R_2$ jika

$R_1 > R_2$ Arah w sejajar dan searah dengan R_1 (2)

$W = R_2 – R_1$ jika $R_2 > R_1$ Arah W sejajar dan searah dengan R_2

Dalil 6:

Jika beberapa gaya berada dalam suatu ruang, dalam hal ini, gaya-gaya tersebut bekerja dengan arah yang *tidak sejajar,* maka besarnya resultan W serta arah bekerjanya ditentukan dengan mempergunakan ilmu *vector.*

3) Gaya dan momen gaya

Gaya-gaya W_1, W_2, W_3, W_4, ... W_n yang bekerja pada titik tempatnya masing-masing, dan bekerjanya gaya-gaya dinyatakan terhadap suatu titik tertentu *(reference point)* atau terdapa suatu garis tertentu *(reference line)* atau terhadap suatu bidang tertentu *(reference surface)* akan menimbulkan *momen.*

Jarak gaya-gaya tersebut terhadap titik (garis, bidang) yang dipergunakan sebagai *reference* disebut *tuas* atau *lengan gaya.* Satuan untuk tuas (lengan) dinyatakn dalam satuan jarak, yaitu dalam satuan cm, m atau dalam satuan km, dalam satuan inci, satuan kaki dan satuan mil. Umum dipergunakan ialah satuan meter (m) atau kaki (ft).

Besarnya momen yang ditimbulkan oleh gaya yang bekerja terhadap *reference point (line, surface)* sama dengan besarnya gaya x tuas. Jika gaya besarnya 3 ton dengan tuas 5 m, maka besar momen ialah 3 ton x 5 m = 15m-ton. Jika besar gaya 5 ton (long ton) dengan tuas 4 kaki maka besar momen ialah 5 ton x 4 kaki = 20 kaki-ton.

Letak *reference point (line, surface)* ditentukan sembarangan tapi perlu ditentukan sedemikian rupa sehingga tidak mempersulit perhitungan tapi mempermudah dan menyedehanakan perhitungan.

4) Momen suatu gaya

Dalil 7:

Jika suatu gaya W_1 bekerja terhadap *referencepoint* P sejauh D_1 dari P, maka momen gaya W_1 terhadap *reference point* besarnya $W_1 \times D_1$. Jika misalnya gaya $W_1 = 400$ kg dan $D_1 = 10_m$ maka :

Momen = $W_1 \times D_1 = 400$ kg $10_m = 4000$ kg-m (m-kg)



Dalil 8:

Jika suatu gaya W_1 bekerja terhadap suatu garis Y tertentu *(reference line* Y) sejauh D_1 dari garis Y, maka momen gaya W_1 terhadap *reference line* Y besarnya $W_1 \times D_1$.



Untuk menentukan jarak D_1 terhadap garis Y melalui titik W_1 ditarik garis yang tegak lurus pada garis Y.

Dalil 9:

Jika suatu gaya W_1 bekerja terhadap suatu bidang M tertentu *(reference surface* M) sejauh D_1 dari bidang M, maka momen gaya W_1 terhadap bidang *reference surface* M adalah $W_1 \times D_1$. Untuk menentukan jarak D_1 terhadap bidang M melalui titk W_1 ditarik garis yang tegas lurus pada bidang M dengan cara sebagai berikut.



Tarik garis Y melalui W_1 yang sejajar dengan bidang M, kemudian melalui garis Y dibentuk suatu bidang N yang tegak lurus pada bidang M, seterusnya melalui titik W_1 ditarik garis D_1 yang berada pada bidang N dan tegak lurus pada garis Y. Karena D_1 tegak lurus pada garis Y dan D_1 berada pada bidang M, maka D_1 tegak lurus pada bidang M. (Setiap garis yang berada pada bidang N dan tegak lurus pada garis Y agak tegak lurus pada bidang M).

5) Momen beberapa gaya

Dalil 10:

Jika beberapa gaya berada pada suatu bidang datar, dalam hal ini, gaya-gaya tersebut bekerja sejajar dan searah, maka besarnya momen masing-masing gaya terhadap suatu garis Y tertentu *(reference line)* sesuai dengan besarnya masing-masing gaya dikalikan dengan dengan jarak masing-masing gaya terhadap *reference line* Y.

Tidak menjadi soal apakah *reference line* Y di tempatkan pada bidang datar tersebut atau di luarnya (yang terbaik ialah ditempatkan pada bidang datar tersebut). Dengan demikian.

Momen gaya $W_1 = W_1 \times D_1$

Momen gaya $W_2 = W_2 \times D_2$

Momen gaya $W_3 = W_3 \times D_3$

.....

.....

.....

Momen gaya $W_n = W_n \times D_n$

$D_1, D_2, D_3 \ldots D_n$ adalah jarak masing-masing gaya terhadap *reference line* Y.

1. Resultan W dari semua gaya dalam satu sistem (lihat uraian di muka mengenai resultan gaya-gaya) sesuai dengan jumlah semua gaya tersebut, yaitu :

$W = W_1 + W_2 + W_3 + ... + W_n$

2. Momen resultan W terhadap *reference line* Y sama dengan jumlah momen semua gaya dalam sistem tersebut, yaitu :

   Momen $W = W_1 \times D_1 + W_2 \times D_2 + W_3 \times D_3 ... W_n \times D_n$

3. Jika sekiranya jarak resultan W terhadap garis Y sama dengan D (tidak diketahui, akan ditentukan), maka momen resultan W terhadap *reference line* Y aalah W x D.

4. Menurut titik 2 dan 3 diatas ini, maka :

   $W \times D = W_1 \times D_1 + W_2 \times D_2 + W_3 \times D_3 ... W_n \times D_n$

   atau $D \quad \frac{W_1 \times D_1 + W_2 \times D_2 + W_3 \times D_3 ... W_n \times D_n}{W}$

Dalil 11:

Jika beberapa gaya berada dalam suatu ruang, dalam hal ini, gaya-gaya tersebut bekerja sejajar dan searah, maka momennya masing-masing serta momen resultan W terhadap bidang datar M tertentu *(reference surface)* sebagai berikut.

Momen gaya $W_1 = W_1 \times D_1$

Momen gaya $W_2 = W_2 \times D_2$

Momen gaya $W_3 = W_3 \times D_3$

Momen gaya $W_n = W_n \times D_n$

.....

.....

.....

Momen resultan W = W2 x D1 + W2 + D2 + W3 x D3 + ...+Wn + Dn

Jika sekiranya jarak resultan W ke reference surface M = D (tidak diketahui, akan ditentukan), maka:

Momen resultan W = W x D

Dari kedua persamaan momen resultan W di atas ini, dapat ditentukan D sebagai berikut :

$$D = \frac{W1xD1 + W2xD2 + W3xD3 + ...WnXDn}{W}$$

Contoh

Gaya-gaya	Jarak ke Bidang M	Momen
W1 = 250 kg	10 m	2500 kg-m

W2= 450 kg	20 m	9000 kg-m
W3 = 300 kg	15 m	4500 kg-m
W = 2000 kg	D	36000 kg-m

2000 kg x D = 36000 kg-m atau D = $D = \frac{36000kg - m}{2000kg} = 18m$

Jika, resultan W = 2000 kg berada jauh 18m dari *reference surface* M.

Dalil 12:

Jika beberapa gaya berada dalam suatu ruang, dalam hal ini, gaya-gaya tersebut bekerja sejajar, tetapi dengan arah yang bertentangan maka (1) momenya masing-masing terhadap *reference line* Y *(reference surface* M) adalah :

Momen resultan W = W2 x D1 + W2 + D2 + W3 x D3 + ...+Wn + Dn

Jika sekiranya jarak resultan W *ke reference surface* M = D (tidak diketahui, akan ditentukan), maka:

Momen resultan W = W x D

Dari kedua persamaan momen resultan W di atas ini, dapat ditentukan D sebagai berikut :

$$D = \frac{W1xD1 + W2xD2 + W3xD3 + ...WnXDn}{W}$$

Contoh

Gaya-gaya	Jarak ke Bidang M	Momen
W1 = 250 kg	10 m	2500 kg-m
W2= 450 kg	20 m	9000 kg-m
W3 = 300 kg	15 m	4500 kg-m

Momen gaya $W_1 = W_1 \times D_1$

Momen gaya $W_2 = W_2 \times D_2$

Momen gaya $W_3 = W_3 \times D_3$

.....

.....

.....

Momen gaya $W_n = W_n \times D_n$

(2) resultan W gaya-gaya tersebut sama dengan selisih antara jumlah gaya-gaya yang searah dengan jumlah gaya-gaya yang searah lainnya, dan arah resultan W searah dengan gaya-gaya searah yang terbesar jumlah:

(3) momen resultan W terhadap *reference line* Y *(reference surface* M*)* sama dengan selisih momen gaya-gaya tersebut.

Contoh

Gaya W1 = 600 kg, jaraknya ke refence line Y = 15 m

Gaya W2 = 500 kg, jaraknya ke refence line Y = 10 m

Gaya W3 = 900 kg, jaraknya ke refence line Y = 20 m

Gaya W4 = 700 kg, jaraknya ke refence line Y = 15 m

Gaya W5 = 500 kg, jaraknya ke refence line Y = 11 m

W_1 dan W_2 serta W_3 sejajar dan searah bekerjanya W_4 dan W_5 sejajar dan searah bekerjanya, juga sejajar dengan W_1, W_2, dan W_3, tetapi bertentangan arah bekerjanya.

Dari contoh di atas ini, diperoleh bahwa besar resultan $W = W_1 + W_2 + W_3 - (W_4 + W_5) = 600 + 500 + 900 - (700 + 500) = 800$ kg. Momen resultan W dan posisi W (jaraknya ke garis Y) ditentukan sebagai berikut.

Gaya-gaya	Jarak ke garis Y	Momen
W1 = 600 kg	15 m	9000 kg-m
W2 = 500 kg	10 m	5000 kg-m
W3 = 900 kg	20 m	18000 kg-m
= 2000 kg	-	32000 kg-m
W4 = 700 kg	15 m	10500 kg-m
W5 = 500 kg	11 m	5500 kg-m
W = 800 kg	D	16000 kg-m

800 kg x D = 16000 kg-m

$$D = \frac{16000kg - m}{800kg} = 20m$$

6) Memilih *reference line / surface*

Dalam uraian-uraian di atas kepada gaya-gaya diberi tanda yang sama, yaitu positif, dilakukan jika *reference lin/ surface* ditentukan tempatnya sedemikian rupa sehingga semua gaya-gaya berada sebelan *reference line/surface* tersebut (di sebelah kanan atau di sebelah kiri). Dapat juga *reference line/surface* ditempatkan sebagai berikut.

1. Di tengah-tengah gaya-gaya sehingga beberapa gaya berada di sebelah kanan dan gaya-gaya lainnya berada di sebelah kiri *reference line / surface* tersebut. Dalam hal ini, jika kepada gaya-gaya yang di sebelah kanan *reference line / surface* diberi tanda positif, maka kepada gaya-gaya yang di sebelah kirinya harus diberi tanda negatif, demikian sebaliknya. Dengan demikian, ada gaya-gaya yang diberi tanda positif, ada juga yang diberi tanda negatif. Demikian juga dengan momen masing-masing gaya. Sudah tentu dengan adanya tanda positif dan tanda negatif tersebut akan mempersulit perhitungan untuk menentukan resultan W dan momen resultan W. Oleh karena itu, cara penempatan *reference line/surface* yang demikian lebih baik tidak dilakukan.
2. Melalui salah satu gaya. Dalam hal ini, momen gaya yang bersangkutan sama dengan nol, karena jarak ke *reference line/surface* tidak ada, atau nul. Kemungkinan juga ada di antara gaya-gaya tersebut yang berada di sebalah kanan dan ada di sebelah kiri *reference line/surface* tersebut, sehingga di antara gaya-gaya tersebut ada yang diberi tanda positif dan ada yang diberi tanda negatif. Juga cara penetapan *reference line/surface* yang demikian tidak baik dilakukan karena akan mempersulit perhitungan.
3. Ditempatkan di luar susunan (sistem) gaya-gaya. Misalnya, gaya-gaya yang berada pada bidang datar, *reference line/surfacenya* di tempatkan di luar bidang tersebut. Demikian juga untuk gaya-gaya yang berada dalam suatu ruang, *reference line/surfacenya* di tempatkan di luar ruang tersebut. Kesulitan dalam cara penetapan *reference line/surface* yang demikian akan dijumpai kalau gaya-gaya berpindah atau dipindahkan sehingga jarak masing-masing ke *reference line/surface* tersebut berubah, berarti momen masing-masing gaya dan momen resultan W juga berubah.

   Cara yang terbaik untuk menentukan letak *reference line/surface* ialah dengan cara sebagai berikut.

   1. Kepada semua gaya dalam susunan (sistem) tersebut dapat diberi tanda positif, berarti semua gaya berada di sebelah kanan atau sebelah kiri *reference line/surface* tersebut.

2. *Reference line/surface* berada (di tempatkan) dalam lingkungan susunan (sistem) gaya-gaya tersebut. Misalnya, untuk gaya-gaya yang berada dalam suatu kapal (gaya berat barang-barang yang diangkut), *reference line/surfacenya* harus berada di dalam kapal tersebut, sehingga jika kapal berlayar, jarak masing-masing gaya ke *reference line/surface* tidak berubah, berarti tidak berubah momennya masing-masing gaya serta momen resultan W. Dapat dibayangkan bagaimana akibatnya jika *reference line/surface* di tempatkan di luar kapal, misalnya ditetapkan pelabuhan Tanjung Priok, kemudian kapal berlayar meninggalkan pelabuhan itu menuju pelabuhan London dan seterusnya ke pelabuhan New York.

7) Menentukan posisi resultan W

Untuk menentukan posisi resultan W terhadap *reference line,* diperlukan dua *reference line* misalnya diambilgaris Y dan X yang tegak lurus satu sama lain.

1. Ditentukan jarak masing-masing gaya terhadap garis Y misalnya, D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, ... D_n. Jika sekitarnya D adalah jarak resultan W ke garis Y, maka sesuai dengan diuraikan di muka :
2. $D = \frac{W1xD1 + W2xD2 + W3xD3 + ... + WnxDn}{W}$ Ditentukan jarak masing-masing gaya terhadap garis X, misalnya L_1, L_2, L_3, L_4, ... L_n. Jika sekiranya L adalah jarak resultan W ke garis X, maka

$$L = \frac{W1xL1 + W2xL2 + W3xL3 + ... + WnxLn}{W}$$

Posisi resultan W atau tempat letaknya resultan W adalah pada titik perpotongan antara garis D dengan garis L.

Contoh

Gaya-gaya sejajar dan searah.

W_1 = 2 ton	D_1 = 10 m	L_1 = 5 m
W_2 = 5 ton	D_2 = 16 m	L_2 = 9 m
W_3 = 7 ton	D_3 = 5 m	L_3 = 10 m
W_4 = 6 ton	D_4 = 2,5 m	L_4 = 7,5 m
W_5 = 10 ton	D_5 = 6 m	L_5 = 7 m

Resultan W = $W_{1,}$ + W_2 + W_3 + W_4 + W_5

W = 2 + 5 + 7 + 6 + 10 = 30 ton

D dan L dari resultan W ditentukan sebagai berikut.

$D = \frac{2x10 + 5x16 + 7x5 + 10x6(ton - m)}{30ton}$ sejauh 7 m dari gars Y

D = 7m, yaitu resultan W berada

$L = \frac{2x5 + 5x9 + 7x10 + 6x7.5 + 10x7(ton - m)}{30ton}$

L = 7 m, yaitu resultan W berada sejauh 8 m dari garis X.

Cara lain untuk menentukan D dan L adalah sebagai berikut

Gaya-gaya (W)	Jarak ke Y (D)	Jarak ke X (L)	Momen (WxD)	Momen (WxL)
W1 = 2 ton	10 m	5 m	20 ton -m	10 ton –m
W2 = 5 ton	16 m	9 m	80 ton -m	45 ton –m
W3 = 7 ton	5 m	10 m	35 ton -m	70 ton –m
W4 = 6 ton	2.5	7.5 m	15 ton -m	45 ton –m
W5 = 10 ton	6 m	7 m	60 ton -m	70 ton –m
				+
W = 30 ton	D	L	210 ton -m	240 ton –m

D = 210 ton-m/30 ton = 7 m
L = 240 ton-m/30 ton = 8 m

8) Momen koppel

Momen koppel adalah momen dari dua gaya yang tergantung/terikat *(gekoppeld),* di mana (1) kedua gaya tersebut sejajar, tetapi bertentangan arahnya dan (2) kedua gaya tersebut terletak pada suatu bidang datar. Jika kedua gaya tersebut sama besarnya, maka kedua gaya yang terikat akan menimbulkan



Momen koppel = K x D
Momen koppel K x D ini menimbulkan putaran yang searah dengan putaran jarum jam, disebut positif.

Momen koppel K x D
Momen koppel K x D ini menimbulkan putaran yang berlawanan dengan arah perputaran jarum jam, disebut negatif.

2.3.1.4 Resultan beberapa gaya berat

Untuk gaya-gaya berat, gaya-gaya tersebut selalu bekerja sejajar dan searah, yaitu vertikal ke bawah sehingga resultan gaya-gaya berat sesuai dengan jumlahnya. Misalkan gaya berat benda adalah sebagai berikut, G_1 = 10 long-ton, G_2 = 4 long-ton G_3 = 12 long-ton G_4 = 10 long-ton, G_5 = 14 long-ton. Resultan gaya berat G dari gaya-gaya tersebut adalah :

$G = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5$

G = 50 long-ton

Untuk menetukan posisi (letaknya) gaya berat G, dibentuk *reference line* X dan Y yang tegak lurus satu sama lain. Kemudian, masing-masing gaya berat di ukur jaraknya ke *reference line* X da Y, misalnya diperoleh sebagai berikut.

Gaya berat	Jarak ke X	Jarak ke Y
G_1 = 10 long-ton	L_1 = 11 kaki	D_1 = 23 kaki
G_2 = 4 long-ton	L_2 = 7,5 kaki	D_2 = 20 kaki
G_3 = 12 long-ton	L_3 = 5 kaki	D_3 = 35 kaki
G_4 = 10 long-ton	L_4 = 6 kaki	D_4 = 18 kaki
G_5 = 14 long-ton	L_5 = 10 kaki	D_5 = 15 kaki

Dengan demikian, momenya masing-masing adalah sebagai berikut.

Momen G_1 terhadap garis X = 11 x 10 = 110 kaki-ton

Momen G_2 terhadap garis X = 7,5 x 4 = 30 kaki-ton
Momen G_3 terhadap garis X = 5 x 12 = 60 kaki-ton
Momen G_4 terhadap garis X = 6 x 10 = 60 kaki-ton
Momen G_5 terhadap garis X = 10 x 14 = 140 kaki-ton
---------- +
Moment G terhadap garis X = L x 50 = 400 kaki-ton

Jadi L (kaki) x 50 (ton) = 400 kaki-ton

L = (400 kaki-ton) / (50 ton) = 8 kaki

Berarti, jarak resultan G (50 long-ton) ke refrence line X = 8 kaki.

Momen G_1 terhadap garis Y = 23 x 10 = 230 kaki-ton
Momen G_2 terhadap garis Y = 20 x 4 = 80 kaki-ton
Momen G_3 terhadap garis Y = 25 x 12 = 300 kaki-ton
Momen G_4 terhadap garis Y = 18 x 10 = 180 kaki-ton
Momen G_5 terhadap garis Y = 15 x 14 = 210 kaki-ton
---------- +
Moment G terhadap garis Y = D x 50 = 1000 kaki ton

Jadi, D (kaki) x 50 (ton) = 1000 kaki-ton

D = $\frac{1000 kaki - ton}{50 ton}$ = 20 kaki

Berarti, jarak resultan G (50 long-ton) ke *referenceline*Y = 20 kaki

2.3.1.5 Perubahan susunan gaya-gaya berat

Jika ada beberapa gaya berat yang membentuk suatu susunan (sitem) gaya berat, misalnya jika ada penambahan/pengurangan gaya berat) terhadap susunan gaya berat tersebut, maka besar resultan G serta posisi G akan berubah.

Demikian juga jika ada perpindahan/perubahan susunan berat dalam susunan gaya-gaya berat tersebut, maka resultan G tidak berubah, tapi posisi (letak) G akan berubah. Jika terjadi perubahan susunan berat (berarti perubahan susunan gaya-gaya berat), maka akan terjadi perubahan posisi resultan G sebagai berikut.

1. Resultan G akan bergerak ke arah (mendekati) penambahan berat.
2. Resultan G akan bergerak menjauhi pengurangan berat.
3. Untuk perubahan susunan gaya-gaya berat, resultan G tidak berubah

(tidak bertambah/berkurang beratnya) tetapi resultan G akan menjauhi tempat semula gaya berat yang dipindahkan, dan bergerak ke arah/mendekati tempat baru gaya berat yang dipindahkan tersebut.

G1 = 5 ton, jaraknya ke garis X = 15 m, momennya = 75 m-ton
G2 = 8 ton, jaraknya ke garis X = 17 m, momennya = 136 m-ton
G3 = 7 ton, jaraknya ke garis X = 7 m, momennya = 49 m-ton

G = 20 ton, jaraknya ke garis X = D m, momennya = 260 m-ton

Dengan demikian, D = $D = \frac{260}{20} = 13m$ berarti jarak resultan G ke garis X adalah 13 m

Dari jaraknya masing-masing ke garis X ternyata bahwa, G lebih dekat ke garis X daripada G_1 dan G_2 dan G lebih jauh dari garis X daripada G_3.

Pengurangan berat

G_1 dikeluarkan/dikurangkan dari susunan gaya berat tersebut. Dengan demikian, G = 8 + 7 = 15 ton dengan momen 136 + 49 =185 m-ton sehingga $D\frac{185}{15} = 123\frac{1}{3}$ m dari garis X, ternyata bahwa posisi G bergerak ke arah garis (berpindah $\frac{2}{3}m$) yaitu menjauhi pengurangan berat G_1

Penambahan berat

G_4 seberat 10 ton ditambah ke dalam susunan ketiga gaya berat tersebut di atas, sejauh 10 m dari garis X. Momen G_4 terhadap garis X = 10 x 10 = 100 m-ton.

Jarak G terhadap garis $X = \frac{360}{60} = 12m$

Dengan demikian, G = 20 + 10 = 30 ton dengan momen 260 + 100 = 360 m-ton, sehingga sebelum perubahan G_4 jarak dan G ke garis X = 13 m, sedangkan setelah penambahan G_4 jarak ke garis x = 12 m, berarti G bergerak mendekati garis X, berarti pula mendekati penambahan berat G_4 yang jaraknya 10 m dari garis X.

Perubahan susunan

G_1 = 5 ton yang jaraknya 15 m dari garis X dipindahkan ke arah garis X sehingga jaraknya menjadi 9 m dari garis X. Dalam hal ini, resultan G tidak berubah, tetap sebesar 20 ton. Akan tetapi, jumlah momen ketiga gaya berat tersebut (momen resultan G) mengalai perubahan, yaitu berkurang sebesar 5 x (15 – 9) = 30 m-ton sehingga momen G menjadi 260 – 30 = 230 m-ton. Dengan demikian, jarak G ke garis $Y = \frac{20}{230} = 11{,}5m$ Yaitu G bergerak mendekati garis X, berarti G mendekati G_1 dalam posisinya yang baru, berarti pula G menjauhi posisi/tempat G_1 yang lama.

2.3.1.6*Gaya berat kapal dan muatannya*

Kapal mempunyai berat, demikian juga muatan yang diangkutnya sehingga kapal dan muatan kapal mempunyai gaya berat, dan searah masing-masing vertikal ke bawah atau ke arah pusat bumi.

Muatan berada di dalam beberapa ruangan kapal (palka), dan masing-masing muatan di dalam masing-masing palka mempunyai gaya berat. Akan tetapi, jika muatan berada di dalam kapal, maka gaya berat kapal itu sendiri dengan gaya berat rnuatannya membentuk satu susunan (sistem) gaya berat, dan resultan semua gaya berat tersebut sama dengan jumlahnya.

Kapal (dengan muatan di dalamnya) mengapung di dalam ada gaya lain yang menekan tubuh kapal ke arah atas, yaitu paya dan bagian-bagian air (*water portions*) yang menekan tubuh kapal arah ke atas. Dalam hal ini, berlaku hukum Archimedes.

Adanya tekanan air mengakibatkan kapal mengapung berarti tekanan air ke tubuh kapal menimbulkan daya apung (*buoyancy*) kapal, dan besarnya daya apung ini sesuai dengan banyaknya air (beratnya air) yang didesak/dipindahkan oleh bagian tubuh kapal yang berada di bawah permukaan air, dan banyaknya air yang dipindahkan ini disebut *displacement*.

Sudah tentu, agar kapal tetap dapat mengapung, berat kapal dengan muatannya tidak boleh lebih besar dan daya apung berarti kapasitas angkut/muat kapal harus disesuaikan dengan daya apung sedemikian rupa sehingga berat kapal itu sendiri dengan muatannya tidak boleh lebih besar dan *displacement*.

Mengenai berat kapal dengan kapasitas muat/angkut kapal terdapat beberapa istilah dengan pengertiannya (dan segi berat maupun isi/volume) sebagai berikut.

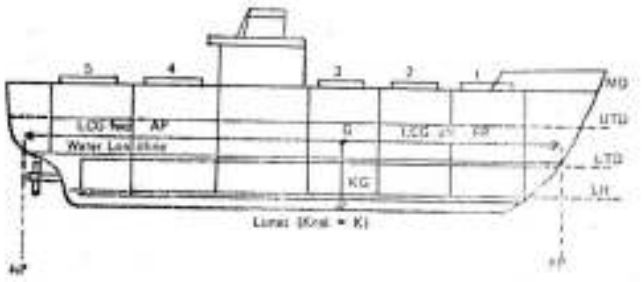
1. Tonase (*tonnage*) kapal yang dipergunakan disebut *space tons* dan *weight tons*, yang terdiri dan *gross tonnage*, yaitu kapasitas ruangan kapal (*cubic capacity intern)* yang dinyatakan dalam satuan ton dan 100 cult (1 satuan ton = 100 satuan kaki kubik) dan *nett tonnage*, yaitu *gross tonnage* dikurangi (a) ruangan (tempat tinggal) para awak kapal, para perwira, dan kabin untuk nakhoda, serta (b) ruang untuk navigasi, *boatswin*, ketel (*boiler),* mesin penggerak kapal (*marine power*) dan mesin pembantu (*doncey*) dan (c) ruang untuk tempat air minum/mandi (air tawar) dan air *ballast* (air pemberat kapal). Satuannya dinyatakan dalarn satuan long-ton dan 100 cuft. (kaki kubik).
2. *Loaded displacement*, yaitu berat kapal itu sendiri (*light ship*), dengan muatan (barang-barang dan penumpang) bahan-bahan bakar, air, persediaan (*stores*), *dunnage*, dan sebagainya. Berat kapal dengan semua muatannya akan menekan kapal ke dalam air hingga mencapai sarat maksimum (*maximum draft*) yang diperkenankan.
3. *Light displacement* (*light ship*). yaitu berat kapal itu sendiri atau berat kapal tanpa muatan, tanpa bahan-bahan bakar, tanpa air, tanpa persediaan, tanpa *dunnage*, dan sebagainya.
4. *Deadweight tonnage* merupakan daya angkut kapal yang di nyatakan dalam satuan long-ton (2240 lbs = 1016 kg). *Deadweight tonnage = loaded displacement tonnage.*
5. *Cargodeadweight tonnage*, yaitu *deadweight tonnage* dikurangi dengan bahan-bahan bakar, air, persediaan, *dunnage* dan sebagainya, yaitu daya angkut kapal (yang diperkenankan) atas muatan (*cargo).*
6. *Operating load = deadweight tonnage* dikurangi *cargodeadweight tonnage.* Istìlah *space tons* dipergunakan jika dinyatakan dalam satuan kaki kubik (*cult*) atau dalam satuan meter kubik (m^3) dan istilah *weight tons* dipergunakan jika dinyatakan dalam satuan ton (long-ton atau metrik ton). Jika misalnya *gross tonnage* suatu kapal (*weight tons)* 19500 long-tons, maka *gross tonnage*nya dalarn satuan *space tons* adalah sebesar 100 x 19500 = 1950000 cult (*space tons*) = 55185 m3 (1 cult = 0,0283 m^3).

Gross tonnage disingkat dengan GRT, sedangkn *nett tonnage* disingkat dengan NRT. *Deadeweight tonnage* disingkat dengan DWT, sedangkan *cargodeadweight tonnage* disingkat dengan CDW atau DW cargo.

Untuk pendaftaran kapal dipergunakan istilah *register tonnage*, yang terdiri dan *bruto register tonnage* (disingkat dengan BRT) dan *nett register tonnage* (disingkat dengan NRT) yang berbeda dengan kapasitas angkut/muat kapal seperti yang disebutkan di atas. Bahkan, untuk suatu kapal tertentu. BRT dan NRT-nya akan berbeda antara satu negara dengan negara lain, karena BRT dan NRT ini ditentukan berdasarkan ketentuan-ketentuan yang ditetapkan dalam suatu negara, ketentuan-ketentuan mana yang pada umumnya berbeda untuk masing-masing negara.

2.3.1.7 *KG dan LCG kapal dan muatannya*

Sebagai contoh di bawah ini, dilukiskan suatu kapal dengan ruangan muatan barang-barang dibagi dalam beberapa bagian ruangan (palka) sebagai berikut.



1. Secara horisontal dibagi dalam tiga bagian ruangan (*holds*), yaitu ruangan *upper tween deck* (UDT), ruangan *lower tween deck* (LTD), dan ruangan *lower hold* (LH). Dek yang paling atas disebut *main deck* (MD).
2. Secara vertikal dibagi dalam lima bagian ruangan (palka), yang terdiri dari lima pintu keluar/masuk barang (*hatch*). yaitu *hatch* 1,*hatch* 2, *hatch* 3, *hatch* 4, dan *hatch* 5.
3. Di samping ruangan-ruangan yang tersebut di atas ini, masih ada ruangan-ruangan lain, yaitu *deep tank* (DT). *double bottom* (DB), ruangan untuk tempat persediaan (*stores*), ruangan untuk tempat tinggal para awak kapal

dan sebagainya. Jarak titik berat masing-masing palka (dengan muatannya) dan masing-masing ruangan-ruangan lain (DT, DB, untuk *stores dsb*.) terhadap lunas kapal (keel = K) disebut/ditulis KG. Dalam hal ini lunas kapal dipergunakan sebagai *reference line* sehingga momennya masing-masing adalah G x KG.

Jarak titik berat G masing-masing palka (dengan muatannya) dan masing-masing ruangan-ruangan lain (DT, DB, untuk *stores dsb*.) terhadap *forward perpendicular* (FP) atau terhadap *after perpendicular* (AP) disebut *longitudinal centre of gravity* (LCG). Dalam hal ini, salah satu PP atau AP dipergunakan sebagai *reference line*.

Jika PP diambil sebagai *reference line* disebut LCG aft FP, misalnya LCG = 200 kaki aft FP. maka berarti, G terletak 200 kaki di sebelah belakang FP.
Jika diambil AP sebagai *reference line*, disebut LCG fwd AP, misalnya LCG 250 fwd AP, maka berarti, G terletak 250 kaki di sebelah muka AP.
Khusus untuk berat kapal itu sendiri (*light ship*), KG dan LCG-nya telah ditentukan (tetap) oleh arsitek kapal. Jarak antara AP dengan PP disebut *length between* perpendicular (LBP). Dan 1/2 LBP merupakan bagian pertengahan kapal (*amidship section*).
Catatan

1. kapasitas masing-masing palka (ton, kaki-kubik), luas lantai dan tinggi palka
2. jarak titik berat masing-masing palka terhadap lunas kapal(KG)
3. jarak titik berat masing-masing palka terhadap FP atau terhadap AP, (LCG alt FP atau LCG fwd AP) dapat diperoleh dan daftar yang dimiliki oleh masing-masing kapal, yaitu daftar *capacities of cargo hold*.

2.3.1.8 *Momen transversal dan longitudinal*

Momen transversal
Momen gaya berat G terhadap lunas kapal (sebagai *reference line)* disebut momen transversal, yaitu G x KG.

Masing-masing palka dan tangki (dengan muatannya) serta berat kapal itu sendiri (light ship) dan ruangan-ruangan) lainnya mempunyai gaya berat (G) dan jaraknya ke lunas kapal (KG) sehingga masing-masing mempunyai momen transversal sebesar G x KG.

Resultan seluruh gaya berat muatan dengan gaya berat kapal itu sendiri, merupakan berat kapal dengan semua muatanraya yang sesuai dengan *displacement* (Δ), sedangkan jarak titik berat *displacement* ini terhadap lunas kapal (KG) ditentukan berdasarkan jumlah momen dibagi dengan *displacement*. Yaitu

Δ x KG = Jumlah G x KG = Jumlah momen transversal sehingga

$$KG = \frac{Jumlah\ GxKG}{\Delta} = \frac{Jumlah\ momen\ transversal}{\Delta}$$

Dengan perkataan lain, KG *displacement* sama dengan jumlah momen transversal dibagi dengan *displacement*.

Momen longitudinal

Momen gaya berat G terhadap FP atau AP (sebagai *reference line*) disebut momen longitudinal. yaitu G x LCG. Seperti halnya momen transversal tersebut di atas, juga dalam momen longitudinal ini diperoleh bahwa :

Δ x LCG jumlah G x LCG = jumlah momen longitudinal sehingga

$$LCG = \frac{Jumlah\ GxLCG}{\Delta} = \frac{Jumlah\ momen\ longitudinal}{\Delta}$$

Dengan lain perkataan, LCG *displacement* sama dengan momen longitudinal dibagi dengan *displacement*

2.3.1.9 *Penambahan/pengukuran muatan kapal*

Penambahan muatan (dimuat) atau pengurangan muatan (dibongkar) atau pemindahan muatan (misalnya sebagian muatan tertentu dalam UTD dipindahkan ke LH) akan mengakibatkan perubahan posisi G kapal dengan muatannya (G *displacement*) yaitu KG atau LCG berubah sebagai berikut.

1. G bergerak ke arah/mendekati penambahan berat.
2. G bergerak menjauhi pengurangan berat.

Beberapa contoh *Displacement* suatu kapal = 15000 ton dengan KG 28 kaki. Dimuat 1000 ton barang dengan KG 20 kaki. Berapa KG baru setelah dimuat 1000 ton?

Penyelesaian cara pertama

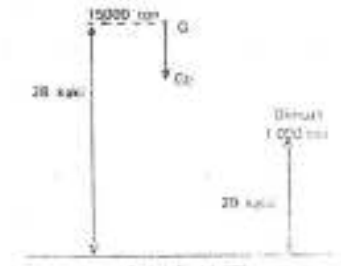
Gaya berat	KG	Momen transversal
1500 ton	28 kaki	420000 kaki-ton
1000 ton	20 kaki	20000 kaki-ton
16000 ton	KG Baru	440000 kaki-ton

$$KG\ baru = \frac{440000\ kaki - ton}{16000\ ton} = 27{,}5\ kaki$$

Berarti, untuk *displacement* = 16000 ton, KG-nya = 27,5 kaki

Penyelesaian cara kedua

Dimuat 1000 ton dengan KG = 20 kaki, berarti dimuat di sebelah bawah dan KG *displacement* semula (15000 ton), yaitu di bawah 28 kaki, sehingga G bergerak ke bawah (menjadi Gb) mendekati penambahan berat yang 1000 ton tersebut



Dalam cara kedua ini yang ditentukan ialah jauhnya G turun ke bawah (sejauh GGb), yaitu:

$$GGb = \frac{1000 \times (28 - 20)}{15000 + 1000}$$

$= \frac{1}{2}$ kaki

GGb = $\frac{1}{2}$ kaki, berarti G turun ke bawah sejauh $\frac{1}{2}$ kaki, sehingga:

KG baru = 28 kaki − $\frac{1}{2}$ kaki = 27,5 kaki.

Rumus:

$$GGb = \frac{W \times (KG\ terbesar - KG\ terkecil)}{\Delta\ (awal) + W}$$

Displacement suatu kapal 15000 ton dengan KG 28 kaki. Dibongkar 2000 ton dengan KG 15 kaki. Berapa KG baru seteLah dibongkar 2000 ton?

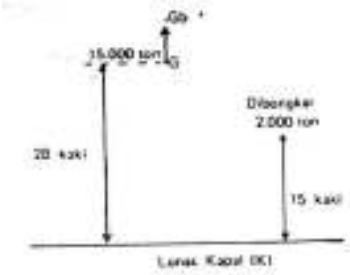
Penyelesaian cara pertama

Gaya berat	KG	Momen transversal
1500 ton	28 kaki	420000 kaki-ton
1000 ton	20 kaki	20000 kaki-ton
13000 ton	KG Baru	390000 kaki-ton

$$KG\ baru = \frac{390000\ kaki - ton}{13000\ ton} = 30\ kaki$$

Penyelesaian cara kedua

Dibongkar 3000 ton dengan KG 15 kaki, berarti dibongkar yang di sebelah bawah dan KG *displacement* (15000 ton dengan KG = 28 kaki) sehingga G bergerak ke atas (menjadi Gb) menjauhi pengurangan berat yang 2000 ton tersebut. Jadi, yang perlu ditentukan ialah GGb atau jauhnya G bergerak ke arah atas.



$$GGb = \frac{2000 \times (28 - 15)}{15000 - 2000}$$

= 2 kaki

Jadi, KG baru = 28 kaki + 2 kaki = 30 kaki

Rumus:

$$GGb = \frac{W \times (KG\ terbesar - KG\ terkecil)}{\Delta\ (awal) - W}$$

I. *Displacement* suatu kapal = 15000 ton dengan KG 28 kaki. Dari UTD dipindahkan 1000 ton (KG = 35 kaki) ke LTD (KG = 20 kaki) Berapa KG baru setelah dipindahkan 1000 ton?

Penyelesaian cara pertama

Mula-mula yang 1000 ton (yang dipindahkan dan UTD ke LTD) dianggap dibongkar (KG = 35 kaki) sehingga diperoleh:

Gaya berat	KG	Momen transversal
1500 ton	28 kaki	420000 kaki-ton
1000 ton	20 kaki	35000 kaki-ton
14000 ton	KG Baru	385000 kaki-ton

$$KG\ baru = \frac{385000\ kaki - ton}{14000\ ton} = 27{,}5\ kaki$$

Kemudian dianggap dimuat kernbali yang 1000 ton tersebut (KG 20 kaki) sehingga diperoleh:

Gaya berat	KG	Momen transversal
14000 ton	27.5 kaki	385000 kaki-ton
1000 ton	20 kaki	20000 kaki-ton
15000 ton	KG Baru	385000 kaki-ton

$$KG\ baru = \frac{405000\ kaki - ton}{15000\ ton} = 27\ kaki$$

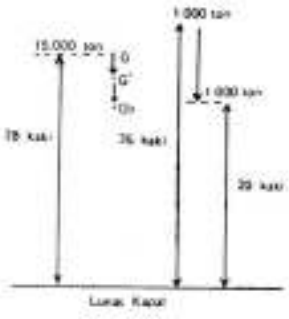
Penyelesaian Kombinasi :

Gaya berat	1KG	Momen transversal	
15000 ton	28 kaki	420000	kaki-ton
Diturunkan			
Ke bawah	1000 ton	(35-20) kaki	15000 kakiton
	15000 ton	Kg baru	405000 kaki ton

$$KG = \frac{4050000\ kaki\ ton}{15000\ ton} = 27\ kaki$$

Penyelesaian cara kedua

Diturunkan 1.000 ton dan LITD (KG 35 kaki) ke LTD (KG 20 kaki) sehingga berkurang berat di sebelah G *displacement* (15000 ton), yang rnengakibatkan G *displacement* tururi ke bawah (menjauhi pengurangan berat), yaitu menjadi G. Yang 1.000 ton tersebut diturunkan dan UTD ke LTD sehingga bertambah berat d bawah G *displacement*, yang rnengakibatkan G *displacement* turun lagi ke bawah (mendekati penambahan berat), yaitu menjadi Gb.



Dianggap dibongkar 1000 ton (KG = 35 kaki) sehingga G turun ke bawah menjadi G'.

$$GG' = \frac{1000 \times (35 - 28)}{15000 - 1000}$$

$= \frac{1}{2}$ kaki

$KG' = 27{,}5$ kaki

Kemudian dianggap dimuat 1000 ton (KG = 20 kaki) sehingga G' turun ke bawah menjadi Gb.

$$G'Gb = \frac{1000 \times 27.5 - 20}{14000 + 1000}$$

$= \frac{1}{2}$ kaki.

Dengan demikian, KG baru adalah 27,5 kaki - 0,5 kaki 27 kaki.

Penyelesaian kombinasi

$$GGb = \frac{1000 \times (35 - 28) + 1000 \times (28 - 20)}{150000}$$

$$GGb = \frac{1000 \times (35 - 20)}{15000} = 1 \text{ kaki}$$

Kg baru = 28kaki - 1 kaki = 27 kaki

Rumus:

$$GGb = \frac{W \times (KG \text{ terbesar} - KG \text{ terkecil})}{\Delta}$$

Displacement suatu kapal = 15.000 ton dengan LCG = 250 kaki aft FP. Kemudian dimuat 1.000 ton sejauh 90 kaki dan FP. Berapa LCG aft FP baru setelah dimuat 1.000 ton?

Penyelesaian cara pertama

Gaya berat	KG	Momen transversal
15000 ton	250 kaki	375000 kaki-ton
1000 ton	90 kaki	90000 kaki-ton
16000 ton	KG Baru	384000 kaki-ton

$$LCGbaru = \frac{384000 \ kaki \ ton}{16000 \ ton} = 240 \ kaki \ aft \ FP$$

Penyelesaian cara kedua

Dimuat 100G ton sejauh 90 kaki dan FP, berarti dimuat di sebelah muka dan G *displacement* semula (15000 ton) sehingga G ber gerak ke muka (mendekati penambahan berat) menjadi GGb.



$$GCB = \frac{1000x(250-90)}{15000+1000} = 10 \text{ kaki, berarti G bergerak 10}$$

Kaki ke muka mendekati FB. LCD baru = 250 kaki, 10 kaki = 240 kaki aft FP

Rumus :

$$GGb = \frac{Wx(LCG\ \ terbesar - LCG\ \ terkecil)}{\Delta\ awal + W}$$

I. *Displacement* suatu kapal 15000 ton dengan LCG 250 kaki fwd FP. Kernudian dibongkar 1500 ton dengan LCG 340 kaki fwd AP. Berapa LCG baru fwd AP setelah dibongkar 1500 ton?

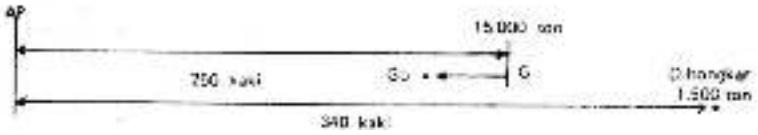
Penyelesaian cara pertama

Gaya berat	KG	Momen transversal
15000 ton	250 kaki	375000 kaki-ton
1500 ton	340 kaki	51000 kaki-ton
13500 ton	KG Baru	32 4000 kaki-ton

$$LCGbaru = \frac{324000\ \ kaki\ \ ton}{15000\ \ -1500} = 240\ \ kaki\ \ fwd\ \ AP$$

Penyelesaian cara kedua

Dibongkar 1500 ton yang jauhnya 340 kaki di muka AP, berarti dibongkar yang di sebelah muka dan G *displacement* (15000 ton)sehingga G bergerak ke arah belakang (menjauhi pengurangan berat), yaitu sampai di Gb.



$$GGb = \frac{15000 \times (340 - 250)}{15000 - 1500} = 10 \text{ kaki}$$

LCG baru = 250 kaki - 10 kaki = 240 kaki AP

Rumus:

$$GGb = \frac{W \times (LCG\ terbesar - LCG\ terkecil)}{\Delta\ awal}$$

I. *Displacement* suatu kapal = 20000 ton dengan LCG 280 kaki aft FP serta KG 27.5 kaki. Dimuat 2500 ton sejauh 400 kaki dan FP dan 20 kaki di atas lunas kapal. Dimuat 1500 ton sejauh 200 kaki dan PP dan 24 kaki di atas lunas kapal. Berapa LCG baru aft FP dan KG baru?

Penyelesaian

Gaya berat (ton)	KG (kaki)	LCG aft FP (kaki)	Momen trans. (kaki-ton)	Momen long. (kaki-ton)
20000	27.5	280	550000	375000
2500	20	400	50000	100000
1500	24	200	36000	30000
24000	KG Baru LCG Baru		636000	6960000

$$LCGbaru = \frac{636000\ \ kaki\ \ ton}{24000\ \ ton} = 26{,}5\ \ kaki$$

$$LCGbaru = \frac{636000\ \ kaki\ \ ton}{24000\ \ ton} = 287{,}5\ \ kaki\ \ aft\ \ FP$$

2.3.1.10 *Posisi daya apung dan metasenter posisi daya apung*

Posisi daya apung (*buoyancy* B) dapat ditentukan atas dasar besarnya sarat kapal yaitu KB = 0,53 x sarat kapal. KB adaiah jarak antara lunas dengan B. Untuk G dipergunakan satuan berat, sedangkan untuk B dipergunakan satuan

volume, karena B merupakan *centre of buoyancy* dan bagian-bagian (volume) air yang menekan pada tubuh kapal yang berada di dalain air.

Seperti yang telah disebutkan di muka, posisi B berubah jika kapal oleng sehingga dalam pelayaran melalui lautan yang bergelombang, posisi B berubah-ubah sebagai berikut.

1. Jika kapal dalam keadaan seimbang, maka B berada pada garis tengah kapal (*centreline*), demikian juga dengan G. Dalam hal ini, B berada vertikal di bawah G.
2. Jika kapal mengapung naik turun, maka B naik turun mengikuti naik turunnya kapal, menjauhi atau mendekati G pada suatu garis yang tegak lurus pada garis permukaan air.
3. Jika kapal oleng, misalnya oleng/miring ke sebelah kanan, maka suatu volume air tertentu dipindahkan/didesak pada sebelah kiri kapal, sedangkan di sebelah kanan kapal bertambah volume (bagian-bagian) air yang menekan tubuh kapal yang terbenam di dalam air. Dalam hal ini, jika kapal oleng ke kanan, B berpindah ke kanan karena bagian-bagian air (*water portions*) kini lebih banyak menekan tubuh kapal bagian kanan daripada bagian kiri. Demikian juga dalam keadaan sebaliknya yaitu jika kapal oleng/miring ke kiri. Memang demikian karena B adalah titik pusat daya apung (*centre of buoyancy*) sehingga B akan berpindah ke arah tempat di mana bagian-bagian air (volume air) yang lebih banyak menekan tubuh kapal (seperti halnya G akan berpindah ke arah tempat di rnana berat bertambah). Jadi, ada persamaan tingkah laku antara G dengan B.Tapi perlu diingat bahwa G mengenai berat, sedangkan B mengenai volume (dapat dijabarkan ke dalam berat dengan bantuan berat jenis air).

Catatan

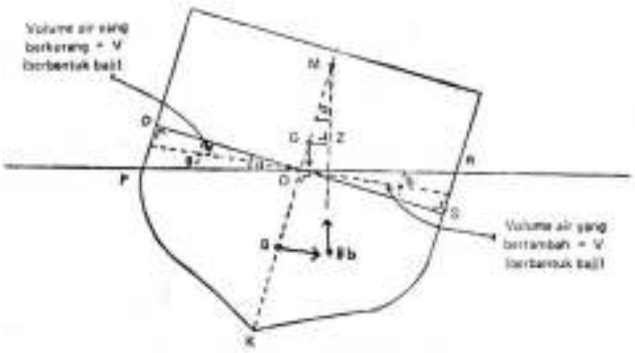
Jika misalnya kapal mulai oleng ke kanan dan seterusnya semakin oleng ke kanan, demikian juga oleng ke kiri, kemudian tempat kedudukan titik B pada tiap-tiap posisi (kanan dan kiri) dihuhungkan dengan suatu garis. maka akan diperoleh suatu bentuk elips. Adapun untuk menentukan perubahan/perpindahan posisi B,yaitu berpindah dan B lama ke B baru (Bb) sejauh BBb dapat ditentukan dengan rumus (lihat gambar di bawah) sebagai berikut.

$$BBb = \frac{v \times d}{V}$$

v = Volume air yang dipindahkan (bertanbah) yang berbentuk baji.

V = Volume bagian tubuh kapal yang berada di dalam air (under water portion of the *hull*), yaitu *displacement*.

d = gg_1



g = titik berat segitiga siku OPQ BBb sejajar dengan gg_1

g_1 = titik berat segitiga suku ORS

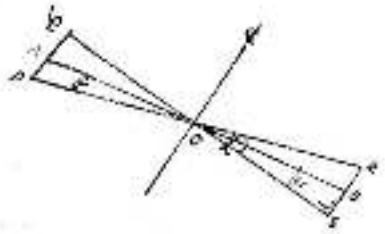
GR = lebar kapal (L) $gg = d = \frac{2}{3}\frac{KQS}{Cos\frac{1}{2}q}$

Rumus :

$BBb = \frac{v \times d}{V}$ diperoleh sebagai berikut.

(1) Momen Bb (V) terhadap *center line* C = V x BBb.
(2) Momen g (v) terhadap O = v x Og. Momen g_1 (v) terhadap O = v x Og + v x Og_1. Jumlah momen g_1 dan g_1 terhadap O = v x Og + v x Og_1 = p x (Og + Og_1) = v x gg_1 + v x d.

Kedua momen tersebut di atas ini, sama besarnya sehingga V x BBb = v x d atau $BBb = \frac{v \times d}{V}$ dan d = $\frac{2}{3}$ x $= \frac{L}{Cos\frac{1}{2}q}$(L= lebar kapal) diperoleh sebagai berikut.



Og = 2/3 x OA
g = titik berat
OA = garis berat
Og_1 = 2/3 x OS
g_1 = titik berat
OB = garis berat
Qs = L = lebar kapal

1. *Segitiga siku OQA*

$$\text{Cos } \tfrac{1}{2} q = \frac{OQ}{OA} \text{ sehingga } OA = \frac{OQ}{\text{Cos } \tfrac{1}{2} q}$$

$$\text{Jadi } Og = 2/3 \times \frac{OQ}{\text{Cos } \tfrac{1}{2} q} = 1/3 \frac{QS}{\text{Cos } \tfrac{1}{2} q}$$

$$Og = 1/3 \times \frac{L}{\text{Cos } \tfrac{1}{2} q}$$

2. *Segitiga siku OSB*

$$\text{Cos } \tfrac{1}{2} q = \frac{OS}{OB} \text{ sehingga } OB = \frac{OS}{\text{Cos } \tfrac{1}{2} q}$$

$$\text{Jadi, } Og_1 = 2/3 \times \frac{OS}{\text{Cos } \tfrac{1}{2} q} = 1/3 \times \frac{QS}{\text{Cos } \tfrac{1}{2} q}$$

$$Og_1 = 1/3 \times \frac{L}{\text{Cos } \tfrac{1}{2} q}$$

3. $gg_1 = d = Og + Og_1$

$$gg_1 = d = 2/3 \times \frac{L}{\text{Cos } \tfrac{1}{2} q} + 1/3 \times \frac{L}{\text{Cos } \tfrac{1}{2} q}$$

$$gg_1 = d = 2/3 \times \frac{L}{\text{Cos } \tfrac{1}{2} q}$$

Daya apung cadangan

Berdasarkan yang diuraikan di atas, perihal daya apung, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Daya apung kapal disebabkan oleh tekanan bagian-bagian air pada tubuh kapal yang berada di dalarn air dan pusat semua tekanan air itu merupakan pusat daya apung (*centre of buoyancy*) dan diberi tanda B.

2. Tekanan bagian-bagian air itu mengakibatkan kapal mengapung dan jumlahnya sama dengan berat benam (*displacement*).
3. Kapal akan tetap mengapung selama berat benam sama dengan berat kapal dengan muatannya.

Dengan adanya daya apung tersebut, kapal akan mengapung dan tidak akan tenggelam. Akan tetapi, agar kapal dapat berlayar dengan aman dalam segala keadaan cuaca, maka kapal harus laik laut (*seaworthy*). Untuk tujuan ini, kapal perlu diperlengkapi dengan daya apung cadangan, yaitu tubuh kapal yang menjorok (berada) di atas permukaan air harus ditutup dengan balk, dan tubuh kapal tersebut harus kedap air.

Posisi metasenter

Jika kapal oleng, posisi M berubah, tetapi M selalu berada pada garis tengah kapal (*centreline*). Untuk olengan yang kecil atau dalam keadaan stabilitas awal (stabilitas metasentrik), M selalu pada garis tengah kapal yang berada di dalam tubuh kapal. Tetapi, untuk olengan besar, kemungkinan M keluar dan dalarn tubuh
kapal, tapi tetap) berada pada garis yang ditarik melalul garis tengah kapal. Titik perpotongan antara garis yang ditarik melalui B yang teqak lurus pada permukaan air dengan garis pertengahan kapal (*centre/me*) merupakan tempat (titik) kedudukan M pada setiap posisi 13. Untuk menentukan berbagai posisi M rnerupakan tugas dan arsitek kapal; untuk ini mereka menyediakan daftar atau diagram metasenter untuk masingmasing kapal dan berbagai posisi sarat. Jarak antara B dengan M diberi tanda BM yang disebut jam-jam metasenter (*metacentric radius*), sedangkan jarak antara G denqan M diberi tanda GM yang disebut *chips* GM.

Jarak antara lunas kapal dengan jam B dan M

Jarak antara lunas kapal (keel = K) dengan B diberi tanda KB dan jarak antara K dengan M diberi tanda KM. Jarak antara B dengan M merupakan jari-jari metasenter. Dalam ha! ini, KM =KB + BM memegang penanan penting dalam penentuan stabilitas awal.

Nilai dan KM berubah-ubah mengikuti perubahan sarat (*draft*). berarti KM berubah-ubah mengikuti perubahan *displacement*, tetapi dalarn arah yang bertentangan antinya jika *displacement* bertambah besar maka KM menjadi Iebih kecil sampai suatu batas tertentu kemudian KM bertambah besar dengan perlahan-lahan, jarak antara G dengan B dan M Jarak antara G dengan B sesual dengan GZ, yaitu dengan menarik garis melalul G tegak lurus pada BM, GZ rnerupakan lengan (tuas) dan gaya G dengan gaya B, Jika kapal dalam posisi seimbang, berarti B berada vertikal di bawah G,maka GZ = O. Jarak antara G dengan M diberi tanda GM yang merupakan ukuran stabilitas melintang kapal. Untuk stabilitas awal, GM disebut tinggi metasentrik.

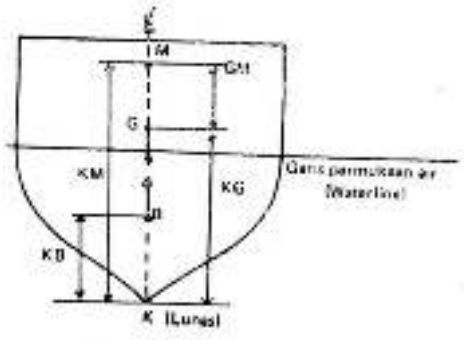
2.3.1.11 Keseimbangan yang stabil. netral, dan labil

Dalam pembahasan mengenal stabilitas kapal, ketentuan yang berikut sangat penting, yaitu jika G berpindah semakin ke bawah, yaitu semakin mendekati lunas kapal, maka stabilitas kapal semakin besar (kecenderungan untuk kembali kepada posisi tegak semakin besar).

Untuk menurunkan G ke bawah dapat dilakukan dengan cara memuat Iebih berat muatan di bagian bawah (distribusi vertikal).Kondisi terbaik ialah agar G tidak terlalu di bawah dan juga tidak terlalu di atas sedemikian rupa sehingga diperoleh keseirnbangan yang stabil.

Ditinjau dan sudut keseimbangan kapal, letak G dan M memegang peranan penting, yaitu sebagai berikut.

1. Jika G berada di sebelah bawah M, diperoleh keseimbangan yang stabil (*stable equilibrium*)
2. Jika G bertindihan dengan M, diperoleh keseimbangan yang netral (*neutralequilibrium*).
3. Jika G berada di sebelah atas M, diperoleh keseimbangan yang labil/tidak stabil (*labile/unstable equilibrium*).



Gambar di atas ini menujukkan posisi kapal dalam keadaan seimbang dan tegak serta dengan lunas yang mendatar

€ = *centreline* (garis tengah)

G = *centre of gravity,* yang mcnunjukkan besar kapal dengan semua muatannya.

B = *centre of buoyancy*, yang mcnunjukkan besarnya tekanan air terhadap dindingtubuh kapal yang terbenam di da!am air (*undewater portion of the hull*).

G = B = *displacement*.

Jarak K dengan M disebut KM,Jarak K dengan G disebut KG. Jarak G dengan M disebat GM.

BM = jari-jari metasenter (*metacentric radius*)

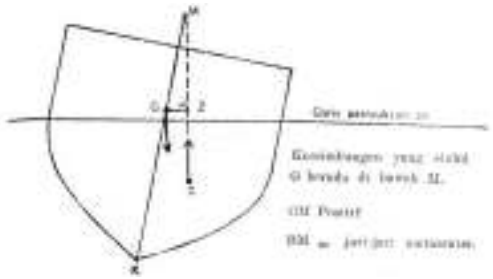
Jika G = berada di bawah M disebut GM Positif (GM >0)

Gaya berat G dengan daya apung B berada pada suatu garis lurus, kedua gaya ini bertentangan arahnya, sama besarnya (sesuai dengan *displacement*) sehingga saling menghapuskan. Akibatnya, kapal seímbang dan tegak.

Keseimbangan yang stabil

Jika kapal mulai oleng, misalnya oleng ke kanan (lihat gambar dibawah), maka B berpindah meninggalkan *centreline* kapal, yaitu ke arah olengan kapal (ke arah kanan dalam gambar). Dalam halini G tidak berubah (G hanya berubah disebabkan oleb perubahan/perpindahan berat, dan tidak herubah disebabkan olengan kapal),sedangkan mengenai kedudukan M, untuk olengan kecil dapat di

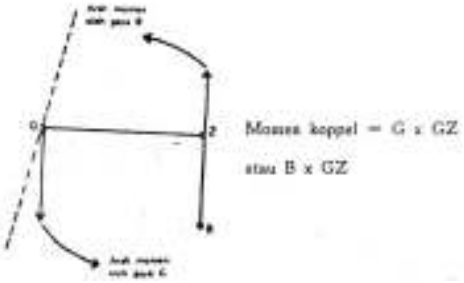
anggap tidak berubah.



Dalam hal yang demfkian, sebagaimana kelihatan dalam gambar,gaya berat G dengan gaya daya apung B bekerja dalam arah yang bertentangan, yaitu 13 arah ke atas dan G arah ke bawah, tetapi kedua gaya ini bekerja sejajar dan terpisah sejauh GZ antara satu sama lain.

Gaya G dan gaya B berada pada satu bidang (menurut Ilmu ukur, melalui dua garis dapat dibentuk satu bidang datar), keduagaya ini sama besarnya (sesuai dengan *displacement*). bekerja sejajar, tetapi dengan arah yang bertentangan. Dengan demikian, kedua gaya tersebut membentuk koppel, dan koppel ini akan membentuk momen, yaitu momen koppel dan besarnya momen ini sesuai dengan hasil perkalian antara satu gaya tersebut (G atau B) dengan lengan (tuas) GZ. yaftu sebesar G x GZ atau B x GZ.

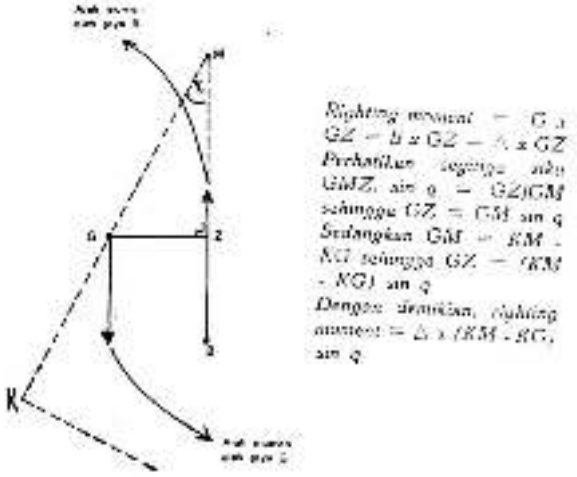
Dalam gambar, kapal oleng ke arah kanan, maka gaya G mengarahkan momen koppel tersebut arah ke kanan, sedangkan gaya B mengarahkannya arah ke kiri, sehingga arah momen Koppel tersebut bertentangan dengan arah perputaran jarum jam (jika kapal oleng ke kin, arah momen koppel adalah kebalikannya, asal kan kedudukan peninjau tidak berubah).



Arah bekerjanya momen koppel mengakibatkan kapal yang oleng tersebut bergerak (berputar). kembali kepada kedudukanyang tegak, sehingga momen koppel tersebut juga momen menegakkan (*righting moment*). yaitu momen yang menegakkan kembali kapal yang oleng. Besarnya momen ini tergantung dan GZ dan *displacement* yaitu sama dengan A x GZ.

Karena adanya *righting moment*, maka posisi yang demikian(G berada di bawah M atau GM positif) disebut keseimbangan yang stabil, dan *righting moment* tersebut akan bekerja terus sampai akhirnya kapal kembali tegak.

Dari rumus A x GZ ternyata bahwa (1) jika *displacement* semakin besar (GZ tetap), maka *righting moment* semakin besar; (2) pada saat kapal mulai oleng/miring timbullah GZ sehingga timbul *righting moment*; (3) jika GZ semakin besar (olengan kapal semakin besar), sedangkan *displacement* tetap, maka *righting moment* semakin besar.



Menentukan besarnya *righting moment*

Jika misalnya *displacement* = 15000 ton dan GZ 1/3 kaki, makä *besar righting momeñt* = 15000 x 1/3 = 5000 kaki-ton.*Displacement* dapat diketahui, dan untuk menentukan *righting moment* perlu diketahui GZ. Jika GZ telah diketahui/ditentukan untuk berbagai posisi olengan kapal, maka *righting moment* masing-masing posisi olengan kapal dapat ditentukan. Berikut ini ditinjau bagaimana caranya menentukan GZ.

KM dapat diperoleh dan suatu daftar kapal (*deadweight scale*) untuk berbagai *displacement* masing-masing kapal, atau dan grafik metasenter. KG ditentukan dengan cara yang diuraikan di muka (mengenai momen transversal). Dengan demikian, yang masih perlu ditentukan ialah besarnya sudut olengan kapal (sudut q dalam gambar) sehingga dapat ditentukan besarnya *righting moment*.

Dari gambar di atas, ternyata bahwa jika kapal semakin oleng, maka sudut q semakin besar sehingga sinus q semakin besar, berarti *righting moment* semakin besar; demikian juga GZ semakin besar sehingga A x GZ semakin besar (A tetap besarnya) sehingga *righting moment* semakin besar. Dengan demikian, jika kapal semakin oleng, *rightingmoment* juga semakin besar, berarti tenaga dalam yang mengusahakan agar kapal kembali tegak semakin besar.

Jika misalnya *displacement* 20000 ton, KM = 31 kaki danKG 28 kaki, sehiagga GM 31 — 28 = 3 kaki, maka (I) jika kapal oleng dengan membentuk sudut 100 dengan garis vertikal, *righting moment* = 20000 x sin 100 = 60000 x 0,16 kaki-ton 9600 kaki-ton (2) jika sudut oleng = 15e. maka *righting moment* 20000 x 3 sin 15° 60000 x 0,24 kaki-ton = 15°,maka *righting moment* 20000 x 3 sin 150 = 60000 x 0,24 kaki-ton = 14400 kaki-ton.

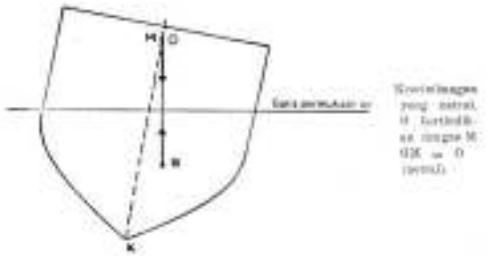
Sebagai tambahan, berikut diberikan harga-harga dan sinus dan cosinus untuk berbagai besarnya sudut.

sin 0° = 0,00	cos 0° = 1,00	sin 50° = 0,76	cos 50° = 0.65
sin 5° = 0,08	cos 5° = 0,98	sin 55° = 0,81	cos 55° = 0.58
sin 10° = 0,16	cos 10° = 0,96	sin 60° = 0,86	cos 60° = 0.50
sin 15° = 0,24	cos 15° = 0,94	sin 65° = 0,89	cos 65° = 0.41
sin 20° = 0,32	cos 20° = 0,92	sin 70° = 0,92	cos 70° = 0.32
sin 25° = 0,41	cos 25° = 0,89	sin 75° = 0,94	cos 75° = 0.24
sin 30° = 0,50	cos 30° = 0,86	sin 80° = 0,96	cos 80° = 0.16
sin 35° = 0,58	cos 35° = 0,81	sin 85° = 0,98	cos 85° = 0.08
sin 40° = 0,65	cos 40° = 0,76	sin 90° = 1,00	cos 90° = 0.00
sin 45° = 0,71	cos 45° = 0,71		

Keseimbangan yang netral

Jika kapal mulai oleng/mirnig, maka B berpindah ke arah olengan meninggalkan garis tengah kapal (*centreline*) sebagai akibat dan tekanan bagian-bagian air yang semakin besar pada tubuh kapal(yang berada di dalam air) di bagian olengan.

Jika sekiranya posisi G, *displacement* dan olengan adalah sedemikian rupa sehingga G jatuh bertindihan dengan M, maka dalam keadaan yang demikian diperoleh keseimbangan yang netral.Oleh karena G bertindihan. dengan M, maka garis BM bertindihan dengan garis GB, berarti arah gaya G dan gaya B ber tindihan tapi dengan arah bekerja yang bertentangan.



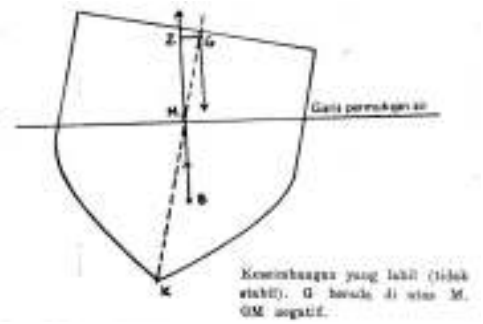
Karena G jatuh pada M, tidak ada GZ sehingga tídak ada *righting moment*. Karena tidak ada *righting moment*, maka kapalakan berada dalam posisi oleng yang demikian dan tidak akan kembali tegak, kecuali ada tenaga luar yang mendorongnya untuk kembali kepada posisi tegak, misalnya dorongan dan tenaga anginatau gelombang. Jika tidak ada tenaga luar tersebut, maka kapal tidak akan kembali kepada posisi tegak. Jika dikehendaki agar kapal kembali kepada posisi tegak yang disebabkan oleh tenaga dalam, maka perlu dibentuk *righting moment*, yaltu dengan mengusahakan agar G bergerak turun ke bawah sehingga berada di bawah M. Untuk menurunkan posisi G dapat dilakukan dengan memindahkan sebagian rnuatan yang berada di bagian atas ke bagian bawah, misalnya muatan tertentu dipindahkan dari MD atau dan UTD ke dalam LH atau LTD. Karena G telah berada di bawah M, maka terbentuklah GZ sehingga diperoleh *righting moment* untuk mengembalikan kapal kepada posisi yang tegak.

Dengan demikian, jika kapal oleng misalnya ke arah kanan, maka untuk mengembalikan kapal kepada posisi tegak (jika *righting moment* = O) dilakukan dengan cara mengurangi berat di bagian atas atau menambah berat di bagian bawah sedemikian rupa sehingga G bergerak turun ke bawah dan timbul *righting moment* untuk mengembalikan kapal kepada posisi tegak. Sekali-kali janganlah memindahkan sebagian muatan yang berada di sebelah kanan ke bagian kin kapal.

Keseimbangan yang labil (tidak stabil)

Keseimbangan yang labil atau yang tidak stabil diperoleh jikaG berada di atas M, yaitu GM lebih kecil dan nol atau GM negatif. Dalam keseimbangan yang labil. kapal tidak berada dalam posisi yang tegak, tapi oleng ke kanan maupun ke kiri. Besarnya olengan tergantung dari jauhnya G di atas M. Jika G semakin jauh di

atas M, maka olengan tersebut sernakin besar. Dalam hal ini, antara gaya B dengan gaya G terjadi lengan/tuas GZ. Gaya B dengan gaya G yang berada dalarn suatu bidang datar dengan arah gaya yang sejajar dan dengan arah bekerja yang bertentangan membentuk momen koppel tidak lagi merupakan *righting moment* karena momen koppel tersebut searah dengan olengan kapal sehingga memperkuat olengan kapal (lihat gambar). Dengan demikian, jika G semakin jauh di atas M, maka GZ semakin besar sehingga momen koppel juga semakin besar dan mengakibatkan olengan kapal semakin besar.



Jika telah terjadi GM yang negatif, maka satu-satunya jalan untuk menghilangkannya ialah dengan cara menambah berat di bagian bawah atau mengurangi berat di bagian atas sedemikian rupa sehingga G bergerak turun ke bawah sampai berada di bawah M, Jika misalnya GM negatif dan kapal oleng ke sebelah kanan. maka sekali-kali jangan dilakukan pemindahan muatan dan bagian kanan ke bagian kiri, karena yang demikian akan mengakibatkan kapal kembali bergerak oleng ke kiri. Akan tetapi, menjelang tiba pada posisi tegak, tba-tiba kapal oleng ke kiri. Demikan juga dalam keadaan olengan sebaliknya.

Dari sudut keselamatan dan keutuhan kapal dengan barang-barang muatannya serta keamanan para awak kapal dan penumpang, tentu keadaan oleng yang tiba-tiba tidak diingini karena dapat menimbulkan kerusakan.

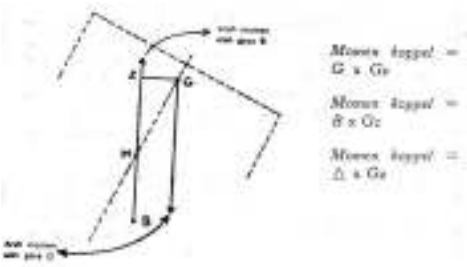
Dalam praktik, GM negatif sering dialami oleh *lumber carrier,* yaitu jika bentuk dan ukuran *lumber* tersebut adalah sedemikian rupa sehingga terpaksa ditimbun di atas geladak atas (*deck cargo*). Selain itu, ada kalanya bentuk *collo* (besar/panjang) sedemikian rupa sehingga tidak dapat dimuat ke dalam palka

dan terpaksa ditempatkan di geladak atas (*main deck*). Jika misalnya keadaan muatan (sifat, bentuk, ukuran) yang dimuat ke dalam palka adalah sedemikian rupa sehingga tetap lebih berat di bagian atas, sehingga G berada di sebelah atas sedemikian rupa sehingga diperoleh GM yang negatif maka untuk menurunkan ke bawah dapat dilakukan dengan mengisi penuh tangki bahan bakar (*double bottom tanks*) sehinga berat bertambah di bagian bawah Akan tetapi, posisi G yang demikian tidak dapat dipertahankan terus hingga tiba di pelabuhan tujuan, karena selama dalam, pelayaran bahan bakar dipergunakan sehingga berat di bagian bawah semakin berkurang, berarti G bergerak semakin ke atas Mungkin sebeluin sampai atau menjelang tiba di pelabuhan tujuan, GM telah menjadf negatif. Sekalipun telah tiba dengan selamat di pelabuhan tujuan, GM yang negatif tersebut sekali-kali jangan terus dianggap sepi. Dalam melakukan pembongkaran, diusahakan agar GM yang negatif. Jika, misalnya, kapal tiba dengan selamat dan bersandar di dermaga dalam keadaan oleng ke kanan (GM negatif) adalah suatu kekeliruan jika lebih dulu yang berada di bagian kiri yang dibongkar karena yang demikian bukan mengembalikan kapal kepada kedudukan tegak, tetapi mengakibatkan terjadinya olengan kapal dengan tiba-tiba ke bagian kiri yang dapat menimbulkan kerusakan.

Momen untuk GM yang negatif

Telah'disebutkan di atas bahwa untuk GM yang negatif. Olengan kapal semakin besar jika semakin jauh berida di atas M. Hal ini adalah sebagai akibat dan GZ yang semakin besar sehingga momen koppel yang ditimbulkan oleh gaya G dan gaya B.semakin besar (Iihat gambar di bawah).

Jika kapal oleng ke sebelah kanan (ke kanan peninjau), maka dari gambar jelas bahwa gaya B rnenimbulkan momen ke arah kanan. sedangkan gaya B menimbulkan momen ke arah kiri sehingga momen koppel memutar (mengerakkan) kapal dengan arah sesuai deigan arah perputaran jarum jam. yaitu ke arah sesuai dengan arah olengan kapal



Jika olengan kapal semakin besar, maka. GZ semakin besar sehingga momen koppel semakin besar, Dengan demikian, secara teoretis, seharusnya kapal semakin oleng ke kanan sampai akhirnya terbalik, karena momen koppel semakin besar. Akan tetapi, tidak mudah terjadi yang demikian, karena ada tenaga yang menghalangi,yaitu sebagai berikut.

1. Tahanan/gesekan air pada permukaan tubuh kapal yang berada di bawah permukaan air akan memperlambat kecepatan olengan kapal, berarti mengurangi olengan kapal.
2. Tekanan bagian-bagian air pada bagian kanan tubuh kapal (arah olengan kapal) yang berada di bawah permukaan air semakin besar karena semakin banyak bagian air yang menekannya (karena semakin luas permukaan tubuh kapal yang masuk ke dalam air), sedangkan pada bagian kiri tubuh kapal adalah kebalikannya. Tekanan bagian-bagian air yang semakin besar ini mengakibatkan olengan kapal semakin tertahan, bahkan bagian-bagian air itu selain dari menahan olengan kapal, juga mendorong tubuh kapal dengan arah dorongan yang berlawanan dengan arah olengan kapal.
3. Jika kapal semakin oleng ke sthelah kanan, maka B bergerak ke sebelah kanan (ke arah olengan kapal) semakin jauh dan garis pertengahan kapal. Akibatny'a, M bergerak ke atas mendekati G, sehingga GM yang negatif menjadi lebih kecil, tetapi tidak akan menjadi GM positif karena posisi G tidak berubah (posisi G hanya berubah jika terjadi perubahan/perpindahan berat).

Karena G dengan M semakin dekat, maka kekuatan olengan kapal ke kanan semakin kecil.

Untuk M diberi nama metasenter, dan pengertian dan metasenter adalah sebagai berikut; meta = batas atau peralihan:senter (*centre*) pusat atau tengah. Jadi, metaselnte.r (M) berarti titik batas atau peralihan dan G agar melewati titik M ke atasnya.

Dari daftar kapal dapat diperoleh posisi M, yaitu KM, sehingga dalam pengaturan pemadatan barang-barang di dalam kapal perlu dilakukan sedemikian rupa sehingga G berada di bawah M, berarti diusahakan agar diperoleh GM yang positif sehingga timbul *righting moment* yang mengembalikan kapal ke posisi tegak jika pada suatu ketika kapal oleng diakibatkan oleh tenaga dan luar.
Berikut ini dberikan posisi M, yaitu KM transversal suatu kapal tertentu (tipe C4 - S - 1a) untuk berbagai *displacement* dimulai dengan KM untuk berat kapal itu sendiri (*lightship*).

Displacement (salt water)	Transverse KM	*Displacement* (salt water)	Transverse KM
ton	kaki	ton	kaki
7900 (light ship)	38,00	15500	31,20
8000	37,80	16000	31,15
8500	36,85	16500	31,12
9000	36,00	17000	31,07
9500	35,30	17400	31,05
10000	34,45	17500	31,06
10500	34,00	18000	31,07
11000	33,50	18500	31,09
11500	33,00	19000	31,12
12000	32,70	19500	31,17
12500	32,20	20000	31,26
13000	32,10	20500	31,30
13500	31,80	21000	31,36
14000	31,60		
14500	31,45		
15000	31,32		

2.3.1.12 Stabilitas awal, bentuk, dan berat

Stabilitas awal atau disebut juga stabilitas metasentnik telah diuraikan di muka, demikian juga mengenai stabilitas besar. Di samping itu, masih dikenal stabilitas bentuk dan stabilitas berat. Stabilitas bentuk adalah stabilitas yang berhuhungan dengan bentuk kapal, yaitu stabilitas yang dipengaruhi oleh bentuk tubuh kapal.

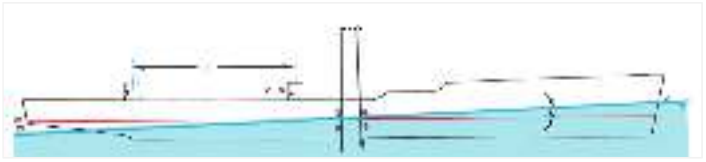
Dalam hal ini, sifat atau kecenderungan kapal untuk kembali kepala posisi tegak jika kapal oleng dipengaruhi oleh bentuk tubuh kapal tersebut di samping faktor-faktor sebagaimana yang telah diuraikan di muka, dan bagian stabilitas yang berhubungan dengan bentuk tubuh kapal itulah yang disebut stabilitas bentuk.

Stabilitas berat adalah stabilitas yang berhubungan dengan atau tergantung dan pembagian berat, berarti stabilitas yang tergantung dan posisi titik berat kapal. Pengertian atas stabilitas bentuk terutama diperlukan dalam pembangunan kapal, yaitu penentuan posisi titik berat tubuh kapal. Sedangkan stabilitas berat adalah sebagaimana yang telah diuraikan di muka.

2.3.2 Stabilitas memanjang kapal niaga

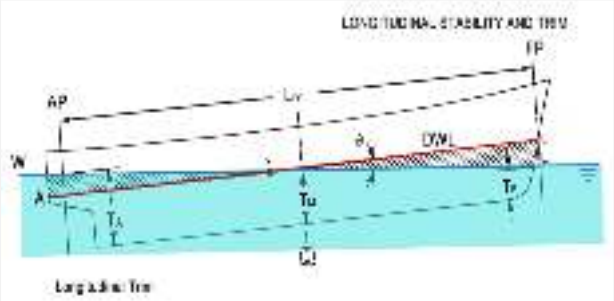
Yang dibahas di muka sebagian besar mengenai stabilitas melintang (*transverse stability*), yaitu stabilitas yang berhubungan dengan olengan kapal ke sebelah kanan dan kiri (olengan transversal). Karena kapal lebih mudah oleng ke kanan dan ke kiri daripada rnendongak dan menungging, maka penelitian atas stabilitas melintang sangat penting dari sudut keselamatan dan keutuhan kapal dengan muatannya serta keselamatan para awak kapal dan penumpang.

Adapun penelitian atas stabilitas longitudinal sangat penting dari sudut sarat (*draft*) dan *trim* kapal, yaitu yang berhubungan dengan apakah kapal dapat memasuki suatu pelabuhan, demikian juga apakah kapal dapat berlayar melalui suatu ambang alur pelayaran (*seaway*). Dalam hal ini, masalahnya ialah mengenai *draft* kapal dengan dalamnya air laut.



Gambar 76. Stablitas Melintang

Selanjutnya akan dibahas mengenai stabilitas longitudinal atau stabilitas membujur kapal, yaitu yang berhubungan dengan naik-turunnya bagian muka/haluan dan bagian belakang/buritan kapal (mendongak dan menungging).



Gambar 77.Gambar naik-turunnya bagian muka/haluan dan bagian belakang/buritan kapal

2.3.2.1 Titik berat dan daya apung longitudinal

Dalam stabilitas melintang, jarak G dan B terhadap lunas kapal ditulis/dinyatakan dengan KG dan KB. untuk posisi G disebut *transverse centre ot gravity*, sedangkan untuk posisi B disebut *transverse centre buoyancy*. Untuk membedakannya dengan stabilitas longitudinal, stabilitas longitudinal disebut sebagai berikut.

1. Untuk posisi G disebut pusat titik berat longitudinal (*longitudinal centre ot gravity*, disingkat dengan LCG).
2. Untuk posisi B disebut pusat daya apung longitudinal (*longitudinal centre ot buoyancy*, disingkat dengan LCB).

LCG dan LCB ini juga merupakan gaya, dan arah bekerjanya ditinjau secara horisontal dengan arah membujur kapal. Karena merupakan gaya, dalil-dalil gaya dan momen seperti yang disebutkan sebelumnya juga berlaku di sini.

Momen transversal

Dalam stabilitas melintang (transversal), momen gaya berat (G) = Δ x KG, disebut momen transversal dan KG menunjukkan jarak G terhadap lunas kapal (lunas kapal diambil sebagai *reference line*).

Momen longitudinal

Dalam stabilitas membujur (longitudinal), momen gaya berat (G) = Δ x LCG, disebut momen longitudinal dan LCG menunjukkan jarak G terhadap AP atau FP (AP atau FP diambil sebagai *reference line*). Titik berat kapal dengan muatannya hanya satu, yaitu G. Dengan demikian, G terletak pada titik perpotongan antara garis KG dengan garis LCG yang merupakan tempat kedudukan dari G. Jika G, KG dan LCG ditinjau untuk masing-masing palka dan tangki secara individu, maka masing-masing palka tangki (dengan muatannya) mempunyai G, KG dan LCG. Demikian juga halnya G, KG dan LCG untuk kapal itu sendiri (*light ship*). Dalam hal ini, momen kapal dengan muatannya (transversal dan longitudinal) merupakan jumlah momen kapal itu sendiri dengan momen muatan dalam masing-masing palka, tangki, dan sebagainya. Dengan demikian,

Δ x KG = jumlah momen transversal; dan

Δ x LCG = jumlah momen longitudinal.

Jika jarak KG diukur terhadap lunas kapal dan jarak LCG diukur terhadap FP (LCG aft FP), maka prinsip kedua momen transversal dan momen longitudinal ini merupakan prinsip dari pembuatan tabel (daftar) penimbunan dan pemadatan (*loading table*) sebagaimana yang akan dibahas dalam uraian berikutnya.

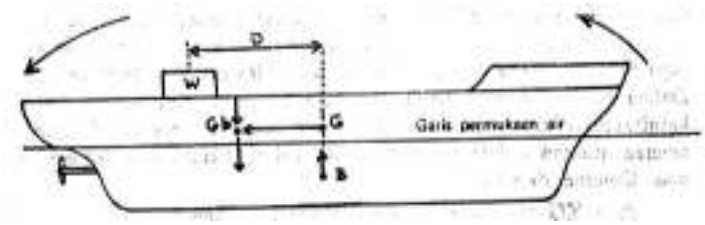
2.3.2.2 Perubahan *trim* adalah fungsi dari momen

Perubahan *trim*

Jika kapal berada dalam posisi seimbang dan diam, maka faktor- faktor stabilitas, G, M dan B berada dalam susunan yang vertikal. G dan B berada pada suatu bidang tegak. M letaknya lebih tinggi daripada G dan B, di mana M ini disebut *longitudinal metasenter*, yaitu posisi M yang ditinjau secara longitudinal (bukan secara transversal).

Jarak antara G dengan M, yaitu GM disebut *longitudinal* GM. Jarak G dengan M lebih jauh daripada jarak G dengan B. Jika kemudian dimuat seberat W di sebelah belakang. G, maka G bergerak dan berpindah ke G yang baru (Gb) sehingga B tidak lagi vertikal di bawah G. Hal yang demikian berarti bahwa keadaan seimbang terganggu dan kapal mengubah *trim*nya. Karena G berpindah ke Gb, maka kini gaya G dan gaya B bekerja dengan jarak yang sesuai dengan GGb. Tapi arahnya bertentangan antara satu sama lain (G dengan arah vertikal ke bawah, sedangkan B dengan arah vertikal ke atas). Akibatnya, timbullah

momen yang berusaha menggerakkan (memutar) kapal dalam arah yang bertentangan dengan arah perputaran jarum jam (lihat arah panah pada gambar).



Gambar 78. Penambahan berat W mengakibatkan G berpindah ke Gb.

Arah momen gaya dapat dilihat pada Gambar 79



Gambar 79. Arah Momen Gaya

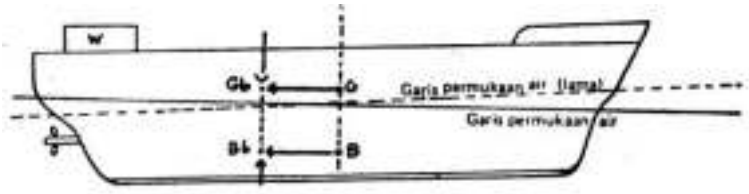
Momen trim

Jika kapal dibebani di bagian belakang (buritan), maka suatu volume air (berbentuk baji) di bagian muka kapal (fwd) diganti oleh suatu volume air (juga berbentuk baji) di bagian belakang kapal (aft) sehingga kini tekanan bagian-bagian air (*water porpotions*) yang menekan tubuh kapal bertambah besar di bagian belakang. Karena berat W ditambah di bagian belakang, maka G bergerak ke arah W menjadi Gb.

Demikian juga karena tekanan bagian-bagian air bertambah di bagian belakang, maka B bergerak pindah ke belakang sampai akhirnya berada di bawah Gb, yaitu pada titik Bb. Jika keadaan yang demikian telah berlangsung dan Bb telah berada vertikal di bawah Gb sehingga tidak ada lagi momen yang dibentuk oleh G dan B, maka kapal kembali berada dalam keadaan diam dengan suatu perubahan sarat (*draft*) antara bagian muka (fwd) dengan bagian belakang (aft), berarti kapal telah berubah *trim*nya, yaitu sarat muka (*draft fwd*) berbeda dengan sarat belakang (*draft aft*). Dari uraian di atas ini, jelas bahwa perubahan trim merupakan fungsi dari momen.

Perubahan trim ini terjadi karena adanya penambahan muatan W. Dengan demikian, penambahan/perubahan muatan di dalam kapal akan menimbulkan perubahan trim, juga berarti perubahan sarat (Gambar 80).

Momen tersebut ditimbulkan oleh W sebesar W x D, yaitu momen yang menimbulkan perubahan trim, yang disebut momen *trim* (*trimming moment*), sehingga, momen trim = W x D



Gambar 80. Penambahan Muatan W

Momen trim menimbulkan perubahan atas posisi G sehingga tidak lagi vertikal di atas B. Akibatnya, gaya G dengan gaya B membentuk suatu koppel yang menimbulkan momen koppel, di tempat arah bekerja momen tersebut berlawanan dengan arah bekerjanya momen trim W x D. Momen W x D bekerja arah ke muka, yaitu ke arah *tipping centre* (yang berada pada pusat geometris bidang permukaan air), sedangkan momen yang ditimbulkan oleh G dan B, yaitu sebesar *displacement* x GGb bekerja dengan arah yang berlawanan dengan arah perputaran jarum jam, sehingga juga berlawanan dengan arah bekerjanya momen W x D.

*Momen displacement d*an *trim*

Sebagaimana yang disebutkan di atas, perubahan trim merupakan fungsi dari momen, dan momen tersebut terdiri dari dua momen, yaitu sebagai berikut.

1. Momen yang ditimbulkan oleh gaya G dan gaya B, yaitu jika B tidak berada vertikal di bawah G. Besarnya momen ini = Δ x GGb yang mengkibatkan kapal bergerak/berputar dalam arah yang bertentangan dengan arah perputaran jarum jam (jika buritan kapal di sebelah kiri peninjau dan W ditempatkan di sebelah buritan). Selama B tidak berada vertikal di bawah G, maka momen ini akan bekerja terus. *Displacement* yang diambil dalam perhitungan momen ini adalah *displacement* dalam posisi terakhir (setelah ditambah W).
2. Momen yang kedua ialah momen yang ditimbulkan oleh W sebesar W x D (*trimming moment*).

Arah bekerja momen W x D bertentangan dengan arah bekerja momen Δ x GGb sehingga saling menghapuskan. Jika kapal telah kembali dalam posisi diam dan seimbang (setelah *trim*nya berubah karena penambahan W), yang demikian berarti bahwa momen W x D dan momen Δ x GGb telah sama sehingga saling menghapuskan, berarti selisihnya sama dengan nol, yaitu:

W x D - Δ x GGb = 0 sehingga W x D = Δ x GGb

Jika keadaan kapal dalam posisi seimbang dan diam, maka B telah berada vertikal di bawah G sehingga GGb = BBb = W x $\frac{D}{A}$, merupakan jauhnya G berpindah ke Gb

2.3.2.3 *Longitudinal centre of flotation*

Jika kapal oleng ke kanan atau ke kiri berganti-ganti, tentu ada (dapat dibayangkan) suatu poros yang membujur dari haluan ke buritan sebagai sumbu kapal sehingga kapal dapat oleng ke kiri atau oleng ke kanan. Sumbu tersebut tentu berada di tengah- tengah bidang permukaan air tempat kapal mengapung dan membujur dari haluan ke buritan kapal, yang merupakan sumbu membujur (longitudinal). Dalam keadaan kapal berada dalam posisi seimbang, sumbu longitudinal itu berada pada bidang vertikal yang melalui lunas kapal, yaitu garis

perpotongan, antara bidang vertikal tersebut dengan bidang permukaan air (menurut ilmu ukur, perpotongan antara dua bidang merupakan suatu garis).

Jika kapal mendongak dan menungging berganti-ganti, tentu ada (dapat dibayangkan) suatu sumbu (poros) yang melintang dari bagian kiri ke bagian kanan kapal sehingga kapal dapat mendongak dan menungging. Sumbu tersebut tentu berada pada bidang permukaan air tempat kapal mengapung yang melintang dari bagian kiri ke kanan, yang merupakan sumbu melintang (*transversal*). Dalam keadaan kapal berada dalam posisi seimbang serta *draft aft* = *draft fwd*, sumbu transversal tersebut berada pada bidang vertikal yang melintang melalui bidang pertengahan kapal (*amidship section*), yang merupakan garis perpotongan antara bidang vertikal tersebut dengan permukaan air. Akan tetapi, jika *draft* aft lebih besar dari *draft* fwd, maka bidang vertikal tersebut berada (sedikit) di sebelah belakang pertengahan kapal, sehingga sumbu transversal tadi (sedikit) di sebelah belakang pertengahan kapal. Sebaliknya, jika *draft* fwd lebih besar dari *draft* aft, maka sumbu transversal tadi (sedikit) di sebelah muka pertengahan kapal.

Tipping centre

Titik perpotongan antara sumbu longitudinal dengan transversal merupakan titik pusat mengapungnya kapal (*centre of flotation*), yang disebut *tipping centre* (TC), sedangkan jarak TC ke FP atau ke AP disebut *longitudinal centre of flotation* (LCP).

Jika *displacement* kapal semakin besar (muatan kapai bertambah besar), maka *draft* rata-rata kapal bertambah besar; demikian juga sebaliknya. Karena bentuk tubuh kapal yang semakin besar/lebar ke atas, luas bidang permukaan air yang ditempati oleh kapal semakin luas, yang mengakibatkan posisi TC berubah. Jadi, posisi TC dipengaruhi oleh perbedaan *draft* aft dengan *draft* fwd (*trim*), juga dipengaruhi oleh besar-kecilnya *displacement* kapal yang bersangkutan.

Posisi TC atau LCF aft FP (LCF fwd AP) dapat diperoleh dari suatu daftar untuk berbagai *displacement* mulai dari *light ship displacement* sampai kepada maksimum *displacement*, yaitu dari daftar *dead weight. scale* kapal yang bersangkutan.

2.3.2.4 *Perubahan trim*

Trim adalah selisih antara *draft* muka (haluan) dengan *draft* belakang (buritan), dan perubahan trim (*change in trim*) terjadi jika terjadi perubahan *draft* sehingga trim daripada draft awal (*initial draft*) berbeda dengan trim daripada draft akhir (*final draft*). Timbulnya perubahan *draft* adalah karena dilakukan penambahan/pengurangan muatan atau perubahan susunan muatan di dalam palka-palka kapal.

Untuk menentukan perubahan trim, tanda yang diberikan kepada trim, yaitu tanda *aft* atau. *fwd* mempermudah perhitungannya.

1. Jika trim awal aft dan trim akhir juga aft, maka perubahan trim diperoleh dengan mengurangkan trim yang terkecil dari trim yang terbesar.
2. Jika trim awal fwd dan trim akhir juga fwd, maka perubahan trim diperoleh dengan mengurangkan trim yang terkecil dari trim yang terbesar.
3. Jika trim awal aft dan trim akhir fwd, maka perubahan trim sesuai dengan jumlah trim aft dan trim fwd.
4. Jika trim awal fwd dan trim akhir aft, maka perubahan trim sesuai dengan jumlah trim fwd dan trim aft.

Di bawah ini diberikan beberapa contoh agar memperjelas ketentuan di atas.

Tabel 8. Perubahan trim

	fwd	rata-rata	aft	trim
Sarat awal	25.07	26.03	26.11	16 inci aft
Sarat akhir	26.10	27.01	27.04	06 inci aft -
Perubahan trim 10 inci aft				
Sarat awal	22.10	22.07	22.04	06 inci fwd
Sarat akhir	21.02	20.09	20.04	10 inci fwd -
Perubahan trim 04 inci fwd				
Sarat awal	23.11	23.08	23.05	06 inci fwd
Sarat akhir	24.05	24.04	24.03	02 inci fwd -
Perubahan trim 04 inci fwd				
Sarat awal	24.02	24.06	24.10	08 inci aft
Sarat akhir	26.06	27.02	27.10	16 inci aft -
Perubahan trim 08 inci aft				

Sarat awal	25.06	25.08	25.10	04 inci aft
Sarat akhir	26.06	26.05	26.04	02 inci fwd +
Perubahan trim 06 inci fwd				
Sarat awal	24.10	25.00	25.02	04 inci fwd
Sarat Akhir	22.05	22.02	21.11	06 inci fwd +
Perubahan trim 10 inci fwd				
Sarat awal	26.04	26.01	25.10	06 inci fwd
Sarat akhir	26.03	26.10	27.05	14 inci aft +
Perubahan trim 20 inci aft				
Sarat awal	24.11	24.06	24.01	10 inci fwd
Sarat akhir	24.06	24.08	24.10	04 inci aft +
Perubahan trim 14 inci aft				

2.3.2.5 Momen mengubah trim satu inci

Sebagaimana disebutkan di atas, perubahan trim merupakan fungsi dari momen. Jika suatu berat muatan tertentu dimuat atau dibongkar, maka momen yang ditimbulkannya (terhadap TC) sesuai dengan W x D, di mana W adalah berat muatan tersebut dan D merupakan jaraknya terhadap TC. Momen W x D ini akan menimbulkan perubahan trim kapal dan untuk menentukan perubahan trim tersebut, W x D dibagi dengan suatu harga/nilai tertentu, harga/nilai mana diberi dengan tanda MT 1 yang merupakan singkatan dari M (momen) dan T (trim), serta 1 (satu) inci; sehingga pengertiannya adalah sebagai berikut.

MT1 adalah suatu harga/nilai yang diperlukan oleh momen untuk menugbah trim kapal sebesar satu inci; atau MT1 adalah besarnya momen trim yang diperlukan untuk mengubah trim kapal sebesar 1 inci. Jika MT1 = 1500, yang demikian berarti diperlukan momen trim sebesar 1500 kaki-ton untuk mengubah trim 1 (satu) inci. Dengan demikian, rumus untuk perubahan trim adalah sebagai berikut.

$$\text{Perubahan trim} = \frac{\text{W x D}}{\text{MT1}} = \frac{\text{Momen tri}}{\text{MT1}}$$

W = berat muatan (ton) yang dimuat atau dibongkar

D = jarak W terhadap TC (dalam satuan kaki)

MT1 dalam satuan kaki-ton

Perubahan trim dinyatakan dalam satuan inci, karena MT1 adalah momen untuk perubahan trim sebesar satu inci. Dalam praktik, harga MT1 dapat diperoleh dari *kurve* hidrostatis atau dari *dead weight scale* masing-masing kapal untuk berbagai *displacement*.

Jika berat muatan yang dimuat ke dalam kapal semakin banyak, maka *displacement* bertambah besar, juga MT 1 menjadi lebih besar. Demikian juga dalam keadaan sebaliknya. Jika posisi TC tidak diketahui dengan pasti demikian juga D tidak diketahui dengan pasti, berarti momen W x D tidak dapat ditentukan, maka sebagai pengganti TC agar dapat ditentukan D, dapat diambil bidang pertengahan kapal (*admidshipsection*), berarti bidang pertengahan kapal diambil sebagai *reterence surface*. Dalam hal ini, tentu ada kesalahan yang diperkenankan, karena alasan berikut.

1. Untuk kapal itu sendiri (*light ship*), pada umumnya TC berada sedikit di sebelah muka bidang pertengahan kapal.
2. Jika kapal bermuatan, TC berada sedikit di sebelah muka atau sedikit di sebelah belakang pertengahan kapal, satu dan lain tergantung dari *trim fwd* atau *trim aft*.

Mengenai posisi TC yang sesungguhnya, dapat ditentukan dengan rumus di atas jika perubahan trim telah diketahui, karena dalam hal ini telah dapat ditentukan D, yaitu

$$D = \frac{\text{Perubahan trim x MT1}}{W}$$

Perubahan trim dapat juga ditentukan dengan cara yang diuraikan dalam beberapa contoh di atas jika posisi sarat awal dan sarat akhir telah diketahui.

Untuk memperoleh sarat yang dimaksud dapat dilakukan dengan cara langsung melihatnya/membacanya pada markah sarat yang terdapat pada lambung kapal, yaitu bagaimana posisi sarat kapal sebelum dan sesudah ditambah/dikurangi/dipindahkan seberat W. MT 1 dapat diperoleh dari *dead weight scale* kapal yang bersangkutan, atau ditentukan/dihitung sebagaimana akan diuraikan di bawah ini.

Jika jarak D telah diketahui, maka posisi TC yang sebenarnya telah dapat ditentukan, karena D adalah jarak antara W dengan TC.

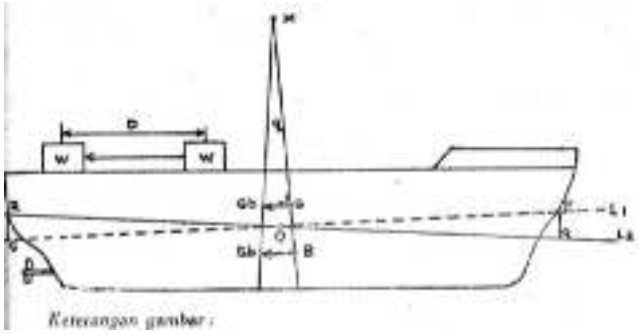
2.3.2.6 Menyusun rumus untuk menentukan MT1

Rumus untuk menentukan perubahan trim seperti yang disebutkan di atas, yaitu;

perubahan trim = $\frac{W \times D}{MT1}$ dapat menentukan MT1. Maksudnya,

MT 1 = $\frac{W \times D}{\text{perubahan trim}}$

Dengan demikian, untuk menentukan MT 1, persoalannya ialah untuk memperoleh harga dari W x D sebesar satu inci, yaitu W x D yang mengakibatkan perubahan trim sebesar 1 inci (1/12 kaki), ataupun perubahan draft pada bagian haluan (fwd) dan buritan (aft) masing-masing sebesar % inci (1/24 kaki). Untuk tujuan ini, ditinjau suatu kapal yang berada dalam posisi diam dan seimbang, dan panjang permukaan air yang ditempati oleh kapal sesuai dengan PSz: L (lihat gambar). Kemudian, muatan seberat W dipindahkan ke arah buritan (aft) sejauh D. Pemindahan W ke arah bur,itan sejauh D ini akan menimbulkan terjadinya momen, yaitu sebesar W x D. MT I ditentukan dengan pertolongan momen W x D dengan cara mengambil W dan D sedemikian rupa sehingga momen W x D menimbulkan perubahan trim sebesar satu inci (1/12 kaki) atau perubahan sarat pada bagian haluan dan bagian buritan masing-masing sebesar 3/2 inci atau 1/24 kaki. Dalam Gambar 81, PQ adalah perubahan sarat pada bagian haluan, dan RS adalah perubahan sarät pada bagian buritan setelah W dipindahkan ke arah buritan sejauh D.Dengan demikian, untuk tujuan menentukan MT 1, diambil perubahan sarat PQ dan RS sedemikian rupa sehingga PQ RS % inci — ps, di mana OP v1/24 'kaki. Panjang garis permukaan air L OS 1/2 L.



Gambar 81. Pengaruh Perpindahan Berat W

Keterangan gambar :

L1 adalah garis permukaan air yang ditempati oleh kapal sebelum W dipindahkan sejauh D ke arah buritan (old waterline), yang berimpit dengan water loadline.

L2 adalah garis permukaan air yang ditempati oleh kapal setelah W dipindahkan sejauh D ke arah buritan.

PQ = RS =1/24 inci = ½ inci

PQ = *forward perpendicular* (FP) dan RS = *after perpendicular* (AP).

OP = OS 1/2 L (L panjang *water loadline*).

Perhatikan segi tiga situ MGGb dan PQO.

Segi tiga siku MGGb : tangens q GGb/GM 1)

Segi tiga siku PQO : tangens q PQ/PO 2)

tangens q $q = \frac{1/24}{1/2L} = \frac{1}{2}L$ 3)

Dari persamaan (I) dan (2) diperoleh :

GGb/GM = ½ sehingga GGb $\frac{GM}{12}L$

Pemindahan W sejauh D menimbulkan momen sebesar W x D, sedangkan G dan B menimbulkan momen sebesar Δx GGb. Kedua momen ini arahnya bertentangan. Setelah B berada pada Bb dan berada vertikal di bawah Gb, kapal kembali dalam posisi seimbang. Dengan demikian,

Δ x GGb = W x D, sehingga : GGb = $\frac{WxD}{\Delta}$ 4)

Seperti yang disebutkan di atas, momen WxD diambil sedemikian rupa sehingga menimbulkan perubahan trim sebesar satu inci, berarti :

MT1 = W x D. Dengan demikian, rumus 4) menjadi :

$$GGb = \frac{MT1}{\Delta}$$

Dari rumus (3) dan (5) diperoleh bahwa :

MT1/Δ = GM/12 L; atau MT1 = Δ x GM/12 L (6)

Dari rumus (6) ini ternyata bahwa untuk menentukan MT1, yang masih. ditentukan adalah GM. GM ini dapat ditentukan dengan bantuan KM dan KG, yaitu GM = KM - KG. Untuk harga dan KM (untuk berbagai *displacement*) dapat diperoleh dan diagram metasenter ataupun dan *dead weight scale*, sedangkan KG dapat ditentukan dengan cara.yang telah diuraikan di muka. MT1dapat juga diperoleh dan *dead weight scale* sehingga GM dapatditentukan berdasarkan rumus (6) di atas ini, yaitu

GM=MTx12L/A

2.3.2.7 Menentukan perubahan sarat kapal

Untuk rnenentukan perubahan sarat kapal dapat dilakukan sebagai berikut.

Dengan pertolongan markah sarat

Dalam hal ini, sarat diperoleh dengan cara melihatnya/membacanya pada markah sarat yang terdapat pada lambung kapal (haluan dan buriitan). Sarat kapal untuk berbaai *displacement* terdapat/dibuatkan tandanya pada lambung kapal yang disebut merkaih sarat atau lebih terkenal dengan nama Plimsoll mark.

Jika posisi TC tepat pada bidang pertengahan kapal atau dianggap tepat pada bidang pertengahan kapal, yaitu pada titik pertengahan panjang membujur kapal (*midpoint longitudinally*) berarti LCF = ½ dari LBP maka perubahan sarat dapat ditentukan sebagai berikut, Mula-mula ditentukan perubahan trim, kemudian perubahan trim yang ditentukan ini dibagi dua, yaitu masing-masing setengah

gaya diperhitungkan pada sarat awal bagian haluan (fwd) dan sarat awal bagian buritan (aft). Untuk jelasnya, diambil suatu contoh sebagai berikut. MTI suatu kapal = 1500. Seberat 600 ton muatan dipindahkan dan bagian rnuka ke bagian belakang sejauh 50 kaki,TC berada pada bidang pertengahan kapal. Sebelum pemindahan ini, posisi sarat adalah sebagai berikut,

	fwd	rata-rata	aft	trim
	kaki, inci	kaki, inci	kaki, inci	inci
Awal	24.05	24.03	24.01	4 fwd

Untuk menentukan posisi sarat akhir (*final draft*) lebih dulu ditentukan perubahan trim sebagai berikut. Perubahan trim W xD/MT1= 600 x 50/1500 = 20 inci pada bagian buritan (aft).Karena TC berada pada bidang pertengahan kapal, maka saratpada bagian belakang bertambah ½ x 20 = 10 inci. Sarat padabagian muka berkurang , ½ x 20 = 10 inci. Dengan demikian, posisi sarat akhir adalah sebagal berikut.

	fwd	rata-rata	aft	trim
	kaki, inci	kaki, inci	kaki, inci	inci
Akhir	23.07	24.03	24.11	16 aft

Koreksi: trim awal 04 inci fwd; trim akhir 16 inci aft. Perubahantrim = 20 inci pada bagian buritan, yaitu sesuai dengan yangdiperoleh di atas berdasarkan rumus W x D/MT1.

TC tidak betada pada pertengahan kapal

Jika TC tidak berada pada bidang pertengahan kapal, tetapi diketahui posisinya, maka untuk menentukan perubahan sarat atau posisi sarat akhir (*final draft*) ditentukan sebagai berikut.

$$\text{Perubahan draft fwd} = \frac{Jarak\ TC\ kebagian\ haluan\ (fwd)}{Panjang\ garis\ permukaan\ air} x\ perubahan\ trim$$

Untuk panjang garis permukaan air diambil sesuai dengan LBP. Untuk jelasnya, diambil suatu contoh sebagai berikut.

Suatu kapal mempunyai MT1 = 1500. Seberat 250 ton barang dipindahkan dan bagian muka ke bagian belakang sejauh 60 kaki. Sebelum pemindahan barang ini, posisi sarat kapal adalah sebagai berikut.

Fwd, 23 kaki, 10 inci; rata-rata, 23 kaki, 07 inci. Aft, 23 kaki, 04 inci; trim, 06 mcm fwd. Panjang permukaan air yang ditempati oleh kapal = 500 kaki (LBP) dan TC berada 10 kaki sebelah muka haluan bidang pertengahan kapal. Sekarang akan ditentukan posisi sarat dan untuk menentukannya, lebih dulu ditentukan perubahan trim, yaitu: 250 x 60/1500 10 inci pada bagian buritan.

TC berada 10 kaki sebelah muka bidang pertengahan kapal, sehingga panjang garis permukaan air pada bagian muka TC adalah 240 kaki dan pada bagian belakang TC adalah 260 kaki. Dengan demikian, perubahan draft fwd = 24Q1500 x lo inci = ‘4,8 inci (berkurang). Perubahan draft aft 260/500 x 10 inci = 5,2 inci (bertambah).

Posisi sarat akhlr adalah sebagai berikut, Pwd, 23 kaki, 10 inci- 4,8 inci .23 -kaki, 0.52 inci. Aft,,23 kaki, 04 inci + 5,2 inci = 23 kaki. 09,2 inci, Rata-rata, 23 kaki, 07,2 inci. Trim, 4 inci aft.

Benar tidaknya hasil yang diperoleh ini, dibuktikan dengan koreksi sebagai berikut. Trim awal 6 inci fwd. Trim akhir 4 inci aft. Perubahan trIm 6 inci (fwd) + 4 inci (-aft) = 10 inci pada bagian buritan, yaitu sesuai dengan. perubahan trim yang di atas.

Dari perhitungan ini, ternyata bahwa posisi TC terhadap bidang pertengahan kapal mempunyai pengaruh terhadap perubahan sarat kapal (aft dan fwd).

Contoh lain, *Draft* suatu kapal (initial) adalah sebaai berikut:
fwd = 24 kaki, 10 inci dan aft 24 kaki 04 inci, sehingga *draft* rata-rata = 24 kaki 07 inci dan trim = 06 inci fwd. Sebagaimana barang tertentu dipindahkan dan palka nomor 2 ke palka nomor 4 sejauh 200 kaki, yaitu: sebanyak X ton sedemikian rupa sehingga diperoleh sarat akhir (*finaldraft*) sesuai dengan yang diperlukan, yaitu: fwd 23 kaki, 02 inci dan aft = 25 kaki,02 inci; draft rata-rata = 24 kaki, 02 inci dan trim = 24 inci aft. Diketahui bahwa MT1 = 1500. Berapa X ton?

Dalam hal ini, perlu lebih dulu ditentukan perubahan trim. yaitu: initial trim = 06 inci fwd dan final trim = 24 inci aft sehingga perubahan trim = 6 + 24 = 30 inci.

Perubahan trim Momen trim/MT1 = X x 200/1500; 30 X x 200/1500 sehingga X = 225 ton.

2.3.2.8 Besar inci pembenaman untuk tiap ton

Dalarn contoh di atas ini, perubahan draft terjadi karena dilakukan pemindahan muatan di dalam kapal sehingga *displacement* tidak berubah. Terjadinya perubahan draft tersebut adalah karena terjadi perpindahan posisi G (*centreofgravity*) sebagai akibat dan adanya perubahan susunan muatan di dalam kapal. Jika sekiranya TC berada pada pertengahan kapal, maka walaupun terjadi perubahan draft aft dan draft fwd, sarat rata-ratanya antara initial dan final tidak berubah. Akan tetapi, jika terjadi penambahan atau pengurangan berat (barang dimuat/dibongkar), berarti *displacement* berubah, maka dalam hal ini draft rata-rata bertambah yang besar-kecilnya tergantung dan banyaknya barang yang dimuat/bongkar. Untuk menentukan pertarnbahan draft rata-rata (jika sebanyak tertentu barang dimuat), perlu lebih dulu diketahui berapa ton akan dimuat untuk menimbulkan pertambahan draft rata-rata sebesar 1 (satu) inci. Jadi, perlu lebih dulu diketahui besar inci pembenaman untuk tiap ton (*tons per Inch immersion* = TPI) kapal yang bersangkutan. Jika sekiranya TPI = 50, maka tiap-tiap dimuat 50 posisi sarat akhir (*final draft*) ditentukan sebagai benikut.

Sebagaimana telah diuraikan di muka, *displacement* adalah banyaknya (*volume*) air yang dipindahkan/didesak oleh tubuh yang berada di bawah permukaan air, sedangkan berat benam adalah berat air yang dipindahkan/didesak oleh tubuh kapal yang berada di bawah permukaan air.

Berat 1 cuft air laut 64 lbs, sehingga volume 1 long ton air laut = 2240/64 35 cuft (1 long ton = 2240 lbs = 1016 kg). Dengan demikian, berat benam (ton) *displacement* (cuft)/35;sedangkan *displacement* (kaki kubik) = luas x tinggi.

Untuk kapal, luas = permukaan air yang ditempati oleh tubuh kapal, sedangkan tinggi *draft* kapal. Dengan demikian, untuk membenamkan kapal sedalam 1 kaki. diperlukan berat benar (ton) = luas permukaan air x 1 kaki/35; yang disebut besar inci pembenaman untuk tiap ton (TPI).

Untuk TPI yang disebutkan di atas, berat benam yang diperlukan ialah untuk membenamkan tubuh kapal sedalam 1 inci (1/12 kaki), sehingga;

TPI = luas permukaan air x 1 inci/35 TPI ruas.

TPI = permukaan air x 1/12 kaki/35

TPI = luas permukaan air/420

Ternyata bahwa besar kecilnya TPI tergantung dan luas permukaan air yang ditempati oleh tubuh kapal, sedangkan luas permukaan air ini akan semakin luas jika tubuh kapal semakin terbenam ke dalam air, yaitu jika *draft* rata-rata bertambah, berarti jika *displacement* bertambah besar.

Harga dan TPI untuk berbagai *displacement* mulai dan *lightship* sampal kepada maksimum *displacement* dapat diperoleh dan daftar *dead weight scale* kapal yang bersangkutan. Jika TPI telah diketahui (dapat diperoleh dan daftar *dead weight scale*), maka luas permukaan air yang ditempati oleh tubuh kapal dapat ditentukan, yaitu: .

Luas permukaan air = 420 x TPI

Jika 420 x TPI dikalikan dengan sarat rata-rata kapal, diperoleh banyaknya (volume) air yàng dipindahkan/didesak oleh tubuh kapal yang terbenam di dalam air, sedangkan jika volume ini dikalikan dengan berat jenis air laut, diperoleh berat benam.

Berdasarkan TPI dengan berat muatan yang dimuat ke dalam kapal dapat ditentukan dalamnya kapal tertekan ke dalam air, yaitu berapa inci sarat rata-rata bertambah. Jika misalnya TPI = 50 dan dimuat seberat W = 300 ton ka dalam kapal, maka sarat rata-rata bertambah 300/50 6 inci Sarat rata-rata yang bertambah ini disebut ‘benaman rata-rata (*mean sinkage*), yaitu sebesar W/TP1(dalam satuan inci). Jika W = 300 ton tersebut di atas ini dimuat tepat pada TC, maka akan diperoleh benaman rata-rata yang sesungguhnya, yaitu tubuh kapal tertekan ke dalam air (aft dan fwd) sedalam 6 inci, sehingga sarat aft bertambah 6 inci dan sarat fwd bertambah 6 inci. Jika W dimuat tidak tepat pada TC, tapi di sebelah belakang/muka TC, maka sarat aft dan fwd tidak bertambah masing-inasing 6 inci, tapi rata-ratanya 6 ini.

Dalam hal ini, untuk menentukan sarat akhir dilakukan sebagai berikut,

1. Mula-mula dianggap W' dimuat tepat pada TC sehingga sarat aft dan fwd masing-masing bertambah sebesar W/TP1inci.
2. Seterusnya dianggap W dipindahkan ke buritan atau haluan kapal, sehingga dapat ditentukan perubahan trimnya, seterusnya ditentukan sarat aft dan fwd sebagaiinana yang telah dijelaskan di atas. Untuk jelasnya, diambil satu contoh sarat awal suatu kapal sabagai berikut.

	fwd kaki, inci	rata-rata kaki, inci	aft kaki, inci	trim inci
Awal	20.05	20	19.07	10 fwd

MT1 = 1250 dan TPI 50. Ka dalam kapal dimuat muatan sebanyak 250 ton di sebelah buritan sejauh 80 kaki dan TC. Berdasarkan data di atas ini, ditentukanlah sarat akhir sebagai berikut,

Benaman rata-rata (*mean sinkage*) = 250150 5 inci sehingga posisi sarat kapal berdasarkan benaman rata-rata (jika yang 250 ton dimuat tepat pada TC) adalah sebagai berikut.

fwd kaki, inci	rata-rata kaki, inci	aft kaki, inci	trim inci
20.1	20.05	20	10 aft

Seterusnya ditentukan perubahan trim sebagai berikut. Perubahan trim = 250 x 80/1250 = 16 inci aft, sehingga perubahan sarat aft (bertambah) sebesar 8 inci, sedangkan perubahan sarat fwd (berkurang) sebesar 8 inci. Dengan demikian, posisi sarat akhir adalah sebagai berikut.

	fwd kaki, inci	rata-rata kaki, inci	aft kaki, inci	trim inci
Akhir	20.02	20.05	20.08	6 aft

Koreksi Trim awal = 10 inci fwd; trim akhir = 6 inci aft. Perubahan trim 10 inci (fwd) + 6 inci (aft) = 16 inci pada bagian buritan, yaitu sesuai dengan perubahan trim tersebut di atas.

Dari rumus benaman rata-rata = W/TP1dapat ditentukan. W jika benaman rata-rata dan TPI telah diketahui. Demikian juga, karena benaman rata-rata sama dengan perubahan sarat rata-rata maka W dapat ditentukan jintuk berbagai pertambahan sarat yang dikehendaki. Misalnya, posisi sarat rata-rata 20 kaki 0.8 inci, kemudian dikehendaki agar sarat rata-rata rnenjadi 21 kaki 00 inci, berarti bertambah 4 inci .sehingga jika TPI 50. Maka W yang akan dimuat ke dalam kapal udalah 4 x TPI 4 x 50 = 200 ton. Agar lebih jelas dibenikan lagi satu contoh sebagai berikut.

	fwd kaki, inci	rata-rata kaki, inci	aft kaki, inci	trim inci
Sarat Awal	20.04	20.06	20.08	4 aft

Akan dimuat W ton muatan dan untuk ini dikehendaki agar sarat rata-rata bertambah 4 inci dengan trim aft sabesar 6 inci. Diketahui MT1 = 120 dan. TPI 50. Sekarang akan ditentukan W dan posisinya. Karena dikehendaki trim aft sebesar 6 inci, sudah tentu W dimuat sebelah buritan, yaitu di sbelah belakang TC.

Dikehendaki agar rata-rata bertambah 4 inci sehingga berat W = 4 x 50 200 ton. Posisi sarat berdasarkan pertambahan sarat rata-rata 4 inci adalah sebagai berikut.

fwd kaki, inci	rata-rata kaki, inci	aft kaki, inci	trim inci
20.08	20.1	21	4 aft

Dalam hal ini, trim aft 4 inci. Dikehendaki agar trim aft = 6 inci sehingga perubahan trim 6 inci aft - 4 inci aft — 2 inci pada bagian ‘buritan (aft). Dengan demikian, perubahan trim = W x D/MT1 atau 2 = 200 x D/1200 sehingga D = 2 x 1200/200 =12 kaki, Jadi, W 200 ton berada 12 kaki aft TC. Perubahan trim 2 inci, sehingga sarat fwd berkurang I inci dan sarat aft bertambah 1 inci. Dengan

demikian, posisi sarat setelah W 200 ton dimuat ke dalam kapal sejauh 12 kaki dan TC di sebelah buritan adalah sebagai berikut.

	fwd	rata-rata	aft	trim
	kaki, inci	kaki, inci	kaki, inci	inci
Sarat Akhir	20.07	20.01	21.01	6 aft

Diberikan lagi contoh sebagal berikut. *Displacement* suatu kapal = 15000 ton dengari KG 24 kaki dan LCG 260 kaki aft FP serta draft sebagai be.rikut. Fwd 25 kaki 05 inci, aft = 24 kaki 11 inci sehingga draft rata-rata 25 kaki 02 inci dan trim 06 inci fwd. Dimuat 1000 ton ke dalam palka nomor 4 UTD sejauh 40 kaki di atas lunas kapal (KG = 40 kaki) dan sejauh 420 kaki di sebelah belakang PP (LCG 420 kaki aft FP). Tentukanlah posisi G (KG dan LCG aft FP) serta final draft setelah dimuat ynng 1000 ton tersebut jika diketahui: TPI
50; MT1 = 2000; TC berada 280 kaki aft FP.

				Momen	Momen
	KG	LCG	aft FP	Transversal	Longitudional
	kaki	kaki		kaki-ton	kaki-ton
15000 ton	24	260		360000	3900000
1000 ton	40	420		40000	420000
16000 ton	KG	LCG		400000	4320000

Dengan demikian, KG = 400000 kaki-ton/16000 ton 25 kaki. LCG = 4320000 kaki-ton/16000 ton = 270 kaki aft PP.

Cara lain untuk menentukan KG dan LCG yang 1000 ton dimuat sejauh 40 kaki di atas lunas kapal (KG 40 kaki), berarti dimuat di sebelah atas dan KG semula (KG = 24 kaki) sehingga G *displacement* bergerak ke arah atas mendekati penambahan berat. Jauhnya bergerak ke atas adalah sejauh 1000 x (40 — 24)116000 = 1 kaki, sehingga KG = 24 kaki + 1 kaki = 25 kaki. Yang 1000 ton dirnuat sejauh 420 kaki di sebelah belakang PP (LCG = 420 kaki aft FP), berarti dirnuat di sebelah belakang dan LCG semula (LCG = 260 kaki aft FP), yang mengakibatkan G *displacement* bergerak ke arah belakang mendekati penambahan berat sejauh 1000 x (420 — 260)/16000 = 10 kaki sehingga LCG = 260 + 10 270 kaki aft FP. Untuk menentukan *finaldraft*. lebih dulu dianggap

dimuat yang 1000 ton tersebut tepat pada TC sehingga draft rata-rata, sarat fwd serta aft bertambah sebesar *meansinkage*, yaitu 1000/50 = 20 inci atau 1 kaki 08 inci, Dengan demikian, *draftnya* adalah sebagai berikut.

	fwd	rata-rata	aft	trim	
Sarat Awal	25.05	25.02	24.11	60 inci fwd	
Mean sinka	1.08	1.08	1.08	-	+
	27.01	26.1	26.01	60 inci fwd	

Kemudian dianggap yang 1000 ton tersebut dipindahkan dan TC ke arah belakang sejauh 420 — 280 = 140 kaki sehingga timbul momen trim dan perubahan trim sebagai berikut. Momen trim 1000 x 110 = 140000 kaki-ton. Perubahan trim = momen trim MTI = 14000/2000 — 70 inci. Karena yang 1000 ton tersebut dimuat di bagian belakang TC, maka sarat aft bertambah sebesar x 70 inci = 35 inci 2 kaki 11 inci. Sarat fwd berkurang
sebesar 4 x 70 inci = 35 inci 2 kaki 11 inci.

	fwd	rata-rata	aft	trim	
Sarat Awal	25.05	25.02	24.11	60 inci fwd	
Mean sinkage	1.08	1.08	1.08	-	+
	27.01	26.1	26.01	60 inci fwd	
Perubahan sarat	2.11	-	2.11	+ -	
Sarat Akhir	24.02	26.1	29.06	64 inci aft	
			Peruban trim	70 inci	

Perubahan trim menurut sarat awal dengan sarat akhir adalah 70 inci, sedangkan perubahan trim menurut momen trim juga 70 inci, sehingga penye]esaian di atas ini adalah benar. Perlunya ditentukan sarat akhir adalah untuk menentukan apakah kapal tersebut dapat melalui suatu alur pelayaran (*seaway*) atau tidak, demikian juga apakah kapal dapat memasuki suatu pelabuhan atau tidak, yaitu dalamnya air laut harus lebih besar dari sarat kapal. Untuk contoh di atas ini, dalamnya air laut harus lebih besar dan 29 kaki 06 inci sehingga kapal tidak kandas.

2.3.2.9 Momen terhadap posisi rata-rata *tipping centre*

Pembahasan di atas mengenai perubahan trim dan sarat merupakan pembahasan tersendiri untuk masing-masing muatan yang dibongkar/dimuat/dipindahkan secara individu, yaitu merupakan sebagian kecil

dan daya angkut kapal yang bersangkutan, sehingga perubahan sarat adalah kecil.

Sebagaimana telah disebutkan terdahulu, pada umumnya TC tidak tepat berada pada pertengahan kapal, tetapi agak di sebelah muka atau di belakangnya, satu dan lain tergantung dan banyak muatan dan susunannya di dalam kapal, apakah kapal tanpa muatan dan susunannya di dalam kapal, apakah kapal tanpa muatan, sedikit muatan, agak banyak muatan atau penuh muatan.

Jika kapal dimuat penuh sesuai dengan *cargo dead weight*-nya atau hampir penuh, maka selama pemuatan dan distribusi pemuatan longitudinal perlu dilakukan sedemikian rupa sehingga trim akhir berada dalam batas-batas yang dapat dipertanggungjawabkan terutama dari segi keamanan dan keselamatan selama pelayaran. Karena dalam pemuatan yang demikian terjadi *displacement* yang besar, maka rumus W/TP1 untuk menentukan benaman rata-rata (*meansinkage*) tidak dapat dipergunakan, karena dalam hal ini, muatan yang dimuat banyak/berat yang distribusinya ke dalam masing-masing kompartemen (palka) dilakukan secara meluas pada bagian muka dan belakang (secara longitudinal dan transversal serta vertikal), sehingga bukan juga mengenai suatu berat tertentu yang ditimbun pada bagian muka atau belakang sebagaimana yang berlaku untuk rumus W/TPI. Lagi pula jika *displacement* semakin besar, maka TPI semakin besar karenalambung kapal agak melengkung, Dalarn hal ini, untuk menentukan benaman rata-rata ditentukan berdasarkan sarat rata-rata yang dapat diperoleh dan *deadweightscale* masing-masing kapal. Telah diberikan rumus untuk menentukan momen trim (*trimmingmoment*) dan perubahan trim, yaitu:

Momen trim = W x D. Perubahan trim = W x D/MT1.
Dalam pemuatan yang banyak seperti yang disebutkan di atas, dapat diambil W untuk masing-masing kompartemen (palka) dengan D adalah jarak masing-masing terhadap TC. Untuk menentukan D masing-masing kompartemen (palka) terhadap TC dilakukan sebagai berikut.

1. Jarak *geometricalcentre* (GC) masing-masing kompartemen (palka) dan tangki terhadap bidang pertengahan kapal dapat diketahui.

2. Posisi TC terhadap bidang pertengahan kapal dapat diperoleh dan *dead weight scale* masing-masing kapal.

Berdasarkan 1) dan 2) dapat ditentukan jarak GC (D) masing masing kompartemen (palka) dan tangki terhadap TC. Setelah ditentukan D-nya masing-masing, seterusnya dapat ditentukan momen trim W x D masing-masing kompartemen (palka) dan tangki, masing-masing aft atau fwd TC. Kemudian dijumlah momen trim aft TC, demikian juga momen trim fwd TC, seterusnya diambil selisih antara momen trim aft TC dengan momen trim fwd TC, selisih mana merupakan momen trim bersih aft atau Setelah ditentukan momen trim bersih ini, untuk menentukan perubahan trim, masih perlu ditentukan MT1 dan untuk ini ditentukan MT1 rata-rata sebagai berikut.

MT1 masing-masing kapal untuk beibagai *displacement* dapat diperoleh dan *deadweightscale* kapal tersebut, berarti dapat diperoleh MT1 setiap selesai dimuat masing-masing kompartemen dan tangki, kemudian diambil rata-ratanya. Dengan demikian, dapat ditentukan perubahan trim sebagai benikut.

$$\text{Perubahan trim} = \frac{\text{Momen trim bersih}}{\text{MT1 rata-rata}}$$

Setelah diperoleh perubahan trim, dapat ditentukan perubahan sarat aft dan sarat fwd, demiikian juga sarat akhir. Sebagaimana yang disebutkan di muka, posisi TC tidak tetap, tetapi berubah-ubah sesuai dengan perubahan muatan, apakah lebih berat di bagian muka atau di bagian belakang. Jika muatan lebih berat di bagian belakang, maka TC berada agak di sebelah belakang bidang pertengahan kapal, demikian juga sebaliknya. Karena posisi TC tidak tetap, setiap selesai dimuat masing-masing kompartemen dan tangki, diperoleh posisi TC yang berbeda. Oleh karena itu, untuk menentukan jarak D masing-masing kompartemen dan tangki terhadap TC, diambil posisi TC rata-rata terhadap bidang pertengahan kapal dengan cara sebagai berikut.

Posisi TC dapat diperoleh dan *deadweightscale* untuk berbagai *displacement*. berarti dapat ditentukan posisi TC untuk masing-masing *displacement* setelah selesai dimuat masing-masing kompartemen dan tangki. Kemudian diambil rata-ratanya.

Di dalam *dead weight scale*, posisi TC ini diberi tanda LCFyang merupakan singkatan dan *longitudional centre* of *flotation* sedangkan posisinya atau jaraknya dinyatakan terhadap FP*forward perpendicular*). tapi dapat juga dinyatakan terhadap AP(*after perpendicular*).Jika jarak TC terhadap PP telah diketahui, maka jarak TC terhadap bidang pertengahan kapal (*after section*) dapat ditentukan. Misalnya panjang permukaan air (dalam keadaan seimbang dan tegak) yang ditempati oleh kapal =500 kaki sehingga bidang pertengahan kapal = 250 kaki dan PPdan jika TC 260 kaki dan FP maka TC berada 10 kaki di sebelah belakang bidang pertengahan kapal, berarti jarak TC10 kaki dan bidang pertengahan kapal (di sebelah belakang).

Cara seperti yang diuraikan di atas (momen terhadap TC) dalam menentukan perubahan trim dan sarat akhir kurang sempurna karena didasarkan kepada posisi TC rata-rata, sedangkan perhitungannya sulit dan membutuhkan waktu dan tenaga yang tidak sedikit. Yang lebih baik ialah dengan cara momen terhadap titik daya apung longitudinal (*moments about longitudinal centre of buoyancy*) sebagaimana yang diuraikan dalam uraian yang berikutnya.

2.3.2.10 Momen terhadap titik daya apung longitudinal.

Seperti halnya titik berat longitudinal, demikian juga untuk titik daya apung yang ditinjau secara longitudinal disebut titik daya apung longitudinal (*longitudinal centre of buoyancy*; disingkatLCB).

Apabila ditinjau secara transversal, disebut titik daya apung transversal (*transverse centre of buoyancy*). Untuk menentukanperubahan trim dan sarat akhir dapat juga dilakukan dengan cara mempergunakan momen terhadap longitudinal B (*moments about longitudinal* B). Hasilnya lebih baik dan telah sempurna daripada dengan cara mempergunakan momen terhadap TC sehingga lebih banyak dipergunakan di dalam praktik.

Mula-mula diambil (dianggap) bahwa kapal berada dalam keadaan yang seimbang dengan lunas yang mendatar (*onovenkeel*) sehingga B berada vertikal

di bawah G. kemudian kapal dimuat (misalkan dimuat lebih berat di bagian belakang).



Gambar 82. Menentukan Momen Trim

Untuk dapat menentukan momen trim, yang masih perlu ditentukan lebih dahulu tuas trim GGb,yaitu jarak Gb ke longitudinal B(sebagai *reference line* diarnbil ganis vertikal melalui B). Jika telah ditentukan tuas trim GGb, maka momen trim A x GGb dapat ditentukan sehingga seterusnya dapat ditentukan perubahan trim dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Perubahan trim} = \frac{\text{momen trim}}{\text{MT1}}$$

$$\text{Perubahan trim} = \frac{\Delta \text{ xtuas trim}}{\text{MT1}}$$

MT1 dapat diperoleh dan *dead weight scale* masing-masing kapal untuk berbagai *displacement*. sehingga, perubahan trim dapat ditentukan setelah diketahui besarnya tuas trim. Posisi G berubah-ubah selama. proses pembuatan berlangsung keadaan masing-masing kompartemen (palka) dan tangka. Posisi G ini. tergantung dari sebelah mana lebih berat muatan ditimbun, apakah dibagian muka atau di bagian belakang, apakah di bagian atas atau di bagian tengah atau di bagian bawah. Dengan demikian, di dalam praktik, yang ditentukan ialah posisi G sehingga dapat ditentukan posisinya/jaraknya terhadap B, yaitu sesuai dengan GGb. Mengenai posisi B, dalam keadaan kapal seimbang dan dengan lunas yang mendatar *on an even keel*) dapat diperoleh dan *dead weight scale* untuk berbagai *displacement*.

Adapun untuk nienentukan posisi G kapal dengan muatannya dilakukan dengan menentukan posisi G masing-masing palka dan tangki. Dalam hal ini, *reference line* diambil PP atau AP. Jadi, ditentukan lebih dulu LCG masing-masing palka dan tangki dan untuk menentukannya tidak sulit, karena masing-masing mempunyai titik pusat geometnis (*geometrical centre* GC). Yang perlu diusahakan dan diatur dalarn pemuatan ialah agar posisi G-nya masing-masing tidak berpindah dan garis vertikal yang melalui GC, sehingga jarak masing-masing terhadap FP atau AP tidak berubah.

Jika diambil PP sebagai *reference line* (di dalam praktik, pada umumnya PP yang diambil), maka momen gaya berat masing-masinçj palka, *deep tank* (DT) dan *double bottom* (DB) dengan muatannya terhadap PP dapat ditentukan. Demikian juga momen kapal itu sendiri (*light ship*) terhadap PP (posisi G kapal itu sendiri telah ditentukan oleh arsitek kapal). Semua momen yang ditentukan tersebut dijumlahkan dan jumlahnyn ini merupakan momen kapal dengan semua muatannya. Hal ini dapat ditentukan LCG aft PP untuk kapal dengan semua muatan yang ada di dalamnya. Misalnya, berat kapal Gk dengan LCGk jarak titik beratnya terhadap PP; momennya = Gk x LCGk; berat muatan dalam palka nomon 1 = G1 dengan LCG1 jarak titik beratnya terhadap FP; mornennya = G1 x LCG1; berat muatan dalam palka nomor 2 G2 dengan LCG2 = jarak titik beratnya terhadap FP: momennya G2 x LCG2; berat muatan dalam palka nomor 3 = G2 dengan LCG3 = jarak titik beratnya terhadap PP; momennya G x LCG. Demikian seterusnya ditentukan momen untuk palka-palka lainnya, termasuk momen untuk DT, DB dan sebagainya. Dalam hal ini, berat kapal dengan semua muatannya. semua muatannya (G) = Gk + G1 + G, + G, + ... (dan seterusnya), yang sesuai dengan *displacement* (A), dan LCG adalah jarak titik berat G terhadap PP. Dengan demikian,

$$\Delta \text{ xLCG} = \text{Gk x LCGk+G1 x LCG1+G, x LCG2...dst}$$

$$\text{LCG} = \frac{\text{Gk x LCGk + G1 x LCG1 + G2 x LCG2...dst}}{\Delta \text{ (}displacement\text{)}}$$

Jadi, posisi G kapal dengan muatannya (LCG aft FP) dapat ditentukan dengan cara yang di atas ini momen longitudinal). Adapun posisi G terhadap lunas kapal, yaitu tinggi-rendahnya G dan lunas kapal, ditentukan dengan cara menentukan KG sebagaimana yang telah diuraikan di muka (momen transversal). Demikian

juga KG masing-masing muatan dalam masing-masing palka, DT dan DB, stores dan crew serta KG kapal itu sendiri (KG kapal itu sendiri telah ditentukan oleh arsitek kapal). Untuk masing-masing palka kapal, yang perlu diketahui ialah jarak GC-nya (*geometrical centre*) masing-masing dan FP yang dapat dipergunakan sebagai LCG nya masing-masing.

2.3.2.11 Daftar penimbunan/pemadatan muatan

Perpaduan dan penentuan KG dan LCG atau perpaduan dan momen transversal dan momen longitudinal masing-masing palka, DT, DB dan seterusnya merupakan pninsip dan pembentukan tabel/daftar penimbunan/pemadatan muatan (*loading table*) yang harus dibuat untuk setiap pelayaran, dan bentuknya adalah sebagai berikut (lihat halaman 88).

Untuk tiap-tiap pelayaran (*voyage*) masing-masing kapal dibuat tabel pemuatan yang demikian. KG untuk keseluruhan muatan ditentukan sebagai berikut, jumlah momen (koloni 5) dibagi dengan jumlah berat muatan (kolom 3), sehingga: KG = 275000/10000= 27,5 kaki; yaitu 27,5 kaki di atas lunas kapal. Demikian juga halnya dengan LCG aft PP. yaitu: jumlah momen (kolom 7) dibagi dengan jumlah berat muatan (kolom 3), sehingga LCG = 2640000/10000 264 kaki aft FP, yaitu 264 kaki di sebelah belakang PP. Dengan demikian, posisi G muatan adalah sebagai



berikut: 27,5 kaki di atas lunas kapal dan 264 kaki aft PP. Posisi G yang ditentukan berdasarkan tabel pemuatan di atas adalah untuk muatan. Jadi, belum termasuk berat kapal itu sendiri, Jika misalnya berat kapal 8000 ton dengan KG = 30 kaki dan LCG250 kaki aft FP, maka: (1) momen transversal kapal itu sendiri adalah 8000 x 30 = 240000 kaki-ton, sehingga jumlah momen transversal kapal dengan muatannya adalah 275000 ÷ 240000 = 515000 kaki-ton. Dengan demikian, KG aclalah 515000 dibagi18000 = 28,61 kaki; (2) momen longitudinal kapal itu sendiri adalah 8000 x 250 = 2000000 kaki-ton, sehingga jumlah momen longitudinal kapal dengan muatannya adalah 2640000 + 2000000 = 4640000 kaki-ton. Dengan demikian, LCG adalah 4640000 dibagi 18000 = 257,78 kaki aft FP.

Jadi, posisi G kapal dengan muatannya adalah 28,61 kaki di atas lunas kapal dan 257,78 kaki aft FP.Posisi B, yaitu LCB aft PP demikian juga MTI dapat diperoleh dan *dead weight scale*. Misalnya, LCB = 267,4 kaki aftFP dan MTI = 1720 untuk *displacement* 18000 ton tersebut di atas. Dari tabel pembuatan di atas diperoleh LCG kapal dengan muatannya 257,78 kaki aft FP, maka B berada di sebelah belakang G sejauh 267,4 dikurangi 257,78 9,62 kaki. Dengan demikian, tuas trim = 9,62 kaki.

Karena B tidak berada vertikal di bawah G, maka timbul momen,yaitu momen trim sebesar t x tuas trim. Dengan demikian, momen trim (terhadap B) adalah 18000 x 9,62 = 173160 kaki-ton.



Gambar 83. Perhitungan posisi G

Suatu kapal dengan muatannya mempùnyai *displacement* sebesar 20000 ton. Sarat rata-rata 28,5 kaki. Panjang garis permukaan air yang ditempati oleh kapal, ataupun jarak antara AP dengan PP adalah 550 kaki (*length between perpendicular* = LBP). Untuk *displacement* 20000 ton itu diperoleh dan *dead weight scale* kapal yang bersangkutan. KM 31,25 kaki LCB = 273,35 kaki aft FP, LCF = 280,4 kaki aft FP dan MT1 = 1860. Setelah kapal selesai dimuat (*displacement* 20000 ton), bentuk dan tabel pernuatan adalah sebagai berikut (diringkaskan).

Berdasarkan data dalam tabel pemuatan ini dapat ditentukan KG dan LCG aft PP kapal dengan muatannya sebagai berikut, KG 550000/20000 27,5 kaki, LCG 5640000/20000 = 262 kaki aft PP.

Dari segi stabilitas transversal GM = KM — KG = 31,25 — 275’ 375 kaki.
Diperoleh GM positif, berarti M berada di sebelah atas G sehingga diperoleh keseimbangan yang stabil (*stable equilibrium*). Untuk air tawar, air asin dan bahan bakar (minyak) yang dimuat di dalam tangki, sedikit bagian atas tangki tersebut tidak diisi penuh (jika kapal oleng, masih ada ruangan zat cain tersebut untuk bergerak sedemikian rupa sehingga bidang permukaannya masih dalam posisi rhorisontal. dan yang demikian mempengaruhi stabilitas kapal), yang menimbulkan momen permukaan bebas (*free surface moment*) yang mempengaruhi posisi G. Di dalam praktik, maka FS dapat diperoleh dan suatu daftar yang disediakan untuk masing-masing kapal. Jika misalnya momen FS =

19.500 kaki-ton, maka GM tersebut di atas koreksi sebesar 19500/Δ atau 19500/20000 = 0.975 kaki sehingga

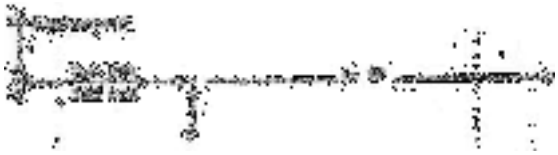
Tabel 9. Hubungan Berat, KG, momen dan LCG

	Berat ton	KG kaki	Momen (2 x 3)	LCG FP kaki	Momen (2 x 5)
1	2	3	4	5	6
1. Berat kapal	8500	30	255000	280	2380000
2. *Crew and stores*	200	44	8800	250	56000
3. Muatan pada MD	300	50	15000	250	75000
4. Muatan dalam UTD	2700	40	108000	250	675000
5. Muatan dalam LTD	3500	30	105000	300	1050000
6. Muatan dalam LH	2500	16	40000	284	710000
7. Air tawar	275	20	5500	320	88000
8. Minyak pelumas	25	28	700	360	8000
9. Bahan bakar dan air asin	2000	6	12000	299	598000
Jumlah	20000	KG	5500000	LCG	5640000

menjadi 3,75 — 0,975 = 2,775 kaki. GM yang 2,775 kaki ini disebut GM tersedia (GM *available*), Di samping GM tersedia masih ada GM yang lain yang disebut GM diperlukan (GM required) yang dapat diperoleh nilainya dan suatu grafik yang tersedia pada masing-masing kapal. Diperlukan ialah agar GM tersedia sesuai atau hampir sesuai dengan GM diperlukan karena GM diperlukan ini yang perlu dipertahankan/dicapai dengan tujuan agar tidak diperoleh stabilitas yang negatif sekalipun terjadi kerusakan salah satu kompartemen (terutama selama pelayaran).

Segi stabilitas longitudinal

Di atas telah dihitung bahwa LCG = 282 aft FP; sedangkan dan *deadweight* scale diperoleh bahwa LCG 275,35 kaki aft FP. Dengan demikian, posisi G leibih jauh dan posisi B terhadap PP berarti G berada di sebelah belakang B sejauh 282 — 275,35 = 6,65 kaki Jadi, tuas trim 6,65 kaki (Gambar 84).



Gambar 84. Perhitungan posisi G

Momen trim ∆ x tuas trim 20000 x 6,65 = 133000 kaki-ton.
Perubahan trim = Momen trim/MTI = 133000/1860 = 72 inci (dibulatkan).

Diketahui bahwa jarak antara AP dengan FP atau LBP = 550 kaki sehingga setengahnya = 275 kaki, sedangkan dan *dead weight scale* diperoíeh bahwa LOF = 280,4 kaki aft PP sehingga TC tidak tepat berada pada pertengahan kapal. Oleh karena itu, perubahan sarat aft dan fwd ditentukan berdasarkan perbandingan posisi TC degan E terhadap FP dan diperoreh perubahan sarat fwd 280,4/550 x 72 = 36;5 inci = 3 kaki 0,5 inci.

Perubahan sarat aft = 72 — 36,5 inci 35,5 inci = 2. Kaki 11,5 inci
Diketahui bahwa untuk *displacement* 20000 ton, sarat rata-rata adalah 28,5 kaki (lihat soal di atas). Dengan demikian, sarat akhir adalah sebagai berikut. Sarat fwd 28,5 kaki — 3 kaki 0,5 inci = 25 kaki 05,5 inci. Sarat aft 28,5 kaki + 2 kaki 11,5 inci = 31 kaki O5,5 inci. Posisi sarat akhir ini kelihatan bahwa kapal mendongak dengan perbedaan sarat sebesar 6 kaki.

Dihitung berdasarkan benaman rata-rata
Dalam soal di atas diketahui sarat rata-rata adalah 28,5 kaki untuk *displacement* 20000 ton yang dapat diperoleh dari *dead weight scale*. Untuk berat kapal itu sendiri (*light ship*), yaitu 8500 ton menurut contoh di atas, juga dapat diperoleh sarat rata-rata dan TPI-nya dan *dead weight scale*, misalkan sarat rata-rata 13,5 kaki dan TPI 59,5. Setelah kapal selesai dimuat (*displacement* 20000 ton), banyaknya muatan yang dimuat adalah 20000 ton — 8500 ton 11500 ton, sehingga benaman rata-rata = W/TP1 = 11500/59,5 = 193,277 inci. Benaman rata-rata ini sama dengan 16 kaki 01,277 inci (dibulatkan 16 kaki 01 inci).

Dengan demikian, pada *displacement* 20000 ton diperoleh benaman (sarat) rata-rata yaitu 13,5 kaki + 16 kaki 01 inci = 29 kaki 07 inci. Ternyata berbeda daripada yang diperoleh dan *dead weight scale*, yaitu 28,5 kaki atau 28 kaki 06 inci. Oleh karena itu, supaya disebutkan di muka, bahwa untuk pemuatan yang banyak tidak tepat dipergunakan TPI dengan rumus benaman rata-rata W/TP1. Benaman rata-rata W/TP1 hanya tepat dipergunakan untuk pemuatan sebagian (partial) yang tidak banyak dan mengakibatkan perubahan sarat yang kecil.

Kalau dilihat dalam *dead weight scale* kapal yang bersangkutan akan ternyata bahwa untuk *displacement* 20000 ton, TPI-nya lebih besar dan 59,5 sehingga benaman rata-ratanya pun akan lebih icecil dan yang diperoleh di atas (16 kaki 01 inci) berdasarkan rumus W/TP1. Adapun TP1 = 59,5 adalah untuk *displacement* = 8500 ton, yaitu *displacement* kapal itu sendiri.

Jika kapal semakin dalam terbenam ka dalam air (*displacement* semakin besar), maka TPI atau berat yang diperlukan untuk menekan tubuh kapal ke dalam air sebesar 1 inci menjadi lebih besar. Hal ini adalah sebagai akibat dan semakin banyak bagian bagian air (*water portions*) yang menekan tubuh kapai arah ke atas, atau karena semakin terbenamnya tubuh kapal ke dalam air, maka luas permukaan tubuh kapal yang berada di dalam air semakin luas, berarti semakin banyak bagian-bagian air yang menekan tubuh kapal, dan berarti pula semakin besar daya apung B. Hal ini mengakibatkan TPI semakin besar jika tubuh kapal semakin dalam masuk ke dalam air, yaitu jika *displacement* sama besar

2.3.2.12 Perubahan sarat aft hanya pada salah satu ujung kapal

Misalkan W dan TPI serta posisi TC diketahui. Sekarang akan ditentukan tempat penimbunan W di sebelah belakang TC sedemikian rupa sehingga tidak ada perubahan sarat fwd (yang berubah hanya sarat aft).

Sebagaimana yang diuraikan di muka bahwa perubahan sarat masing-masing aft dan fwd sesuai dengan pertambahan/perubahan sarat rata-rata, yaitu sesuai dengan benaman rata-rata W/TPI jika W tepat dim.uat pada TC. Dengan demikian,

perubahan sarat/aft = W/TPI

perubahan saratf/wd = W/TPI

perubahan trim = 2W/TPI

Jadi, jika W ditimbun sebelah belakang TC dan ternyata diperoleh perubahan trim 2W/TPI, maka tidak ada perubahan sarat fwd. Demikian juga hanya jika ditimbun di sebelah mukaTC. dan diperoleh perubahan trim 2W/TPI, tidak ada perubahan sarat aft.

Dari segi momen trim, yaitu W x D (D dalam hal ini ialah jarak W dan TC), xnaka perubahan trim W x D/MT1.

Dengan demikian,

W x D/MT1 = 2 WJTPI atan D = 2 MT1/TPI

Jadi, jika W ditimbun sejauh D = 2 MT1/TPI di sebelah belakang TC, tidak ada perubahan sarat fwd. Demikian juga jika W ditimbun sejaiuh D = 2MT1 di sebelah muka TC, tidak ada perubahan sarat aft.

Dari persamaan D = 2 MTI/TPI kelihatan bahwa D tidak dipengaruhi oleh besar kecilnya W, hanya dipengaruhi oleh MT1 serta oleh TPI. Memang nampaknya demikian, tapi MTI dengan TPI dipengaruhi oleh besar kecilnya W, berarti secara tidak langsung D dipengaruhi oleh W. Untuk jelasnya, diberikan satu contoh, yaitu posisi sarat adalah sebagai berikut.

	fwd kaki, inci	rata-rata kaki, inci	aft kaki, inci	trim kaki, inci
Awal	20.03	20.05	20.07	4 aft

Dimuat 300 ton sebelah muka TC sejauh D dan TC. MT1 = 1320 dan TPI 60. Sekarang ditentukan D sedemikian rupa sehingga tidak ada perubahan sarat aft (tetap sebesar 20 kaki 0.7 inci). D = 2 x 1320/60 = 44 kaki sebelah muka TC. Benar tidaknya D = 44 kaki di sebelah muka TC, diselidiki sebagai berikut,

fwd kaki, inci	rata-rata kaki, inci	aft kaki, inci	trim kaki, inci
20.08	20.1	21	4 aft

Benaman rata-rata = W/TPI = 300/60 = 5 inci. Jadi pertambahan sarat rata-rata = 5 inci pada TC) sehingga posisi sarat menjadi sebagai berikut

Karena W dimuat sejauh 44 kaki di sebelah muka TC, maka W dan D menimbulkan momen trim sebesar W z D = 300 x 44 kaki-ton yang menimbulkan perubahan trim 300 x 44/1320 10 inci fwd, Jadi, perubahan sarat aft = — 5 inci dan perubahan sarat fwd = + 5 inci sehingga posisi sarat akhir menjadi sebagai benikut.

	fwd kaki, inci	rata-rata kaki, inci	aft kaki, inci	trim kaki, inci
Akhir	21.01	20.1	20.07	6 aft

Ternyata dan posisi sarat akhir bahwa sarat aft tidak berubah (tetap sebesar 20 kaki 07 inci), yang ber,ubah hanya sarat fwd dari 20 kaki 03 inci menjadi 21 kaki 01 inci (bertambah 10 inci).

Karena sarat fwd berubah, sarat rata-rata dan trim juga berubah. Perubahan trim ini sesuai dengan pertambahan sarat fwd., yaitu trim awal 4 inci aft dan trim akhir 6 inci fwd sehingga perubahan trim adalah 4 + 6 = 10 inci.

2.3.2.13 Data hidrostatik dan *dead weight scale*

Dalam uraian di muka sering disebutkan mengenai *dead weight scale* demikian juga disebutkan mengenai data hidrostatik. Sebagai contoh, di bawah ini diberikan bentuk dan data hidrostatik *dead weight scale* tersebut.

Demikianlah bentuk dan data hidrostatik yang umumnya dipergunakan. oleh kapal kapal tangki. Dari daftar di atas ini, kelihatan posisi TC dan bidang pertengahan kapal serta besarnya TPI untuk berbagai sarat. Demikian juga kelihatan perubahan *displacement* (berkurang/bertambah). Di bawah ini diberikan bentuk *dead weight scale* suatu kapal pengangkut barang dengan berat kapal (*lightship*) sebesar 7800 ton dan dengan *displacement* maksimal sesuai sebesar 21000 ton.

Untuk *displacement* 16000 ton, dan *dead weight scale* ini diperoleh sarat rata-rata (*mean draft bottom of keel*), 23,5 kaki. KM (transversal) 31,15 kaki.TPI 65,6

ton, MT1 = 1600 kaki-ton. LCB = 266,24 kaki aït FP. LCF = 274,5 kaki aft FP. LCF

2.3.2.14 Penyelidikan atas lengkungan tubuh kapal

Dalam distribusi longitudinal muatan dapat diperoleh kemungkinan sebagai berikut.

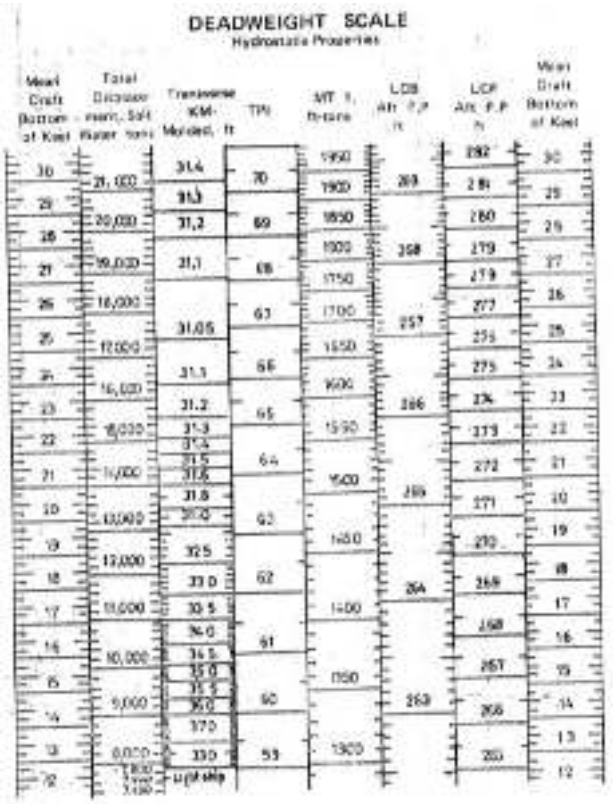
1. Jika muatan terlalu berat di tengah-tengah (dibandingkan dengan pada kedua belah ujung kapal), maka tekanan muatan ini dapat mengakibatkan kapal agak melengkung ke bawah (*sagging*).
2. Jika muatan terlalu berat 'pada kedua belah ujung kapal (dibandingkan dengan di tengah-tengah), maka tekanan muatan ini dapat mengakibatkan kapal agak melengkung arah ke atas (*hogging*)

Data hidrostatik kapal (Tabel 9. diperlukan untuk penentuan lengkungan tubuh kapal).

Data Hidrostatik

Sarat	TC dari bagian tengah kapal		TPI	Perubahan △ (displacement) untuk trim 1 kaki pada Stern		trim 5 kaki pada Stern		trim 10 kaki pada Stern	
kaki	kaki		ton	ton		ton		ton	
10	5.5	fwd	57	9.6	minus	40	minus	80	minus
11	5.2	fwd	57.5	9.0	minus	38	minus	48	minus
12	4.8	fwd	58	8.4	minus	34	minus	44	minus
13	4.5	fwd	59	7.8	minus	30	minus	42	minus
14	4.2	fwd	59.5	7.1	minus	26	minus	39	minus
15	3.7	fwd	60	6.3	minus	22	minus	35	minus
16	3.3	fwd	60.5	5.5	minus	18	minus	30	minus
17	2.8	fwd	61.5	4.6	minus	14	minus	24	minus
18	2.4	fwd	62	3.6	minus	9	minus	18	minus
19	1.7	fwd	62.5	2.2	minus	4	minus	10	minus
20	1.2	fwd	63	1.2	minus	1	plus	6	plus
21	0.5	fwd	64	0.2	minus	5	plus	21	plus
22	0.4	aft	65	1.2	plus	11	plus	35	plus
23	1.2	aft	65.5	2.7	plus	17	plus	50	plus
24	2.0	aft	66	4.2	plus	23	plus	60	plus
25	2.8	aft	66.5	5.8	plus	29	plus	73	plus
26	3.7	aft	67.5	7.5	plus	35	plus	81	plus
27	4.6	aft	68	9.2	plus	41	plus	97	plus
28	5.2	aft	69	10.9	plus	47	plus	100	plus
29	6.9	aft	69.5	12.7	plus	53	plus	108	plus
30	8.4	aft	70.5	14.5	plus	60	plus	115	plus
31	10.0	aft	71	16.4	plus	68	plus	124	plus

Selanjutnya tabel *dead weight scale* diperlukan untuk perhitungan selanjutnya (Tabel 9)



Dalam perhitungan-perhitungan di muka mengenai sarat rata rata, pada umumnya sarat rata-rata ditentukan pada pertengahan kapal. Jika terdapat keadaan *sagging* atau *hogging*, sudah tentu sarat rata-rata yang ditentukan tidak tepat. Untuk menentukan/ menyelidiki kemungkinan adanya *sagging* dan *hogging* dilakukan sebagai berikut.

1. Mula-inula ditentukan sarat rata-rata berdasárkan sarat aft dan sarat fwd. Sarat rata-rata ini dikurangkan dan tingginya lambung kapal (dihitung tegak lurus mulai dan lunas kapal sampai garis dek) dan selisihnya merupakan lambung timbul (*freeboard*), misalkan P kaki,

2. Kemudian. dipergunakan batu duga, panjang talinya diukur = P kaki, digantungkan pada pertengahan lambung kapal dengan ujung atas batu duga terserbut tepat pada paris dek. Jika batu duga tersebut tepat pada permukaan air, tidak ada *hogging* dan juga tidak ada *sagging*. Jika batu duga tersebut masuk ke dalam air, diperoleh keadaan *sagging*. Jika batu duga tersebut masih berada di atas perrnukaan air, diperoleh keadaan *hogging*.

Cara lain untuk menyelidiki keadaan *sagging* dan *hogging* dilakukan sebagai berikut.

1. Mula-mula dilakukan seperti cara pertama di atas sehingga diperoleh lambung timbul = P kaki.
2. Kemudian dipergunakan batu duga mulai dan garis dek hingga tepat pada permukaan air, dan dicatat panjangnya, misalnya Q kaki. P dan Q dibandingkan dan jika P lebih panjang dan Q, diperoleh *sagging*, P lebih pendek dan Q, diperoleh *hogging*. P sama dengan Q, tidak ada *sagging* maupun *hogging*.

Penyelidikan keadaan *sagging* dan *hogging* dengan cara yang disebutkan di atas ini hanya dapat dilakukan jika kapal berada dalam posisi seimbang dan tegak (*on an euen keel*), yaitu tidak oleng ke kin dan ke kanan. juga tidak mendongak dan menungging. Jika kapal tidak berada dalam posisi seimbang dan tegak, maka untuk menentukan Q dilakukan dengan cara mengukur pada kedua belab sisi lambung kapal, kemudian diambil rata-ratanya.

Kemudian Q rata-rata ini dibandingkan denan P sehingga dapat diketahui apakah kapal dalam keadaan *sagging* atau dalam keadaan *hogging* (Gambar 85).



Gambar 85. Keadaan *sagging* dan *hongging* kapal

Keadaan *sagging* atau *hogging* akan menimbulkan terganggunya keutuhan kapal sehingga kedua-duanya harus dihindarkan. Untuk jelasnya, diberikan contoh perhitungan di bawah ini. Sarat suatu kapal dengan muatannya adalah sebagai berikut.

fwd	rata-rata	aft
19 kaki 06 inci	20 kaki 05 inci	21 kaki 04 inci

Tinggi lambung kapal 45 kaki. Setelah diukur lambung timbul pada kedua belah sisi lambung kapal diperoleh rata-ratanya 26 kaki 05 inci.

Berdasarkan data di atas ini, akan diselidiki apakah kapal dalam posisi *sagging* atau hogging dan berapa besarnya. Sarat rata-rata 20 kaki 05 inci sehingga lambung timbul pada pertengahan kapal seharusnya 45 kaki — 20 kaki 05 inci = 24 kaki 07 inci. Lambung timbul yang sebenarnya = 26 kaki 03 inci. Selisihnya 1 kaki 08 inci ternyata kapal berada dalam posisi *hogging* sebesar 1 kaki 08 inci. Contoh lain, misalnya sarat suatu kapal sebagai berikut.

fwd	rata-rata	aft
20 kaki 04 inci	21 kaki 05 inci	21 kaki 06 inci

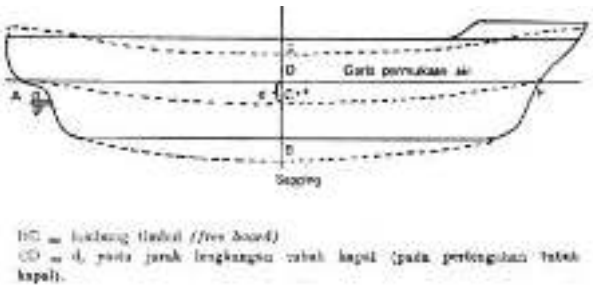
Tinggi lambung kapal 47 kaki 05 inci. Setelah diukur lambung timbul pada kedua belah sisi lambung kapal diperoleh rata-ratanya 25 kaki 02 inci. Sarat rata-rata 21 kaki 05 inci sehingga lambung timbul pada pertengahan kapal seharusnya: 47 kaki 05 inci — 21 kaki 05 inci = 26 kaki. Lambung timbul yang sebenarnya 25

kaki 02 inci Selisihnya 10 inci, ternyata kapal berada dalam posisi dapat diketahui *displacement* maupun TPI.

2.3.2.15 Koreksi *displacement* untuk lingkungan tubuh kapal

Sebagaimana yang disebutkan di muka bahwa *dead weight scale* dapat diperoleh sarat rata-rata (*mean draft*) dan TPI untuk berbagai *displacement* kapal yang bersangkutan. Berarti, jika sarat rata-rata telah diketahui, maka dengan pertolongan *dead weight* scale dapat diketahui *displacement* maupun TPI.

Perlu dijelaskan bahwa sarat rata-rata sebagaimana yang ada pada *dead weight scale* untuk berbagai *displacement* disusun pada waktu kapal berada dalam posisi seimbang dengan lunas yang mendatar (*on even even keel*). Sudah tentu, kalau kapal dalam keadaan *sagging* atau *hogging*, sarat rata-rata yang terdapat pada *dead weight scale* akan berbeda dengan sarat rata-rata yang diperoleh dan markah sarat yang terdapat pada lambung kapal (Gambar 86).



Gambar 86. Markah sarat lambung kapal

Kalau ditentukan. sarat rata-rata berdasarkan sarat aft pada A dan. sarat fwd pada F maka sarat rata-rata yang diperoleh sesuai dengan BC, Akan tetapi, sarat pada pertengahan kapal (yang dibaca pada markah sarat), yaitu sarat yang sebenarnya sesuai dengan BD (karena adanya *sagging*). Dengan deniikian, sarat rata-rata yang sesungguhnya tidak dapat diperoleh berdasarkan rata-rata sarat aft dan sarat fwd, demikian juga: berdasarkan sarat yang sebenarnya yang dibaca pada markah sarat pada pertengahan kapal. Sarat rata-rata yang sesungguhnya berada pada suatu tempat pada jarak CD (d) dan garis permukaan air. Dengan demikian, sarat rata-rata maupun sarat pada

pertengahan kapal seperti tersebut di atas (dalam keadaan *sagging*) tidak dapat dipergunakan sebaçjai sarat rata-rata pada *dead weight scale* untuk tujuan menentukan *displacement*. Untuk menentukan *displacement* dalam keadaan *sagging* atau *hogging* dilakukan dengan mengkoreksi *displacement* yang diperoleh dan *dead weight scale* sebagai berikut. Mula-mula.. ditentukan sarat rata-rata (sebagaimana yang telah dibahas dalarn perhitungan-perhitungan di muka) dalam keadaan dianggap ada *sagging* atau *hogging*.

Berdasarkan sarat rata-rata tersebut ditentukan *displacement* dengan pertolongan *dead weight scale*. Jika kapal dalam posisi *sagging* atau *hogging*, maka *displacement* tersebut dikoreksi dengan mempergunakan rumus:

cΔ= 9,6 x dx TPI (ton)

cΔ = koreksl *displacement*, dalam satuan ton.

` d = jarak lengkungan tubuh kapal, dalam satuan kaki.

TPI adalah untuk sarat rata-rata yang bersangkutan.

Dalam keadaan *sagging*. c Δ ditambahkan pada *displacement*. Dalam keadaan hogging, c Δ dikurangkan dan *displacement*. Sebelum dilakukan koreksi atas *displacement* dengan rumus di atas ini, lebih dulu untuk sarat rata-rata dilakukan koreksi atas trim dan atas posisi tegak lurus pada PP dan AP (kalau memang perlu dikoreksi) sebagaimana yang akan dibahas berikutnya.

Catatan :

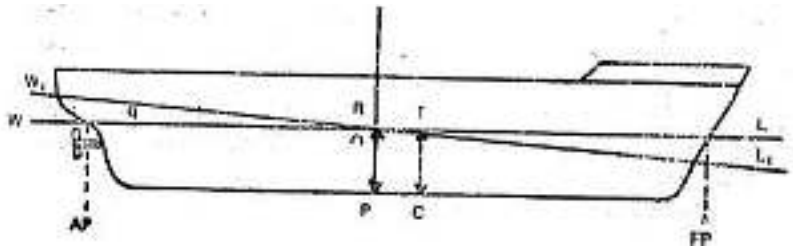
Menurunkan rumus dl atas didasarkan kepada teori dan perhitungan parabola, yaitu segmen AFC merupakan segmen suatu parabola. Perhitungan untuk menurunkan rumus tersebut tidak penting bagi kita.

2.3.2.16 Koreksi atas sarat rata-rata

Dalam uraian di muka telah diuraikan bahwa pada umumnya TC tidak tepat berada pada pertengahan kapál. Karena sarat rata-rata ditentukan pada pertengahan kapal, maka jika kapal mendongak atau menunggu, sarat rata-rata yang dìtentukan dan rata-rata sarat aft dan sarat fwd sudah tentu tidak menunjukkan sarat rata-rata yang sesungguhnya sebagaimana yang terdapat

pada *dead weight scale*, karena sarat rata-rata pada *dead weight* scale ditentukan sewaktu kapal dalam keadaan seimbang dengan lunas yang mendatar (*on an even keel*). Untuk mencapai sarat rata-rata sebagaimana yang terdapat pada *dead weight scale*, maka sarat rata-rata yang sebenarnya (rata-rata dan sarat aft dan sarat fwd) penlii dikoreksi, demikian juga sebaliknya. Untuk tujuan menentukan koreksi tersebut, perhatikanlah gambar di bawah (Gambar 87).

Mula-mula diambil suatu kapal dalam posisi seimbang dengan lunas yang mendatar (*on an even keel*). Garis permukaan air adalah WL, sedangkan sarat rata-rata sesuai dengan PQ. Misalkan bahwa TC tidak tepat berada pada pertengahan kapal, tapi sebelah mukanya sejauh QT. Kemudian, suatu muatan tertentu dipindahkan dan bagian muka ke bagian belakang sehingga kapal mulai mendongak, Garis permukaan air menjadi W1L1 yang melalui titik T dan *tippingcentre* TC.



Gambar 87. Penentuan koneksi sarat

Dalam hal ini *displacement* tidak berubah besarnya (karena hanya pemindahan amatan tertentu dan bagian muka ke bagian belakang). Walaupun *displacement* tidak berubah, tapi dan gambar di atas ini jelas kelihatan 'bahwa sarat rata-rata kini menjadi PR sehingga bertambah sebesar QR dan sarat rata-rata semula (PQ). Oleh karena data yang disusun pada *dead weight scale* adalah sewaktu kapal dalam posisi seimbang dengan lunas yang mendatar, maka dalam keadaan seperti yang ditunjukkan dalam gambar, sarat rata-rata menurut *dead weight scale* tetap sebesar PQ (karena *displacement* tidak berubah) Untuk memperoleh sarat rata-rata untuk *dead weight scale*, maka sarat rata-rata berdasarkan sarat aft dengan sarat fwd atau sarat yang sebenarnya pada

pertengahan kapal (menurut markah sarat), yaitu sesuai dengan PR (dalam gambar) harus dikoreksi sebesar QR dan untuk contoh di atas, koreksi sebesar QR tersebut dikurangkan sehingga diperoleh PQ untuk *dead weight scale,* yaitu:

PQ (*dead weight scale*) PR — QR

PQ (*dead weight scale*) = Sarat rata-rata — koreksi.

Dalam keadaan sebaliknya yaitu muatan tertentu dipindahkan ke bagian muka, koreksi tersebut ditambahkan (dengan catatan bahwa TC berada di sebelah muka pertengahan kapal).

Jika koreksi telah diketahui, maka sebaliknya dapat juga ditentukan sarat rata-rata (yang sebenarnya) berdasarkan sarat rata rata dan *dead weight scale*. dan untuk contoh di atas, koreksi tersebut ditambahkan kepada sarat rata-rata *dead weight scale*. (dengan catatan bahwa TC berada di sebelah muka pertengahan kapal). Dalam keadaan sebaliknya, yaitu TC berada di sebelah belakang pertengahan kapal. situasinya adalah kebalikan dan yang diuraikan di atas ini. Jadi, yang perlu ditentukan ialah koreksi tersebut (c) yang sesuai dengan QR. Dan segitiga siku TQR diperoleli bahwa tangens q = QR/QT.

Berdasarkan perbedaan sarat aft dençjan sarat fwd (trim) diperoleh bahwa tangens q trim/panjang kapal. Dengan demikian,

QR/QT = trim/panjang kapal.

Dalam persamaan ini dapat ditentukan QR (koreksi), yaitu:

QR = QT x trim/panjang kapal.

QR = koreksi atas sarat rata-rata (dalam satuan kaki) c

QT = jarak TC dari bidang pertengahan kapal (kaki) c

Panjang kapal sesuai dengan LBP

Jarak TC dan bidang pertengahan kapal (d) dapat ditentukan berdasarkan selisih LCF aft FP dengan ,1/2 LBP di mana LCF aft FP dapat diperoleh dan *dead weight scale*. Karena trim biasanya dinyatakan dalam satuan inci, maka QR juga dinyatakan dalam satuan inci, yaitu dengan mengalikan QR dengan 12 (1 kaki = 12 inci). Dengan demikian, rumus koreksi di atas menjadi:

C =12 x d x trim/LBP

Apakah c ini dikurangkan dan atau ditambalikan kepada sarat rata-rata, untuk ini berlaku kctentuanketentuan sebaqai berikut.

TC di sebelah rnuka bidang pertengahan kapal
Jika *trim* aft, maka c ditambahkan dan sarat rata-rata. Jika *trim* fwd, maka c ditambahkan pada sarat rata-rata.

TC di .sebelah belakang bidang pertengahan kapal
Jika *trim* aft, maka c ditamhahkan pada sarat rata-rata. Jika *trim* fwd, maka c dikurangkan dan sarat rata-rata.

Dengan adanya koreksi atas sarat rata-rata sebesar c. jika TC tidak tepat berada pada bidang pertengahan kapal, maka sudah tentu ada kesalahan atas *displacement* sebesar e x TPI sehingga *displacement* perlu juga dikoreksi, yaitu: c x TPI dikurangkan dan *displacement* jika c dikurangkan dan sarat rata-rata dan x TPI ditambahkan pada *displacement* jika e ditambahkan pada sarat rata-rata. Jika sarat rata-rata bertambah, sudah tentu *displacement* juga bertamibah demikian juga sebaliknya, Perlu diingat bahwa yang berubah adalah *displacement*, sedangkan berat kapal dengan muatannya (*dead weight*) tidak berubah.

Untuk jelasnya berikut diberikan beberapa contoh.

Contoh 1 :
Suatu kapal dengan LBP = 500 kaki dan TC di sebelah.muka pertengahan kapal sejauh 10 kaki mempunyai sarat sebagai berikut.

fwd	rata-rata	aft
18 kaki 10 inci	19 kaki 07 inci	20 kaki 04 inci

Jika TPI 50, maka sarat rata-rata yang sesungguhnya dan besarnya koreksi atas *displacement* adalah sebagai berikut. *Trim* = 20 kaki 04 inci aft — 18 kaki 10 inci fwd = I kaki 06 inci aft =. 1,5 kaki aft. d = 10 kaki dan LBP = 500 kaki. Dengan demikian, r = 12 x 10 x 1,5/500 = 0,32 inci.

Karena TC di sebelah muka bidang pertengahan kapal dan *trim* aft, maka r = 0,32 inci dikurangkan dan sarat rata-rata, sehingga; sarat rata-rata yang

sesungguhnya = 19 kaki 07. Inci —0;32 inci = 19 kaki 06,68 inci. Koreksi atas *displacement* =0,32 x 50 16 ton (dikurangkau).

Contoh 2:
LBP kapal “Maju’ = 480 kaki dan TC = 15 kaki di sebelah bidang pertenga:han kapal. *Displacement* 18000 ton dan TPI = 50. Sarat = 27 kaki 04 inci fwd dan 24 kaki 08 inci aft. Sarat rata-rata dan *displacement* yang sesungguhnya adalah sebagai berikut.

Sarat fwd 27 kaki 04 inci — aft 24 kalci 08 inci = *trim* 2 kaki 08 inci fwd = 2,667 káki fwd. Jadi, c = 12 x 15 x 2,667/480 = 1 inci.
Sarat rata-rata = (27 kaki 04 inci + 24 kaki 08 inci)/2 = 26 kaki, sehingga sarat rata-rata yang sesungguhnya 26 kaki + 1 inci 26 kaki 01 nci, Koreksi atas *displacement* adalah 1
x 5.0 = 50 ton. sehingga *displacement* yang sesungguhnya yaitu 18000 + 50 = 18050 ton.

Dalam perhitungan di atas ini, koreksi ditambahkan kepada sarat rata-rata, denilkian pula pada *displacement* karena TC berada di sebelah. muka bidang pertengahan kapal dan *trim* fwd
Contoh
LBP suatu kapal 500 kaki dan TC 12 kaki di sebelah belakang bidang. pertengahan kapal. TPI = 60 dan sarat 21 kaki 02 inci fwd serta 25 kaki 08 inci aft,
Dari data ini diperoleh sarat rata-rata adalah 23 kaki 05 inci, dan trim 25 kaki 08 inci — 21 kaki.02 inci 4 kaki 06 inci atau 4,5 kaki aft, Dengan demikian, c = 12 x 12 x 4,5/500 = 1,156 inci sehingga sarat rata-rata yang sesungguhnya adalah 23 kaki 05 inci + 1,156 inci 23 kaki 06,156 inci. Koreksi atas *displacement* yaitu 1,156 x 60 = 69,36 ton (ditambahkan).

Dari uraian dan contoh-contoh di atas jelas bagi kita bahwa sangat perlu diketahul posisi dan TC, yaltu berapa jauh dari bidang pertengahan kapal (*amid ship section*). Jika sekiranya TC berada tepat pada bidang pertengahan kapal,

maka koreksi atas sarat rata-rata tidak penlu karena dalam hal yang demikian, sarat rata-rata pada pertengahan kapal sesuai dengan sarat rata-rata sebagaimana yang terdapat pada *dead weight scale*. Tapi, pada umumnya TC tidak tepatberada pada bidang pertengahan kapal.

Dalam praktek posisi TC dapat diperoleh dari *dead weight scale* masing-masing kapal, yaitu yang diberi tanda dengan LCF (*longitudiizal centre of flotation*).

Jika misalnya LBP kapal 500 kaki dan dart *dead weight scale* nya diperoleh bahwa LCF untuk suatu *displacement* tertentu adalah 260 kaki PP, maka terletak sejäuh 260 — x 500 = 10 kaki di sebelah belakang bidang pertengahan kapal.

Contoh
Suatu kapal setelah selesai dimuat mempunyai *displacement* sebesar 18.000 ton dan jumlah momen longitudinal = 4.950.000 kaki-ton dengan FP sebagat *reference line*. LBP kapal adalah 523 kaki.
Dari *dead weight scale* kapal itu diperoleh data untuk *displacement* sebesar 1&O0 ton, yaitu sarat rata-rata 26 kaki dan TPI = 67,4 sertu MTI ='1720. LCB = 267,5 kaki aft FP dan LCF = 277,5 kaki aft FP.
Berdasarkan data di atas ini ditentukan sarat rata-rata dan *displacement* yang sebenarnya yaitu:

LCG = 4.950.000/18.000		= 275 kaki aft PP . .
LCB		= 267,5 kaki aft FP
	luas trim	= 7,5 kaki

Jadi G berada 7,5 kaki disebelah belakang B. Perubahan trim yaitu momen trim/MT1 = 7.5 x 18000/1720 = 78.5 inci (angka dibulatkan).

LCF 277,5 kaki aft FP sedangkan LBP = 1/ 2 x 523 = 261.5 kaki sehingga TC berada 277.5 — 261,5 = 16 kaki di sebelah belakang bidang pertengahan kapal Perubahan sarat fwd = 277,5/523 c 78,5 inci = 41.625 inci atau 3 kaki 05,625 inci. Perubahan sarat aft ialah 78,5 inci = 41,625 inci = 36,875 inci atau 3 kaki 00,875 inci.

Dengan demikian, sarat akhir adalah sebagai berikut.

fwd : 26 kaki — 3 kaki 05,625 inci = 22 kaki 06,375 inci

aft : 26 kaki + 3 kaki 00,875 inci = 29 kaki 00,875 inci

Trim = 6 kaki 06,5 inci =

6.54 kaki aft. Dari hasil ini diperoleh:

c = 12 x 16 x 6,54/523 2,4 inci sehingga sarat rata-rata yang sebrmarnya adalah 26 kaki — 2,4 inci 25 kaki 09,6 inci. *Displacement* yang sebenarnya yaitu 18000 — 2,4 x 67,4 = 17838,24 ton.

2.3.2.17 Koreksi *displacement* untuk *trim* satu kaki

Di atas telah dijelaiskan bahwa jika ada koreksi atas sarat rata-rata juga *displacement* dikoreksi, karena jika sarat rata-rata bertambah, *displacement* juga bertambah. Demikian juga sebaliknya. Rumus koreksi atas sarat rata-rata sebagaimana yang telah diuraikan di atas, yaitu: .

c = 12 x d x trim/LBP (inci).

Dengan demikian, koreksi atas *displacement* (c Δ) ialah:

c Δ= 12 x d x trim TPI/LBP

Jika trim 1 kaki, maka koreksi atas Δ untuk tiap-tiap trim 1 kaki adalah sebagai berikut:

c Δ 12 x d x I (satu kali) x TPI/LBP

c Δ = 12 d X TPI/LBP

Koreksi *displacement* ditambahkan kepada atau dikurangkan dan *displacement* tergantung dan posísi TC dan trim aft atau fwd sebagal berikut:

TC di sebelah belakang bidang pertengahan kapal

Trim aft, c Δ ditambahkan pada Δ Trim fwd, c Δ dikurangkan dan Δ.

TC di sebelah muka bidang pertengahan kapal

Trim aft, c Δ dikurangkan dan Δ . *Trim* fwd, c Δ ditambahkan pada Δ

Kalau diperhatikan kembali penjelasan di muka mengenai koreksi atas sarat rata-rata dan *displacement* ternyata bahwa posisi TC dan jaraknya (d) terhadap bidang pertengahan kapal perlu diketahui.

Dalam praktik, posisi TC terhadap FP dapat diperoleh dari *dead weight scale* masing-masing kapal untuk berbagai *displacement*, posisi TC mana adalah sewaktu kapal berada dalam posisi seimbang dengan lunas yang mendatar (*on an even keel*). Akan tetapi, perlu diingat bahwa posisi TC itu sendini tidak

konstan tergantung dan *trim* kapal, yaitu tergantung dan bagaimana pengaturan muatan di dalam masing-masing kompartemen (palka) kapal. Jika terjadi perubahan trim, maka posisi TC juga berubah, yaitu: jika trim aft, maka TC berpindah arah ke belakang; dan jika *trim* fwd, maka TC berpindah arah ke muka. Akan tetapi, perubahan posisi TC tersebut baru berarti jika *trim* besar, yaitu jika perubahan antara sarat aft dengan sarat fwd besar. *Trim* yang besar itu sering terdapat pada kapal-kapal tangki (*tankers*) yang sedang beroperasi sehingga kapal-kapal tangki diperlengkapi oleh arsitek kapal dengan daftar koreksi atas *trim* untuk 1 kaki, 5 kaki, dan 10 kaki (lihat daftar data hidrostatik di muka). Demikian juga semua kapal diperlengkapi dengan daftar koreksi atas sarat dan *displacement* untuk berbagam *trim* dan sarat, di antaranya *trimming table* yang di tempatkan di sebelah bawah gambar penampang kapal yang bersangkutan. Semua ini disediakan oleh arsitek kapal dengan tujuan untuk menjaga dan menjamin keamanan dan keselamatan selama pelayaran sehingga terutama mereka para pelaut sudah sewajarnya mengucapkán terirna kasih kepada para arsitek fwd aft kapal.

2.3.2.18 Koreksi atas sarat dengan pertolongan *trimming table*

Trimming table di tempatkan di bawah gambar penampang kapal dan panjang daftar tersebut sesuai dengan panjang gambar penampang, kapal (LBP). Daftar tersebut. terdiri dari dua kolom horisontal. Dalam kolom yang sebelah atas (kolom pertama) di catat angka-angka (dalam satuan inci) untuk koreksi sarat fwd, dan dalam kolom yang sebelah bawah (kolom kedua) dicatat angka-angka (dalam satuan inci) untuk koreksi sarat aft.

Trimming table dipergunakan untuk menentukan dengan cepat pengaruh dari suatu perubahan (kecil) distribusi longitudinal terhadap trim kapal (pemuatan/pembongkaran/perpindahan yang diatur secara longitudinal). Akan tetapi, untuk menentukan sarat akhir dan trim akhir. dalam pemuatan/pembongkaran yang besar atau keseluruhan, lebih baik ditentukan sebagaimana yang telah dibahas di muka.

Jadi, *trimming table* hanya dipergunakan untuk koreksi trim atau sarat untuk pemuatan yang kecil/sedikit, misalnya setiap dimuat 100 ton ke dalam suatu

palka tertentu (demikian juga untuk pembongkaran atau pemindahan muatan dan palka yang satu ke palka yang lain).

Contoh:

Misalnya, dimuat 100 ton di dalam palka nomor 3 yang jaraknya 67 kaki dar:i pertengahan kapal.. Setelah selesai dimuat, misalkan diperoleh sarat sebagai berikut : fwd 20 kaki 09,4 inci dan aft 21 kaki 11,2 inci. Kemudian dilihat *trimmng table*, yaitu. Dilihat angka koreksi yang terletak vertikal di bawah palka nomor 3 yang .jauhnya 67 kaki dan pertengahan kapal, misalkan diperoleh koreksi atas , sarat fwd +. 4,6 inci dan sarat aft 1,2 inci. Dengandemikian,

	fwd		rata-rata	aft	trim
sarat awal	20 kaki	09.4 inci	21 kaki	11.2 inci	13.8 inci aft
koreksi		+ 04.6 inci		+ 01.2 inci	- 5.8 inci
sarat awal	21 kaki	02 inci	21 kaki	10 inci	8 inci aft

Misalnya, dimuat 100 ton di dalarn palka nomor 5 yang jauhnya 220 kaki dan pertengahan kapal. Setelah selesai dimuat, misalkan diperoleh sarat fwd 19 kaki 08,4 inci dan sarat aft 19 kaki 10,3 inci, dalam *trimming table* diperoleh koreksi atas sarat fwd—44,4 inci dan atas sarat aft + 7,1 inci. Dengan demikian,

	fwd		rata-rata	aft	trim
sarat awal	19kaki	08.4 inci	19kaki	10.3 inci	1.9 inci aft
koreksi		+ 04.4 inci		+ 07.1 inci	+ 11.5 inci
sarat awal	19kaki	04 inci	20 kaki	05.4 inci	13.4 inci aft

Seperti yang disebutkan di atas, bahwa *trimming table* dipergunakan Untuk melakukan koreksi atas *trim* dan sarat dengan cepat. Hal ini telah jelas dan kedua contoh di atas ini karena tidak perlu lagi dilakukan perhitungan-perhitungan koreksi sebagaimana yang dibahas dengan beberapa contoh di muka.

2.3.2.19 Koreksi atas longitudinal *centre of flotation*

Di muka telah disebutkan rumus koreksi atas sarat rata-rata, yaitu: .

c = 12 x d x trim/LBP

Daftar koreksi masing masing kapal dapat diperoleh harga/nilai dan c (inci), sehingga jika c telah diketahui, maka jarak (d) dan TC terhadap bidang pertengahan kapal dapat ditentukan dan rumus di atas ini, yaitu:

d = c x LBP/12 x trim (kaki)

Apakah TC berada di sebelah muka atau di sebeiah belakáng bidang pertengahan kapal, 'hal ini dapat diperoleh dan *dead weight scale*, yaitu posisi LCF aft'FP. Tapi LCF ini di dalam *dead weight scale* adalah sewaktu kapal dalam keadaan seimbang dengan lunas yang merdatar. Dengan demikian, jika jarak d tidak sama dengan jarak LCF dan bidang pertengahan kapal, yang demikian berarti bahwa TC telah berubah posisinya karena adanya perubahan sarat aft dan sarat fwd (perubahan trim). Dalam hal ini, posisi yang sesungguhnya berada sejauh d dan bidang pertengahan kapal, yaitu di sebelah belakang atau di sebelah mukanya. Jika misalnya, LCF = 275 kaki aft PP dan LBP = 520 kaki, maka TC berada di sebelah 'belakang bidang pertengahan kapal sejauh 275 — x 520 15 kaki. Tapi karena TC tidak tepat berada pada bidang pertengahan kapal, maka sarat rata-rata perlu dikoreksi, demikian juga posisi TC, yaitu sejauh d di sebelah belakang bidang pertengahan kapal, di mana d ini tidak sama dengan 15 kaki karena LCF = 275 kaki aft FP adalah waktu kapal dalam posisi seitnbang dengan lunas yang mendatar, dalam posisi mana sarat rata-rata tidak pertu dikoreksi karena TC berada tepat pada bidang pertengahan kapal. Adapun jaraknya d dan bidang pertengahan kapal ditentukan dengan mempergunakan rumus yang disebutkan di atas ataupun dengan mempergunakan rumus yang berikut di bawah ini. Di muka telah disebutkan rumus koreksi atas *displacement*, yaitu:

c Δ = 12 x d x *trim* x TPI/LBP (ton)

Jika c telah diketahui dan daftar koreksi, maka jarak TC dari bidang pertengahan kapal (d) dapat ditentukan, yaitu:

d = cΔ x LBP/12 x *trim* x TPI (kaki)

Apakah TC sejauh d berada di sebelah belakang atau di sebelah muka bidang pertengahan kapal, hal ini dapat diketahui berdasarkan posisi LCP aft PP yang dapat diperoleh dan *dead weight scale* masing-masing kapal. Dengan demikian, posisi LCP di dalam *dead weight scale* dapat dikareksi (memang perlu dikoreksi) untuk menentukan posisinya yang sesungguhnya, yaitu sejauh d dan bidang pertengahan kapal dengan pertolongan angka koreksi c atau cΔ yang diketahui.

Contoh

Misalkan dari *dead weight scale* untuk suatu *displacement* tertentu diperoleh bahwa: LCF = 267,5 kaki aft FP dan sarat rata-rata = 15,8 kaki. LBP 520 kaki sehingga TC berada 267,5 —1/2 x 520 7,5 kaki di sebelah belakang pertengahan kapal. Kemudian, sejumlah muatan dipindahkan ke bagian belakang dan setelah pemindahan ini, diperoleh *trim* 4,125 kaki aft. Misalkan dan daftar koreksi diperoleh bahwa untuk *trim* ini, koreksi c = 0,9 inci. Dengan demikian, d = 0,9 x 520/12 x 4,125 = 9,46 kaki.

Oleh karena *trim* aft, maka c = 0,9 inci ini ditambahkan kepada sarat rata-rata sehingga menjadi 15,8 kaki + 0,9 inci = 15 kaki 10,5 inci. Menurut LCF dalam *dead weight scale*, TC berada 7,5 kaki di sebelah belakang bidang pertengahan kapal, di mana posisi TC ini adalah sewaktu kapal seimbang dengan lunas yang mendatar.

Dari perhitungan di atas diperoleh d = 9,46 kaki. Dengan demikian, posisi TC yang sesungguhnya berada 9,46 kaki di sebelah belakang bidang pertengahan kapal, sehingga TC berpindah 1,96 kaki arah ke belakang (dibandingkan dengan TC sewaktu kapal seimbang dengan lunas yang mendatar) karena adanya *trim* = 4,125 kaki aft.

Catatan

Dalam menentukan d = 9,46 kaki di atas dipergunakan rumus d = c x LBP/l2 x *trim*, dan tidak rumus d = c Δ x LBP/12 x *trim* x TPI karena dalam soal tidak dibenikan berapa TPÏ. Untuk rumus yang terakhir ini perlu diingat bahwa c Δ 12 x d x *trim* x TPI/LBP dan bukan c dikalikan dengan *dsplacernent*.

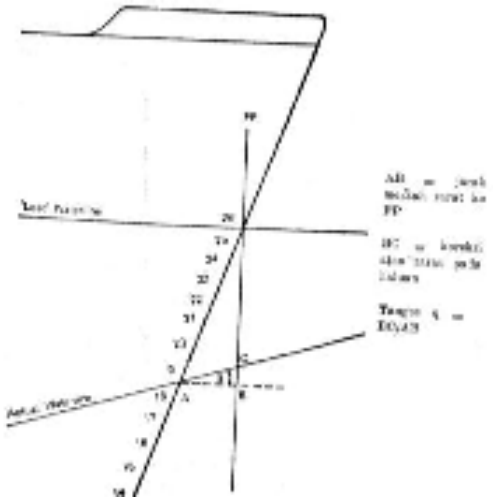
2.3.2.20 Koreksi atas sarat berdasarkan FP dan AP

Dalam uraian uraian di muka telah dibahas beberapa alasan yang mengharuskan perlu dilakukan koreksi atas sarat rata-rata Koreksi ini perlu dilakukan karena penentuan *displacement* didasarkan kepada sarat rata-rata tersebut, Jika kapal berada dalam keadaan seimbang dengan lunas yang mendatar (*On an even keel*), sarat rata-rata tersebut sesuai dengan sarat rata-rata yang sesungguhnya sehingga tidak perlu dikoreksi. Dalam keadaan yang

demikian sarat rata-rata dapat diperoleh dan *dead weight scale* masing-masing kapal untuk berbagai *displacement*, atau dapat juga dibaca pada markah sarat yang ada pada lambung kapal, yaitu lambung. bagian haluan dan bagian buritan, kemudian diambil rata-ratanya yang merupakan sarat rata-rata. Pembacaan atas sarat pada markah sarat dapat dilakukan dengan teliti jika markah sarat tersebut mempunyai susunan angka-angka dalam urutan yang vertikal, dengan perkataan lain, pinggir haluan dan buritan kapal tegak lurus terhadap perrnukaan air. Untuk kapal yang pinggir haluan dan buritannya tidak tegak lurus terhadap permukaan air, sudah tentu angka-angka sarat tersebut tidak mungkin dicatat sepanjang garis *forward perpendicular* (FP) dan *after perpendicular* (AP). Di samping itu, jika kapal berada dalam posisi mendongak .atau menungging, maka sarat pada posisi tegak lurus (sewaktu kapal seimbang dengan lunas yang mendatar) berbeda daripada sarat yang dibaca pada markah sarat aft dan fwd. Oleh
karena itu, sewaktu kapal tidak berada dalam posisi seimbang dengan lunas yang mendatar, misalnya sewaktu mendongak atau sewaktu menungging, atau untuk kapal yang pinggir haluannya maupun pinggir buritannya tidak vertikal, perlu dilakukan koreksi atas sarat yang dibaca pada markah sarat aft dan fwd; berdasarkan sarat yang telah dikoreksi itu ditentukanlah sarat rata-ratanya.

Dalam gambar 88 berikut ini dimisalkan kapal sedang dalam posisi menungging. Karena kapal menungging, maka *load water line* tidak sejajar dengan *actual water line*, sehingga kalau dibaca markah sarat, maka sarat fwd sesuai dengan angka sarat pada titik A dan sarat inilah yang dipergunakan sebagai dasar untuk menentukan sarat rata-rata pada *dead weight scale*, yaitu sarat fwd sewaktu kapal berada dalarn posisi seimbang dengan lunas yang mendatar. Akan tetapi, karena kapal menungging, maka sarat fwdpada FP sesuai dengan titik C, yaitu bertambah sebesar BC.

Kalau diperhatikan gambar di bawah, maka jika *actual water line* bertambah naik ke atas mendekati *load water line*, maka AB dan BC semakin kecil. Dalam keadaan sebaliknya, AB dan BC semakin besar. Dengan demikian, jika kapal semakin menungging, AB dan BC semakin besar; sedangkan dalam keadaan sebaliknya, AB dan BC semakin kecil.



Gambar 88. Perubahan sarat

Dari segitiga siku ABC diperoleh tangens q = BC/AB.Berdasarkan perbedaan sarat aft dengan sarat fwd (trim) diperoleh bahwa tangens q trim kapal/panjang kapal. Dengan demikian,

BC = AB x *trim*/panjang kapal.

BC = koreksi atas sarat fwd, dalam satuan kaki = c

AB = jarak markah sarat ke FP = d

Panjang kapal sesuai dengan LBP.

Agar angka koreksi c dinyatakan dalam satuan inci, maka ruas kanan persamaan di atas ini dikalikan dengan 12 (1 kaki = 12 inci. Dengan demikan, rumus koreksi atas sarat fwd adalah:

c = 12 x d x trim/LBP (inci)

Dalam gambar di atas, kapal sedang menungging, berarti *trim* fwd, maka c ditambahkan pada sarat yang dibaca/diperoleh dan markah sarat pada bagian haluan. Dalam keadaan sebaliknya, yaitu sewaktu kapal sedang mendongak. berarti trim aft, c dikurangkan

dan sarat yang dibaca/diperoleh dan markah sarat pada bagian haluan.

Dengan cara yang diuraikan di atas, dapat juga ditentukan c untuk koreksi sarat pada bagian buritan, yaitu koreksi atas sarat yang dibaca/diperoleh dan markah

sarat pada bagian buritan. Dalam hal ini, jika kapal mendongak (trim aft), c ditambahkan, dan jika kapal menungging (trim fwd), c dikurangkan. Dengan demikian, tanda dan koreksi c (ditambahkan atan dikurangkan positif atau negatif) adalah sebagai berikut.

Trim pada bagian haluan (trim f wd)

c ditambahkan pada sarat yang diperoleh dan markah sarat haluan, c dikurangkan dan sarat yang diperoleh dan markah sarat buritan.

Trim pada bagian buritan (trim aft)

c dikurangkan dan sarat yang diperoleh dan markah sarat haluan, c ditambahkan pada sarat yang diperoleh dan markah sarat buritan.

Jika sekiranya d fwd = d aft, maka c aft dengan c fwd saling menghapuskan karena masing-masing tandanya berbeda (positif negatif) sehingga tidak ada koreksi (perubahan) atas sarat rata rata. Misalkan sarat awal sebagai berikut.

fwd	rata-rata	aft
20 kaki 04 inci	20 kaki 04 inci	20 kaki 04 inci

Kemudian trim beruhah dan untuk perubahan ini diperoleh c aft = ± 1 kaki 02 inci dan c fwd = — 1 kaki 02 inci. Dengan demikian, sarat akhir menjadi sebagai berikut.

fwd	rata-rata	aft
19 kaki 02 inci	20 kaki 04 inci	20 kaki 06inci

Karena c aft c fwd, tapi tandanya berbeda, maka Sara t rata-rata tidak berubah, sedangkan sarat fwd berkurang (c negatif) dan sarat aft bertambah (c positif). Misalkan lagi sarat awal sebagai benikut.

fwd	rata-rata	aft
20 kaki 04 inci	20 kaki 04 inci	20 kaki 04 inci

Kemudian trim berubah dan untuk memperoleh : c aft = + 1 kaki 02 inci dan c fwd = -1 kaki 06 inci. Dengan demikian sarat akhir menjadi sebgai berikut:

fwd	rata-rata	aft
18 kaki 10 inci	20 kaki 02 inci	21 kaki 06 inci

Ternyata bahwa sarat ,rata-rata berubah karena besarnya koreksi atas sarat aft berbeda dengan sarat fwd, berarti d aft berbeda dengan d fwd, Di dalain praktek, kapal-kapal diperlengkap dengan daftar koreksi sarat aft dan sarat fwd untuk berbagai trim dan sarat. Koreksi sarat rata-rata seperti yang diuraikan di atas ini adalah koreksi berdasarkan sarat aft atas AP dan sarat fwd atas FP jika sarat aft berbeda dengan sarat fwd, yaitu jika d
aft berbeda dengan d fwd. Selain daripada itu, jika sekiranya TC tidak tepat berada pada bidang pertengahan kapal, maka ada lagi koreksi lain atas sarat rata-rata sebagaimana yang telah dibahas di muka.

2.3.2.21 Koreksi *displacement* berdasarkan selisih berat jenis air

Jika. kapal berlayar pada air tawar atau air laut yang agak asin atau air laut yang asin, yaitu air yang berbeda beda berat jenisnya, maka tekanan bagian-bagian air (*water portions*) pada tubuh kapal berbeda_beda pula, benarti berat benam (*displacement*) berbeda-beda sesuai dengan perbedaan berat jenis air tersebut. Berat jenis air tawar adalah1 ,000 dan berat jenis air laut rata-rata 1,025 .

Jika *displacement* di dalam air laut = Δ , maka *displacement* di dalam air tawar = 1,025 x Δ Dalam hal ini, tekanan air laut pada tubuh kapal leibih besar daripada tekanan air tawar (untuk tiap satuan luas permukaan tubuh kapal), karena jika berat jenis air semakin besar, yaitu kadar garamnya semakin banyak untuk tiap satuan ukuran volume, maka tekanannya semakin besar, sehingga daya apung kapal semakin besar, berarti *displacement* semakin kecil.Jika kapal berlayar dan air laut ke air tawar, maka *displacement* bertambah 0,025 x Δ (pada air tawar). Jika kapal berlayar dan air tawar ke air laut, maka *displacement* berkurang 0,025 x Δ (pada air laut).

Kalau dibaca *displasemerit* pada *dead weight scale*. maka *displacement* tersebut pada urnumnya berdasarkan berat jenis air laut, yaitu 1,026. Jadi, jika hendak ditentukan *displacement* kapal yang berlayar/mengapung di dalam air yang berat jenisnya berbeda dan 1,026, maka *displacement* yang terdapat pada *dead weight scale* kapal tersebut perlu dikoreksi sesuai dengan perbedaan berat jenis air dengan mempergunakan rumus sebagai berikut.

CΔ = Δ x (bd1—bd2)

c Δ = koreksi *displacement*, dalam satuan ton

Δ = *displacement* sebagainiana yang teadapat pada *dead weight scale* atas dasar sarat rata-rata (sewaktu kapal dalam posisi seimbang dengan lunas yang mendatar),

bd1 = berat jenis air laut (1,026)

b = erat jenis air (tawar/laut), di mana kapal sedang berlayar/rnengapung.

Sudah tentu harus diperlengkapi dengan suatu alat yang dapat dipergunakan sewaktu-waktu untuk mengukur berat jenis air. Untuk tujuan tersebut dipergunakan hidrometer.

Rurnus di atas dapat juga dipergunakan untuk menentukan *displacement* jika kapal bèrlayar dan satu tempat/daerah ke ternpat/daerah lain yang berbeda berat jenis airnya.

Persoalan koreksi *displacement* ini penting karena dunia ini terdiri dan beberapa daerah pelayaran sesuai dengan adanya perbedaan daerah/musim, yaitu daerah tropis, musiin panas, musim dingin, dan sebagainya: dan untuk masing-masing daerah/musim berbeda ‘berat jenis air, sehingga untuk masing masing daerah/musim ditentukan garis muat (*loadline*) yang berbeda, berarti ada pembatasan muatan yang dapat diangkut dalam niasing-masing daerah/musim dengan tujuan untuk memperoleh adanya kepastian atas keamanan dan keselamatan di dalam pelayaran.

2.3.2.22 Koreksi atas sarat berdasarkan selisih berat jenis air

Karena adanya perbedaan *displacement* yang disebabkan oleh perbedaan berat jenis air seperti yang dijelaskan di atas, sudah tentu ada perbedaan sarat yang disebabkan oleh adanya perbedaan berat jenis air tersebut (disebabkan oleh adanya perbedaan *displacement*). Untuk menentukan perbedaan sarat, maka koreksi *displacement* c Δ tersebut di atas dibagi dengan TPI sehingga:

c = c Δ /TPI = Δ x (bd1 —bd2)/TPJ (inci)

c = perbedaan sarat, dalani satuan inci, antara bd1 dengan bd2 air.

Untuk air tawar (bd =1,000) dan air laut (bd =1,025), perbedaan sarat antara air tawar dengan air laut adalah sebagai berikut.

c = Δ x (1,025 — 1,000)/TOPI Δ x 0,025/TPI
c = Δ /40 x TPI

Dapat juga perbedaan sarat antara air tawar dengan air laut ditentukan berdasarkan perbandingan volume air tawar dengan air laut untuk tiap longton (1.016 kg), yaitu volume air tawar tiap longton 36 kaki kubik dan volume air laut tiap long ton 35 kaki kubik, sehingga jika sarat dalam air laut telah diketahui, maka sarat dalam air tawar = 36/35 x sarat air laut; dan sebaliknya, jika sarat dalam air tawar telah diketahui, maka sarat dalarn air laut = 35 /36 x sarat air tawar.

Dari penjelasan di atas .ini ternyata bahwa sarat dalam air tawar lebih besar daripada sarat dalam air laut. Memang demikian, karena berat jenis air laut lebih besar daripada berat jenis air tawar sehingga tekanan ke atas terhadap kapal oleh air laut lebih besar daripada tekanan ke atas oleh air tawar, berarti; kapal lebih dalam terbenam di dalam air tawar (sarat lebih besar) dari pada di dalam air laut (sarat lebih kecil).

D. Aktivitas Pembelajaran

Berbagai bentuk kegiatan belajar yang harus dilakukan peserta pelatihan untuk memantapkan pengetahuan, keterampilan, serta nilai dan sikap yang terkait dengan uraian materi:

1. Pembelajaran dengan ceramah atau diskusi
2. Tugas individu, dan dipraktikkan dalam bentuk *microteaching*.
3. Tugas kelompok, Aktivitas pembelajaran disajikan secara kreatif sesuai dengan karakteristik materi disertai rambu-rambu pengerjaan dan dipresentasikan.
4. Latihan mengerjakan tugas dalam bentuk kasus atau soal dan dikerjakan sebagai pekerjaan rumah, tes kecil di dalam kelas.
5. Kegiatan pembelajaran sedapat mungkin juga dilakukan di lokasi yang memiliki fasilitas visual yang nyata, seperti di galangan kapal dan di pelabuhan laut. Diharapkan agar kesesuaian atau teori dan praktik dapat terlihat nyata.

6. Lembar kerja praktik yang dilakukan ketika pembelajaran diintegrasikan dengan nilai-nilai karakter yang akan ditumbuhkan dan dikembangkan antara lain : (Kejujuran, Gotong royong, kemandirian, dan lain-lain).

E Latihan/ Kasus/Tugas

Latihan : Stabilitas melintang
(diadopsi dari Purba, 1980)

Soal 1

Diambil garis Y sebagai *referenceline*. Gaya-gaya yang bekerja (searah dan sejajar) dan masing-masing gaya jaraknya dan garisY adalah sebagai berikut.
Gaya W1 = 1500 kg. jaraknya dan garis Y = 2 meter.

Gaya W1 =	3750 kg	Jaraknya dari garis Y =	4 meter
Gaya W2 =	800 kg	Jaraknya dari garis Y =	5 meter
Gaya W3 =	1750 kg	Jaraknya dari garis Y =	3 meter
Gaya W4 =	1250 kg	Jaraknya dari garis Y =	1 meter

Tentukanlah: (a) momen masing-masing gaya W1, W2, W3, W4,dan. W5; (b) resultan W dan kelima gaya tersebut, momen dan jarak resultan W ke *reference line* Y.

Soal 2

Berikanlah jawaban yang singkat dan jetas atas pertanyaan-pertanyaan yang berikut.

A. Jelaskanlah tujuan dan pengaturan penimbunan dan pemadatan muatan di dalam masing-masing palka kapal.
B. Apakah yang dimaksud dengan distribusi vertikal, distribusi longitudinal dan distribusi transversal? Jelaskan pula bagaimana pengaruhnya atas kapal.
C. Apakah yang dimaksud.dengan (1) stabilitas kapal dan staibilitas awal, (2) stabilitas bentuk dan stabilitas berat, (3) stabilitas melintang dan stabilitas membujur, (4) *trim* dan sarat (*draft*), (5) *centre of gravity* dan *centre of buoyancy*. (6) KG, *metacentric*. radius dan GM.

D. Jelaskanlah apa yang dimaksud dengan: (1) keseimbangan yang stabil (*stable equilibrium*), (2) keseimbangan yang netral (*neutral equilibrium*). (3) keseimbangan yang labil (*labile equilibrium*).
E. Äpakah yang dimaksud dengan *righting mòment*? Jelaskanlah bagaimana timbulnya *righting moment* tersebut.
F. Jelaskanlah dalam keadaan yang bagaimana diperoleh GM yang positif, dan dalam keadaan yang bagaimana diperoleh GM = O serta dalam keadaan yang bagaimana diperoleh GM yang negatif!

Soal 3

Displacement suatu kapal :dengan muatannya 15000 ton, KG= 22 kaki, dimuat (a) barang A = 3000 ton, 20 kaki di atas lunas kapal (b) barang B 2000 ton, 36 kaki di atas lunas kapal; (c) barang C = 1500 ton, 10 kaki di atas lunas kapal. Tentukanlah KG yang baru!

Soal 4

Displacement suatu kapal dengan rnuatannya 20000 ton, KG25 kaki. Dibongkar, (a) barang A = 1000 ton, 30 kaki di atas lunas kapal; (b) barang B =.2000 ton. 15. kaki di atas lunas kapal; (c) barang C 1000 ton, 20 kaki di atas lunas kapal. Tentukanlah KG yang baru!

Soal 5

Displacement suatu kapal dengan muatannya = 10000 ton, .KG24 kaki. Selama pelayaran dipergunakan: (1) bahan-bahan bakar 1000 ton dan dalam bunkers, KG = 2 kaki; (2) air tawar 500 ton dan dalam tangki air, KG 16 kaki. Tentukanlah KG yang baru.

Soal 6

Displacement suatu kapal dengan muatannya 15000 ton, KG25 kaki. Dibongkar, (a) barang A = 2000 ton, 26 kaki di atas lunas kapal; (b) barang B = 500 ton, 36. kaki di atas lunas kapal; (c) barang C = 3000 ton. 15 kaki di atas lunas kapal. Dimuat: (a) barang D 2500 ton, 15 kaki di atas lunas kapal;(b) barang E 2500 ton, 26 kaki di atas lunas kapal. Tentukanlah KG yang baru.

Soal 7

Displacement suau kapal dengan muatannya = 12500 ton, KG= 20 kaki. Dibongkar, (a) barang A 1500 ton, 30 kaki diatas lunas kapal; (b) barang B = 2500 ton, 10 kaki di atas lunaskapal; (c) barang C = 1500 ton, 20 kaki di atas lunas kapal.Dimuat, '(a) barang D = 3000 ton, 10 kaki di atas lunas kapal;(b) barang E = 2000 ton, 30 kaki di atas lunas kapal; (c) bahan bahan bakar 800 ton, 2,5 kaki di atas lunas kapal; (d) air tawar = 500 ton, 8 kaki ,di atas lunas kapal; Tentukanlah, KG yang baru dengan cara; (a) tersendiri untuk masing-masing muatan; (b.) secara kolektif untuk semua muatan.

Soal 8

Susunan muatan dengan KG-nya masing-masing adalah sebagai berikut,

		Berat	KG
1	Berat kapal	8000 ton	27 kaki
2	Bahan-bahan bakar	2000 ton	6.5 kaki
3	Air asin	500 ton	4 kaki
4	Air tawar	500 ton	20 kaki
5	Crew dan stores	250 ton	40 kaki
6	Muatan dalam LH	3500 ton	14 kaki
7	Muatan dalam LTD	2750 ton	28 kaki
8	Muatan dalam UTD	2500 ton	40 kaki
9	Muatan dalam MD	1000 ton	48 kaki

Dari diagram metasenter diperoleh bahwa KM = 31 kaki.

a. Tentukanlah KG dan GM kapal dengan semua muatannya (kapal tegak)!
b. Apakah dalam posisi kapal dengan muatan yang demikian diperoleh keseimbangan yang stabil atau keseimbangan yang netral ataukah keseimbangan yang labil (tidak stabil). Jelaskanlah jawaban Saudara!
c. Kemudian kapal oleng 15° (dan garis vertikal). Untuk olengan ini ternyata diperoleh GM = 2,5 kaki.
    1. Tentukanlah besarnya *righting moment*!
    2. Tentukanlah berapa KM yang baru (untuk kapal oleng), sinus 15° =23!

Soal 9

Berat kapal dengan muatannya = 16000 ton dengan KG = 26kaki. Berat kapal itu sendiri (*light ship*) = 7500 ton dengan KG= 28 kaki; Sebanyak W ton muatan dipindahkan dan UTD keLH, dan sesudah pemindahan ini KG muatan menjadi 20 kaki(tidak temasuk berat kapal dengan KG-nya).

Jarak pemindahan dan UTD ke LH 38 kaki. Tentukanlah:

a. Berat W ton yang dipindahkan;

b. KG baru kapal dengan muatannya setelah W dipindahkan;

c. jika KM = 31 kaki, jelaskanlah KG yang mana yang terbaik.yaitu apakah KG setelah W dipindahkan ataukah KG sebelum W dipindahkan.

Soal 10

Untuk menentukan posisi G suatu kapal dengan niuatannya diambil lunas kapal sebagai *reference line* X (horisontal) dan garis yang tegak lurus dan permukaan air pada haluan kapal (FP) sebagai *reference line* Y (vertikal). Berat muatan dan jarak G ke garis X dan garis Y adalah sebagai berikut.

Di atas MD =	1000 ton	40 kaki dari X	Dan 250 kaki dari Y
Di atas UTD =	3000 ton	32 kaki dari X	Dan 280 kaki dari Y
Di atas LTD =	5000 ton	22 kaki dari X	Dan 260 kaki dari Y
Di atas LH =	4000 ton	8 kaki dari X	Dan 275 kaki dari Y
Di atas MD =	2000 ton	4 kaki dari X	Dan 280 kaki dari Y
Crew, stores			
Dan air	2500 ton	16 kaki dari X	Dan 300 kaki dari Y
Light ship	7500 ton	24 kaki dari X	Dan 280 kaki dari Y

Tentukanlah:

a. Momen masing-masing muatan dan kapal itu sendiri (*light ship*) terhadap sumbu X dan sumbu Y!
b. Momen kapal dengan muatannya masing-rnasing terhadap sumbu X dan sumbu Y!
c. Posisi G kapal dengan muatannya masing-niasing terhadap sumbu X dan sumbu Y !

Soal 11

Displacement suatu kapal = 15000 ton dengan LCG = 200 kakiaft FP. Sebanyak 1500 ton dengan LCG 150 kaki aft FP dipindahkan ke arah belakang dan LCG-nya menjadi 250 kaki aftFP. Tentukanlah LCG baru alt FP!

Soal 12

Displacement suatu kapal = 12500 ton dengan LCG = 240 kaki fwd AP; Sebanyak 2500 ton dengan LCG = 200 kaki aft PP dibongkar. Tentukanlah LCG baru fwd AP jika LBP 500 kaki!

Soal 13

Displacement suatu kapal 20000 ton dengan KG = 25 kaki serta LCG = 275 kaki. aft FP. Dibongkar sebanyak 2000 ton denganKG = 16 kaki dan LCG 185 kaki aft PP. Tentukanlah KG baru dan LCG. baru aft .FP!

Soal 14

Displacement kapal Andalas 15000 ton dengan KG = 24 kaki serta LCG = 280 kaki aft PP. Ke dalarn kapal dimuat 1000 ton sejaüh 40 kaki di atas lunas kapal dan sejauh 110 kaki di sebelah rnuka AP. Tentukanlah posisi G (KG dan LCG) baru jika LBP= 550 kaki!

Soal 15

Tabel pemuatan k.m. "Maju" dalam pelayaran ke-9

	Palka	Muatan (ton)	KG (kaki)	LCG aft FP (kaki)
1) MD.	No. 1	500	45	200
	No. 2	500	45	400
2). UTD.	No. 1	600	35	75
	No. 2	800	32,5	150
	No. 3	1000	32,5	200
	No. 4	500	32,5	350
	No. 5	800	32,5	425
3) LTD.	No. 1	800	25	75
	No. 2	500	25	170
	No. 3	1000	25	225
	No. 4	800	22,5	350
	No. 5	900	25	400
4) LH.	No. 1	800	15	75

No. 2		1000	12,5	150
No. 3		1000	12,5	350
No. 4		500	15	440
5) Persediaan *(stores)*		500	26	300
6) Awak kapal *(crew)*		300	35	450
7) Bahan-bahan bakar :	DT	700	5	200
	DB	750	4	340
8) Air tawar		250	40	240

Tentukanlah:

a. KG dan LCG muatan kapal (atas dasar *cargodeadweight*).
b. KG dan LCG semua muatan kapal (atas dasar *deadweight*).
c. KG dan LCG kapal dengan semua muatannya (atas dasar *displacement*) jika *light ship* = 5000 ton dengan KG = 24 kaki dan LCG = 275 kaki aft FP.

Latihan : Stabilitas memanjang
(diadopsi dari Purba, R., 1980)

Soal 1

Diketahui sarat awal dan akhir sebagai

1. Awal : 21 kaki 08 inci fwd dan 21 kaki 10 aft
   Akhir : 24 kaki 08 inci fwd dan 25 kaki 04 aft
2. Awal : 21 kaki 06 inci fwd dan 20 kaki 08 aft
   Akhir : 24 kaki 08 inci fwd dan 21 kaki 04 aft
3. Awal : 20 kaki 06 inci fwd dan 20 kaki 11 aft
   Akhir : 20 kaki 08 inci fwd dan 20 kaki 02 aft
4. Awal : 6.15 kaki fwd dan 6.25 meter aft
   Akhir : 6.45 kaki fwd dan 6.75 meter aft
5. Awal : 6.83 kaki fwd dan 6.88 meter aft
   Akhir : 6.54 kaki fwd dan 6.56 meter aft

Tentukanlah sarat rata-rata dan *trim* untuk masing-masing soal di atas ini!

Soal 2

Posisi sarat awal suatu kapal adalah 24 kaki 08 inci fwd dan 24 kaki 02 inci aft. TC berada pada pertengahan kapal. MT1 = 1600. Tentukanlah sarat akhir (*final drafts*) jika:

a. Seberat 500 ton barang dipindahkan dan bagian muka ke bagian belakang sejauh 64 kaki;

b. Sebesar 400 ton barang dipindahkan dan bagian belakang ke bagian muka sejauh 32 kaki.

Soal 3

Posisi sarat awal suatu kapal adalah 24 kaki 10 inci fwd dan 24 kaki 120 06 inci aft. TC berada 8 kaki sebelah muka (haluan) pertengahan kapal. Panjang permukaan air yang ditempati oleh kapal (LBP) 480 kaki. Sebanyak 600 ton barang dipindahkan dan bagian muka ke bagian belakang sejauh 70 kaki, Tentukanlah posisi sarat akhir jika MT1 1750!

Soal 4

Posisi sarat awal suatu kapal aclalah 25 kaki 02 inci fwd dan 26 kaki 08 inci aft. TC berada 10 kaki di sebelah belakang (buritan) pertengahan kapal, Panjang permukaan air yang ditempati oleh kapal (LBP) = 500 kaki. Sebanyak 500 ton barang dipindahkan dan bagian belakang ke bagian muka sejauh 35 kaki. Tentukanlah posisi sarat akhir jika MTI 1750!

Soal 5

Berikanlah jawaban yang singkat dan jelas atas pertanyaan pertanyaan yang berikut,

a. Jelaskanlah apa yang dimaksud dengan (1) momen transversal, (2) momen longitudinal, (3) momen *trim*, dan (4) momen *displacement*!
b. Jelaskan (buktikanlah) bahwa perubahan *trim* adalah fungsi dari momen!
c. Jelaskan pula momen yang bagaimana (apa) yang menimbulkan perubahan trim!
d. Jelaskanlah apa yang dimaksud dengan MT1!
e. Berikanlah suatu perhitungan (pembahasan) untuk menentukan MTI atau buktikanlah bahwa MTI $= \Delta \times GM/12\ L$!
f. Jelaskanlah apa yang dimaksud dengan TPI! Buktikanlah bahwa TPI luas permukaan air/420.
g. Apakah yang dimaksud dengan benaman rata-rata (*mean sinkage*)?
h. Jelaskanlah apa yang dimaksud dengan garis munt (*load line*) dan lambung timbal (*freeboard*)!
i. Jelaskanlah apa yang dimaksud dengan LCG, LCF, LCB, dan LBP.

j. Jelaskanlah mengapa di dalam praktik lebih umum dipergunakan. momen terhadap longitudinal B (*moments about longitudinal* B) daripada momen terhadap tipping centre (*moments about the tipping centre*).

Soal 6

Posisi sarat awal suatu kapal adalah sebagai berikut. 25 kaki 02 inci fwd dan 24 kaki 08 inci aft. MTI 1800 dan TC berada 10 kaki di sebelah muka pertengahan kapal, Panjang permukaan air yang ditempati oleh kapal (LBP) = 500 kaki. Seberat W ton barang dipindahkan dari bagian muka ke bagian belakang sejauh 36 kaki. Tentukanlah berapa W sehingga posisi sarat akhir menjadi 24 kaki 09,2 inci fwd dan 25 kaki 01,2 inci aft.

Soal 7

Posisi sarat awal suatu kapal adalah sebagai berikut. 22 kaki 05 inci fwd dan 21 kaki 07 inci aft. MTI = 1500 dan TPI 50. Ke dalam kapal dimuat barang sebanyak 350 ton sejauh 60 kaki dan TC pada bagian belakang (buritan). Tentukanlah perubahan trim dan sarat akhir!

Soal 8

Posisi sarat awal suatu kapal adalah sebagai berikut. 22 kaki 06 md fwd dan 22 kaki 10 inci aft. MTI = 1600 dan TPI 50. Ke dalam kapal dimuat barang A sebanyak 250 ton di sebelah belakang (‘buritan) sejauh 64 kaki dan TC, dan barang B sebanyak 200 ton di sebelah muka (haluan) sejauh 48 kaki dan TC. Tentukanlah posisi sarat akhir!

Soal 9

Posisi sarat awal suatu kapal adalah sebagai benikut. 21 kaki 06 inci fwd dan 21 kaki 10 md aft, Ke dalam kapal dimuat W ton barang. Untuk penambahan W ton ini dikehendaki agar sarat rata-rata bertambah 6 inci dengan trim sebesar 10 inci aft. Tentukanlah berat W, jaraknya dan TC (aft atau fwd) dan posisi sarat akhir jika TPI 50 dan MTI = 1250!

Soal 10

Posisi sarat awal suatu kapai tanpa muatan (*lightship*) yang beratnya 8000 ton adalah sebagai berik.ut. 12 kaki 00 md fwd dan 12 kaki 06 inci aft, Ke dalam kapal dimuat 10000 ton barang dan setelah selesai dimuat diperoleh data sebagai berikut.

1. Sarat rata-rata bertambah 14 kaki dan sarat rata-rata awal.
2. Momen trim aft = 670000 kaki-ton terhadap TC, momen trim fwd = 634000 kaki-ton terhadap TC.
3. MTI rata-rata = 1500 kaki-ton.
4. TC rata-rata = 10 kaki aft pertengahan kapal (*amid ship section*).

Tentukanlah

a. Posisi sarat akhir jika LBP = 480 kaki;

b. Posisi G terhadap TC rata-rata jika MT1 = 1800 kaki-ton untuk *displacement* kapal dengan muatannya.

Soal 11

Berat kapal 'Maju" (*light ship*) = 7.500 ton dengan KG 28 kaki dan LCG 260 kaki aft FP. Kapal dimuat sebanyak 8.500 ton barang (untuk pelayaran nomor 12) dan setelah selesai dimuat diperoleh data sebagai berikut.

Sarat rata-rata = 23 kaki 06 inci. MT1 = 1600 kaki-ton. KM 31 kaki 01 inci. LBP = 480 kaki. LCB 266 kaki 03 inci aft FP. LCF 274 kaki 06 inci aft PP.

Dari *loading table* untuk pelayaran nomor 12 diperoleh momen untuk muatan sebagai berikut. Momen transversal = 229.500 kaki--ton, dan momen longitudinal = 2.244.000 kaki-ton,

Tentukanlah,

a. Posisi G terhadap lunas kapal (KG) dan terhadap PP (LCG) untuk kapal dengan muatannya;
b. Berapa GM. Apakah dipenoleh stabilitas stabil ataukah stabilitas netral ataukah stabilitas labil;
c. Posisi sarat akhir setelah kapal selesai dimuat

Soal 12

Posisi sarat awal suatu kapal adalaih 20 kaki 04 inci fwd dan 20 kaki 10 md aft, MTI 1250 kaki-ton dan TPI 50. Dimuat seberat 300 ton sejauh D sebelah muka TC. Tentukanlah

a. jarak D sedemikian rupa sehingga tidak ada perubahan sarat aft;

b. posisi sarat akhir.

Soal 13

Posisi sarat awal suatu kapal adalah 21 kaki 00 inci fwd dan 21 kaki 06 md aft, MT1 = 1500 kaki-ton dan TPI 60. Dimuat seberat 480 ton sejauh D di sebelah belakang TC. Tentukanlah, jarak D sedemikan rupa sehingga tidak ada perubahan sarat fwd dan tentukan pula posisi sarat akhir.

Soal 14

Berat kapal Andalas (*light ship*) = 8000 ton dengan KG 27 kaki dan LCG 275 kaki 06 inci aft FP. Sarat rata-rata 12.5 kaki. Ke dalam kapal dimuat muatan sebagai berikut.

Dimuat dalam	Berat	KG	LCG
MD	1000 ton	48 kaki	275 kaki aft FP
UTD	3500 ton	40 kaki	255 kaki aft FP
LTD	4500 ton	28 kaki	280 kaki aft FP
LH	2500 ton	16 kaki	260 kaki aft FP
DT	500 ton	15 kaki	80 kaki aft FP
DB	500 ton	8 kaki	180 kaki aft FP
Untuk crew dan stores	300 ton	40 kaki	300 kaki aft FP

Setelah selesai dimuat, ternyata sarat rata-rata bertambah 17,5 kaki dan sarat rata-rata awal (sebelum dimuat). Untuk *displasement* yang demikian (kapal dengan muatannya) diperoleh data dan *dead weight scale* kapal yang bersangkutan sebagai berikut. KM (transversal) = 31 kaki 06 inci. MTI = 2000 kaki-ton.LCB = 270 kaki aft PP dan LCF 282 kaki aft PP. Jarak antara AP dengan PP = 550 kaki. Tentukanlah posisi sarat akhir (aft,fwd, rata-rata dan trim)!

Soal 15

A. *Displacement* suatu kapal dengan muatannya = 15000 ton dengan KG 28 káki. Dibongkar dan palka nomor 3 sebanyak 1000 ton yang berada 20 kaki di atas lunas (KG), Tentukanlah KG yang baru!

B. *Displacement* suatu kapal dengan muatannya 20000 ton dengan KG 25 kaki. Dibongkar dari:

palka nomor I sebanyak 500 ton, sejauh 15 kaki di atas lunas kapal;
palka nomor 4 sebanyak 800 ton, sejauh 25 kaki di atas lunas kapal;
palka nomor 2 sebanyak 200 ton, sejauh 30 kaki di atas lunas kapal;
palka nomor 5 sebanyak 500 ton, sejauh 22 kaki di atas lunas kapal;
palka nomor 3 sebanyak 400 ton, sejauh 28 kaki di atas lunas kapal.

Tentukanlah,

a. Posisi KG untuk setiap kali selesai dibongkar muatan dan masing-masg palka;
b. Posisi KG yang baru (terakhir) setelah selesai dibongkar muatan dan semua palka tersebut (perhitungan sekaligus).
c. *Displacement* suatu kapal clengan muatannya 10000 ton. Kapal oleng ke kanan dan membentuk sudut 15° dengan garis vertikal.
   Sebelum oleng (waktu dalam posisi tegak), KG 20 kaki dan KM 29 kaki 06 inci. Setelah oleng, GM 5 kaki. Tentukanlah posisi stabilitas transversal kapal sebelum oleng dan tentukan pula besarnya *righting moment* setelah kapal oleing 15°!
d. Berat muatan pada/dalam.
   MD = 1000 ton dengan KG = 40 kaki dan LCG 250 kaki aft PP
   UTD = 3000 ton dengan KG 32 kaki d LCG 280 kaki aft PP
   LTD = 5000 ton dengan KG 22 kaki dan LCG 260 kaki aft FP
   HL = 4000t dengan KG 8 kaki dan LCG 275 kaki aft FP
   Bahan bahan bakar 2000 ton dengan KG 4 kaki dan LCG
   280 kaki aft FP. Air, crew dan stores 2500 ton dengan KG 16 kaki dan LCG 280 kaki aft FP. Light ship 7500 ton denan KG 24 kaki dan LCG 280 kaki aft FP. Tentukanlah KG dan LCG aft PP untuk kapal dengan semua muatannya!

e. Untuk soal D di atas ini tentukanlah sarat akhir jika setelah selesai dirnuat, sarat rata-ra = 33 kaki lo inci, dan LCB 275 kaki aft dan LCF = 288 kaki aft FP, sedangkan MT1 =2100 kaki-ton.

f. Posisi sarat awal suatu kapal adalah sebagai berikut. 22 kaki 08 inci fwd, dan 22 kaki 11 inci aft. MT1 = 1500 kaki-ton dan TPI = 60. Dimuat barang A sejauh D1 sebelah muka TC dan barang B sejauh D2 sebelah belakang TC. Barang A 500 ton dan barang B = 350 ton. LCF = 266 kaki 05 inci aft PP dan LBP kapal 520 kaki. Tentukanlah, (a) D1 sedemikian rupa sehingga tidak ada perubahan sarat aft, masing-masing terhadap TC dan pertengahan kapal; (b) D2 sedemikian rupa sehingga tidak ada perubahan sarat fwd, masing-masing terhadap TC dan pertengahan kapal (c) buktikanlah bahwa D1 dan D2 yang Anda tentukan benar (tentukan posisi sarat akhir setelah dimuat barang A dan kemudian setelah dimuat barang B).

Soal 16

1. Sebanyak 600 ton barang dimuat ke dalam palka nomor 3 yang jauhnya 300 kaki di sebelah muka AP, LBP kapal = 500 kaki, MTI 1600. LCF 260 kaki aft FP. Tentukanlah sarat akhir (setelah dim,uat yang 600 ton tersebut) jika sarat awal (sebelum dimuat yang 600 'ton tersebut) adalah sebagai berikut: fwd = 26 kaki 06 inci dan aft = 26 kaki 08 inci.
2. *Displacement* suatu kapal = 17500 ton dengan KG = 24 kaki dan LCG = 280 kaki aft FP dengan sarat fwd = 27 kaki 09 inci serta sarat aft 27 kaki 07 inci. Dimuat 500 ton ke dalam palka nomor 5 sejauh 45,6 kaki di atas lunas kapal dan sejauh 50 kaki di sebelah muka AP. Tentukanlah posisi G dan sarat akhir setelah dimuat yang 500 ton tersebut jika diketahui LBP kapal = 546 kaki. MT1 1750. TPI = 62,5. LCP 286 kaki FP.
3. Setelah suatu kapal selesai dimuat, diperoleh *displacement* sebesar 15000 ton dengan jumlah momen longitudinal terhadap FP sebesar 3872000 kakiton Dan *dead weight scale* kapal tersebut diperoleh. LCB 260,4 kaki aft PP. LCF = 270 kaki aft FP. MTI 1650 dan sarat rata-rata 27 kaki 05 inci. Sedangkan LBP kapal 500 kaki. Tentukanlah berapa sarat aft dan sarat fwd!

4. Setelah suatu kapal selesai dimuat, displace = 12500 ton dengan jumlah momen longitudinal terhadap AP 2750000 kaki-ton dan jumlah momen transversal terhadap lunas kapal = 260000 kaki-ton
   Diketahui KM 23 kaki 07 inci, MTI 1500 dan LBP = 420 kaki. LCB 225,544 kaki fwd AP. LCF = 215 kaki fwd AP, Sarat rata-rata 24 kaki 10 inci, Tentukanlah berapa GM, sarat aft dan sarat fwd
5. Untuk *displacement* 16000 ton, dan *dead weight scale* diperoleh data sebagai berikut: sarat rata-rata 24 kaki 05 md. MT1 1600. LCB 242 kaki 06 inci aft FP. Dikehendaki agar sarat aft 26 kaki 06 inci dan fwd = 22 kaki 04 inci. Tentukanlah LCG aft FPJ Berapa LCG fwd AP jika LBP 465 kaki?

Soal 17

Posisi sarat suatu kapal adalah sebagai berikut: 20 kaki 08 inci fwd dan 21 kaki 10 inci aft. Tinggi lambung kapal 44 kaki. Setelah diukur lambung timbul (*freeboard*) pada kedua belah sisi kapal, diperoleh rata-ratanya 25 kaki 03 inci. Tentukanlah apakah kapal dalam keadaan *sagging* atau *hogging* dan jika demikian, berapa besarnya keadaan *sagging*/*hogging* tersebut!

Soal 18

Posisi sarat suatu kapal adalah sebagai berikut: 22 kaki 4 inci fwd dan 23 kaki 10 inci aft. Tinggi lambung kapal 46 kaki 6 inci. Setelali diukur lambung pada kedua belah sisi kapal, diperoleh rata-ratanya yang dijabarkan dan lambung timbul sisi kanan 25 kaki 05 inci dan lambung timbul sisi kiri 25 kaki 11 inci. Tentukanlah apakah kapai dalam keadaan *sagging* atau *hogging*! Jika dernikian, tentukanlah berapa besarnya keadaan *sagging* atau *hogging* tersebut!

Soal 19

Berikanlah jawaban yang ringkas dan jelas atas pertanyaan-pertanyaan yang terdapat di bawah ini.

1. Jelaskanlah bagaimana caranya untuk rnenyelidiki apakah suatu kapal berada dalam keadaan *sagging* atau *hogging*!
2. Menurut *dead weight scale*, untuk *displacement* 16000 ton diperoleh sarat rata-rata 23 kaki 6 inci. Sarat yang sebenarnya ialah 23 kaki 2 inci fwd dan 24 kaki 04 inci aft sehingga sarat rata-ratanya berbeda dengan sarat

rata-rata menurut *dead weight scale*. Berapa perbedaannya dan jelaskan sebab-sebab dan perbedaan tersebut!

3. Turunkanlah rurnus untuk koreksi atas sarat rata-rata (dalam satuan inci). Demikian juga rumus untuk koreksi *displacement* berdasarkan sarat rata-rata yang telah dikoreksi tersebut.
4. Turunkanlah rumus untuk koreksi atas sarat berdasarkan AP dan PP. Jelaskanlah sebab-sebabnya yang mengharuskan diadakan koreksi tersebut! Jelaskan pula dalarn keadaan yang bagaimana tidak perlu dilakukan koreksi tersebut!
5. Jelaskanlah sebab-sebabnya mengapa perlu dilakukan koreksi atas sarat dan *displacement* berdasarkan selisih berat jenis air!
6. Jelaskanlah dalam keadaan yang bagairnana tepat dipergunakan dan dalam keadaan yang bagaimana tidak/kurang tepat dipergunakan *trimming table* untuk koreksi atas sarat!

Soal 20

Menurut *dead weight scale*, sarat rata-rata = 23 kaki 06 inci serta TPI 65,5 untuk *displacement* = 16000 ton suatu kapal. Tinggi lambung kapal 48 kaki, Setelah diukur lambung timbul pada kedua belah sisi kapal, diperoleh rata-ratanya 25 kaki 1 inci.Tentukanlah *displacement* dan *displacement* yang sesungguhnya!

Soal 21

Suatu kapal dengan LBP = 480 kaki dengan posisi TC = 8 kaki di sebelah belakang bidang pertengahan kapal. Posisi sarat adalah 19 kaki 5 inci fwd dan 20 kaki 11 aft. Tentukanlah sarat rata-rata yang sesungguhnya dan besarnya koreksi atas *displacement* jika TPI 60.

Soal 22

LBP suatu kapal 500 kaki dan TC =10 kaki di sebelah belakang bidang pertengahan kapal, Untuk *displacement* = 16000 ton, posisi sarat kapal masing..masing fwd dan aft adalah 23 kaki 04 inci fwd dan 24 kaki 07 inci aft. Tentukanlah sarat rata-rata dan *displacement* yang sesungguhnya jika TPI = 65,5.

Soal 23

LBP 550 kaki dan TC 11 kaki di sebelah belakang bidang pertengahan kapal, Untuk *displacement* = 20000 ton, posisi sarat kapal adalah 28 kaki 11 inci fwd dan 29 kaki 05 inci aft. Tentukanlah sarat rata-rata dan *displacement* yang sesungguhnya jika TPI = 69,2.

Soal 24

LBP suatu kapal 500 kaki da TC 12,5 kaki di sebelah belakang bidanq pertengahan kapal. *Displacement* = 15000 ton dan TPI 64,8 untuk *displacement* tersebut. Posisi sarat adalah 22 kaki 06 inci fwd dan 23 kaki 06 inci aft. Tinggi lambung kapal 46 kaki. Setelah diukur kedua belah sisi lambung timbul kapal, diperoleh rata-ratanya 23 kaki 06 md. Tentukanlah sarat rata-rata dan *displacement* yang sesungguhnya!

Soal 25

Suatu kapal dengan *displacement* 16000 ton mempunyai jumlah momen longitudinal terhadap FP sebesar 4416000 kaki-ton, LBP kapal = 528 kaki. Dari *dead weight scale* kapal diperoleh: sarat rata- rata = 23,5 kaki, TPJ = 65,5 dan MTI = 1600, LCB = 266 kaki aft FP, dan LCF 274 kaki aft PP.

Tentukanlah, (a) Sarat akhir; (b) Sarat rata-rata dan *displacement* yang sebenarnya

Soal 26

Untuk *displacement* 15000 ton diperoleh dan *dead weight scale* Sarat rata-rata = 22 kaki 06 inci. TP1 = 65 dan MT1 = 1550. LCB 265,5 kaki aft PP dan LCP 273,5 kaki aft PP. Untuk *displacement* 15000 ton tersebut, jumlah mornen longitudinal terhadap PP adalah 4057500 kaki-ton. LBP — 527 kaki dan tinggi lambung kapal 46 kaki. Setelah diukur lambung timbul pada kedua belah sisi kapal diperoleh sisi kanan 23 kaki 10. inci dan sisi kiri 23 kaki 06 inci.

Tentukanlah (a) Sarat akhir; (b) Sarat rata-rata dan *displacement* yang sebenarnya.

Soal 27

Untuk *displacement* 18000 ton diperoleh dari *dead weight scale* suatu kapal data-data sebagai berikut: sarat rata-rata = 26 kaki.MT.1 = 1800 dan TPI = 67,5. LCB = 267,5 kaki aft PP dan LCF = 277,5 kaki aft PP. Jumlah momen longitudinal = 4860000 kaki-ton terhadap PP. LBP kapal = 550 kaki. Jarak. Markah sarat ke FP = 1,15 kaki dan ke AP 1,15 kaki dalam keadaan posisi kapal berdasarkan data di atas. Tentukanlah, (a) Sarat akhir (*final drafts*) sebelum dikoreksí; (b) Sarat. rata-rata yang sebenarnya setelah dilakukan koreksi atas sarat rata-rata menurut *dead weight scale*; (c) *Displacement* yang sebenarnya setelah dilakukan koreksi atas sarat rata-rata menurut *dead weight scale*; (d) Posisi sarat yang sebenarnya masing-masing untuk sarat aft dan sarat fwd setelah dilakukan koreksi atas saiat akhir (pertanyaan a) berdasarkan PP dan AP.

Soal 28

Untuk *displacement* 18000 ton, TPI suatu kapal = 67,5 untuk daerah pelayaran I, di mana berat jenis air lautnya rata-rata 1026. Kapal tersebut berlayar dan daerah pelayaran I memasuki daerah pelayaran II dengan berat jenis air lautnya rata-rata 1020. Tentukanlah *displacement* kapal tersebut setelah tiba di daerah pelayaran II.

6. Rangkuman

Suatu benda bila dimasukkan ke dalam zat cair, baik sebagian atau seluruhnya, akan mendapatkan gaya tekan ke atas sebesar berat zat cair yang dipindahkan oleh benda tersebut". Misalnya, air mempunyai volume tertentu, ketika sebuah benda dimasukkan ke dalam air tersebut, maka permukaan air akan terdesak ke arah atas atau naik. Dengan kata lain, berat benda seolah-olah menjadi lebih ringan. Hal ini karena adanya gaya ke atas yang sering disebut gaya Archimedes (Fa). Apabila benda yang dimasukkan ke dalam fluida, terapung, di tempat bagian benda yang tercelup hanya sebagian maka volume fluida yang dipindahkan = volume bagian benda yang tercelup dalam fluida tersebut. Tidak peduli apapun benda dan bagaimana bentuk benda tersebut, semuanya akan mengalami hal yang sama. Ini adalah temuan Archimedes dikenal sebagai **"Prinsip Archimedes"**.

Secara sistematis, hukum Archimedes dapat ditulis sebagai berikut :

$F_a = \rho_a V_a g$
F_a = gaya angkat ke atas pada benda (N)
ρ_a = massa jenis zat cair (kg/m3)
V_a = volume zat cair yang terdesak (m3)
g = percepatan gravitasi bumi (m/s2)

Prinsip Archimedes adalah asumsi awal kapal sebagai benda apung, namun belum menempatkan kapal sebagai sarana perangkutan atau wahana transportasi yang meninjau berbagai aspek peruntukan. Peruntukan tersebut antara lain: bentuk, ukuran, muatan (orang atau barang), kecepatan (mesin), dan lainnya. Semua peruntukan tersebut tentu berujung pada persoalan keselamatan pelayaran. Keselamatan ketika kapal berlayar hingga tiba di pelabuhan tujuan dengan selamat. Perencanaan bentuk bangunan dan perhitungan stabilitas pada kapal merupakan faktor utama ketika merancang suatu kapal sesuai peruntukannya.

Teori mekanika sebagai salah satu cabang sains fisika mengenai gerak dan rehatnya benda, dan penyebab gerak dan rehatnya benda tersebut, membedakan tiga macam keseimbangan statis dari suatu benda yaitu :

1. Keseimbangan mantap (stabil), jika benda mendapat kemiringan sedikit dari kedudukannya, maka benda akan kembali pada kedudukan semula,

2. Keseimbangan goyah (labil), jika benda mendapat kemiringan sedikit dari kedudukannya, maka benda akan berubah lebih banyak dari kedudukan semula.
3. Keseimbangan netral/sembarang (*indifferent*), benda akan tetap pada kedudukannya yang baru bagaimanapun perubahan kedudukannya,

Jika kapal dalam keadaan seimbang, maka titik G dan titik B harus berada pada satu garis vertikal terhadap permukaan zat cair (fluida) dan besarnya gaya berat kapal (W) sama dengan gaya tekan ke atas (B).

Stabilitas kapal menjadi penting dan harus diperhatikan agar kapal dengan muatannya (barang dan penumpang) dapat selamat dan utuh selama pelayaran hingga tiba di pelabuhan tujuan. Hal tersebut dapat tercapai dengan memperhitungkan stabilitas dan keseimbangan kapal. Stabilitas dan keseimbangan ini dipengaruhi oleh susunan timbunan barang-bararg di dalam palka-palka kapal, sehingga pengaturan dan pelaksanaan penimbunan dan pemadatan barang-barang di dalam masing-masing palka kapal sewaktu pemuatan dilakukan hal yang penting dan menentukan.

Stabilitas kapal yang bekerja pada sebuah kapal adalah : 1). Stabilitas melintang, dan 2). Stabilitas memanjang kapal. Pada Stabilitas melintang kapal, yang perlu diperhatikan adalah: 1. Distribusi vertikal, longitudinal, dan transversal Stabilitas kapal (*ship's stability*); 2. gravitasi daya apung dan metasenter; 3. Gaya dan momen; 4. Resultan beberapa gaya berat; 5. Perubahan susunan gaya-gaya berat; 6. gaya berat dan muatannya; 7. KG dan LCG kapal dan muatannya; 8. Momen transversal dan longitudinal; 9. Penambahan/pengukuran muatan kapal; 10. Posisi daya apung dan etasenter posisi daya apung; 11. Keseimbangan yang stabil, netral dan labil,

Sedangkan pada stabilitas memanjang, hal-hal yang harus diperhatikan adalah : 1. Titik berat dan daya apung longitudinal; 2. Perubahan trim; 3. *Longitudinal centre of floation*; 4. Perubahan trim; 5. Momen mengubah trim satu inchi; 6. Menyusun rumus untuk menentukan MT1; 7. Menentukan perubahan sarat kapal; 8. Besar inci pembenaman untuk tiap ton; 9. Momen terhadap posisi rata-rata tipping centre; 10. Momen terhadap titik daya apung longitudinal; 11. Daftar penimbunan / pemadatan muatan; 12. Perubahan sarat aft hanya pada salah

satu ujung kapal; 13. Data hidrostatik dan dead weight scae; 14. Penyelidikan atas lengkungan tubuh kapal; 15. Koreksi *displacement* untuk lingkungan tubuh kapal; 16. Koreksi atas sarat rata-rata; 17. Koreksi *displacement* untuk trim satu kaki; 18. Koreksi atas sarat dengan pertolongan *trimming table*; 19. Koreksi atas *longitudinal centre of floation*; 20. Koreksi atas sarat berdasarkan FP dan AP; 21. Koreksi *displacement* berdasarkan selisih berat jenis air; 22. Koreksi atas sarat berdasarkan selisih berat jenis air;

4. Umpan Balik / Tindak Lanjut

Umpan balik yang dilakukan dalam pelaksanaan pembelajaran di ruang kelas dilakukan setelah sesi materi pembelajaran selesai. Umpan balik dilakukan dengan pemberian pertanyaan oleh tenaga pengajar kepada peserta terkait dengan materi pembelajaran yang telah disampaikan. Umpan balik dapat berupa pertanyaan atau pernyataan yang membutuhkan tanggapan dari peserta. Oleh karena itu, pengetahuan dan kematangan analisis dari peserta terkait pembelajaran dibutuhkan dalam umpan balik ini. Selain itu, peserta juga dapat memberikan pertanyaan kepada tenaga pengajar terkait dengan materi/ pembelajaran yang dirasa belum dipahami dengan baik atau yang masih dirasa belum dimengerti secara sepenuhnya. Umpan balik dapat berupa tanya jawab dan diskusi kecil. Sedangkan tindak lanjut pembelajaran berupa rencana bersama yang dibangun oleh tenaga pengajar dan peserta terkait dengan rencana pembelajaran yang akan dilakukan pada pertemuan berikutnya.

Pernyataan deskriptif peserta didik tentang hal-hal yang telah dipelajari ditemukan selama pembelajaran, rencana pengembangan dan implementasinya dapat dibuat dalam bentuk **portofolio** dan input terhadap pembelajaran berikutnya bisa dievaluasi dengan pengisian **kuisioner** yang telah dirancang berkenan dengan pembelajaran (materi, strategi, suasana).

EVALUASI

Evaluasi secara keseluruhan terhadap modul ini dialkukan dalam bentuk tes tertulis dan performansi. Tes tertulis diberikan dalam 20 soal dengan masing-masing diberikan dalam bentuk pilihan ganda yang memuat materi pembelajaran.

A. Tertulis

1. Kapal yang digunakan terutama untuk mengangkut barang di samping muatan penumpang disebut ?
   a. Kapal barang penumpang b. Kapal penumpang c. Kapal penumpang barang d. Kapal barang
2. Berdasarkan jenis bahan, kapal dikategorikan ke dalam :
   a. 4 jenis b. 5 jenis c. 6 jenis d. 7 jenis
3. Stabilitas kapal dibedakan antara stabilitas awal (*initial stability*) yang disebut juga stabilitas :
   a. Metasentrik b. Hidrostatik c. Transversal d. vertikal
4. Kapal berdasarkan alat penggeraknya dibagi atas :
   a. 4 jenis b. 5 jenis c. 6 jenis d. 7 jenis
5. Perbedaaan yang mendasar dari Jenis Kapal layar dan kapal paddle whell :
   a. Alat penggeraknya b. Bahan c. Mesin penggerak utama d. fungsinya
6. Keseimbangan suatu benda jika mendapat kemiringan sedikit dari kedudukannya, maka benda akan kembali pada kedudukan semula disebut Keseimbangan
   a. mantap (stabil), b. goyah (labil) c. Netral d. tidak tentu
7. Kapal yang khusus digunakan untuk membawa minyak mentah, minyak hasil penyulingan gas alam cair disebut :
   a. Kapal Tangker b. Kapal Tunda c. Kapal cargo d. Kapal Keruk
8. Pengaturan timbunan muatan dari muka ke bagian belakang disebut distribusi
   a. Logitudinal b. Vertikal c. Transversal d. keatas
9. Kapal Berdasarkan fungsinya fungsinya dibedakan atas :
   a. 4 jenis b. 5 jenis c. 6 jenis d. 7 jenis
10. Pengaturan timbunan muatan dari bagian bawah ke atas disebut :
    a. Logitudinal b. Vertikal c. Transversal d. keatas
11. Garis yang tegak lurus pada persilangan dari pinggiran belakang tiang kemudi

dengan garis beban yang ada pada rancang bangun, disebut

a. *After perpendicular* (AP)
b. *Length between perpendiculars* (L_{PP})
c. *Length overal* (L_{OA})
d. *Forward perpendicular* (FP)

12. Panjang yang diukur dari titik terdepan haluan yang maksimum dan titik yang terbelakang dari buritan disebut:

a. *After perpendicular* (AP)
b. *Length between perpendiculars* (L_{PP})
c. *Length overal* (L_{OA})
d. *Forward perpendicular* (FP)

13. Beam maksimum, atau lebar kapal, bila kapal diukur di dalam kulit dalam dari papan dinding disebut.

a. *Breadth moulded* (B)
b. *Breadth extreme* (B_E),
c. *Moulded base line*
d. *Depth moulded* (D)

14. Perbandingan antara luas bidang garis air muat (A_W) dengan luas sebuah empat persegi panjang L dan lebarnya B

a. Gading utama
b. balok
c. prismatik
d. Lintang

15. Kekuatan tekanan bagian-bagian air (*water portions*) yang menekan tubuh kapal arah ke atas sehingga kapal mengapung disebut

a. Daya apung (Bouyancy)
b. Daya tekan (pressure)
c. Daya Dinamis
d. Daya Statis

16. Kapal yang dirancang beroperasi di permukaan laut disebut

a. Surface effect
b. Surface
c. Sub surface
d. Super surface

17. Berdasarkan kedudukan letak titik berat kapal G terhadap titik Metasenter M, Jika Titik M berada di atas titik G, kapal berada dalam keseimbangan ?:

a. Mantap / stabil
b. Goyah (labil)
c. Netral
d. Tidak tentu

18. Dua aspek menyangkut tipe *displacement* (lambung terbenam), yang dipengaruhi profil konstruksi rancangannya, yakni tampak bentuk tipe:

a. U dan V
b. U dan L
c. V dan Y
d. U dan Y

19. Dalam stabilitas melintang, jarak G dan B terhadap lunas kapal ditulis/dinyatakan dengan KG dan KB. untuk posisi G disebut

a. *transverse centre buoyanc*
b. *transverse centre ot gravity*
c. *Longitudinal centre ot gravity*
d. *Vertical centre ot gravity*

20. Perbandingan antara volume badan kapal yang ada di bawah air (volume karene) dengan volume sebuah prisma dengan luas penampang *midship*A_X dan panjang L.

a. prismatik
b. Gading utama
c. Lintang
d. balok

B. Performansi

Evaluasi terhadap kegiatan pembelajaran di ruang kelas dengan menggunakan modul ini diukur dengan menggunakan pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

1. Adakah manfaat yang dapat saudara peroleh setelah mempelajari modul ini?
2. Adakah kendala yang saudara alami ketika mempelajari modul ini?
3. Bagaimana upaya saudara dalam mengatasi kendala ketika mempelajari modul ini?
4. Apa pendapat/saran saudara terhadap modul ini?
5. Apakah manfaat yang anda peroleh setelah mempelajari modul ini bagi peningkatan kompetensi saudara sebagai seorang guru SMK Pelayaran, /kelautan / perikanan?
6. Bagaimana implikasi modul ini terhadap profesi saudara sebagai guru SMK Pelayaran / kelautan / perikanan di sekolah?

Evaluasi kembali jawaban atas pertanyaan-pertanyaan di atas, kemudian refleksikan diri dari jawaban tersebut dengan menuliskan beberapa masukan yang dapat dijadikan bahan untuk penyempurnaan modul ini.

H. Kunci Jawaban KP : 1. Bangunan Kapal

1) 0.604; 0. 607
2) 0.619; 0.975; 10.19; 9.94
3) is a proof answer given
4) 7.290 tonnes; 0.701; 0.984
5) 15.895 tonnes; 160.57 m^2; 0.754
6) 88.2 m; 11.26 m; 3.19 m
7) $(1-C_B)/(1- C_{B0}) = \sqrt[3]{T_0} / T$
8) 0.69
9) 141.3 m
10) 0.943; 0.916

PENUTUP

Kompetensi yang dimiliki seorang guru akan berdampak dan mendukung integritas profesinya. Integritas merupakan hal yang seyogyanya dimiliki seorang guru sebagai sebagai pengajar dan pendidik untuk mampu mengupayakan dan mewujudkan suatu harapan dari siswa.

Kehadiran modul ini mencoba memaparkan beberapa hal pokok dan mendasar mengenai bangunan dan stabilitas kapal niaga serta penanganan dan pengaturan muatan pada kapal niaga yang perlu dipahami untuk peningkatan kompetensi guru mata pelajaran sehingga proses transfer ilmu kepada siswa diharapkan dapat berhasil.

Salah satu aspek penting dalam modul ini adalah bagaimana mengembangkan dan menumbuhkan pengetahuan untuk masing-masing konsep pengetahuan perlu dimulai dari dasarnya Hal tersebut dapat tercapai melalui *literacy* dan peningkatan kompetensi mengenai konten mata pelajaran yang bersangkutan, termasuk Mata pelajaran mengenai kapal niaga.

Penyusunan “Modul grade 5 Nautika Kapal Niaga” ini tentu tidak luput dari keterbatasan dalam penyusunannya. Kepada mereka yang belum sempat dituliskan dalam pencantuman referensi dan apabila terjadi kesalahan penulisan. Untuk hal tersebut kiranya dimaafkan.

Semoga modul ini dapat memberikan manfaat dan menjadi suatu masukan untuk menambah khasanah pengetahuan dan pemikiran mengenai Kapal Niaga bagi guru sebagai peserta PKB yang peduli dan ingin berkarya dalam dunia pendidikan untuk mata pelajaran pada bidang keahlian Nautika Kapal Niaga. Berkenan hal ini, masukan untuk perbaikan selalu diperlukan dalam penyempurnaan modul ini di masa akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

Baxter, B. 1976. Naval Architecture. Hodder andStoughton Ltd. Great Britain. London

Biro Klasifikasi Indonesia. 1971. Peraturan Tentang Klasifikasi dan Konstruksi Kapal. Jakarta.

Depdiknas. 2012.Kamus Besar Bahasa Indonesia. Pusat Bahasa. Edisi keempat PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Kemdikbud R.I. 2015. Bangunan dan Stabilitas Kapal Niaga. Paket Keahlian Nautika Kapal Niaga. Kelas X semester 1 dan 2.Jakarta. (Jumat. 18 September 2015. Pukul 20.00 WiTA) http://psmk.kemdikbud.go.id/belajar/

Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Kemdikbud R.I. 2015. Bangunan dan Stabilitas Kapal Niaga. Paket Keahlian Teknika Kapal Niaga. Kelas X semester 1 dan 2.Jakarta. (Jumat. 18 September 2015. Pukul 20.00 WiTA) http://psmk.kemdikbud.go.id/belajar/.

Gilmer, T.C, Johnson, B.1982. Introduction to Naval Architecture. U.S. Naval Institute Annapolis. Maryland

Hind, J.A. 1982. Stability and Trim of Fishing Vessels. Whitstable Litho LTD. Kent. England.

Manapa, E.S. 2011a. Mencintai Laut Kita. Revolusi biru. *Booklet* pada sidang terbuka Program Doktor pendidikan IPA. SPs UPI Bandung: tidak diterbitkan.

Manapa, E.S. 2011b. Kurikulum Sains Berwawasan Kelautan pada Pendidikan Dasar. Program Doktor pendidikan IPA. Disertasi. SPs UPI Bandung.

Manapa, E.S. 2015. Navigasi dan Kepelautan, Bahan Ajar. Jurusan Kelautan FIKP Unhas. Makassar.

Nolker, H dan Schoenfeldt.1983. Pendidikan Kejuruan, Pengajaran, Kurikulum, Perencanaan. Terjemahan dalam Bahasa Indonesia. Jakarta: PT Gramedia

Sejarah Hidup Archimedes (Minggu, 20 September 2015, pukul 06.30 WITA). *https://pustakafisika.wordpress.com/2012/11/29/sejarah-hidup-archimedes/archimedes-2/*

Parsons, MG. *Parametric Design*. (Senin 22 September 2015,pukul 08.30 WITA) *http://cybership.wordpress.com/2009/07/29/freeboard-trim-kapal/*

Purba, R. 1981. Angkutan Muatan Laut.Jilid 1 dan Jilid 2. PT.Bhratara Karya Aksara. Jakarta.

Santoso, I., Gustimade, Sudjono, J. 1983, Teori Bangunan Kapal. Jakarta: Departemen pendidikan dan Kebudayaan.

Soesilo, I., Budiman. 2008. Kapal Selam Indonesia. Penerbit Buku Ilmiah Populer. Bogor.

Soesilo, I., Budiman2006. IPTEK Menguak Laut Indonesia. Bogor: PT Sarana Komunikasi Utama (SKU).

http://istart.webssearches.com/?type=sc&ts=1410871941&from=wpc&uid=ST500LT012-1DG142_W3P1V1R5XXXXW3P1V1R5 Hukum Archmedes (Sabtu 19 September 2015, pukul 11.00 WITA)

http://kapal-pelaut-surveyor.blogspot.co.id/2012/12/jenis-fungsi-macam-macam-kapal.html#more Jenis, fungsi & Macam-macam kapal

http://daganganbersama.blogspot.co.id/2012/12/sejarah-hukum-archimedes.html Sejarah dan Hukum Archmedes (Minggu, 20 September 2015, pukul 08.30 WITA)

GLOSARIUM

Seluruh istilah yang disebutkan di bawah ini sering dijumpai dan dipergunakan di dalam prektek sehari-hari".

1. a.a.	*Always afload*
2. a.a.r	*Againts all risks*
3. a. & C.P	*Anchors & chains proved*
4. a.f.	*Advenced freights*
5. a.h	*After hatch*
6. A/P	*Additional premium*
7. A/R	1) *A risks*. 2) *Aggaisnt all risks*
8. A/S	1) *after sight* 2) *Alongside*
9. B.B	*Belowbridges*
10. B/CH.	*Bristol* Channel
11. B/D.	*Bardraught*
12. B.d.i	*Both* dates *inclusive*
13. Bds.	*Boards (timber)*
14. B/E	*1) Bill of exchange 2) Bill of entry*
15. B.E.	Bukti ekspor (Indonesia).
16. B.G.	*Bonded goods*
17. B.H.	*Bill of Health*
18. B.L.	*Bill of Lading*
19. B.m.	*Board measure* (timber)
20. B.O.T.	*Board of Trade*
21. B/P.	*Bills payable*
22. Bg.	*Barque*
23. B/R.	*Bills receivable*
24. B/S.	*1) Boiler Survei 2) Balance Sheet*
25. B.S.	*1) Bill of Sale 2) Bill of Store*
26. B/St.	*Bill of Sight*
27. B.S.T.	*British Summer Time*
28. B.t	*Berth terms*

29. Cancl.	*Cancelling*
30. C.C.	*1) Civil commotions. 2) Continuation Clause*
31. C.c.	*Current cost*
32. C & D	*Collected and delivered.*
33. C.f (cu,ft)	*Cubic feet*
34. C & f.	*Cost and freight*
35. C.G.A.	*Cargo's proportion of General Average*
36. C.I.	*Consular Invocie*
37. C. & i.	Cost and insurace
38. c/i.	Certificate of insueace
39. c.i.f.	Cost, insurance and freight
40. c.i.f. & e	Cost, insurance, freight and exchange.
41. C.i.f.L.t.	Cost, insurance and freight London terms
42. Cld.	Cleared
43. C/N.	1) Consignment Note. 2) Cover note 3) Credit Note
44. C/O	Certivicate of origin
45. C.O.D	Cash on Delivery
46. Cont.	Continent of Europe
47. C/P.	1) Charter Party 2) Coustum of port
48. C.p.d.	Charteren pay dues
49. C.r.	Curren rate
50. C.c.l.	Constructive total loss
51. C.t.l.o.	Constructive total loss only
52. D/A.	Vessels must discharge afloat
53. D.b.	Deals and battens (timber)
54. D.b.b.	Deals, battens and board
55. D/C.	Deviantion Clause
56. D/D.	1) Deliveret at Docks. 2) Demand Draft.
57. D/d.	Days after date
58. D.d.o.	Dispatch discharging only
59. D.f.	Dead freight
60. Dely and re-dely	Deliveri and re-delivery
61. D.l.o	Dispatch loading only

62. D/P.	Documents against payment.
63. D.p.	Dirc port.
64. “dreading”	Option general cargo.
65. D/W	Dock warrant
66. D.w.	Deadweight (tons of 2.240 lbs).
67. D.w.c.	Deadweight capacity
68. E.C.C.P.	East coast coal port.
69. E. & O.E.	Errors and omissions excepted.
70. Ex. Executed	1) Excluding 2) Examined 3) Exchange 4)
71. F.a.a.	Free of all average
72. F.a.c.	fast as cas
73. F.a.q.	Fair average quality
74. F.a.s.	Free alongside ship.
75. F.c. & s.	Free of capture and seizure.
76. F.c.s.r.c.c.	Free of capture, seizure, riots an civil commotion
77. F.d.	Free discharge
78. F & D	Freight and demurrage
79. F.i.a.	Full interest admitted
80. F.i.d.	1) Free into bunkers. 2) Free into barge
81. F.i.o.	Free in and out
82. F.i.o.s.	Free in and out and atowed
83. F.i.w.	Free ,in wagon.
84. Fms.	Fathoms (timber)
85. F.o	1) For orders 2) Firm offer.
86. F.o.b.	Free on board
87. F.o.d.	Free of damage
88. F.o.q.	Free on quay
89. F.o.r.	Free on rail
90. F.o.t.	Free on truck

91.	F.o.w.	First open water
92.	Form O.	Cotton charter (f.reigh.t paid on steamer's net register tonnage)
93.	F. P.	Floating Policy (Open Policy.)
94.	F.P.A.	Free of Particular Average.
95.	F/R.	Freight release.
96.	F.r. & c.c.	Free of riots and civil commotions.
97.	F.r.o.f.	Fire risk on freight
98.	Frt.	Freight
99.	F.t.	Full terms: dispatch money payable on all time saved on the charteredtime for loading and discharging thecargo.
100.	F.w.d.	Fresh water damage. .
101.	G/A.	General Average . ,
102.	G.M.T	Greenwich Mean Time
103.	G.r.t	Gross register tons.
104.	H.C	Held covered, i.e. at the discretion of the underwriter.
105.	H.h.d.w.	Heavy handy deadweight scrap.
106.	"hours purpose"	The time allowed by charter for the' dual operation of loading and discharging the cargo
107.	H.W.O.S.T.	High water ordinary spring tides.
108.	i.p.f.	Intaken piled fathom.
109.	j. & w.0.	Jettison and washing overboard.
110.	lat.	Latitude.
111.	ldg.	Loading.

112.	L.H.A.R.	London, Hull, Antwerp or Rotterdam.
113.	Lkg & bkg.	Leakage and breakage.
114.	Long.	Longitude.
115.	L.M.C.	Lloyds Machinery Certificate.
116.	L.W.O.S.T	Low water ordinary spring tides.
117.	M.I.P.	Marine Insurance Policy.
118.	N.a.a	Not always afloat
119.	N.C.V.	No commercial value ,
120.	N.H.P.	Nominal horse-power.
121.	Net term.	Free of Charterer's Commision.
122.	N.r.t.	Net register tons.
123.	O/C.	1) Open charter. 2) Open cover.
124.	O/t.	On truck
125.	P.B.	Permanent bunkers.
126.	P.D.	Port dues
127.	P. & I.	Protection and indemmity.
128.	P/L.	Partial loss,
129.	P. & L.	Profit and loss.
130.	P.L.A.	Port of London Authority.
131.	Pm.	Premium.
132.	P/N.	Promissory note
133.	P.N.	Pe.rusahaan Negara (Indonesia).
134.	P.O.D.	Paid on delivery
135.	P.p.	Picked ports.
136.	P.p.	Pulang-pergi (Indonesia)
137.	P.p.i.	Policy proof of interest.
138.	Ppt.	Prompt loading
139.	P/S.	Public sale.
140.	P.t.	Private terms.

141.	P.T.	Perseroan Terbatas (Indonesia)
142.	Q.c.	Quantity at captain's option.
143.	R/A.	Refer to acceptor
144.	R.d.	Running days.
145.	R.D.C.	Running down clause.
146.	rs.	Rupees.
147.	Rp.	Rupiah (Indonesia)
148.	S.C.	Salvage charges.
149.	S.D.	Sea damage.
150.	S.d.	Short delivery
151.	S.l.	Salvage loss.
152.	S/L.C.	Sue and Labour clause.
153.	S/N/	Shipping Note.
154.	S.O.l.	Shipowner's liability.
155.	S.p.d.	Steamer pays dues.
156.	S.R. & C.C.	Strikes, riots and civil commotions.
157.	S.S. & C.	Same sea and country or coast,
158.	Stds.	Standars (timber)
159.	Str.	Steamer
160.	S.v.	Sailing vessel.
161.	S.W	Shipper's weights
162.	T/L.	Total loss
163.	T.L.O.	Total loss only
164.	U/A.	Unde.rwrfting accomt
165.	U.K./Cont (B.H.)	United Kingdom or Continent (Bordeaux - Hamburg range)
166.	U.K./Cont. (G.H.)	United Kingdom or Continent (Gibraltar - Hamburg range).
167.	U.K./Cont. (H.H.)	United Kingdom or Continent (Havre - Hurburg range).
168.	U.K.f.o.	United Kingdom for orders.
169.	U.S.N.H.	United States, North of Cape Hatteras.
170.	V.o.p.	Value as in original policy.

171.	W.B/E.I	Vest Britain/East Ireland.
172.	W.b.s.	Without benefit of salvage.
173.	W.C.S.A.	West coast of South Africa,
174.	W.g.	Weight guaranteed
175.	W.P.A.	With particular average.
176.	W.w.d.	Weather working days.
177.	W.r.o.	War risk only.

Singkatan dalam surat menyurat

178.	P.S (post scriptum)	= kata penyusul.
179.	Viz. (videlicet) di	
	Baca : namaly	= jakni
180.	E.g. (axampli gratia)	= misalnya, umpamanya.
181.	Etc. (et cetera)	= dst, dsb
182.	c/o (care of)	= d/a (dengan alamat).
		d/p (dengan perantaran).
183.	Id. (idem)	= seperti itu
		Ada (sama dengan atas)
184.	i.e.(id.est)	= yakni.

TABLE OF PRINCIPAL CHARACTERISTICS

1.	*Length, operall (LOA)*	567 ft 7 ½ in
2.	*Lenght, between perpendicular (LBP)*	528 ft 0 in
3.	*Length, 20 stations*	520 ft 0 in
4.	*Beam, molded*	76 ft 0 in
5.	*Depth to main deck, molded at side*	44 ft 6 in
6.	*Depth to 2nd deck, molded at side*	35 ft 6 in
7.	*Bulkhead deck*	2nd deck
8.	*Machenery*	Turbine
9.	*Designed sea speed*	20 knots
10.	*Shaft horsepower, normal*	17,500
11.	*Shaft horsepower, maximum*	19,250
12.	*Full load draft, molded*	29 ft 9 in
13.	*Full load displacement*	21,093 tons

14. *Light ship*	7,675 tons
15. Light ship vertical position of center of Gravity above bottom of keel (ligth ship KG)	31 ft 6 in
16. Light ship longitudinal position of center of Gravity aft forward perpendicular (light ship LCG aft FB)	276 ft 6 in
17. *Passengers*	12
18. Crew	58
19. *Grain cubic capacity*	837,305 cuft
20. *Bale cubic capacity*	736,723 cuft
21. *Reefer cubic*	30,254 cuft
22. *Fuel oil (double bottoms + settlers)*	2,652 tons
23. *Fuel oil (deep tanks)*	1,156 tons
24. *Fuel oil, total*	3,808 tons
25. Fresh water	257 tons
26. *No. Of holds*	7
27. *Gross tonnage*	9,251
28. *Net tonnage*	5,367

SATUAN BERAT DAN UKURAN

Berat dan satuannya.

I metric ton = 1.000 kg = 2.204,622 lbs (pon)

I short to = 907,18 kg = 2.000 lbs.

I long ton = 1.016,05 kg = 2.240 lbs.

I metric ton 1,1023 short ton = 0,9842 long ton.

I short ton = 0,9072 metric ton = 0,8928 long ton.

I long ton = 1,016 metric ton = 1,12 short ton.

I kg = 1.000 gram = 2,204622 lbs

I lbs = 16 oz. (ons) = 0,4536 kg = 453, gram

I oz = 28,35 gram.

Isi dan satuannya

I m^3 35,316 ft^3 (cuft) 61,023 $inch^3$ (cu.inch)
I cuft = 1.728 cu.inch = 28,318 dm^3 (liter) = 0,028318 m^3
I m^3 = 264,17 US gallon.
I US gallon = 0,13368 cuft.
I US gallon = 3,7853 liter.
I barrel = 36 gallon.
I register ton = 100 cuft = 2,8318 m^3
I measurement ton = 40 cuft (I freight ton) merchandise).
I measurement ton = I shipping ton.
I shipping ton (di India) = 50 cuft merchandise.
I last (di Indonesia) = 100 cuft = 2,83 m^3.
I last identik dengan I register ton.
I last (di Nederlan) = 30 hecto liter.

Isi dan berat air tawar/ laut

1 long ton air tawar (b. D = 1,000) = 35,84 cuft
1 long ton air laut (b. D = 1, 025) = 35 cuft = 2.240 lbs
1 cuft air laut = 64 lbs.
1 ton displacement = 35 cuft air laut = 1 long ton.

Panjang / jarak dan satuannya

1 km = 1.000 m = 100.000 cm = 1. 000.000 m.
1 km = 0, 539 mil laut (nautical mile) = 3.280,833 feet (ft)
1 m = 100 cm = 3,280833 ft = 39,37 inch (dim)
1 m 0,546805 fathom (depa) = 0,000539 mil laut
1 inch = 2,54 cm = 25,4 mm. 3 nautical miles = 1 league
1 ft = 12 inch = 30,48 cm ± 600 ft = 1cable
1 yard = 3 ft = 91,44 cm
1 depa (fathon) = 6 ft = 1. 8288 m.
1 mil (statute) = 1.760 yards = 5.280 ft = 1.609,35 m.

1 mil (nautical) 1.855 yards = 6.080 ft = 1.852,01 m.
Satuan mil laut adalah panjang / jarak rata-rata dari satu minut busur lingkaran besar muka bumi, yaitu panjang / sejauh 6.080 ft (A Nautical mle is the average lenght of one minute of arc of a great circle of the earth).

Luas dan satuannya

1 m^2 = 10,764 ft^2 dan 1 km^2 =0,386 mil^2
1 square inch (sq. Inch) = 6,45 cm^2
1 sq. Ft = 144 sq. Inch = 929,03 cm^2
1 sq. yard = 9 sq. ft = 0,84 m^2
1 sq. Yard = 1.296 sq. Inches.

Kecepatan dan jarak per satuan waktu

1 knot = 1.852 m/jam = 30,864 m/menit = 0,5144 m/detik.
1 knot = 6.080 ft/jam = 1 nautical mile/jam.
1 knot = 101.268 ft/menit = 1,6878 ft/detik.
1 km/jam = 0,5399 knot
1 m/detik = 3,28 ft/detik = 196,85 ft/menit = 1,94 knots.
1 ft/detik = 0,3048 m/detik = 1.097 km/jam = 0,5924 knot.
Satu knot adalah kecepatan untuk menempuh satu mil laut perjam (A knot si the speed of one nautical mile per hour).

Penjelasan untuk satuan jarak/panjang.

Untuk menentukan “satuan” jarak. Yaitu 1 (satu) meter di dasarkan kepada jarak/panjang keliling meredian permukaan bumi dibagi dengan 40.000.000 (one meter si the lenght of the earth meridean – divided by 40.000.000), yaitu panjamg keliling meridian permukaan bumi = 40.000.000 meter atau 40.000 kilometer, yang ditentukan didasarkan panjang jari-jari bumi, yaitu lebih kurang 6.370 km, sehingga keliling permukaan bumi (meridian) = $2\ \pi\ R$ = 2 x 3,14 x 6.370 km = 40.000 km.

Penjelasan untuk saruan berat.

Untuk menentukan “satuan” berat, yaitu 1 (satu) kg didasarkan kepada 1 dm^3 (liter) air tawar pada temperatur 4˚C, yaitu: 1 liter air tawar pada temperatur 4˚C ditentikan/ditetpakan beratnya sesuai dengan satu kg, sedangkan berat jenisnya = 1,000. Berdasarkan perbandingan berat jenis benda-benda lain dengan berat jenis air tawar, dapat di tentukan berat masing-masing benda lain untuk setiap 1 liter ukurannya/volumenya.