



TEKNIK KONSTRUKSI KAPAL BAJA JILID 2

untuk SMK

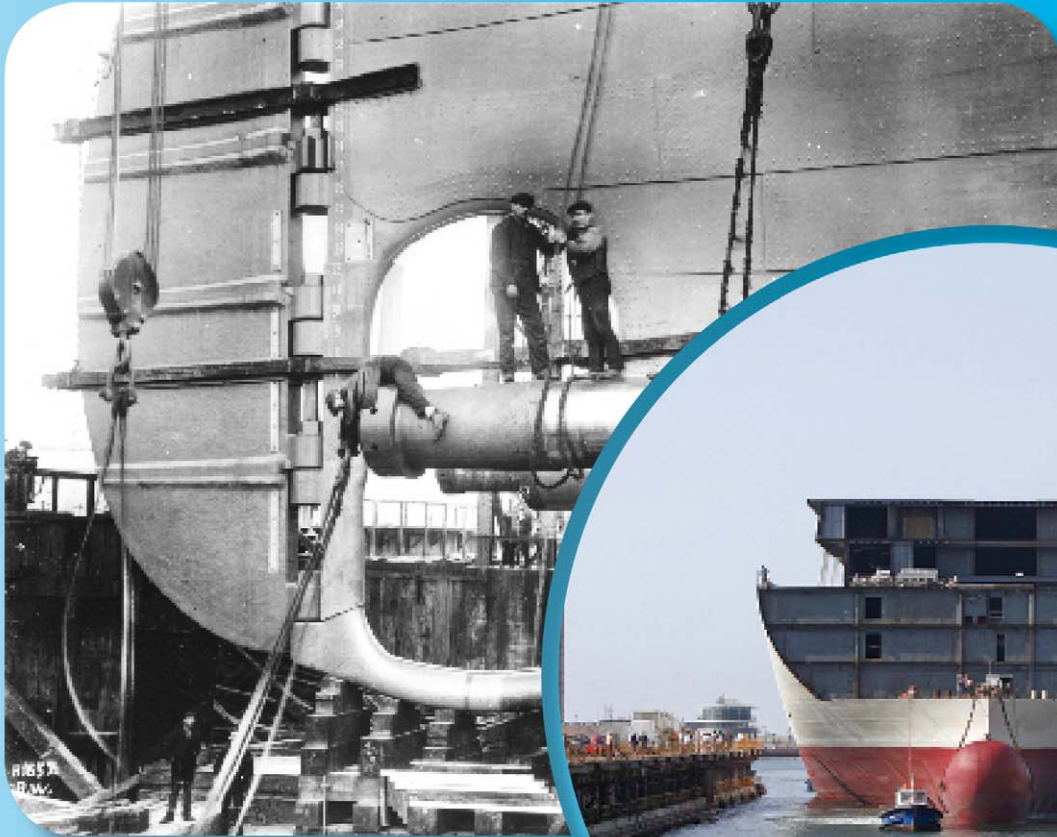
Indra Kusna Djaya



Indra Kusna Djaya

Teknik Konstruksi Kapal Baja

JILID 2



untuk
Sekolah Menengah Kejuruan



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

Moch. Sofi', dkk.

TEKNIK KONSTRUKSI KAPAL BAJA JILID 2

SMK



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

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

TEKNIK KONSTRUKSI KAPAL BAJA JILID 2

Untuk SMK

Penulis : Moch. Sofi'i
Indra Kusna Djaja

Perancang Kulit : TIM

Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

SOF SOFI'I, Moch
t Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid 2 untuk SMK /oleh
Moch. Sofi'i, Indra Kusna Djaja ---- Jakarta : Direktorat Pembinaan
Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen
Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan
Nasional, 2008.
x, 372 hlm
Daftar Pustaka : Lampiran. A
Glosarium : Lampiran. B
ISBN : 978-979-060-078-2
ISRN : 978-979-060-080-5

Diterbitkan oleh

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Tahun 2008

KATA SAMBUTAN

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

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

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

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

Jakarta, 17 Agustus 2008
Direktur Pembinaan SMK

KATA PENGANTAR

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

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

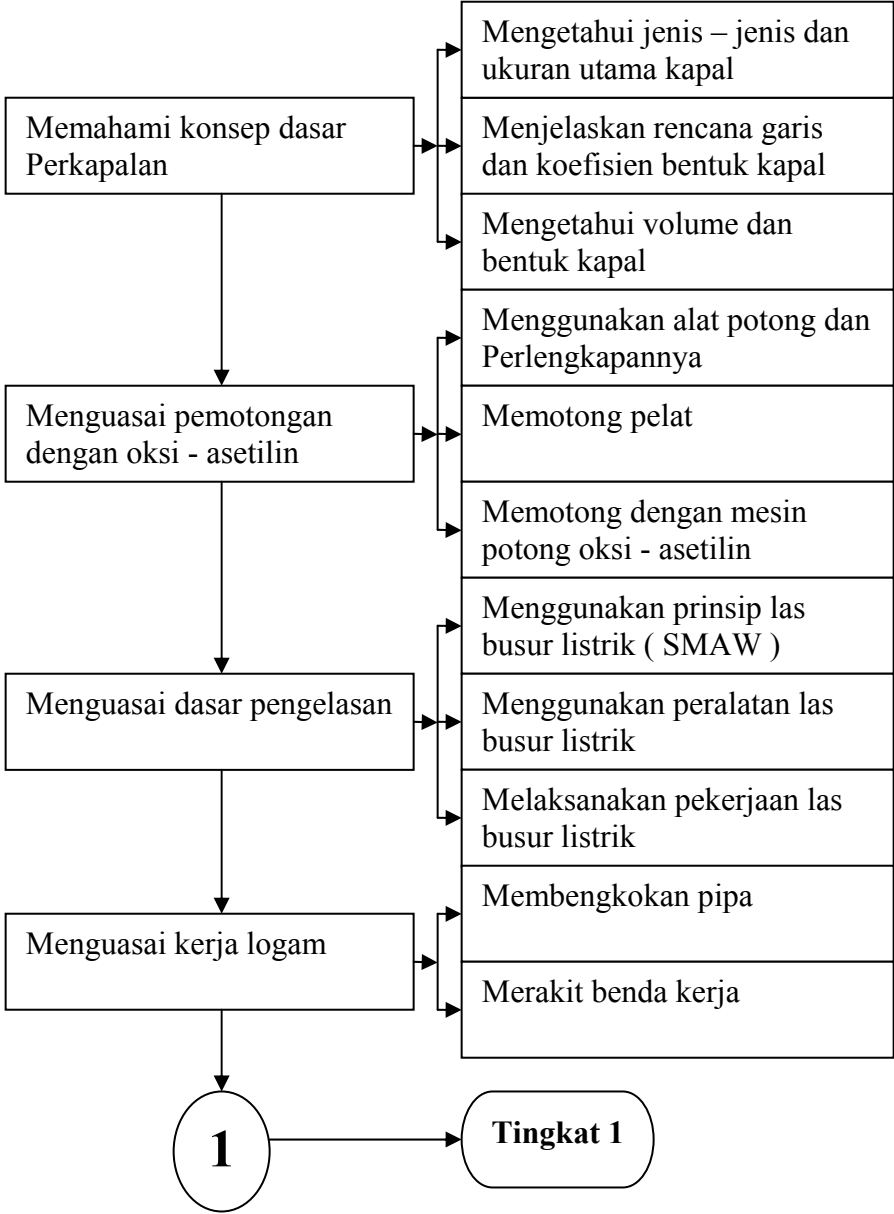
Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu penulisan buku ini dengan harapan bahwa, apabila masih terdapat kekurangan, buku ini dapat disempurnakan. Mengingat keterbatasan waktu dan kemampuan yang dimiliki oleh penulis, kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan guna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

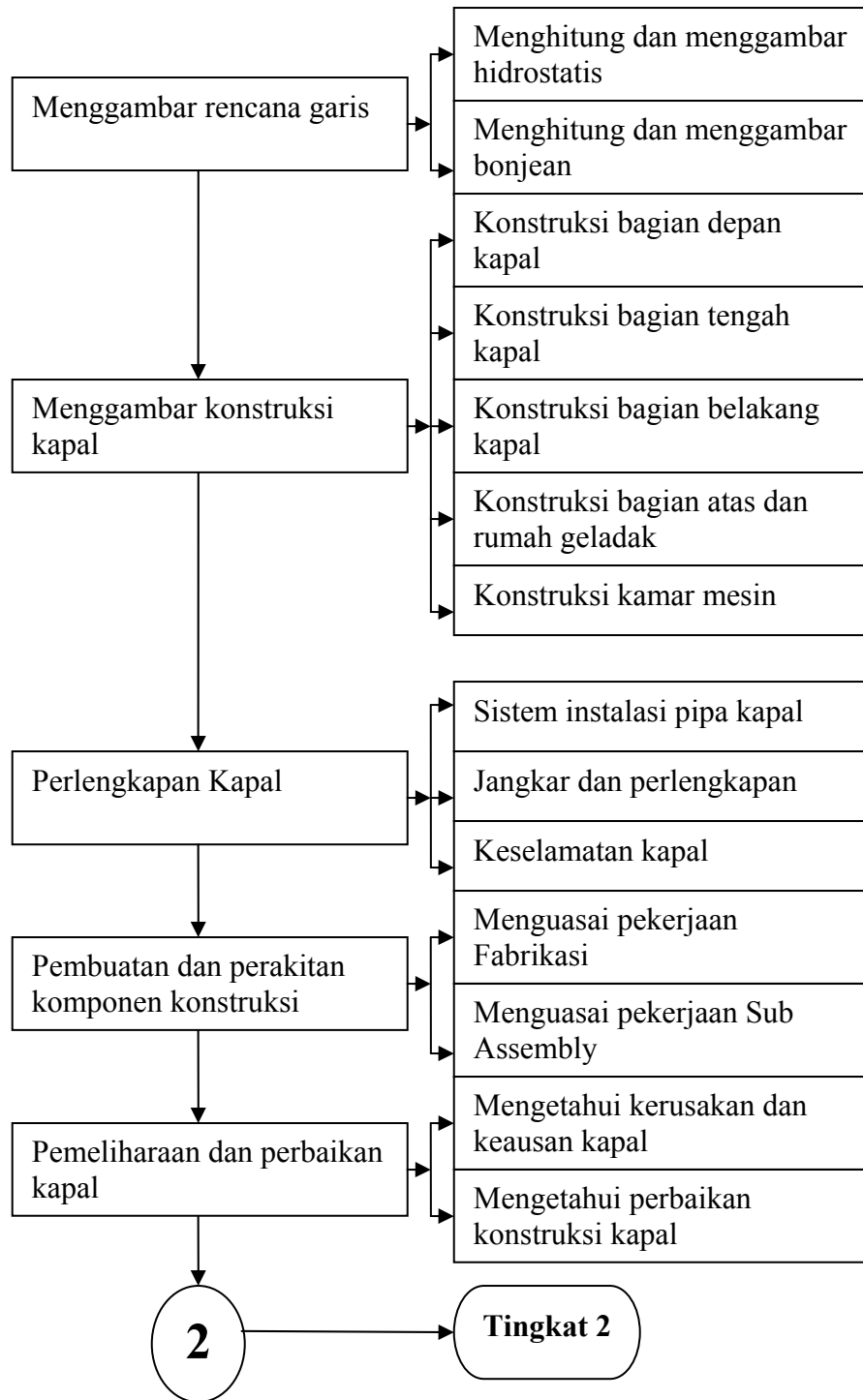
Penulis

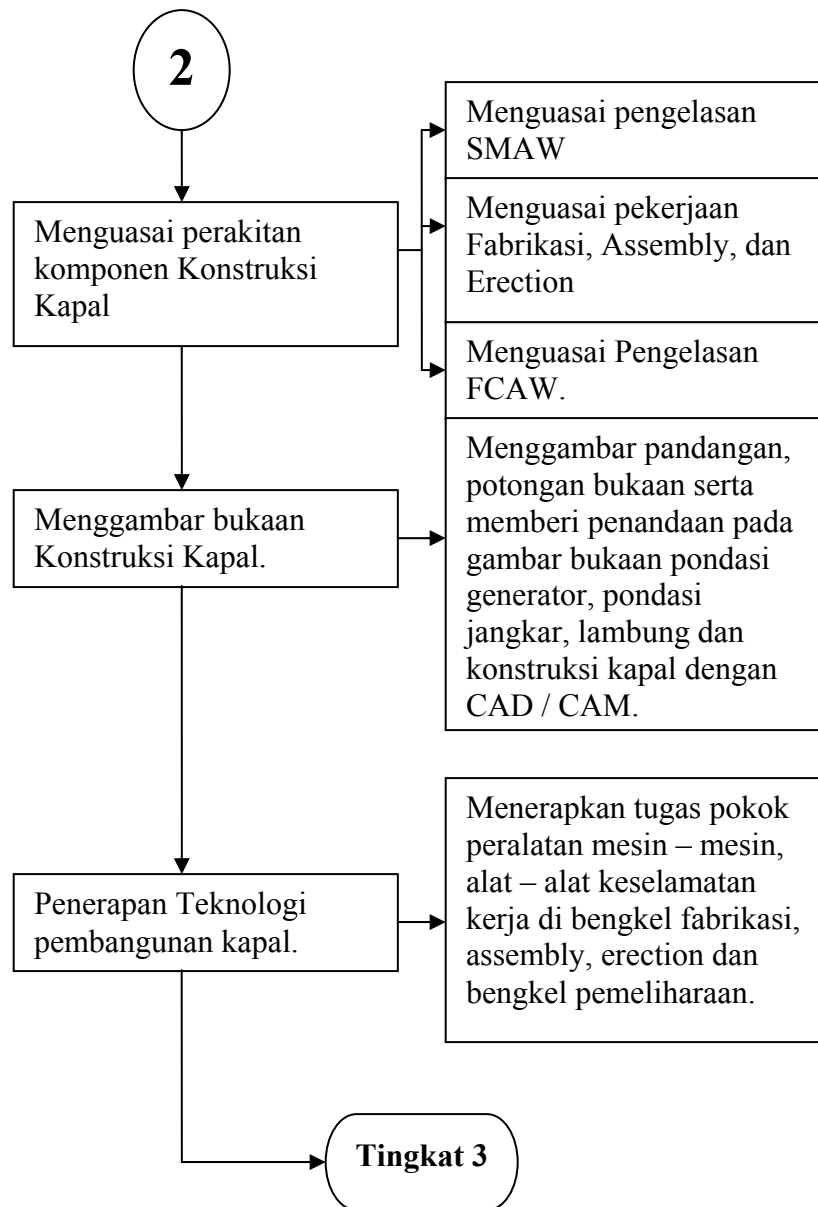
**PEMETAAN KOMPETENSI
PROGRAM KEAHLIAN KONSTRUKSI KAPAL BAJA**

Standart Kompetensi

Kompetensi Dasar







DAFTAR ISI

	Halaman
Kata Pengantar	(i)
Pemetaan Kompetensi	(ii)
Daftar Isi	(v)

JILID 1

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

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

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

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

JILID 2

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

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

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

BAB XXII Pembersihan dan Perbaikan Konstruksi Badan Kapal (439)

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

BAB XXIII Penggambaran 2 Dimensi dan 3 Dimensi

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

Daftar Pustaka.....	A
Daftar Istilah (Glosari)	B
Lampiran.....	C

BAB XII

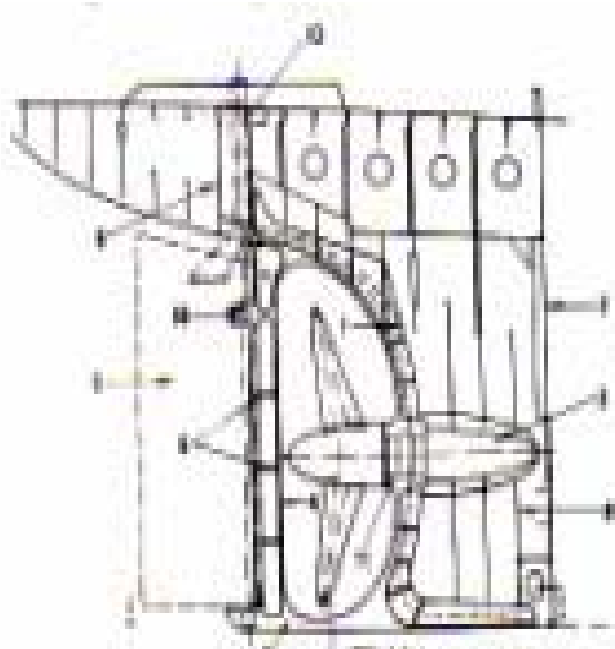
KONSTRUKSI BAGIAN BELAKANG

A. Linggi Buritan

Konstruksi linggi buritan adalah bagian konstruksi kapal yang merupakan kelanjutan lunas kapal. Bagian linggi ini harus diperbesar atau diberi boss pada bagian yang ditembus oleh poros baling-baling, terutama pada kapal-kapal yang berbaling-baling tunggal atau berbaling-baling tiga. Pada umumnya linggi buritan dibentuk dari batang pejal, pelat, dan baja tempa atau baja tuang.

Kapal-kapal biasanya mempunyai konstruksi linggi buritan yang terbuat dari pelat-pelat dan profil-profil yang diikat dengan las lasan, sedangkan untuk kapal besar berbaling-baling tunggal atau berbaling-baling tiga mempunyai konstruksi linggi buritan yang dibuat dari bahan baja tuang yang dilas. Dengan pemakaian baja tuang, diharapkan konstruksi linggi buritan dapat dibagi menjadi dua atau tiga bagian baja tuang yang akan dilas digalangan. Hal tersebut juga untuk mendapatkan bentuk linggi yang cukup baik.

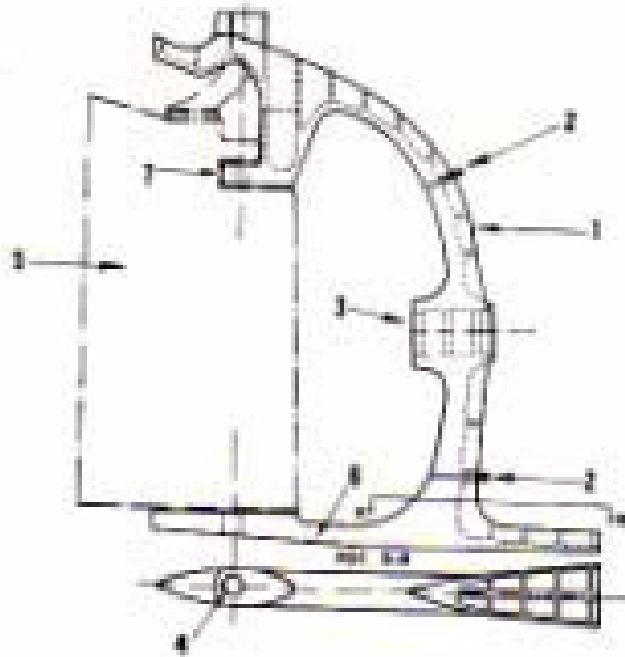
Pada kapal yang menggunakan jenis kemudi meletak tanpa balansir, linggi buritan terdiri atas dua bagian. Bagian tersebut ialah linggi kemudi dan linggi baling-baling. Linggi kemudi juga dapat dibuat dari baja tuang dengan diberi penegar-penegar melintang dari pelat. Hal ini diperlukan untuk mendapatkan kekuatan yang cukup, akibat tekanan melintang kemudi pada saat diputar ke kiri atau ke kanan.



Gambar 12.1 Konstruksi Bagian Belakang dengan Linggi Kemudi

1. Linggi baling-baling
2. Celanan poros
3. Telapak linggi
4. Linggi kemudi
5. Daun kemudi
6. Pelat penegar
7. Sekat buritan
8. Wrang
9. Selubung poros kemudi
10. Pena kemudi
11. Bos poros baling-baling
12. Baling-baling
13. Tongkat kemudi

Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 12.2 linggi buritan harus dihubungkan kuat-kuat dengan bagian konstruksi lain dibelakang kapal. Hal ini diperlukan sebagai peredam getaran dibelakang kapal yang berasal dari baling-baling atau kemudi dan untuk menahan gaya-gaya yang timbul oleh gerakan kemudi atau baling-baling.



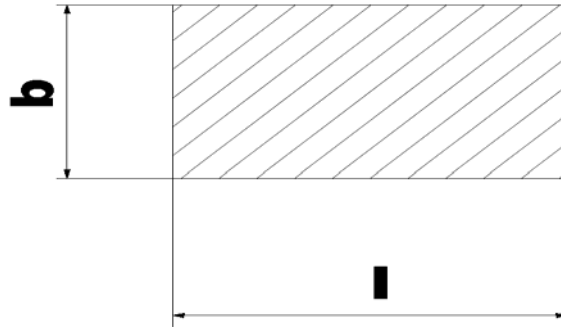
Gambar 12.2 Konstruksi Linggi Buritan Kapal Tanpa Linggi Kemudi

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 1. Linggi baling-baling | 5. Daun kemudi |
| 2. Sambungan las | 6. Telapak linggi/sepatu kemudi |
| 3. Lubang poros baling-baling | 7. Pena kemudi |
| 4. Lubang pena kemudi | |

1. Linggi Baling-baling Pejal

Ukuran linggi buritan ditentukan berdasarkan peraturan BKI. Linggi baling-baling pejal berbentuk segi empat dan pejal ditentukan menurut rumus:

Untuk $L \leq 120$ m, harga	$l = 1,4 L + 90$ (mm) dan, $b = 1,6 L + 15$ (mm).
untuk $L > 120$ m, harga	$l = L + 140$ (mm) dan, $b = 0,8 L + 110$ (mm).



Gambar 12.3 Penampang Linggi Baling-baling

2. Linggi Baling-baling Pelat

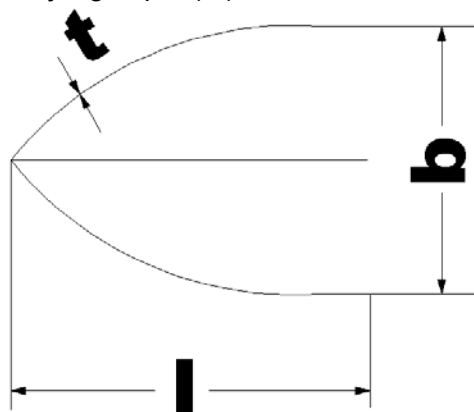
Linggi baling-baling pelat yang dirakit dari pelat baja ditentukan menurut rumus:

t (tebal) = $2,4 \sqrt{L}$ (mm).

b (lebar) = $36 \sqrt{L}$ (mm).

l (panjang) = $50 \sqrt{L}$ (mm).

Dimana: L = Panjang kapal (m).



Gambar 12.4 penampang Linggi Pelat Baling-baling

3. Linggi Baling-baling Baja Tuang

Linggi baling-baling baja ditentukan berdasarkan perhitungan modulus penampang. Modulus penampang terhadap sumbu memanjang kapal tidak boleh kurang dari:

$W_x = 1,2 L^{1,5}$ (cm³)

4. Sepatu Kemudi

Bagian bawah linggi buritan yang mendatar disebut telapak linggi sepatu kemudi (*sole piece*). Telapak linggi ini berfungsi sebagai tumpuan dari kemudi dan ukurannya

ditentukan tersendiri oleh BKI berdasarkan perhitungan kapal tidak boleh kurang dari:

Modulus penampang sepatu kemudi buritan terhadap sumbu z tidak boleh kurang dari:

$$W_z = \frac{B_1 x k}{80}$$

W_z dapat dikurangi dengan 15%, jika dipasang linggi kemudi di mana:

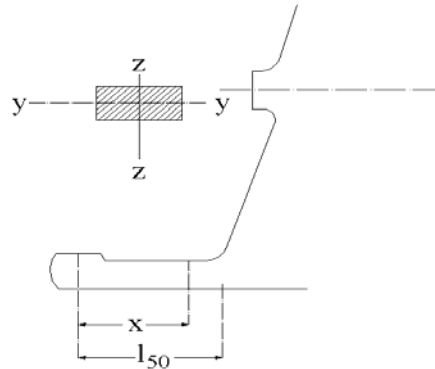
B_1 = Besar gaya tumpuan (N).

Untuk kemudi dengan dua tumpuan, besar gaya tumpuan tanpa mempertimbangkan elastisitas sepatu kemudi $B_1 = C_R/2$.

x = Jarak dari penampang yang dihitung ke sumbu poros kemudi (m) dan tidak boleh kurang dari $\frac{l_{50}}{2}$

harga x maksimum = l_{50} .

k = Factor bahan



Gambar 12.5 Penampang Sepatu Linggi

modulus penampang terhadap sumbu mendatar tidak boleh kurang dari:

$W_y = W_z/2$, jika tidak dipasang linggi kemudi atau poros kemudi.

$W_y = W_z/3$, jika dipasang linggi kemudi atau poros kemudi.

Untuk ukuran linggi kemudi, BKI menentukan berdasarkan perhitungan modulus penampang. Modulus linggi kemudi terhadap sumbu memanjang kapal tidak boleh kurang dari:

$$W = \frac{C_R l}{100}$$

dimana : C_R = Besar gaya yang dihasilkan oleh kemudi (N).

l = Panjang yang tidak ditumpu dari linggi kemudi (m).

B. Sekat Ceruk Buritan

Seperti telah dijelaskan pada bab sebelumnya, sekat ceruk buritan disamping untuk membatasi ceruk buritan dengan ruang muat atau kamar mesin juga berfungsi untuk pegangan (tumpuan) ujung depan tabung poros baling-baling.

Sesuai dengan ketentuan dari Biro Klasifikasi, pemasangan ceruk buritan pada jarak sekurang-kurangnya tiga sampai lima kali jarak gading diukur dari ujung depan bos poros baling-baling dan harus diteruskan sampai ke geladak lambung timbul atau sampai pada *plat-form* kedap air yang terletak diatas garis muat.

Seperti halnya sekat-sekat lintang lainnya, sekat ceruk buritan terdiri atas beberapa lajur pelat dengan penegar-penegar tegak. Karena sekat ini digunakan untuk batas tangki, tebal pelat sekat dan ukuran penegar ditentukan berdasarkan perhitungan tebal pelat sekat untuk tangki dan penegar tangki. Demikian pula pada daerah sekat yang ditebus oleh tabung poros baling-baling harus dilengkapi dengan pelat yang dipertebal.

C. Ceruk Buritan

Ceruk buritan merupakan ruangan kapal yang terletak dibelakang dan dibatasi oleh sekat melintang kedap air atau sekat buritan. Ruangan ini dapat dimanfaatkan untuk tangki balas air meupun untuk tangki air tawar. Bagian buritan pada umumnya berbentuk *cruiser/ellips*, bentuk yang menyerupai bentuk sendok dan *transom*, yaitu bentuk buritan dengan dinding paling belakang rata.

Konstruksi buritan (lihat Gambar 12.1) direncanakan dengan memasang gading-gading melintang balok-balok geladak, wrang, penumpu samping, penumpu tengah, dan penguat-penguat tambahan lain.

Ada kapal yang penumpu tengahnya dibuat ganda membentuk kotak pada daerah garis tegak buritan, karena pada bagian ini dilalui poros kemudi yang akan dihubungkan dengan mesin kemudi diatas geladak. Bentuk kotak dapat juga diteruskan keatas sampai geladak, sehingga membentuk selubung kotak (*ruddertrunk*) yang berfungsi sebagai pelindung poros kemudi.

Wrang-wrang buritan direncanakan mempunyai tinggi yang sama seperti wrang alas dasar ganda, kecuali wrang-wrang alas ceruk buritan disekitar tabung poros baling-baling. Wrang-wrang alas yang tinggi ini harus diberi pebegar untuk mencegah melenturnya pelat.

Tebal wrang sesuai ketentuan BKI dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$T = 0,035 L + 5,0 \text{ (mm)},$$

Dimana: L = Panjang kapal (m)

Ketentuan lain adalah bahwa ketebalan wrang tersebut tidak perlu lebih besar dari tebal wrang alas untuk dasar ganda. Gading-gading ceruk sebagai kerangka tegak dipasang dengan jarak antara tidak lebih dari 600 mm dan gading tersebut harus diteruskan kegeladak diatas puncak tangki ceruk dengan ukuran yang sama. Sesuai dengan ketentuan BKI, ukuran gading ceruk yang berdasarkan atas perhitungan modulus penampang gading-gading ceruk adalah sebagai berikut:

$$W = k 0,8 a l_2 P_s$$

Jika ceruk buritan dipakai sebagai tangki, modulus penampang gading tidak boleh kurang dari:

$$W_2 = k 0,44 a l_2 P_2$$

dimana: a = Jarak gading

k = Factor bahan

l = Panjang tak ditumpu gading-gading termasuk pengikatan ujung (m). dengan l minimum = 2,0 m.

P_s = Besar beban pada sisi kapal (kN/m₂).

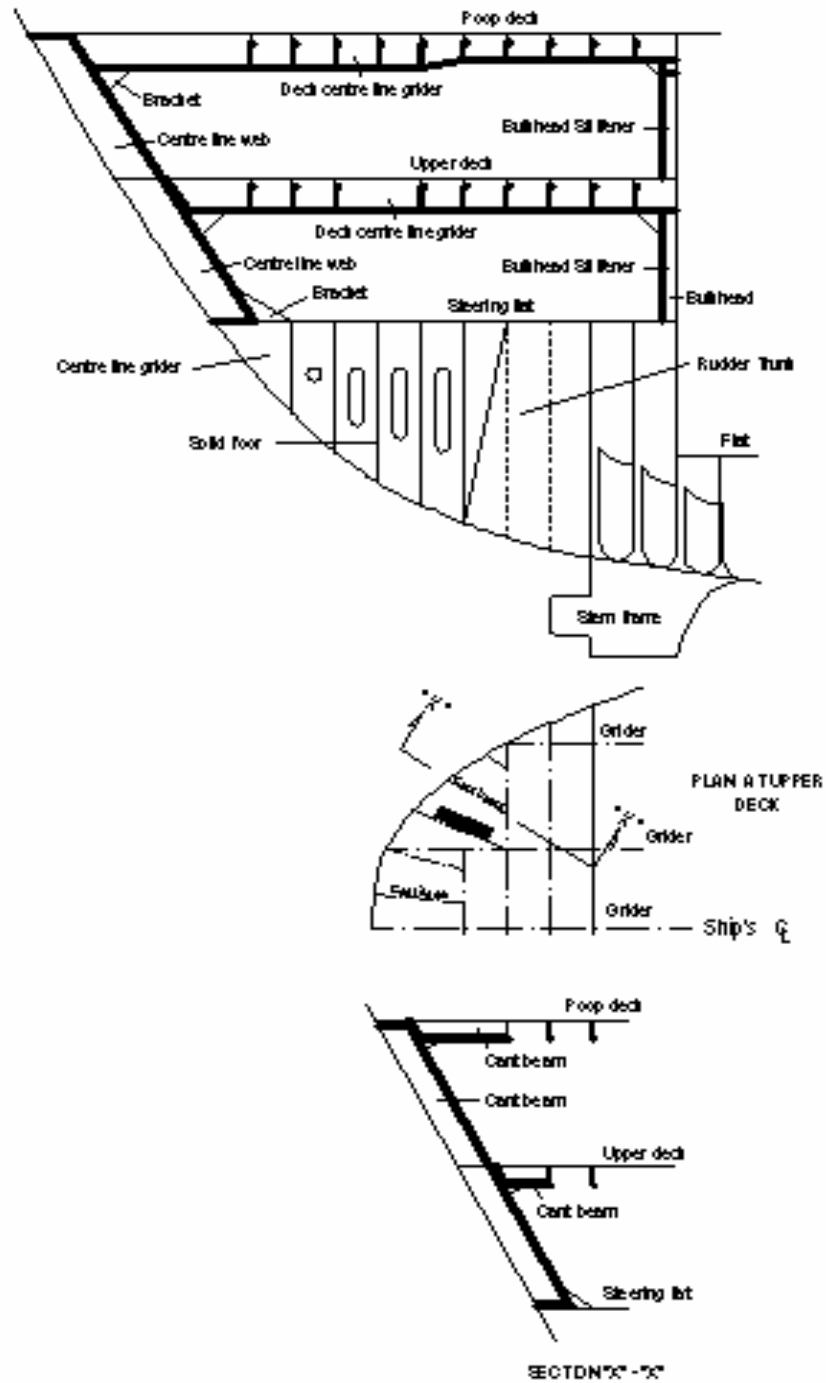
P_2 = Besar tekanan pada tangki (kN/m₂).

Untuk pelat alas, yaitu pada daerah 0,1 L didepan garis tegak buritan, tebalnya diambil sama dengan tebal untuk bagian haluan. Hal ini berlaku pula untuk ketebalan pelat didaerah 0,1 L didepan garis tegak buritan.

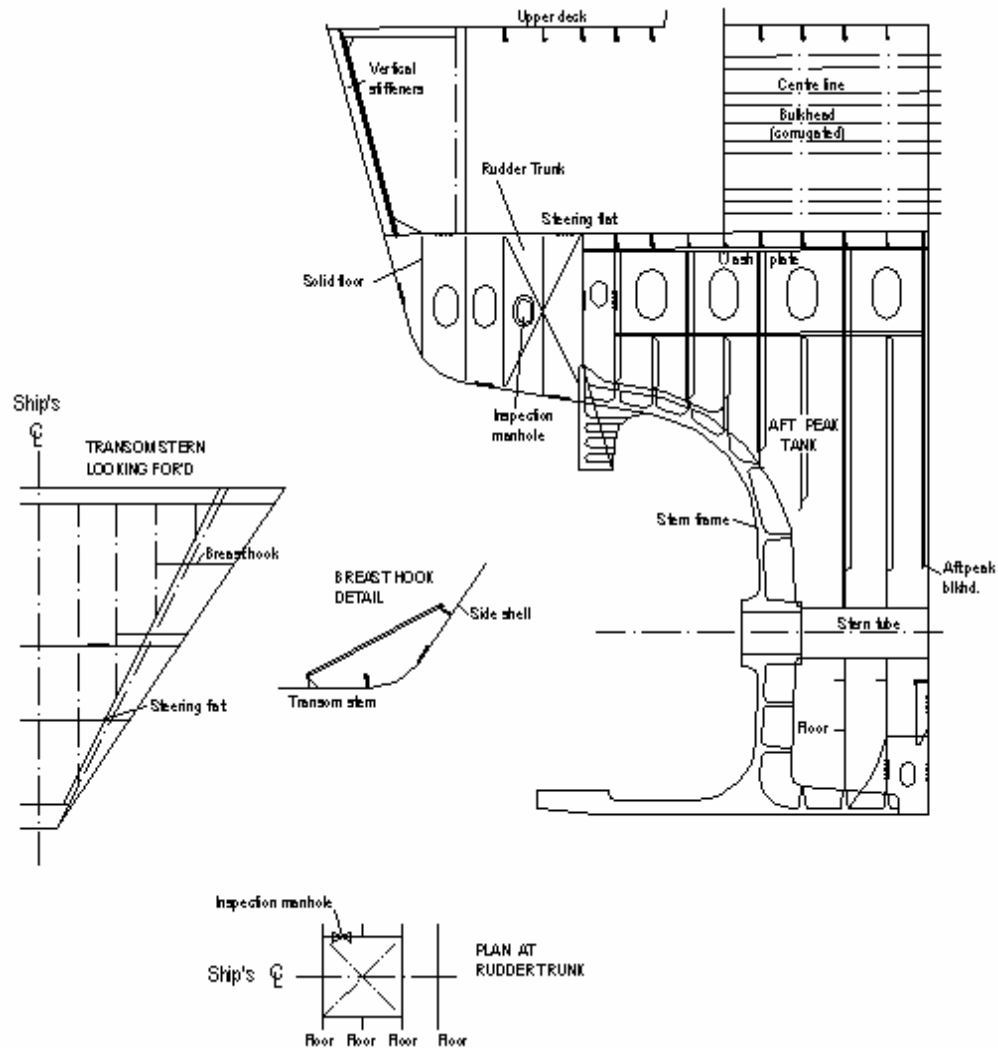
Pada daerah penyangga poros baling-baling dan celana poros, tebal pelat kulit ditentukan sama dengan tebal pelat kulit untuk 0,4 L tengah kapal. Pada sekitar penyangga poros baling-baling, pelat kulit ditengah kapal. Pelat kulit yang disambung dengan linggi buritan harus diperkuat dengan menambah tebal sekurang-kurangnya sama dengan tebal pelat sisi ditengah kapal. Adapun pelat kulit didaerah pertemuan linggi kemudi dengan linggi baling-baling, harus mempunyai tebal yang sama dengan tebal pelat linggi kemudi itu sendiri, tetapi peling sedikit harus setebal 1,25 kali tebal pelat sisi dibagian tengah kapal.

Untuk penguatan pada bagian buritan kapal, dipasang balok-balok ceruk dan senta sisi seperti halnya pada ceruk haluan. Balok ceruk dipasang tiap dua jarak gading dengan jarak tegak tidak melebihi 2,6 m, baik antara sesama balok ceruk maupun kegeladak dan ke sisi atas wrang. Pelat senta harus diberi flens atau pelat hadap pada pinggir bagian dalam, jika ceruk buritan digunakan sebagai tangki.

Konstruksi ceruk buritan dapat dilihat pada gambar 12.6 dan gambar 12.7



Gambar 12.6 Konstruksi Ceruk Buritan Bentuk Cruiser



Gambar 12.7 konstruksi Ceruk Buritan Bentuk Transom

D. Tabung Poros Baling-baling

Tabung poros baling-baling disangga oleh sekat buritan dibagian depan dan oleh boss linggi baling-baling diujung belakang.

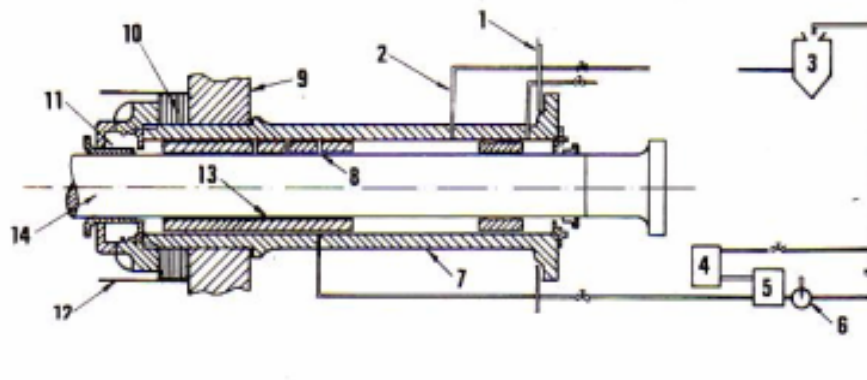
Bagian depan tabung mempunyai pelat hadap yang digunakan untuk mengikat tabung pada sekap ceruk buritan dengan baut dan pada bagian belakang dibuat berukir untuk mengikat tabung terhadap boss linggi baling-baling dengan menggunakan mur yang cukup besar. Tabung buritan ini dapat dibuat dari bahan pipa baja, yang banyak digunakan untuk kapal-kapal kecil. Bisa juga tabung ini dibuat dari pelat baja yang dirol,

yang biasa dipakai pada kapal-kapal yang lebih besar. Karena merupakan bantalan, tabung ini mempunyai sebuah bantalan diujung belakang dan sebuah lagi diujung depan. Untuk pelumasannya dapat dipakai air, minyak pelumas, atau gemuk pelumas. Bahan untuk bantalan ditentukan oleh cara pelumasannya.

Pada pelumasan dengan air, bahan yang dipakai adalah kayu pok (*lignum vitae*) atau bahan karet sintetis. Proses pelumasannya adalah sebagai berikut. Air laut masuk kedalam tabung buritan melalui celah. Celah ini didapati antara poros dan bantalan belakang, sedangkan pada bagian ujung depan tabung ini dipasang paking dan penekan paking untuk mencegah masuknya air kedalam kamar mesin. Penekan paking ini digunakan untuk menekan paking jika terjadi perembesan atau kebocoran air pelumas dengan cara memutar baut penekan.

Pada pelumasan dengan minyak pelumas, bahan bantalan yang digunakan adalah *babbit* logam putih.

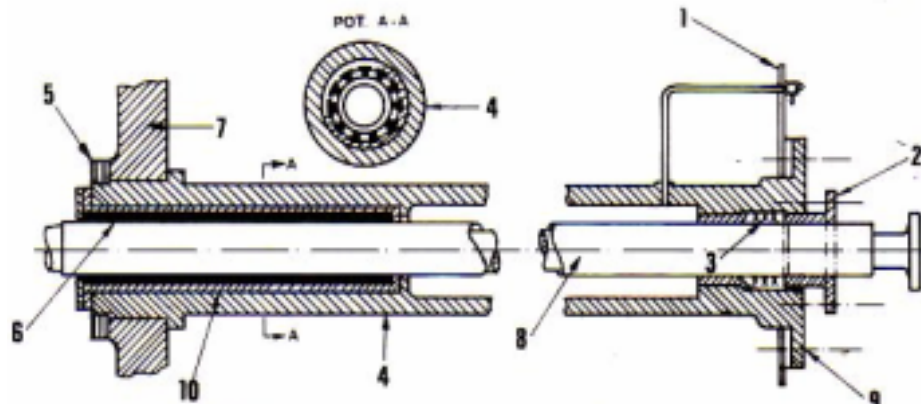
Bantalan mempunyai celah-celah atau lubang-lubang dengan ukuran tertentu, agar minyak pelumas dapat merata melumasi permukaan poros dan bantalan. Minyak pelumas ditampung pada tangki khusus yang dihubungkan dengan system pipa ketabung buritan. Dengan pemompaan, minyak pelumas dapat bersirkulasi dan melumasi bagian-bagian yang memerlukan. Pencegahan air laut supaya tidak masuk ke system pelumasan ialah dengan paking-paking. Pada ujung bos poros baling-baling dipasang pelat pelindung yang berfungsi untuk melindungi atau mencegah masuknya benda-benda yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan pada paking. Konstruksinya diperlihatkan pada gambar 12.8 dan gambar 12.9



Gambar 12.8 Tabung Buritan dengan Pelumasan Air

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1. Sekat ceruk buritan | 6. Bantalan |
| 2. Penekan paking | 7. Linggi buritan |
| 3. paking | 8. Poros baling-baling |

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| 4. Tabung buritan | 9. Baut pengikat |
| 5. Mur tabung buritan | 10. Rumah bantalan |



Gambar 12.9 Tabung Buritan dengan Pelumasan Minyak

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| 1. Sekat ceruk buritan | 8. Celah minyak pelumas |
| 2. Sistem pipa pelumas | 9. Linggi buritan |
| 3. Tangki minyak pelumas | 10. Mur tabung buritan |
| 4. Pompa | 11. Paking |
| 5. Saringan minyak pelumas | 12. Pelat pelindung |
| 6. Pompa tangan | 13. Bantalan |
| 7. Tabung | 14. Poros baling-baling. |

E. Penyangga Poros Baling-baling

Kapal-kapal yang direncanakan mempunyai baling-baling ganda, sebagian besar porosnya akan menyembul keluar dari badan kapal. Hal tersebut memerlukan perencanaan khusus untuk membuat penyangga atau penopang poros baling-baling.

Penyangga poros yang terletak dekat baling-baling pada umumnya dibuat dari bahan baja tuang dan terdiri atas sebuah lengan atau dua buah lengan.

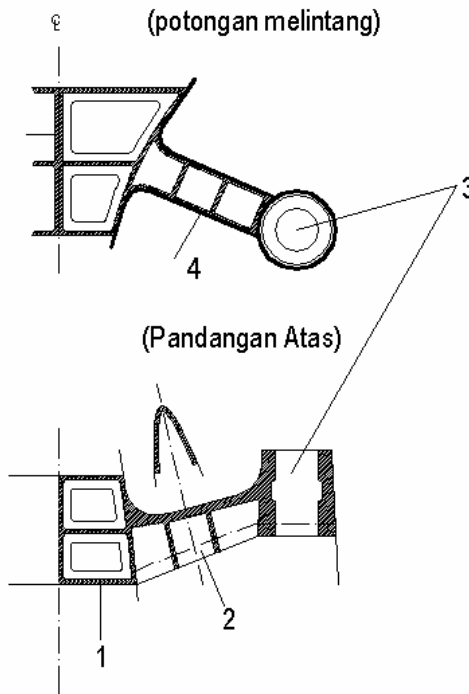
Penyangga poros yang terdiri satu lengan dibentuk dari kombinasi antara kerangka baja tulang dan pelat baja seperti diperlihatkan pada gambar 12.10a. adapun poros baling-baling yang terdiri atas dua buah lengan dilaskan ke pelat lambung atau menembus pelat kulit dan dihubungkan kuat-kuat ke wrang dan penumpu yang diperkuat (Gambar 12.10b).

Sesuai dengan ketentuan BKI, penyangga poros baling-baling sedapat mungkin membentuk sudut 90° antara kedua lengan, jika baling-baling yang digunakan berdaun tiga atau lima, dan membentuk sudut 70° atau 110° , jika baling-baling digunakan berdaun 4.

Sumbu-sumbu penyangga poros baling-baling harus berpotongan pada sumbu poros baling-baling. Untuk menentukan ukuran penyangga poros baling-baling pejal, BKI memperhitungkan berdasarkan diameter poros baling-baling (d), sebagai berikut:

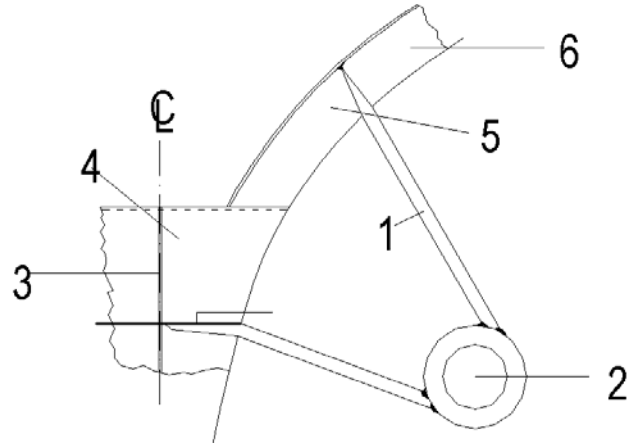
Tebal penyangga	= $0,44 d$.
Luas penampang penyangga	= $0,44 d^2$.
Panjang bos	= $3 d$.
Tebal dinding bos	= $0,35 d$.

Pada bagian penyangga tempat keluarnya poros dari lambung harus dibuat kedap dan pada bagian ujung ditutup dengan penutup yang *streamline* seperti gambar 12.10 c.

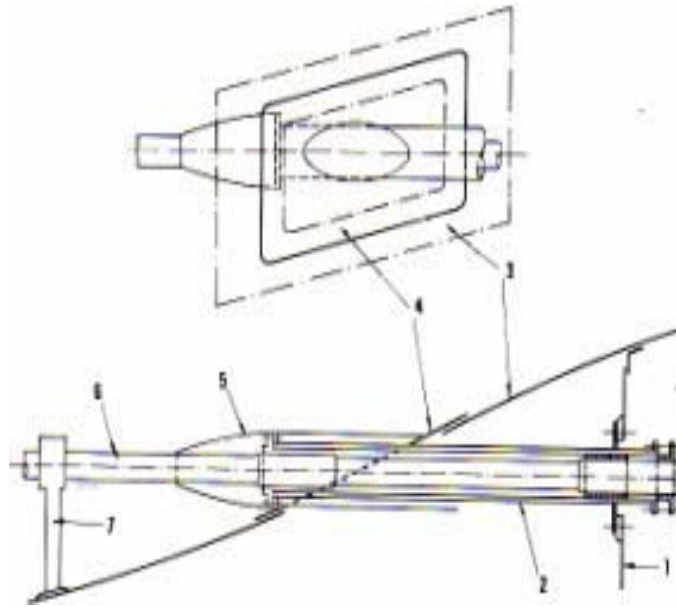


(a) Penyangga poros baling-baling

1. Wrang
2. Tempat pemasangan pelat lambung
3. Lubang poros baling-baling
4. Penyangga poros



- (b) Penyangga poros baling-baling
1. Penyangga poros
 2. Lubang poros
 3. penumpu tengah
 4. Wrang
 5. Gading Besar
 6. Penguat



(c) Lokasi pemasangan dan bentuk tabung poros baling-Baling

1. Sekat
2. Tabung
3. Pelat lambung
4. Pelat rangkat
5. Penutup bos poros
6. Poros baling-baling
7. Penyangga poros.

Gambar 12.10 Penyangga poros baling-baling dalam berbagai macam dan bentuk.

F. Kemudi

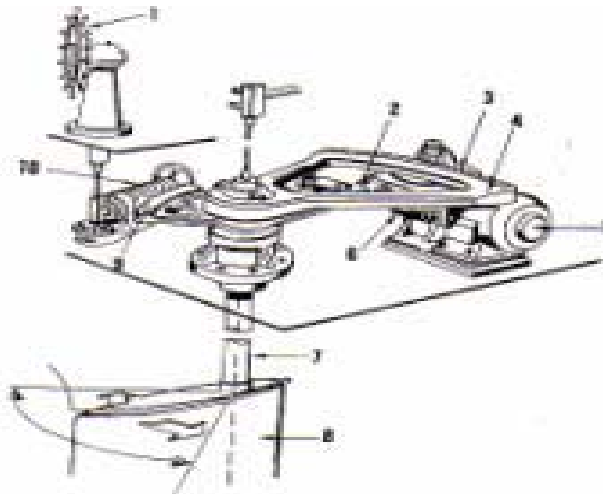
Kemudi kapal dan instalasinya adalah suatu system didalam kapal yang memegang peranan penting didalam pelayaran dan menjamin kemampuan olah gerak kapal. Sehubungan peran ini, seyogjanya sebuah kemudi dan instalasinya harus memenuhi ketentuan didalam keselamatan suatu pelayaran.

System kemudi mencakup semua bagian alat-alat yang diperlukan untuk mengemudikan kapal, mulai dari kemudi, poros, dan instalasi penggerak sampai ke pengemudinya sendiri, instalasi penggerak kemudi terletak diruang mesin kemudi geladak utama

dan peralatan untuk mengatur gerakan kemudi diletakkan didalam ruang kemudi atau ruang navigasi.

Ruang instalasi harus dibuat bebas dari peralatan-peralatan lain, agar tidak menghalangi kerja instalasi penggerak utama ataupun penggerak Bantu kemudi.

Ruangan tersebut harus direncanakan terpisah dari ruangan lainnya dengan suatu dinding yang terbuat dari baja yang disebut mesin kemudi. Dibawah ini kemudi dan instalasinya (Gambar 12.11)



Gambar 12.11 Kemudi dan Instalasinya

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1. roda kemudi (jantera) | 6. Pegas |
| 2. Celaga kemudi | 7. Tongkat kemudi |
| 3. Transmisi | 8. Daun kemudi |
| 4. Kuadran kemudi | 9. Roda gigi penggerak |
| 5. Motor listrik | 10. Ulir cacing. |

1. Daun Kemudi

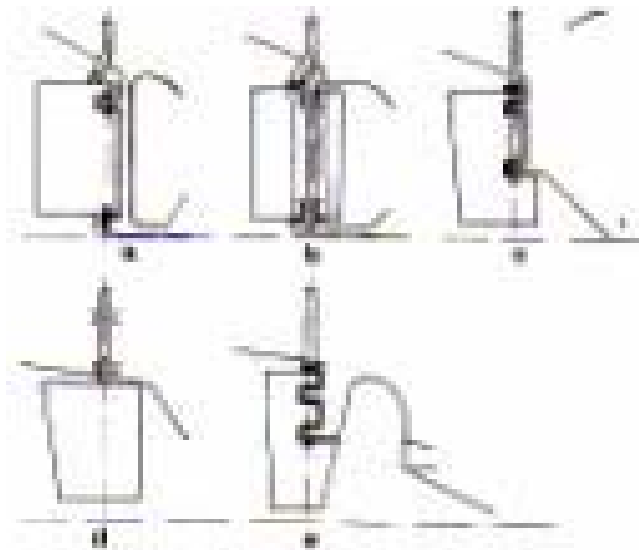
Daun kemudi pada awalnya dibuat dari pelat tunggal dan penegar-penegar yang dikelilingi pada bagian sisi pelat. Jenis kemudi ini sekarang sudah diganti dengan bentuk kemudi pelat ganda, terutama pada kapal-kapal yang berukuran relative besar. Kemudi pelat ganda terdiri atas lembaran pelat ganda dan didalamnya berongga, sehingga membentuk suatu garis aliran yang baik (*streamline*), yang bentuk penampangnya seperti sayap (*foil*).

Ditinjau dari letak daun kemudi terhadap poros, kemudi dapat dibedakan atas: (Gambar 12.12).

- a. Kemudi biasa, yaitu kemudi yang mempunyai luas daun kemudi yang terletak dibelakang sumbu putar kemudi (Gambar a).
- b. Kemudi balansir, yaitu jenis kemudi yang mempunyai luas daun yang terbagi atas dua bagian, didepan dan dibelakang sumbu putar kemudi (Gambar b).
- c. Kemudi setengah balansir, yaitu jenis kemudi yang bagian atas termasuk kemudi biasa, tetapi bagian bawah merupakan kemudi balansir. Kemudi bagian bawah dan atas tetap merupakan satu bagian (Gambar c).

Kalau ditinjau dari penempatannya, daun kemudi dibedakan menjadi:

- a. Kemudi meletak, yaitu kemudi yang sebagian besar bebannya ditumpu oleh sepatu kemudi (Gambar a dan b)
- b. Kemudi menggantung, yaitu kemudi yang sebagian besar bebannya disangga oleh bantalan-bantalan kemudi digeladak (Gambar d)
- c. Kemudi setengah menggantung, yaitu kemudi yang bebannya disangga oleh bantalan-bantalan pada tanduk kemudi (Gambar c dan e).



Gambar 12.12 Macam-macam kemudi

Penggunaan kemudi balansir pada kapal-kapal adalah untuk mengurangi pemakaian tenaga mesin kemudi yang disebabkan bergesernya pusat tekanan melintang kearah dekat poros putar kemudi.

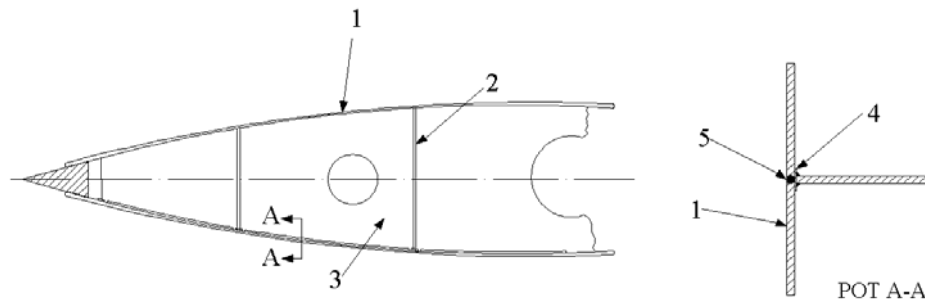
Pada kemudi balansir penuh, pusat tekanan melintang tepat pada poros putar kemudi sehingga tenaga yang

diperlukan untuk memutar kemudi cukup kecil. Hal tersebut akan berlainan dengan pemakaian kemudi biasa, sebab untuk menggerakkan daun kemudi dibutuhkan tenaga yang cukup besar.

Konstruksi daun kemudi dari pelat ganda memiliki kerangka yang dibuat dari bahan baja tuang atau dapat juga dibentuk dari pelat bilah penegar yang dilaskan ke daun kemudi.

Satu sisi pelat daun kemudi dilas pada kerangka kemudi dan sisi lainnya dilas dengan las lubang (*slot welding*).

Jika daun kemudi diperkuat dengan pelat bilah mendatar dan tegak, pada salah satu sisi pelat bilah dipasang pelat hadap. Kegunaan pelat hadap adalah untuk pengikatan pelat daun kemudi terhadap salah satu sisi kerangka kemudi dengan las lubang (Gambar 12.13).



Gambar 12.13 Detail kerangka daun kemudi

1. Pelat sisi daun kemudi
2. Penegar tegak
3. Penegar mendatar
4. Pelat hadap
5. Las lubang.

BKI menentukan tebal pelat daun kemudi sebagai berikut:

$$t = 1,6 a \sqrt{P_R + t_k} \text{ (mm).}$$

dimana: $P_R = 10 T C_R / 10^3 A \text{ (kN/m}^2\text{).}$

$t_k =$ Faktor korosi

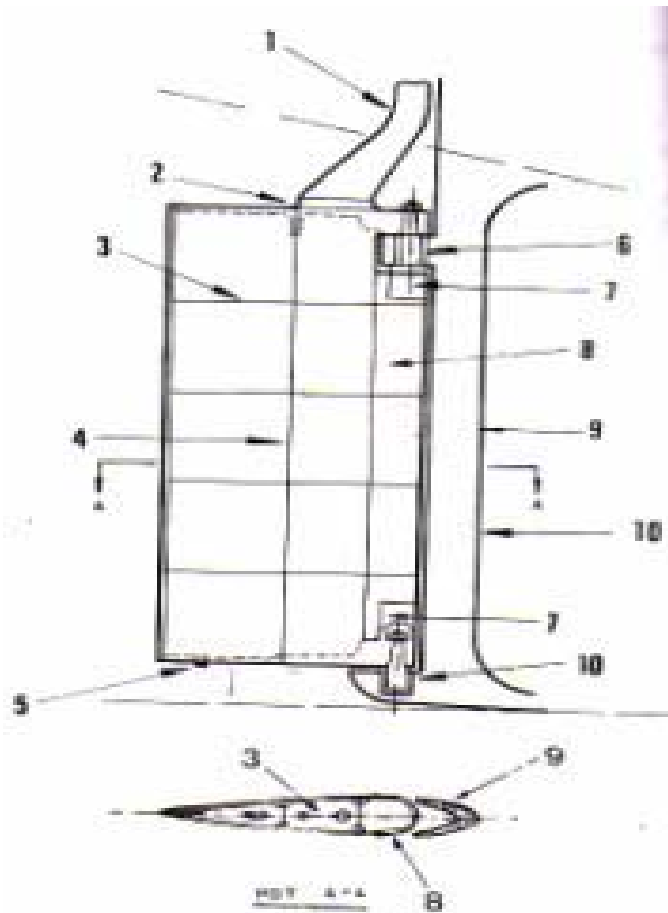
$a =$ Lebar pelat terkecil yang tidak ditumpu (m)

$C_R =$ besar gaya kemudi (N)

$A =$ Luas seluruh permukaan daun kemudi (m²).

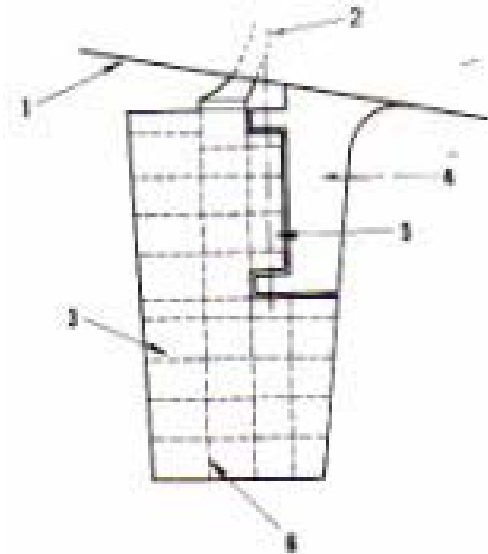
Besar gaya yang dialami daun kemudi dapat dihitung pada buku peraturan Biro Klasifikasi. Tebal pelat daun kemudi tersebut diatas tidak boleh kurang dari tebal pelat lambung pada ujung-ujung kapal.

Pada bagian ujung depan daun kemudi harus 23% lebih tebal dari pelat daun kemudi. Konstruksi daun kemudi dapat dilihat pada gambar 12.14 dan gambar 12.15.



Gambar 12.14 Konstruksi Kemudi Biasa

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. Tongkat Kemudi | 6. Pena Kemudi |
| 2. Kopleng mendatar | 7. Pelat penutup |
| 3. Bilah penegar mendatar | 8. Pelat ujung depan daun |
| 4. Bilah penegar tegak | 9. Linggi kemudi |
| 5. Sumbat alas | 10. Bantalan pena kemudi |



Gambar 12.15 Konstruksi Kemudi setengah Balansir

- | | |
|------------------------|------------------------------|
| 1. Garis pelat lambung | 4. Tanduk kemudi |
| 2. Tongkat kemudi | 5. Pelat ujung belakang daun |
| 3. Penegar mendatar | 6. Penegar tegak |

2. Tongkat Kemudi

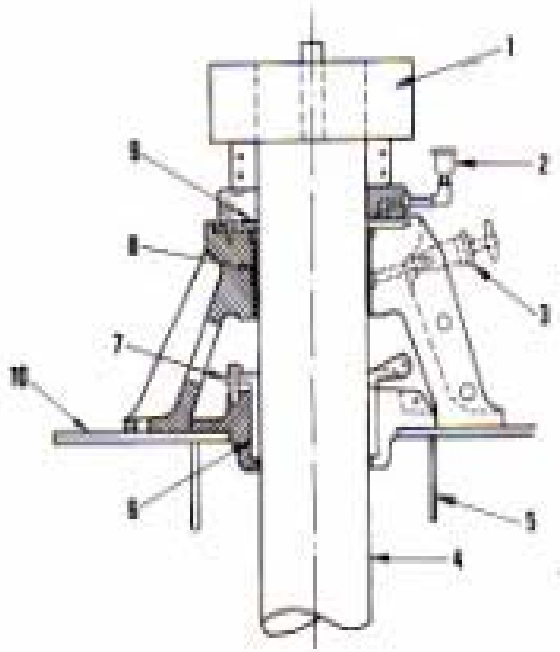
Poros kemudi atau sumbu kemudi pada umumnya dibuat dari bahan baja tuang atau baja tempa. Garis tengah poros ditentukan berdasarkan hasil perhitungan, agar mampu menahan beban puntiran atau beban lenturan yang terjadi pada kemudi.

Tongkat kemudi dipasang menembus lambung dalam selubung tongkat. Hal ini untuk menjamin kedekatan dari air laut.

Pada bagian atas, poros kemudi dihubungkan dengan instalasi penggerak kemudi dan bagian bawah dihubungkan dengan daun kemudi melalui kopling mendatar atau kopling tegak.

Tongkat kemudi ada yang direncanakan memiliki satu bantalan atau dua bantalan, bergantung pada panjang tongkat dan system peletakan daun kemudi. Bantalan tongkat kemudi hanya ada pada bagian atas baja atau pada kedua-duanya, atas dan bawah. Sebagian bahan bantalan, dapat dipakai bahan baja anti karat, bahan logam, kayu pok, atau bahan sintesis.

Bantalan poros kemudi bagian bawah pada umumnya dibuat tidak kedap air, sehingga air dapat digunakan sebagai pelumasan poros dengan bantalan kayu pok. Dan, bantalan bagian atas mempergunakan system pelumasan minyak. Pemakaian system kedap air itu supaya air tidak masuk kedalam ruangan kapal seperti pada gambar 12.16.



Gambar 12.16 Penyangga Kemudi dan Paking

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| 1. Celaga kemudi | 6. Paking |
| 2. Tempat pelumasan | 7. Penekan paking |
| 3. Pelumas | 8. Bantalan |
| 4. Tongkat kemudi | 9. Bantalan penyangga |
| 5. Selubung poros kemudi | 10. Geladak |

Sesuai dengan ketentuan BKI, garis tengah tongkat kemudi tidak boleh kurang dari:

dimana: $dT = 4,2 \sqrt{Q/KR}$ (mm),
 $Qr =$ Momen punter pada tongkat kemudi (Nm).
 $Kr =$ Faktor bahan
 $Kr = \frac{(R_{eH})^{0,75}}{235}$ untuk $R_{eH} > 235 \text{ N/mm}^2$.
 $R_{eH} =$ Tegangan lumer dari bahan yang

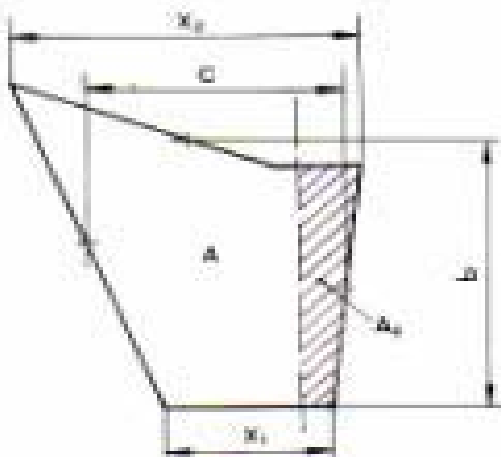
Digunakan (N/mm^2). $R_e H$ tidak boleh lebih besar dari $0,7 R_m$ atau $450 N/mm^2$.

R_m = Kekuatan tarik bahan (N/mm^2)

Pada bagian atas tongkat kemudi yang hanya menyalurkan momen puntir, garis tengah dapat dikurangi menjadi $0,9 D_t$. Momen puntir pada poros kemudi dihitung dengan rumus berikut :

Dimana $Q_R = C_R \cdot r$
 C_R = Besar gaya kemudi (N)
 $R = c (\alpha - K_b)$ (m).
 C = Lebar rata-rata daun kemudi (m)
 α = $0,33$ untuk keadaan gerak maju, dan $0,66$ untuk keadaan gerak mundur.

Untuk kemudi dibelakang konstruksi tetap seperti tanduk kemudi (rudder horn) , harga α adalah $0,25$ untuk keadaan gerak maju dan $0,55$ untuk keadaan gerak mundur. Untuk jenis kemudi dengan daya angkat yang tinggi, $\alpha = 0,4$ untuk gerak maju.



Gambar 12.17 Penentuan ukuran dari rumus BKI

K_b = Faktor balansir A_f/A , dimana A_f merupakan Bagian dari luas daun kemudi yang berada didepan sumbu poros.
 K_b = $0,08$ untuk kemudi tidak balansir.
 A = Luas daun kemudi seluruhnya untuk satu sisi
 r_{min} = $0,1 c$ (m), untuk keadaan gerak maju.

3. Kopling Kemudi

Kopling kemudi adalah salah satu bagian kemudi yang menghubungkan poros kemudi dengan daun kemudi. Pada umumnya kopling dibuat sedemikian rupa, sehingga kemudi dapat dilepas tanpa mengganggu celaga (rudder tiller) dan mesin kemudi. Kopling yang dibuat harus mampu menyalurkan seluruh beban puntir dari poros kemudi. Sesuai dengan ketentuan BKI, ukuran bagian-bagian kopling kemudi mendatar dihitung berdasarkan rumus :

BAB XIII KONSTRUKSI BANGUNAN ATAS DAN RUMAH GELADAK

Pada geladak yang menerus dan teratas, terdapat bangunan-bangunan yang diperuntukkan sebagai ruang navigasi, ruang akomodasi, gudang-gudang untuk penempatan peralatan, dan ruang lain untuk melayani kapal-kapal selama berlayar atau berlabuh.

Bila ditinjau dari segi konstruksi, bangunan-bangunan ini dapat dibedakan menjadi bangunan atas yang efektif dan bangunan atas yang tidak efektif.

Bangunan atas yang efektif adalah semua bangunan atas yang terletak di atas geladak menerus teratas, membentang sampai daerah $0,4 L$ bagian tengah kapal, dan panjangnya melebihi $0,15 L$ (Gambar 13.1). Dalam kaitan ini, pelat kulit lambung harus diteruskan sampai ke geladak bangunan atas, sehingga pelat sisi bangunan atas ini dapat diperlakukan sebagai pelat kulit dengan geladak sebagai geladak kekuatan.

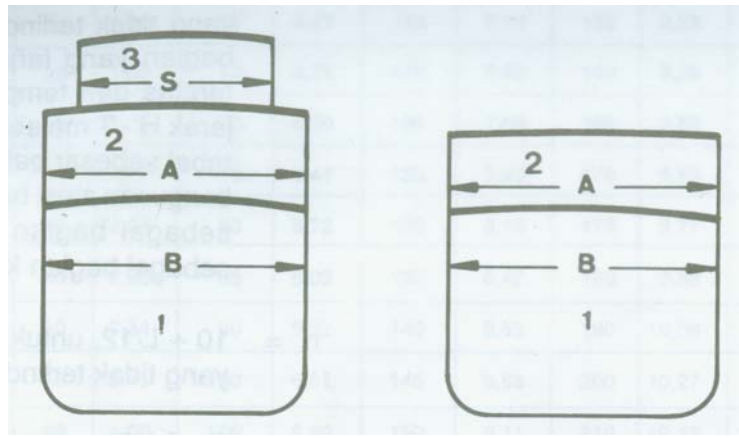


Gambar 13.1 Letak Kimbul, Anjungan, dan Akil pada kapal

Disebut bangunan atas yang tidak efektif, jika terletak di luar $0,4 L$ bagian tengah kapal atau mempunyai panjang kurang dari $0,15 L$ atau kurang dari 12 m.

Persyaratan lain dari bangunan atas adalah bangunan tersebut harus mempunyai lebar, selebar kapal setempat. Selain bangunan atas, kapal mempunyai bangunan lain yang disebut rumah geladak. Disebut rumah geladak karena bangunan ini terletak di luar $0,4 L$ bagian tengah kapal atau mempunyai panjang lebih kecil dari $0,2 L$ atau 15 m dan sisi-sisinya tidak selebar kapal. Bangunan ini diletakkan paling sedikit 1,6 kali jarak normal gading-gading (a_0).

Bangunan atas yang terletak di bagian haluan kapal dinamakan akil, di bagian tengah disebut anjungan, dan di belakang disebut kimbul. Prosentase penambahan penguat pada bangunan atas dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 13.2 Penampang Bangunan Atas, Rumah Geladak dari Depan atau Belakang kapal.

Keterangan Gambar :

- B = Lebar kapal
- A = Lebar bangunan atas
- S = Lebar rumah geladak
- 1 = Badan kapal
- 2 = Bangunan kapal
- 3 = Rumah geladak

Tabel 1

Jenis Bangunan	Lokasi Sekat Ujung	Penguatan dalam %	
		Geladak Kekuatan dan Pelat Lajur Atas	Pelat sisi Bangunan Atas
Efektif	Dalam batas 0,4 L bagian tengah kapal	50	25
	Antara 0,4 s/d 0,5 L bagian tengah kapal	30	20
Tidak efektif	Dalam batas 0,4 L bagian tengah kapal	25	10
	Antara 0,4 L dan 0,5 L bagian tengah kapal	20	10

Pada ujung-ujung bangunan atas, tebal pelat lajur atas, geladak kekuatan selebar 0,1 B dari pelat kulit dan pelat sisi bangunan atas harus

dipertebal. Sesuai dengan perincian menurut tabel di atas, penebalan ini meliputi empat kali jarak gading (a_0) ke depan dan ke belakang dari sekat ujung bangunan atas di daerah 0,5 L tengah kapal. Bila terletak di luar 0,5 L tengah kapal, tidak diperlukan adanya penguatan.

Jika di atas geladak kekuatan ada bangunan atas yang tidak efektif dan di atasnya lagi ditambah bangunan atas, tebal pelat geladak yang paling bawah dapat dikurangi 10%.

Jika geladak dilapisi kayu, tebal pelat dapat dikurangi sampai 1 mm, tetapi tidak boleh kurang dari 5 mm.

Penentuan ukuran seperti tebal pelat, penegar, dan lain-lainnya ditentukan oleh besarnya beban perencanaan P_A . Untuk menentukan beban perencanaan P_A ini, adalah sebagai berikut.

$$P_A = n c (b f - z) \text{ (kN/m}^2\text{)}.$$

Di mana :

- n = 20 + L/12, untuk bagian terbawah dari dinding depan yang tidak terlindungi. Bagian terbawah biasanya bagian yang langsung di atas geladak menerus teratas dari tempat tinggi H diukur. Namun, jika jarak H-T melebihi lambung timbul pokok menurut tabel sebesar paling kurang satu kali tinggi standar bangunan atas, bagian terbawah ini dapat ditentukan sebagai bagian kedua, dan bagian di atasnya sebagai bagian ketiga.
- n = 10 + L/12, untuk bagian kedua dari dinding depan yang tidak terlindungi.
- n = 5 + L/15, untuk bagian ketiga dan bagian-bagian di atasnya dari dinding depan yang tidak terlindungi dinding sisi dan dinding depan yang terlindung.
- n = 7 + L/100 – 8 x/L, untuk dinding belakang di belakang pertengahan kapal.
- n = 5 + L/100 – 4 x/L, untuk dinding belakang di depan pertengahan kapal.
- n = Tidak perlu diambil > 300 m.
- b = $1.0 + (x/L - 0,45)^2$, untuk x/L 0,45
- b = $1.0 + 1,5 (x/L - 0,45)^2$, untuk x/L 0,45
0,60 Cb 0,80, bila menentukan ukuran-ukuran dari ujung belakang di depan bagian tengah kapal tidak perlu diambil lebih kecil dari 0,8.
- x = Jarak (m) antara sekat yang ditinjau dan garis tegak belakang AP. Jika untuk menentukan dinding rumah geladak, rumah geladak harus dibagi ke dalam bagian-bagian dari panjang yang hampir sama dan masing-masing tidak melebihi 0,15 L dan x harus diambil sama dengan jarak antara garis tegak buritan dan pertengahan tiap bagian yang ditinjau.
- f = $0,1 \cdot e^{-L/300} - [1 - ((L/300)^2)]$ untuk L < 150

$f = 0,1 \cdot L \cdot e^{-L/300}$, untuk $L \leq 30$ m.
 $f = 11,04$ untuk $L > 300$ m. Faktor f diperoleh dari faktor f , dapat juga diperoleh dari Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2

L	f	L	f	L	f	L	f	L	f
20	0,89	65	4,42	110	7,16	155	9,25	220	10,57
25	1,33	70	4,76	115	7,43	160	9,39	230	10,68
30	1,75	70	5,09	120	7,68	165	9,52	240	10,78
35	2,17	75	5,41	125	7,93	170	9,65	250	10,86
40	2,57	80	5,72	130	8,18	175	9,77	260	10,93
45	2,96	85	6,03	135	8,42	180	9,88	270	10,98
50	3,34	90	6,32	140	8,62	190	10,09	280	11,01
55	3,71	100	6,61	145	8,88	200	10,27	290	11,02
60	4,07	105	6,89	150	9,11	210	10,43	300	11,03

y = Jarak tegak dari garis air musim panas ke titik tengah bentangan penegar atau ke pertengahan bentangan pelat (m).
 $c = (0,2 + 0,7 b'/B')$
 b' = Lebar rumah geladak pada posisi yang ditinjau.
 b'/B' = Tidak boleh diambil lebih kecil dari 0,25
 c = Tidak boleh kurang dari 1,0 untuk bagian terbuka selubung kamar mesin.
 P_A = Beban yang direncanakan tidak boleh diambil lebih kecil dari harga-harga minimum yang diberikan oleh Tabel 3.

Tabel 3

L	P_A minimum (ton/m ²) untuk :	
	Lapisan Terbawah dari Dinding Depan yang Tak terlindung	Di tempat lain
50	3,0	1,5
50 < 250	$2,5 + L/1000$	$1,25 + L/200$
250	5,0	2,5

a = Jarak antar penegar (m)
 l = Jarak yang tidak ditumpu (m). l diambil sama dengan tinggi bangunan atas atau tinggi rumah geladak namun tidak boleh kurang dari 2 m.

Untuk menentukan ukuran penegar-penegar sekat ujung bangunan atas dan rumah geladak adalah dengan menggunakan modulus penampang penegar yang sesuai rumus berikut ini :

$$W = 3,5 a l^2 P_A \text{ (cm}^3\text{)}$$

⚠ Persyaratan ini dengan anggapan bilah penegar bagian paling bawah disambung dengan sistem las terhadap geladak.

- ✚ Modulus penampang penegar-penegar samping rumah geladak tidak perlu lebih besar dari gading-gading sisi yang terletak langsung di bawahnya, asalkan jarak a dan panjang l sama.

Untuk menentukan tebal pelat sekat ujung bangunan atas dan dinding rumah geladak, ditentukan menurut rumus sebagai berikut :

$$t = 0,95 a P_A + t_K \text{ (mm)},$$

di mana :

$$\begin{aligned} t_{\text{minimum}} &= 5,0 + L/100, \text{ untuk bagian terbawah} \\ t &= 4,0 + L/400, \text{ untuk bagian atas, tetapi tidak} \\ &\text{boleh kurang dari 5,0 mm.} \\ L &= \text{Panjang kapal dan tidak perlu dimabil lebih} \\ &\text{besar dari 300 m.} \end{aligned}$$

Adapun tebal pelat sisi bangunan atas yang tidak efektif, sesuai dengan BKI tidak boleh kurang dari harga terbesar menurut kedua rumus berikut :

$$\begin{aligned} t &= 1,26 a P_s + t_K \text{ (mm)} \\ t &= 0,82 t_2 \text{ (mm)} \\ t &= 0,8 t \end{aligned}$$

di mana :

$$\begin{aligned} P_s &= \text{Besar beban pada sisi bangunan atas (kN/m}^2\text{) dan} \\ &\text{diukur mulai dari ujung bawah pelat.} \\ t_2 &= \text{Tebal pelat alas di luar 0,4 L tengah kapal.} \\ t_2 &= (1,5 - 0,01 L) L_k \text{ (mm) untuk } L > 50 \text{ m.} \\ t_2 &= L.k \text{ untuk } L \leq 50 \text{ m } t_{2 \text{ max}} = 16,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tebal pelat sisi bangunan atas yang tidak efektif ditentukan sama dengan perhitungan untuk tebal pelat geladak kedua, yaitu tebal pelat tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} t &= 1,26 a P_L/K + t_K \text{ (mm).} \\ t_{\text{min}} &= (5,5 + 0,02 L) K \text{ (mm).} \end{aligned}$$

di mana :

$$\begin{aligned} P_L &= \text{Beban pada geladak muatan (kN/m}^2\text{).} \\ a &= \text{Jarak antara balok geladak (m).} \end{aligned}$$

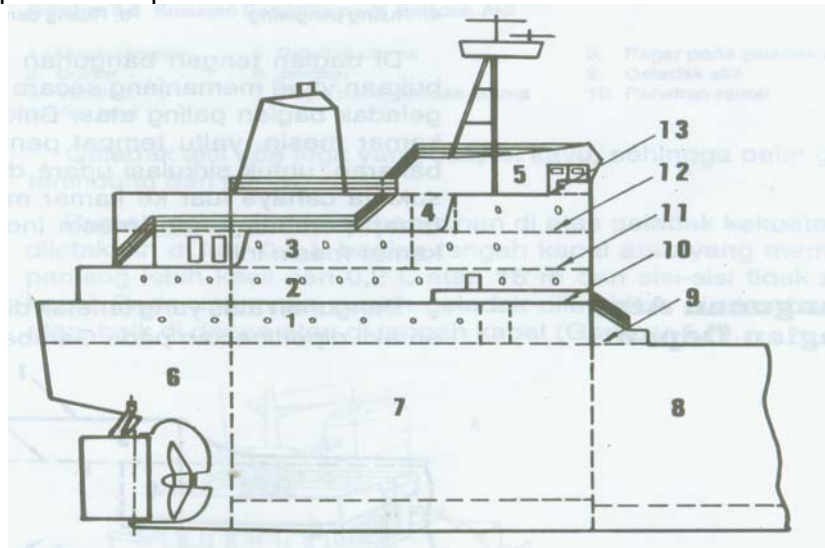
Tebal pelat geladak bangunan atas dapat dikurangi 10%, jika di atas bangunan atas yang tidak efektif dan terletak di atas geladak kekuatan ditambahkan bangunan atas lagi.

Balok geladak bangunan menurut BKI ditentukan berdasarkan perhitungan modulus penampang pada balok geladak yang telah dijelaskan pada Bab II C.

A. Bangunan Atas Bagian Belakang

Bangunan atas bagian belakang yang ada di kapal disebut kimbul. Lebar kimbul biasanya selebar kapal dan terletak pada geladak kekuatan

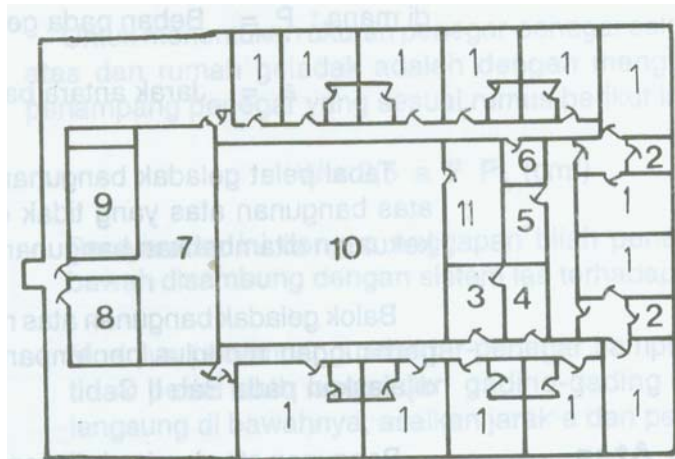
bagian belakang atau buritan kapal. Peletakan dan bagian-bagian kimbul diperlihatkan pada Gambar 13.3 di bawah ini.



Gambar 13.3 Bangunan Atas Bagian Belakang

1. Bangunan atas belakang
2. Bangunan atas
3. Bangunan atas
4. Rumah geladak
5. rumah geladak
6. Ceruk buritan
7. Kamar mesin
8. Ruang muat
9. Geladak utama
10. Geladak kimbul
11. Geladak jembatan
12. Geladak
13. Geladak navigasi

Pembagian ruang-ruang tersebut pada Gambar 13.4 adalah sebagian sketsa ruang akomodasi dan ruang navigasi pada bagian buritan kapal. Ruang akomodasi tersebut masih dibagi-bagi lagi sesuai dengan kebutuhan pelayaran. Misalnya, ruang peta, ruang radio, ruang kemudi, klinik, dan gudang makanan.



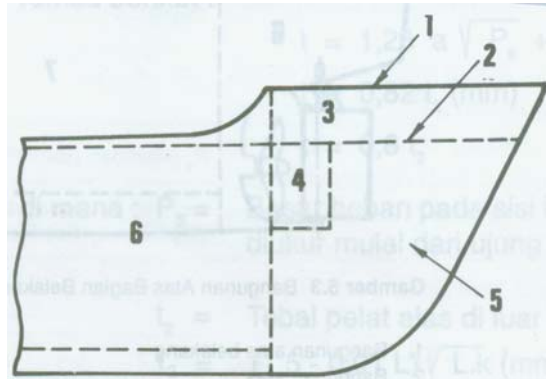
Gambar 13.4 Pembagian Ruang Akomodasi untuk Awak Kapal

1. Ruang tidur awak kapal
2. Toilet
3. Tempat cuci
4. Ruang pengering
5. Ruang tangga
6. Ruang lemari
7. Ruang ventilasi
8. Ruang darurat
9. Tangki air
10. Selubung kamar mesin
11. Ruang kontrol mesin

Di bagian tengah bangunan atas dan rumah geladak terdapat bukaan yang memanjang secara tegak dari kamar mesin sampai ke geladak bagian paling atas. Bukaan tersebut dinamakan selubung kamar mesin, yaitu tempat penyaluran pipa-pipa gas hasil pembakaran, untuk sirkulasi udara di kamar mesin maupun untuk masuknya cahaya luar ke kamar mesin. Sewaktu kapal masih dalam tahap pembangunan, mesin induk dimasukkan melalui selubung kamar mesin ini.

B. Bangunan Atas Bagian Depan

Bangunan atas yang terletak di bagian depan disebut akil. Peletakan akil diperlihatkan pada Gambar 13.5.

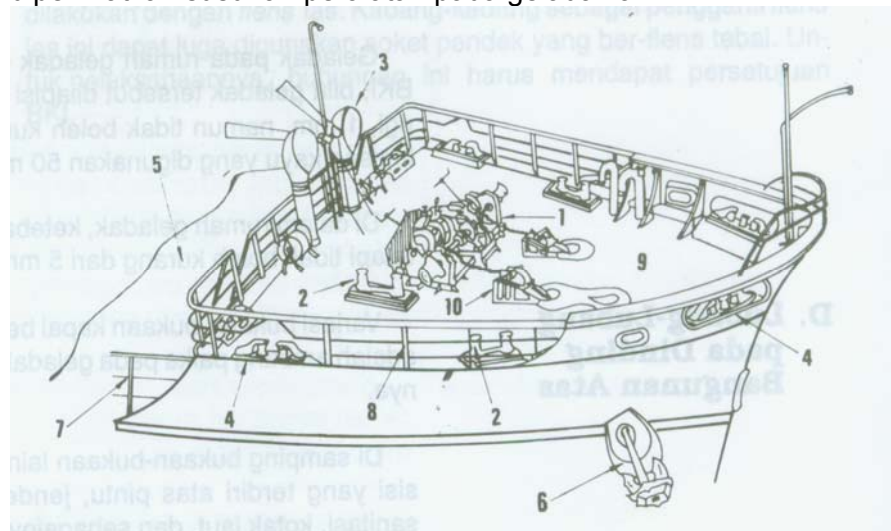


Gambar 13.5 Bangunan Atas Bagian Depan

1. Geladak akil
2. Geladak utama
3. Akil
4. Bak rantai
5. Ceruk haluan
6. Ruang muat

Akil juga merupakan penerusan ke atas dari pelat kulit pada bagian depan kapal. Dengan adanya bangunan atas tersebut akan mengurangi masuknya air laut pada saat kapal bergerak maju.

Ruangan pada akil digunakan untuk pergudangan, terutama untuk fasilitas peralatan pelayaran seperti tali-temali. Pada Gambar 13.6 di bawah ini diperlihatkan susunan peralatan pada geladak akil.



Gambar 13.6 Susunan Peralatan pada Geladak Akil

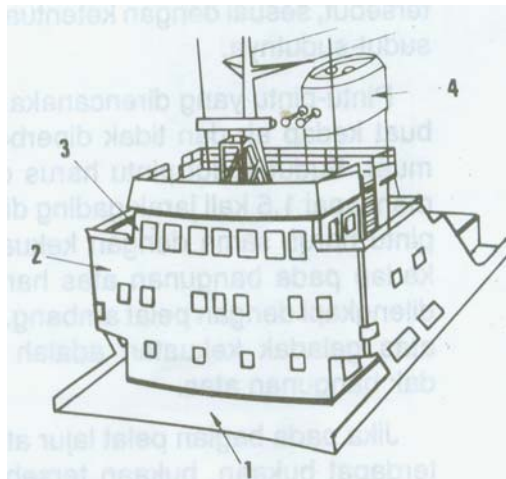
1. Mesin jangkar
2. Bolder

3. Ventilasi
4. Fair lead
5. Geladak utama
6. Jangkar
7. Pagar pada geladak utama
8. Pagar pada geladak akil
9. Geladak akil
10. Penahan rantai

Geladak akil ada juga yang dilapisi kayu, sehingga pelat geladak terlindung dari cuaca.

C. Rumah Geladak

Rumah geladak adalah bangunan di atas geladak kekuatan yang diletakkan di luar 0,4 L bagian tengah kapal atau yang mempunyai panjang lebih kecil dari 0,2 L atau 15 m dan sisi-sisi tidak selebar kapal. Pada umumnya rumah geladak diletakkan di atas bangunan atas, baik di depan atau di tengah kapal (Gambar 13.7).



Gambar 13.7 Susunan Rumah Geladak

1. geladak utama
2. Rumah geladak
3. Ruang kemudi
4. Cerobong asap

Rumah geladak yang teratas dipakai untuk ruangan kemudi, ruang peta, dan ruang komunikasi radio. Selama pelayaran, kapal dikendalikan dari ruangan ini. Di atas geladak kembang diletakkan rumah geladak yang sesuai dengan kebutuhan.

Tebal pelat geladak terbuka di rumah geladak boleh 0,5 mm lebih kecil dari persyaratan untuk geladak kembang.

Geladak pada rumah geladak dapat pula dilapisi kayu. Menurut BKI, bila geladak tersebut dilapisi kayu, tebal geladak dapat dikurangi, 1 mm, namun

tidak boleh kurang dari 5 mm, sedangkan tebal lapisan kayu yang digunakan 50 mm – 60 mm. Di dalam rumah geladak, ketebalan geladak boleh dikurangi 20%, tetapi tidak boleh kurang dari 5 mm.

D. Lubang-Lubang pada Dinding Bangunan Atas

Variasi bukaan-bukaan kapal bermacam-macam. Yang terpenting adalah ambang palka pada geladak yang tengah dibicarakan sebelumnya.

Di samping bukaan-bukaan lainnya, ada pula bukaan pada pelat sisi yang terdiri atas pintu, jendela, lubang-lubang pembuangan sanitasi, kotak laut, dan sebagainya.

Bukaan-bukaan tersebut merupakan bukaan yang sangat penting dan mempunyai persyaratan khusus, baik dari segi kedekatan terhadap air maupun segi kekuatan kapal.

Ukuran bukaan pada pelat sisi harus menurut ketentuan berikut. Jika panjang kapal sampai 70 m, bukaan yang diperbolehkan lebih besar dari 500 mm. Untuk kapal dengan panjang lebih besar dari 70 m, bukaan yang diperbolehkan lebih besar dari 700 mm. Dan, lubang-lubang ini harus dilapisi oleh kerangka dan penebalan pelat atau pelat rangkap. Untuk penebalan pelat, tebal pelat yang digunakan sama dengan 1,6 kali tebal pelat sekelilingnya. Untuk pelat rangkap, tebal pelat sama dengan tebal pelat yang digunakan. Bukaan-bukaan tersebut, sesuai dengan ketentuan BKI, harus dibulatkan pada bagian sudut-sudutnya.

Pintu-pintu yang direncanakan terletak pada pelat kulit, harus di buat kedap air dan tidak diperbolehkan terletak di bawah garis air muat. Sudut-sudut pintu harus diberi pelat yang dipertebal hingga mencapai 1,5 kali jarak gading di luar pintu. Demikian pula kekuatan pintu harus sama dengan kekuatan pelat kulit. Adapun pintu-pintu kedap pada bangunan atas harus dapat dibuka kearah luar dan dilengkapi dengan pelat ambang. Persyaratan tinggi pelat ambang di atas geladak kekuatan adalah 600 mm dan 380 mm di atas geladak bangunan atas.

Jika pada bagian pelat lajur atas pada daerah 0,4 L tengah kapal terdapat bukaan, bukaan tersebut dipasang pelat yang dipertebal sebagai pengganti penampang yang terbuang.

Lubang jangkar di bagian haluan kapal biasanya dibuat penembusan ke geladak dengan pipa dalam posisi miring. Ikatan antara ujung pipa dengan pelat kulit dilas secara khusus dan pelat kulit tersebut harus diperkuat.

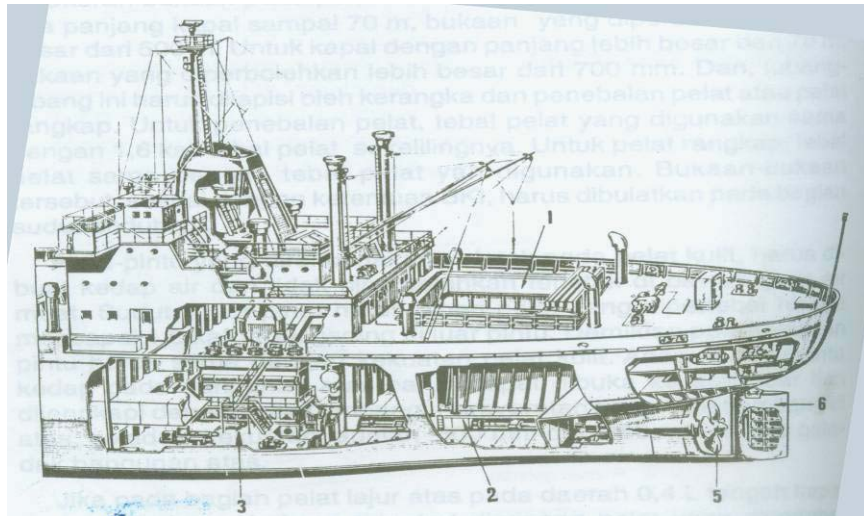
Untuk lubang-lubang kecil pada pelat kulit, seperti lubang-lubang pembuangan dan perlengkapannya, pemasangan pipa pembuangan dilakukan dengan flens las. Kadang-kadang sebagai pengganti flens las ini dapat juga digunakan soket pendek yang ber-flens tebal. Untuk pelaksanaanya, hubungan ini harus mendapat persetujuan BKI.

BAB XIV KONSTRUKSI KAMAR MESIN

Kamar mesin adalah kompartemen yang sangat penting pada sebuah kapal. Di tempat inilah terdapat mesin penggerak kapal yang biasanya dinamakan mesin induk atau mesin utama. Di kamar mesin pula terletak sumber tenaga untuk membangkitkan listrik yang berupa generator listrik, pompa-pompa, dan bermacam-macam peralatan kerja yang menunjang pengoperasian kapal.

Konstruksi kamar mesin dibuat khusus karena adanya beban-beban tambahan yang bersifat tetap, seperti berputarnya mesin utama dan mesin lainnya.

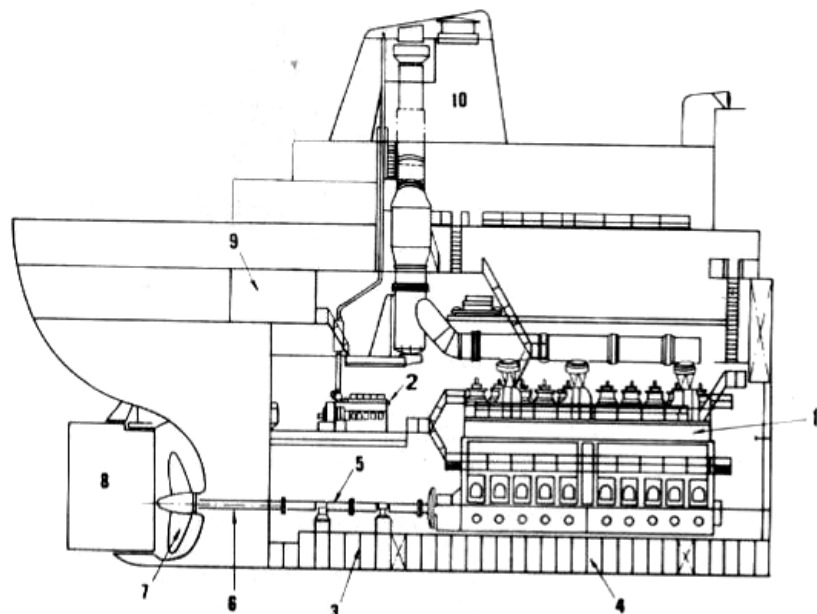
Situasi umum di dalam kamar mesin dapat dilihat pada Gambar 14.1. Pada Gambar ini dapat dilihat mesin utama menggerakkan baling-baling tunggal.



Gambar 14.1 Kamar Mesin yang Tidak Terletak di Belakang

- | | |
|---------------------|------------------|
| 1. Ambang palka | 4. Cerobong |
| 2. Terowongan poros | 5. Baling-baling |
| 3. Ruang mesin | 6. Kemudi |

Untuk poros antara yang melalui ruang muat, dibuat terowongan poros baling-baling di bagian bawah ruang muat. Selain itu ada lagi tipe kapal yang mempunyai kamar mesin langsung di belakang, maksudnya tanpa ruang palka di antara kamar mesin dengan ceruk buritan. Kamar mesin di tengah jarang sekali digunakan. Untuk kamar mesin di belakang dapat dilihat pada Gambar 14.2.



Gambar 14.2 Konstruksi Kamar Mesin di Belakang

1. Mesin utama
2. Generator
3. Wrang kamar mesin
4. Tangki pelumas cadangan
5. Poros antara
6. Poros baling-baling
7. Baling-baling
8. Kemudi
9. Tangki air tawar
10. Cerobong asap

Kamar mesin pada kapal-kapal besar biasanya lebih dari dua lantai. Pada lantai pertama atau lantai alas dalam terletak mesin utama dan pada lantai kedua terletak generator pembangkit tenaga listrik.

Jumlah generator lebih dari satu, dan umumnya dua atau tiga. Hal tersebut dimaksudkan sebagai cadangan, jika salah satu generatornya rusak atau sedang dalam perbaikan.

Pada Gambar 14.3 diperlihatkan pandangan atas dari sebuah kamar mesin. Di sini dapat dilihat bahwa mesin utama terletak tepat pada bidang simetri kapal dan tiga buah generator listrik terletak pada lantai yang sama.

1. Mesin utama
2. Generator pembangkit tenaga listrik / mesin bantu
3. Pompa-pompa

Gambar pandangan atas kamar mesin dibuat berdasarkan pandangan atas dari lantai kamar mesin dan dinamakan gambar rencana tata letak kamar mesin.

Gambar-gambar lain yang lebih detail dari kamar mesin berpedoman pada gambar rencana tata letak kamar mesin, misalnya gambar fondasi mesin pompa-pompa, botol angin, keran-keran, dan sistem pipa pada kamar mesin.

A. Wrang pada Kamar Mesin

Wrang pada kamar mesin pada umumnya dipasang secara melintang. Ada kalanya di kamar mesin dipakai konstruksi dasar ganda. Hal tersebut mengingat ruang-ruang yang tersedia di antara wrang dapat dimanfaatkan sebagai tangki-tangki, seperti tangki bahan bakar dan minyak pelumas. Tetapi, dalam hal ini tidak berarti konstruksi alas tunggal sama sekali tidak dipakai.

Di antara penumpu bujur fondasi mesin, modulus penampang Wrang alas boleh diperkecil sampai 40%.

Tinggi pelat bilah wrang alas di sekitar fondasi mesin sedapat mungkin diperbesar, artinya tidak terlalu kecil jika dibandingkan dengan tinggi wrang.

Tinggi wrang alas yang disambung ke gading-gading sarang harus dibuat sama dengan tinggi penumpu bujur fondasi.

Tebal pelat tegak wrang alas tidak boleh kurang dari :

$$t = h/100 + 4 \text{ (mm)}$$

di mana :

$$\begin{aligned} h &= 55 B - 45 \text{ (mm).} \\ B &= \text{Lebar kapal (m).} \\ h_{\text{minimum}} &= 180 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Pada dasar ganda, lubang-lubang peringan di sekitar fondasi mesin dibuat sekecil mungkin. Bila lubang peringan ini berfungsi pula sebagai jalan masuk orang, harus diperhitungkan dengan besar badan orang rata-rata. Tepi lubang peringan sebaiknya diberi pelat hadap atau bidang pelatnya diperlebar dengan penguat - penguat, bila tinggi lubang peringan lebih besar dari $\frac{1}{2}$ kali tinggi wrang. Dasar ganda dalam kamar mesin harus dipasang wrang alas penuh pada setiap gading-gading.

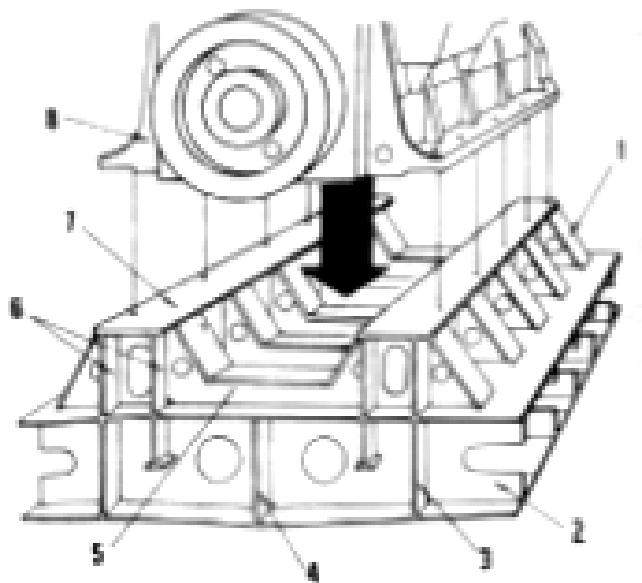
Tebal wrang di kamar mesin diperkuat sebesar $(3,6 + N/500)\%$ dari wrang di ruang muat. minimal 5% maksimal 15% dan N adalah daya mesin (kW). Penumpu samping yang membujur di bawah pelat hadap fondasi yang dimasukkan kedalam alas dalam harus setebal penumpu bujur fondasi di atas alas dalam. Hal ini sesuai dengan Gambar 6.4 dan perhitungan fondasi. Di dalam dasar ganda di bawah penumpu bujur fondasi, dipasang penumpu

samping setebal wrang alas yang diperkuat setinggi alas ganda sesuai dengan perhitungan tebal pelat tegak wrang alas. Jika pada setiap sisi mesin ada dua penumpu bujur fondasi untuk mesin sampai 3.000 kW, salah satu penumpu samping boleh dibuat setengah tinggi bawah alas dalam.

Penumpu samping yang menjadi satu dengan penumpu bujur fondasi, pemasangannya harus diperpanjang dua sampai empat kali jarak gading melewati sekat ujung kamar mesin. Perpanjangan dua sampai empat kali tersebut dihubungkan dengan sistem konstruksi alas dari ruang yang berhubungan. Di antara dua penumpu bujur fondasi, alas dalam harus dipertebal 3 mm dari yang direncanakan. Ketebalan ini diteruskan tiga sampai lima kali jarak gading dari ujung-ujung fondasi mesin.

B. Fondasi Kamar Mesin

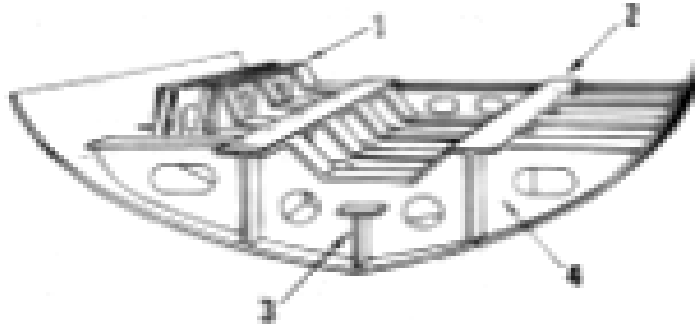
Fondasi kamar mesin merupakan suatu sarana pengikat agar mesin tersebut tetap tegak dan tegar pada posisi yang telah ditetapkan atau supaya mesin menjadi satu kesatuan dengan kapalnya sendiri. Pemasangan fondasi mesin dibuat sedemikian rupa sehingga kelurusan sumbu poros mesin dengan poros baling-baling tetap terjamin. Hubungan antara mesin utama, fondasi mesin, dan wrang dapat dilihat pada Gambar 14. dan Gambar 14.5



Gambar 14.4 Fondasi Mesin untuk kamar Mesin dengan Dasar Ganda

1. Penguat
2. Wrang alas
3. Penumpu samping
4. Penumpu tengah

5. Pelintang fondasi
6. Penumpu bujur fondasi
7. Pelat hadap fondasi
8. Mesin utama



Gambar 14.5 Fondasi Mesin untuk Kamar Mesin dengan Alas Tunggal

1. Fondasi mesin Bantu
2. Fondasi mesin utama
3. Penumpu tengah
4. Wrang

Kekakuan fondasi mesin dan konstruksi dasar ganda di bawahnya harus mencukupi persyaratan. Hal ini dimaksudkan agar deformasi konstruksi masih dalam batas-batas yang diizinkan. Mulai dari tahap perencanaan dan pembuatan fondasi mesin harus dipikirkan penyaluran gaya-gayanya, baik kearah melintang maupun ke arah membujur kapal.

Ketebalan pelat penumpu bujur fondasi tidak boleh kurang dari :

$$t = N/15 + 6 \text{ (mm), untuk } N < 1.500 \text{ kW.}$$

$$t = N/750 + 14 \text{ (mm), untuk } 1.500 \text{ kW} < N < 7.500 \text{ kW.}$$

$$t = N/1.875 + 20 \text{ (mm), untuk } N > 7.500 \text{ kW.}$$

Di mana :

$$N = \text{Kapal dengan mesin utama tunggal (kW).}$$

Jika pada setiap sisi motor dipasang dua penumpu bujur, tebal penumpu bujur tersebut dapat dikurangi 4 mm.

Tebal dan lebar pelat hadap fondasi mesin harus disesuaikan dengan tinggi fondasi dan tipe mesin yang dipakai, sehingga pengikatan dan kedudukan mesin dapat dijamin sempurna.

Tebal pelat hadap paling sedikit harus sama dengan diameter baut pas, penampang pelat hadap tidak boleh kurang dari :

$$F_1 = N/15 + (30 \text{ cm}^2), \text{ untuk } N < 750 \text{ kW.}$$

$$F_1 = N/75 + 70 \text{ (cm}^2) \text{ } N > 750 \text{ kW.}$$

Penumpu bujur fondasi mesin harus ditumpu oleh wrang. Untuk pengikatan dengan las, pelat hadap dihubungkan dengan penumpu bujur dan

penumpu lintang dengan kampuh K. Hal tersebut jika penumpu bujur lebih besar dari 15 mm.

C. Gading dan Senta di Kamar Mesin

Perencanaan dan pemasangan gading-gading di kamar mesin pada pokoknya sama dengan pemasangan pada bagian-bagian kapal lainnya. Jadi, untuk perhitungan gading-gading di kamar mesin masih menggunakan peraturan untuk gading-gading di ruang muat. Oleh karena kamar mesin merupakan tempat khusus yang mendapat beban tambahan, antara lain bangunan atas atau rumah konstruksi khusus yang dapat menyalurkan beban-beban tersebut. Konstruksi tersebut berupa perbanyakannya gading-gading besar atau sarang dan senta lambung.

Gading-gading besar dipasang di kamar mesin dan ruang ketel, bila ada ruang ketel. Adapun pemasangannya ke atas sampai ke geladak menerus teratas. Jika tinggi sisi 4 m, jarak rata-rata gading besar adalah 3,5 m dan jika tinggi sisi 14 m, jarak rata-rata gading besar adalah 4,5 m.

Gading-gading besar dipasang pada ujung depan dan ujung belakang mesin motor bakar, jika motor bakar mempunyai daya mesin sampai kira-kira 400 kW. Dan jika motor bakar berdaya kuda antara 400 – 1.500 kW, dipasang sebuah gading besar tambahan pada pertengahan panjang motor. Untuk tenaga yang lebih besar lagi dayanya, minimal ditambah 2 buah gading besar lagi.

Jika motor bakar dipasang di buritan kapal, harus dipasang senta di dalam kamar mesin, sejarak 2,6 m. Letak senta diusahakan segaris dengan senta di dalam ceruk buritan, jika ada, atau gading-gading besar tersebut harus diperkuat. Jika tinggi sampai geladak yang terendah kurang dari 4 m, minimum dipasang sebuah senta. Ukuran senta tersebut sama dengan ukuran gading besar.

Untuk menentukan modulus penampang gading-gading besar, ukuran penampangnya tidak boleh kurang dari :

$$W = K 0,8 e l P_s (\text{cm}^3),$$

Di mana :

e = Jarak antara gading besar (m).

l = Panjang yang tidak ditumpu (m).

P_s = beban pada sisi kapal (kN/m^2).

Momen kelembaman atau momen inersia gading-gading besar tidak boleh kurang dari :

$$J = H (4,5 H - 3,75) c 10^2 (\text{cm}^4), \text{ untuk } 3 \text{ m } H \leq 10 \text{ m.}$$

$$J = H (7,25 H - 31) c 10^2 (\text{cm}^4), \text{ untuk } H > 10 \text{ m.}$$

$$c = 1 + (H_u - 4) 0,07$$

di mana :

H_u = Tinggi sampai geladak terbawah (m)

Adapun Pelat bila Gading - Gading besar dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$h = 50 H$ (mm), dengan h minimum = 250 mm.

$t = h$ (mm), dengan t minimum = 8,0 mm.

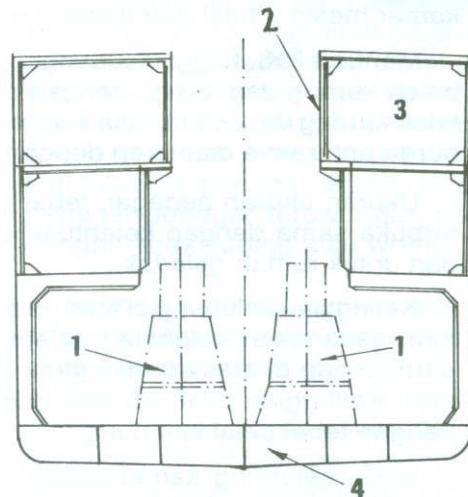
Kapal-kapal dengan tinggi kurang dari 3 m harus mempunyai gading-gading besar dengan ukuran tidak boleh kurang dari 250 kali 8 mm dan luas penampang pelat hadapnya minimum 12 cm².

D. Selubung Kamar Mesin

Dengan proses pembangunan kapal, sewaktu bangunan atas dan rumah geladak belum dipasang, mesin utama sudah harus dimasukkan.

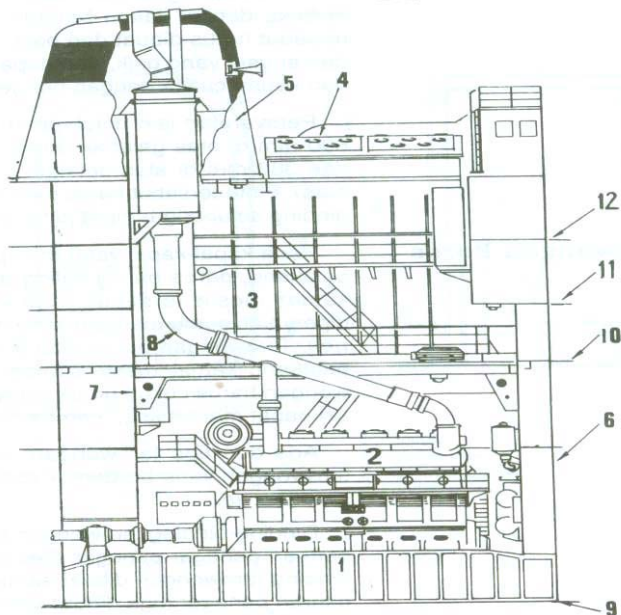
Untuk memasukkan mesin ke dalam kamar mesin, dibuat lubang khusus di atas kamar mesin yang berupa bukaan dan dinamakan selubung kamar mesin.

Bukaan di atas kamar mesin dan kamar ketel tidak boleh lebih besar dari kebutuhan yang ada. Dan, kebutuhan di sekitar selubung tersebut harus diperhatikan cukup tidaknya komponen konstruksi melintang yang dipasang. Pada ujung-ujung harus dibundarkan dan jika perlu diberi penguatan-penguatan khusus. Potongan melintang kamar mesin dengan selubung dapat dilihat pada Gambar 14.6.



Gambar 14.6 Potongan Melintang Kamar Mesin dengan Mesin Ganda

1. Mesin utama
2. Selubung kamar mesin
3. Bangunan atas
4. Alas ganda



Gambar 14.7 Pandangan Samping Seluruh Isi Kamar Mesin

1. Pondasi mesin
2. Mesin utama
3. Dinding selubung kamar mesin
4. Jendela atas
5. Cerobong asap
6. Sekat depan kamar mesin
7. Sekat belakang kamar mesin
8. Pipa gas buang
9. Pelat alas
10. Geladak utama
11. geladak kimbul
12. Geladak sekoci

Pada Gambar 14.7 dapat dilihat pandangan samping keseluruhan kamar mesin, mulai dari dasar ganda sampai ke cerobong asap.

Menurut BKI, tinggi selubung diatas geladak / tidak boleh kurang dari 1,8 m, dengan catatan L tidak melebihi 75 m dan tidak kurang dari 2,3 m. Jika L sama dengan 125 m atau lebih, harga-harga diantaranya diperoleh interpolasi. Ukuran-ukuran penegar, tebal pelat dan penutup selubung yang terbuka sama dengan untuk sekat ujung bangunan atas dan untuk rumah geladak. Ketinggian selubung di atas geladak bangunan atas sedikitnya 760 mm, sedangkan ketebalan pelatnya boleh 0,5 mm lebih tebal dan perhitungan di atas dengan

jarak penegar satu sama lain, yaitu 750 mm. Ketinggian bilah 75 mm dan ketebalan penegar harus sama dengan tebal pelat selubung.

Pada selubung kamar mesin dan ketel yang berada di bawah geladak lambung timbul atau di dalam bangunan atas tertutup, tebal pelatnya harus 5 mm. Jika terletak di dalam ruang muat, tebalnya 6,5 mm. Pemasangan pelat ambang tersebut harus diteruskan sampai ke pinggir bawah balok geladak.

Jika selubung kamar mesin diberi pintu, terutama di atas geladak terbuka dan di dalam bangunan atas yang terbuka, bahan pintu tersebut harus dibuat dari baja. Pintu tersebut harus diberi penguat dan engsel yang baik, dan dapat dibuka atau ditutup dari kedua sisi dan kedap cuaca dengan pengedap karet atau pasak putar.

Persyaratan lain untuk pintu ini mempunyai tinggi ambang pintu 600 mm di atas geladak posisi 1 (di atas geladak lambung timbul) dan 380 mm di atas geladak posisi 2 (di atas geladak bangunan atas). Pintu tersebut harus mempunyai kekuatan yang sama dengan dinding selubung tempat pintu dipasang.

E. Terowongan Poros

Pada kapal – kapal yang mempunyai kamar mesin tidak terletak di belakang, poros baling-baling akan melewati ruangan di belakang kamar mesin tersebut. Untuk melindungi poros baling - baling diperlukan suatu ruangan yang disebut Terowongan Poros (**Shaft Tunnel**). Terowongan poros dibuat kedap air dan membujur dari sekat belakang kamar mesin sampai sekat ceruk buritan. Ukuran terowongan harus cukup untuk dilewati orang. Hal ini supaya orang masih dapat memeriksa, memperbaiki, dan memeliharanya.

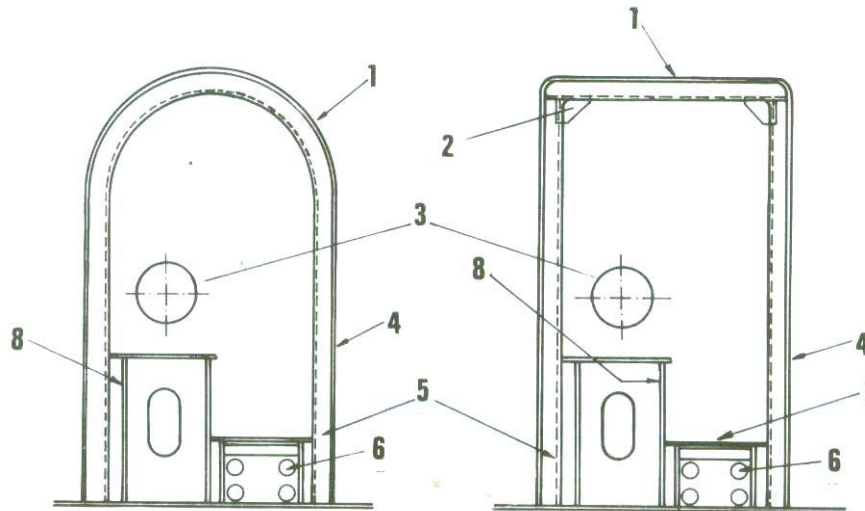
Ada dua tipe terowongan poros yang sering digunakan, yaitu terowongan yang berbentuk melengkung dan yang berbentuk datar sisi atasnya.

Dinding-dinding terowongan poros dibuat dari pelat dan diperkuat dengan penegar-penegar. Sesuai dengan ketentuan dari BKI, tebal dinding terowongan dibuat sama dengan tebal pelat kedap air dan ukuran penegar juga dibuat sama dengan penegar sekat kedap air. Apabila dinding terowongan digunakan sebagai tangki, ukuran pelat dan penegar harus memenuhi persyaratan untuk dinding tangki.

Tipe terowongan yang mempunyai atap melengkung mempunyai konstruksi yang lebih kuat dibandingkan dengan tipe terowongan datar, sehingga tebal pelat dapat dikurangi sampai 10% dari ketentuan. Penegar-penegar atap dibuat mengikuti kekelengkungan atap dan disambung lurus dengan penegar dinding terowongan. Pada tipe terowongan poros atap datar, penegar-penegar dinding terowongan dengan pelat lutut. Jarak penegar-penegar terowongan poros pada umumnya dibuat sama dengan jarak gading atau wrang.

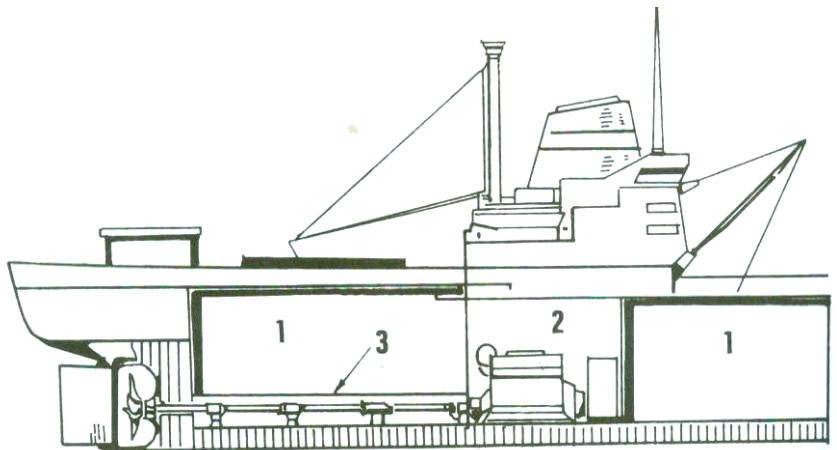
Pada bagian atas terowongan poros dapat pula dipasang papan-papan pelindung yang berguna untuk menahan kerusakan yang di akibatkan oleh muatan.

Terowongan poros dapat juga dimanfaatkan untuk penempatan instalasi pipa. Pipa-pipa tersebut diletakkan di bawah tempat untuk berjalan di dalam terowongan poros. Di terowongan ini terdapat pula pintu kedap air, yaitu untuk menghubungkan terowongan dengan kamar mesin. Pada Gambar 14.8 dan Gambar 14.9 memperlihatkan terowongan poros dan kapal dengan kamar mesin agak ke tengah.



Gambar 14.8 Terowongan Poros

1. Atap terowongan
2. Pelat lulut
3. Poros baling-baling
4. Dinding terowongan
5. Penegar
6. Instalasi pipa
7. Tempat untuk jalan
8. Fondasi poros



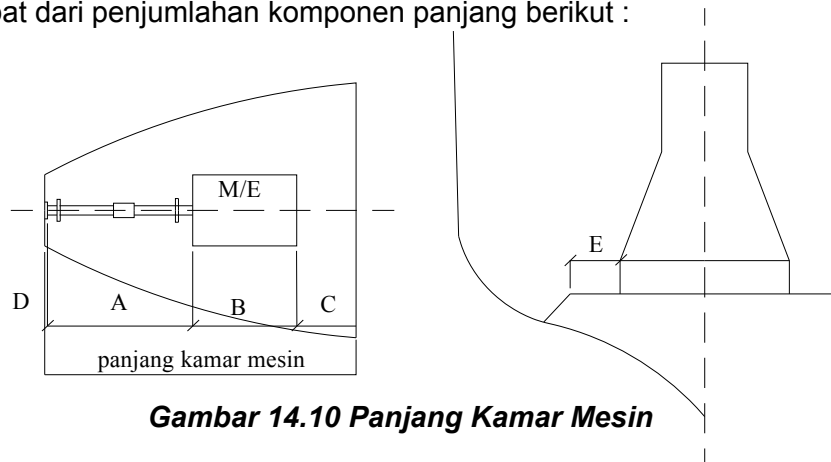
Gambar 14.9 Kapal dengan Kamar Mesin di Tengah

1. Ruang muat
2. Kamar mesin
3. Terowongan poros

F. UKURAN KAMAR MESIN

1. Panjang Kamar Mesin

Sebagai Dasar Pertimbangan Pemasangan Mesin Kapal Dan Perlengkapan Kapal Satu hal penting pada tahap awal perancangan adalah menentukan panjang kamar mesin, karena ukuran ini menentukan panjang kapal secara keseluruhan, yang selanjutnya juga mempengaruhi bentuk kapal, performance, struktur dan sebagainya. Diluar pertimbangan kemudahan akses dan perawatan, panjang kamar mesin sebaiknya sependek mungkin, karena makin panjang kamar mesin, makin besar berat konstruksi, dan makin kecil kapasitas / ruang muat. Panjang kamar mesin didapat dari penjumlahan komponen panjang berikut :



Gambar 14.10 Panjang Kamar Mesin

Dimana :

- A. Panjang poros antara (panjang poros propeller 500 – 1000 mm).
- B. Panjang overall mesin induk.
- C. Tempat outfitting di depan motor induk.
- D. Jarak sekat ceruk buritan sampai ujung flens poros propeller.

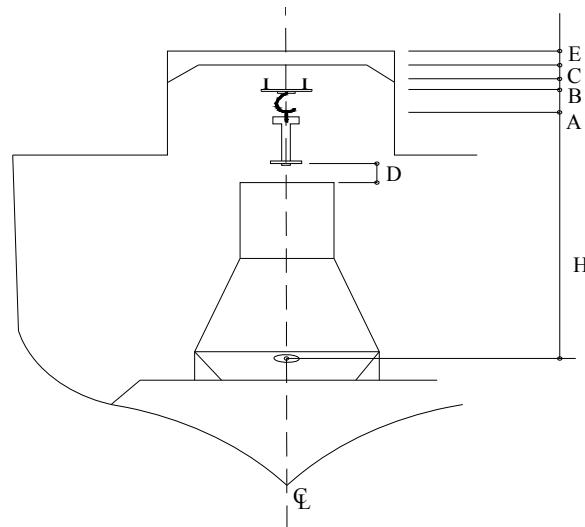
Semua komponen panjang ini bisa diperoleh dari data yang ada, kecuali “ C “. Panjang ini bervariasi sesuai tipe kapal seperti tanker, bulk carrier dll.

Umumnya, panjang “ C “ ini diperkirakan berdasarkan pengaturan dari tipe kapal pada tahap awal desain, selanjutnya ditentukan berdasarkan pertimbangan kemungkinan instalasi dan fitting dari peralatan Bantu dan perpipaan serta semua perlengkapan yang akan dipasang di situ. Untuk itu harus dibuat lebih dulu gambar kasar peletakan system pipanya.

Tempat yang diperlukan di ujung belakang mesin induk “ E “ harus cukup untuk lewat dan untuk meletakkan pipa dibawah pelat floor. Untuk mendapatkan tempat yang cukup pada keadaan tertentu letak mesin induk harus digeser dengan demikian panjang kamar mesin juga ikut berubah.

2. Tinggi Kamar Mesin.

Engine casing harus dibuat cukup tinggi untuk perawatan dan overhaul mesin induk secara periodik diadakan perawatan dan penggantian sehingga perlu untuk di keluarkan, untuk keperluan pengeluaran piston ini dibutuhkan ruang yang cukup atau tinggi engine casing harus cukup menunjang pekerjaan ini. Tinggi kamar mesin ditentukan oleh parameter seperti yang terlihat pada gambar berikut :



Gambar 14.11 Tinggi Kamar Mesin

Dimana :

- A. Tinggi angkat maksimum dari keran.
- B. Tinggi profil balok angkat.
- C. Tempat untuk perpipaan.
- D. Margin untuk tinggi angkat.
- E. Tinggi girder (beam).
- F. Tinggi overhaul mesin induk (untuk mengangkat piston).

G. LAYOUT KAMAR MESIN

Seperti yang telah disebutkan dimuka bahwa sangat penting membuat layout perencanaan awal untuk menentukan akibat dari pemilihan tenaga penggerak terhadap konfigurasi atau susunan ruang untuk permesinan. Di dalam buku peraturan Klasifikasi Indonesia Volume III untuk Machinery Construction bagian satu B tentang Documents for approval menyatakan :

1. Before the start of manufacture, drawings showing the general lay out of the machinery installation together with all drawing of parts subject to mandatory testing, to the extent specified in the following sections of Volume III, are each to be submitted in triplicate to the society.
2. The drawings must contain all the data necessary for checking the design, the loads and the stresses imposed. Where necessary, design calculations relating to components and descriptions of the plant are also to be supplied.

Untuk merencanakan kamar mesin seluruh kebutuhan system harus ditentukan secara detail. Di dalam pertimbangan perancangan kamar mesin bukan hanya Meminimumkan volume ruang mesin atau panjang kamar mesin namun harus di pertimbangkan pencapaian layout yang rational untuk mesin utama dan mesin bantu. Juga harus dipertimbangkan kemungkinan untuk pemasangan, pengoperasian, perawatan praktis, reparasi maupun penggantian.

1. PLATFORM

Di dalam merancang platform di dalam kamar mesin, beberapa pertimbangan perlu diambil yang antara lain adalah sebagai berikut :

- A. Luas platform diusahakan sekecil mungkin, sesuai dengan kebutuhan.
- B. Peralatan yang berat diusahakan tidak diletakkan di platform, agar konstruksi platform tidak menjadi terlalu berat dan titik berat kapal tidak bergeser keatas.
- C. Salah satu platform kamar mesin sebaiknya dibuat sama tinggi dengan platform tertinggi mesin induk untuk memudahkan perawatan dan overhaul mesin.

- D. Untuk platform yang lain harus dipertimbangkan tinggi untuk perpipaan dan pengkabelan, demikian juga kemungkinan overhaul permesinan yang besar seperti diesel generator dan sebagainya. Harus diperhatikan juga bahwa clearance (tinggi) minimum untuk lewat adalah sekitar 2 meter.

2. PEMASANGAN POSISI MESIN INDUK

Pada kapal dengan kamar mesin di belakang, posisi mesin induk harus diusahakan sejauh mungkin kebelakang untuk memperkecil panjang kamar mesin. Hal – hal yang harus diperhatikan untuk menetapkan posisi mesin induk adalah seperti berikut :

2.1. Tempat untuk intermediate shaft (poros antara).

Poros propeler harus dicabut dan diperiksa secara periodik, karena itu dibelakang mesin induk harus ada tempat yang cukup untuk mencabutnya. Jarak antara ujung belakang poros engkol mesin dan ujung depan tabung poros (stren tube) harus lebih panjang dari panjang poros propeler. Biasanya diberikan margin sebesar 500 – 1000 mm seperti telah disebutkan dimuka.

2.2 Tempat untuk lewat dan perpiaan.

Di sisi – sisi ujung belakang mesin induk harus ada tempat yang cukup untuk orang lewat maupun penempatan perpipaan di bawah floor.

2.3 Tempat untuk cadangan poros propeler.

Kalau kapal membawa cadangan poros propeler, tempatnya biasanya disisi poros antara ini harus dipastikan pada saat menetapkan posisi mesin induk. Untuk menggantung poros cadangan tersebut, ruang diatasnya sekitar 2 meter harus bebas agar dapat menempatkan takal pengangkat (chain block). Untuk prosedur pencabutan poros propeler dan pengikatan poros cadangan, dianjurkan untuk berkonsultasi dengan perencana system poros.

2.4 Tempat untuk pengencangan baut pengikat.

Disekitar baut pengikat dan baut pas mesin induk harus tersedia ruang bebas agar orang bisa mengencangkan dan memeriksa baut pengikat mesin induk dengan leluasa. Karena itu tempat diatas baut – baut tersebut juga harus bebas dari perpipaan. Biasanya sisi dalam dari blok “ B “ (side girder) dibawah floor juga harus bebas.

2.5 Tempat untuk membuka tutup poros engkol (deksel).

Kedua sisi mesin induk pada ketinggian floor harus bebas dari penempatan peralatan untuk memudahkan pembukaan deksel. Biasanya tempat sekitar 600 mm di sekeliling mesin induk pada ketinggian floor dianggap cukup sekaligus untuk jalan ABK.

2.6 Grating mesin induk.

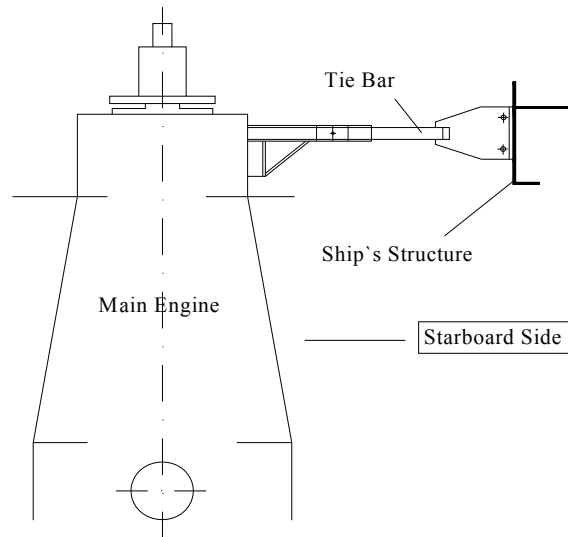
Untuk memudahkan perawatan dan pengawasan grating mesin induk tidak boleh dipotong. Kalau hal itu terpaksa dilakukan, misalnya untuk memudahkan pengangkatan peralatan dari floor ke atas, sebaiknya hal itu dikonsultasikan pihak produsen mesin.

Lebar Engine Casing sebaiknya cukup untuk memasukkan mesin induk lengkap dengan gratingnya.

2.7 Pengikatan bagian atas mesin induk.

Untuk tipe mesin tertentu seperti Mitsub & W I90GFCA dan L80GFCA, harus dibuat sejumlah alat pengikat. Untuk ini balok grating mesin dihubungkan dengan balok pengikat ke struktur kapal. Jumlah balok pengikat yang dibuat harus dengan persetujuan pihak produsen mesin.

Karena fungsi pengikat (top bracing) ini untuk menghilangkan getaran, maka struktur kapal tempat pengikat ini harus betul – betul rigid. Karena itu juga sebaiknya platform kapal dibuat pada ketinggian grating mesin induk. Dalam merancang peletakan tangga, perpipaan, ducting ventilasi dll. Harus diperhatikan adanya batang – batang pengikat ini.



Gambar 14.12 Pengikatan Bagian Atas Mesin Induk

2.8 Manifold gas buang.

Manifold gas buang mesin induk setelah turbocharger harus diikat pada struktur kapal dengan penyangga yang kuat. Penyangga ini harus begitu kuat sehingga mampu menahan getaran yang kuat serta tahan terhadap

ekspansi termal akibat temperatur gas buang yang tinggi. Struktur kapal tempat penyangga ini tentu saja harus sama kuat dengan penyangganya.

Untuk mengatasi tegangan akibat ekspansi termal, pada pipa gas buang harus dipasang beberapa expansion joint. Pada tahap awal perancangan, penempatan dan pengikatan pipa gas buang ini harus dirancang sebaik baiknya. Pengaturannya harus sedemikian sehingga kerugian tekanan bisa diperkecil dengan cara :

- Sedikit mungkin jumlah bengkokan.
- Radius belokan tidak lebih kecil dari diameter pipa.
- Total panjang pipa harus sependek mungkin.
- Sudut persilangan harus seruncing mungkin.

Kerugian tekanan yang di iijinkan untuk seluruh panjang pipa adalah 300 mm.

BAB XV INSTALASI PIPA DALAM KAPAL

A. Material instalasi pipa

Bagian yang diperlukan dalam instalasi system pipa, sambungan aliran, pengatur katup dan lain-lain

- ❖ Pipa adalah bagian utama dari suatu system yang menghubungkan titik dimana fluida disimpan ketitik pengeluaran.
- ❖ Sambungan adalah peralatan yang menghubungkan pipa satu ke pipa yang lain atau dari pipa kebadan kapal. Sambungan tersebut meliputi flens, sambungan T sambungan siku, sambungan melalui dinding kedap sambungan melalui dinding kedap, geladak dll
- ❖ Alat pemutus dan alat pengarah aliran (Valve) adalah peralatan yang berguna untuk memutuskan, menghubungkan, serta merubah arah kebagian yang lain dari system pipa dan juga untuk mengontrol aliran dan tekanan dari fluida.
- ❖ Pengatur katup (Valve gear) adalah peralatan untuk mengontrol katup pada system pipa baik dari tempat itu (local control) maupun dari tempat yang jauh (remote control).
- ❖ Peralatan lain, peralatan ini biasanya digunakan dalam system tertentu, antara lain adalah sebagai berikut :
 - Pipa khusus untuk pemasukan (pipe line)
 - Kotak Lumpur (mud boxes)
 - Saringan pemasukan
 - Separator (untuk memisahkan air laut dengan lumpur, pasir dan batu)
 - Steam trap (untuk menampung pengembunan uap air didalam system pipa)
 - Sprinklers (Sistem pemadam dengan menggunakan air bertekanan didalam pipa).

1. Jenis-jenis pipa

. Perencanaan Konstruksi, bila kita tinjau dari tujuan perencanaan dan konstruksinya pipa diatas kapal dibagi dua golongan.

Golongan 1

Mencakup semua pipa yang mengalirkan :

- a. Uap air dengan tekanan kerja diatas 150 psi atau temperatur kerja diatas 370°F.
- b. Air dengan tekanan kerja diatas 150 psi atau temperatur kerja diatas 200°F.
- c. Minyak dengan tekanan kerja diatas 150 psi atau temperatur kerja diatas 150°F.
- d. Gas dan cairan – cairan beracun pada semua tekanan dan temperatur.

Golongan 2

Mencakup semua pipa dengan tekanan kerja dan temperatur di bawah tekanan kerja dan temperatur yang dicantumkan dalam golongan 1.

2. Bahan – Bahan

Ditinjau dari bahannya, pipa – pipa yang digunakan untuk sistem dalam kapal dibedakan menjadi beberapa macam.

a. Pipa baja tanpa sambungan (Seamless drawn steel pipe)

Pipa jenis ini dapat dipergunakan untuk semua penggunaan, misalnya untuk pipa bertekanan pada sistem bahan bakar dan untuk pipa pengeluaran bahan bakar dari pompa injeksi bahan bakar dari motor pembakaran dalam.

b. Pipa baja dengan sambungan las (Lap-welded steel pipe)

Pipa jenis ini tidak dipergunakan dalam sistem pipa yang tekanan kerjanya melampaui 350 psi atau temperatur lebih besar dari 450°F.

c. Pipa dari baja tempa atau kuningan (Seamless drawn pipe)

Pipa ini digunakan untuk pipa bahan bakar atau pipa – pipa yang di dalamnya mengalir minyak.

d. (Seamless drawn pipe) baja tempa atau kuningan.

Pipa ini dapat dipergunakan untuk semua tujuan dimana temperatur tidak melampaui 406°F, pipa ini tidak boleh dipergunakan pada uap dengan pemanasan lanjut (superheated steam).

e. Pipa – Pipa timah hitam

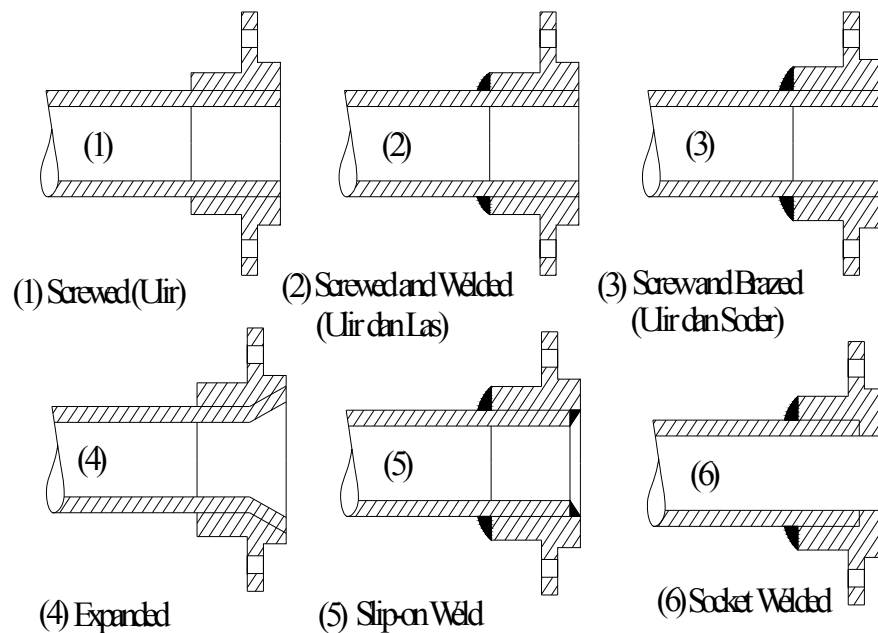
Pipa – Pipa ini dapat dipergunakan untuk saluran sistem bilga. Pipa ini tidak boleh digunakan di dalam ruangan – ruangan dimana pipa mudah kena api, karena dengan meleburnya sebuah pipa dapat merusak seluruh sistem bilga.

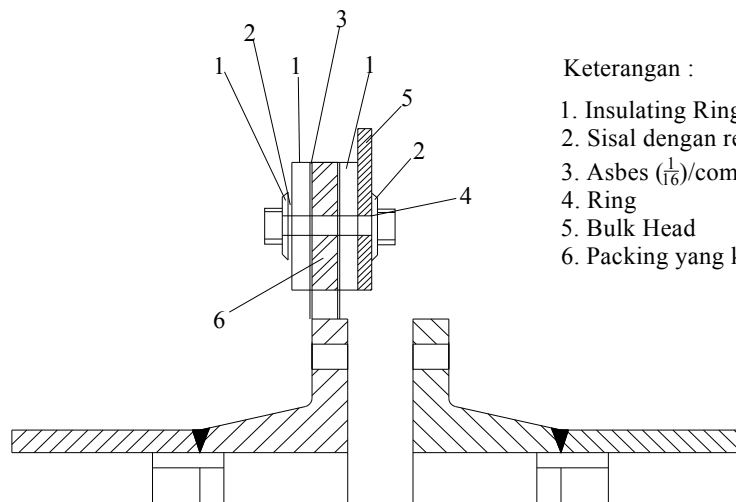
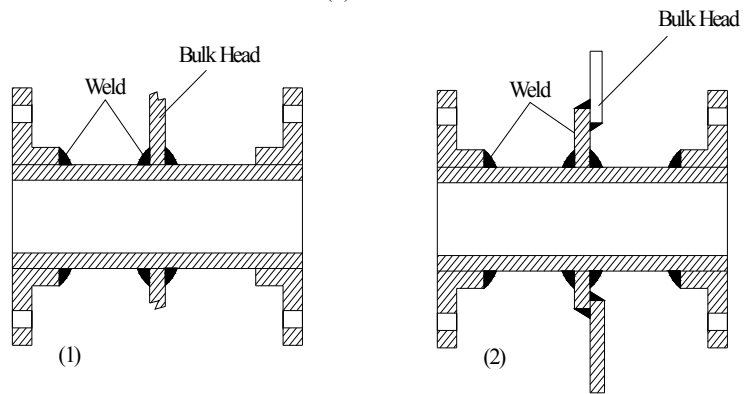
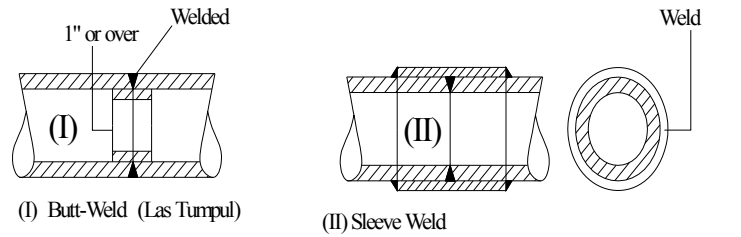
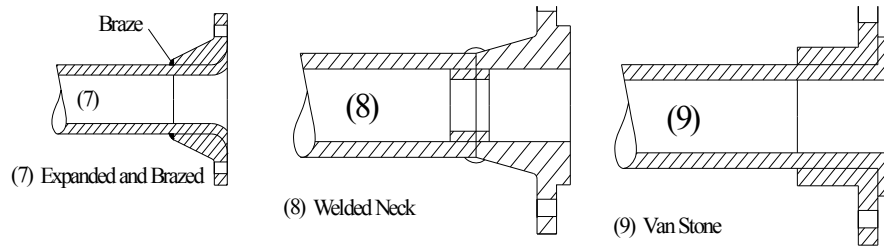
f. Cara Pemasangan flens pada pipa

Flens untuk sistem pipa dapat dipasang pada pipa dengan salah satu cara di bawah ini.

1. Pemasangan flens untuk pipa dengan diameter nominal lebih dari 2 inci harus dimuaikan(expanded) kedalam flens,atau dapat diulir kedalam flens dan dilas.
2. Pemasangan Flens dari pipa-pipa yang lebih kecil dapat diulir kedalam flens tanpa dilas
3. Pemasangan flens dari pipa-pipa nonferrous harus disolder(Solder brazed), tetapi untuk pipa yang diameter lebih kecil atau sama dengan 2 inci dapat diulir

Beberapa cara untuk pengikatan atau pemasangan flens yang telah disetujui dapat dilihat pada gambar dibawah ini





Keterangan :

1. Insulating Ring
2. Sisal dengan read leac
3. Asbes ($\frac{1}{16}$)/compressed asbestos
4. Ring
5. Bulk Head
6. Packing yang keras

Pemakaian isolasi pada bulk head yang di isolasi

B. Gambar Produksi

Untuk memasang sistem instalasi pipa diatas kapal harus ada gambar produksi, yaitu gambar sistem instalasi pipa yang bisa diterapkan langsung di atas kapal. Ada dua macam gambar produksi.

1. Arrangement Pipe

Yang dimaksud *arrangement pipe* adalah gambar sistem instalasi pipa yang sudah berorientasi pada posisi pipa diletakkan. Jadi, posisi pipa sudah bisa ditentukan jaraknya terhadap sekat kedap (*bulkhead*) dan alas ganda (*double bottom*).

Di dalam gambar *arrangement* ini kita sudah berorientasi pada satu kapal kecuali kamar mesin. Fungsi dari gambar *arrangement* ini adalah menerjemahkan gambar-gambar diagram dan berguna untuk instalasi pipa. Biasanya gambar-gambar *arrangement* dibagi berdasarkan lokasi misalnya arrangement pipa pada daerah ruang muat, *upper deck*, ruang akomodasi, dan lain-lain. Karena *arrangement pipe* berorientasi pada lokasi, maka di dalam satu gambar *arrangement pipe* bisa terdiri dari beberapa sistem.

2. Production drawing

Yang dimaksud dengan *production drawing* adalah gambar-gambar yang akan digunakan dalam memproduksi pada bengkel pipa. Gambar ini didapat dari gambar arrangement pipa yang dipecah berdasarkan blok-blok yang sudah direncanakan.

C. Sistem Instalasi Pipa Air Tawar

Yang dimaksud dengan diagram sistem instalasi pipa adalah suatu sistem instalasi pipa yang berupa garis-garis yang menunjukkan arah aliran. Diagram dibuat berdasarkan fungsi masing-masing pipa.

Untuk membuat diagram sistem instalasi pipa data yang diperlukan adalah sebagai berikut.

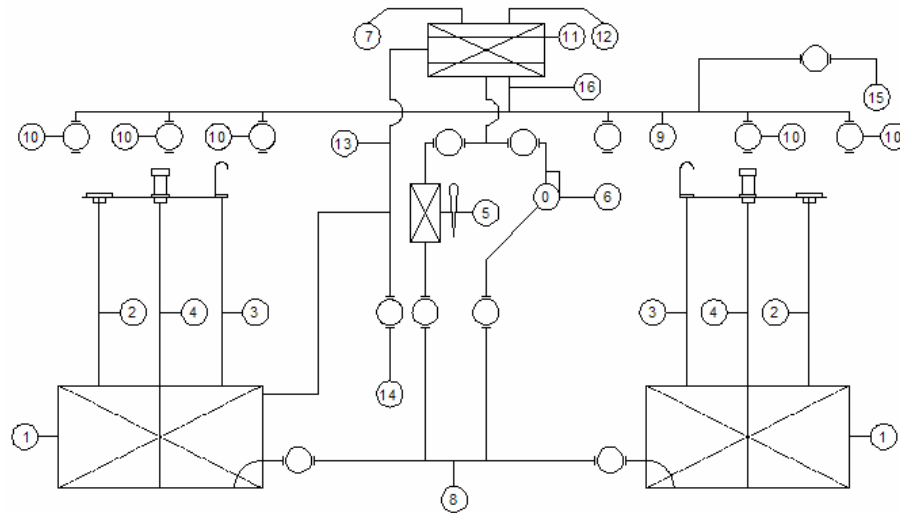
- a. Gambar rencana garis kapal (*lines plan*)
- b. Gambar rencana umum kapal (*general arrangement*)
- c. Gambar konstruksi penampang melintang kapal (*midship section*)
- d. Gambar rencana letak posisi tangki (*tank plan*)

Setelah data yang diperlukan lengkap, maka dapat langsung melaksanakan pembuatan gambar diagram sistem instalasi pipa.

Dalam pembuatan gambar sistem instalasi pipa kita akan menentukan beberapa hal yaitu jenis pipa, diameter nominal pipa, perlengkapan pipa (*fitting*) yang digunakan seperti flens, slep, butt joint dan lain-lain, besarnya daya

pompa, treatment pipa antara lain jenis dan warna cat, bahwa pipa dan lain-lain, serta jenis dan jumlah valve.

Berikut ini disajikan gambar diagram sistem instalasi pipa air tawar dan air laut.



Gambar 15.1 Diagram sistem air tawar

Keterangan :

1. Tangki persediaan
2. Pipa pengisian
3. Pipa udara
4. Sounding pipa (pipa duga)
5. Pompa tangan
6. Pompa centrifugal
7. Tangki dinas
8. Pipa pengisap
9. Pipa pembagi
10. Tempat penggunaan
11. Heating coil
12. Pipa udara
13. Oven flow pipa
14. Katup test
15. Selang (Hose)
16. Pipa Utama

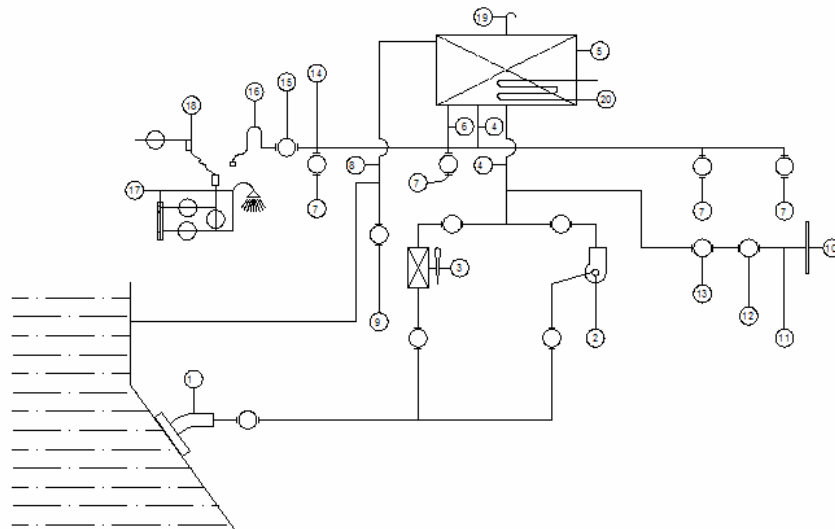
Tangki persediaan (1) dilengkapi dengan sounding pipe (4) dan vent pipe (3) dan diisi melalui pipe pengisian (2) yang menembus geladak.

Melalui lubang pemasukan (8), pompa tangan (5) atau pompa centrifugal (6), air minum dialirkan ke tangki dinas (7) yang dilengkapi dengan pipa udara (12) dan heating coil (11).

Dari tangki dinas (7) air dialirkan melalui pipa utama (16) ke tempat-tempat penggunaan (10). Tangki dinas (7) mempunyai overflow pipe (13) dengan sebuah katup test (14 valve) untuk mengembalikan kelebihan air kembali ke tangki persediaan (1).

Hubungan dengan overflow pipa pada cabang pipa dengan test valve (14) yang menuju ke ruangan di mana pompa-pompa dipasang. Sistem ini dapat diisi di pelabuhan melalui selang (house) (15).

D. Sistem Instalasi Pipa Air Laut



Gambar 15.2 Diagram sistem air laut

Keterangan

- | | |
|-----------------------------|------------------------|
| 1. Katup kingston | 11. Pipa utama |
| 2. Pompa centrifugal | 12. Reduction valve |
| 3. Pompa tangan | 13. Stop valve |
| 4. Pipa utama | 14. Service connection |
| 5. Tangki dinas | 15. Stop valve |
| 6. Pipa pembagi | 16. Hose |
| 7. Tempat-tempat penggunaan | 17. Pancuran |
| 8. Pipa limbah | 18. Pipa air cuci |

- 9. Katup test
- 10. Fire main

- 19. Pipa udara
- 20. Heating coil

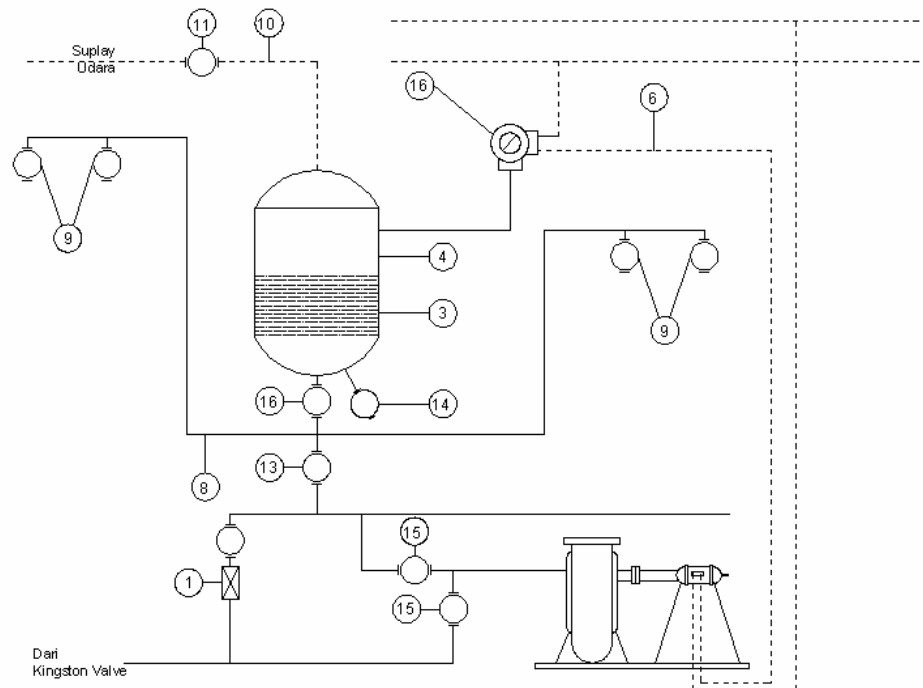
Air laut dihisap melalui katup kingston (1) di pompa centrifugal (2) atau pompa tangan dan dialirkan pipa (4) menuju tangki dinas (5) dan dari tangki dinas tersebut mengalir secara gravitasi melalui pipa-pipa pembagi (6) dan menuju ke tempat-tempat penggunaan (7).

Tangki dinas (5) dihubungkan dengan udara luar dengan pipa-pipa udara (19) di samping itu tangki dinas (5) mempunyai pipa limbah (8) yang berguna untuk mengeluarkan air kelebihan ke luar kapal.

Pipa limbah dan test valve (9) memungkinkan untuk mengontrol atau mengecek permukaan air di dalam tangki. Melalui *service connection* (14), *hose* (16) dan *stop valve* (15), pancuran (17), kalau perlu, seluruh pipa air cuci (18) dapat dihubungkan dengan pipa air laut.

Pipa air laut dapat juga disuplai dari *fire main* (10) melalui *reduction valve* (12) dan *stop valve* (13).

Cara kerja otomatis dari sistem air laut dapat dicapai dengan mempergunakan tangki-tangki *pneumatik* (*hydrophore tank*). Sebuah diagram dari sistem itu dapat dilihat pada Gambar15.3 berikut.



Gambar 15.3. Diagram cara kerja otomatis sistem air laut

Keterangan

- | | |
|----------------------|-----------------------------|
| 1. Pompa tangan | 9. Tempat-tempat penggunaan |
| 2. Pompa centrifugal | 10. Pipa pemasukan udara |
| 3. Tangki pneumatic | 11. Stop valve |
| 4. Udara | 12. Katup |
| 5. Pressure relay | 13. Non return valve |
| 6. Aliran listrik | 14. Katup pengeringan |
| 7. Mesin listrik | 15. Disconnecting valve |
| 8. Pipa pembagi | 16. Disconnecting valve |

Air dimasukkan dengan pompa (1) yang digerakkan oleh motor (7) melalui katup (12) dan *non return valve* (13) masuk ke dalam tangki pneumatic (3).

Pada waktu permukaan air di dalam tangki naik, tekanan udara di dalamnya juga akan naik, dan sebuah bantalan udara akan terbentuk. Pada suatu tekanan yang tertentu yang diberikan oleh bantalan udara, *pressure relay* (5) akan mematikan mesin listrik (7) sehingga menghentikan pemasukan air ke dalam tangki.

Kemudian oleh aksi dari tekanan di dalam bantalan udara, air dialirkan melalui pipa (8) ke tempat-tempat penggunaannya (9). Bilamana air dipergunakan didalam tangki turun, dan bilamana tekanan mencapai suatu harga yang tertentu, *pressure relay* (5) menjalankan motor listrik (7) lagi, melalui aliran listrik (6) dan pompa (2) mulai memasukkan air lagi ke dalam *pneumatic tank*.

Pompa centrifugal dapat dipisahkan dari sistem ini dengan ketentuan *disconnecting valve* (katup-katup yang dapat memisahkan bagian-bagian) (15). Tangki diperlengkapi dengan *disconnecting valve* (16) dan katup pengeringan (14), dan diganti dengan udara melalui pipa (10) dan katup penutup (*stop valve*) (11).

E. Sistim Instalasi Pipa Ballast, Bilga dan Pemadam

1. Sistem Bilga (Clean Bilge System and Oily Bilge System)

a. Cara Kerja

Cara kerja dari sistem bilga ini adalah menampung berbagai zat cair tersebut kedalam sebuah tempat yang dinamakan dengan bilge well, kemudian zat cair tersebut dihisap dengan menggunakan pompa bilga dengan ukuran tertentu untuk dikeluarkan dari kapal melalui Overboard yang tingginya 0,76 meter diatas garis air. Sedangkan zat cair yang mengandung minyak, yaitu yang tercecer didalam Engine room akan ditampung didalam Bilge Well yang terletak dibawah Main Engine, kemudian akan disalurkan menuju Incinerator dan Oily Water Separator untuk dipisahkan antara air, kotoran dan minyaknya. Untuk minyaknya

dapat digunakan lagi sedangkan untuk air dan kotoran yang tercampur akan dikeluarkan melalui Overboard.

b. Fungsi Sistem Bilga

Bilge sistem merupakan sistem yang dapat melakukan pemompaan terhadap fluida yang ada pada double bottom sehingga fluida tersebut yang kemungkinan bercampur dengan minyak dapat dilakukan prosesing dan kemudian air yang ada dapat dibuang keluar melalui over board.

c. Bilge well

Bilge Well merupakan suatu tempat dengan ukuran tertentu yang telah ditentukan untuk menampung berbagai kotoran atau dalam bentuk zat cair yang ada di kapal. Jumlah dari bilge well minimum dua buah untuk kiri dan kanan sepasang dan setimbang, tergantung pada jumlah tangki ballast, ditambah dengan beberapa bilge well yang terletak dibawah ruang mesin. Letak Bilge Well dalam tangki ballast diupayakan pada paling pinggir dan paling belakang dalam tangki tersebut. Juga berdekatan dengan Manhole (lobang jalan masuk manusia). Volume dari bilge well tersebut maksimal $0,57 \text{ m}^3$, sedangkan tinggi bilge well tersebut minimal 0,5 tinggi double bottom. Pada bagian atas bilge well harus ditutup dengan strainer.

d. Pipa Cabang dan Pipa Utama

Perpipaan bilga terdiri dari pipa bilga utama dan pipa bilga cabang, pipa bilga langsung, dan pipa bilga darurat. System bilga utama dan cabang, system ini adalah untuk memindahkan bilga yang terdapat pada tempat-tempat bilga pada kapal dengan menggunakan pompa bilga di kamar mesin. Sisi hisap bilga di kamar mesin biasanya dipasang di dalam *bilge well* di bagian depan kamar mesin (port dan starboard), bagian belakang kamar mesin, bagian belakang shaft tunnel. Saluran cabang bilga ini dihubungkan dengan saluran utama bilga yang mana dihubungkan ke sisi hisap pompa bilga.

Pipa bilga langsung, Pipa-pipa bilga langsung adalah untuk menghubungkan secara langsung bilge well (port dan starboard) pada bagian depan kamar mesin dengan pompa bilga. Diameter dalamnya sama dengan saluran bilga utama.

Pipa bilga darurat, Pipa bilga darurat adalah pipa hisap bilga yang dihubungkan ke pompa yang mempunyai kapasitas terbesar di kamar mesin dan biasanya dihubungkan ke pompa utama pendinginan air laut di mesin kapal. Diameter dalam pipa bilga darurat biasanya sama dengan diameter hisap pompa.

e. Jumlah dan Jenis Katup serta Fitting

Untuk katup dan fitting pada pipa hisap sistem bilga, pada gambar diperoleh untuk fitting jenis Elbow 90° sebanyak 7 buah, katup jenis Butterfly 1 buah, strainer 2 buah, NRV 1 buah dan 3 way valve sebanyak 2 buah. Sedangkan untuk pipa discharge sistem bilga, pada gambar terhitung fitting jenis Elbow 90° sebanyak 6 buah, butterfly 1 buah, strainer 2 buah, katup jenis SDNRV sebanyak 2 buah, dan 3 way valve sebanyak 1 buah. Dengan demikian total head losses diperoleh sebesar 15.94 m (untuk bilga kamar mesin), dan 24,75 meter untuk bilga ruang muat.

f. Pompa

Dari head losses yang telah dihitung diatas, maka saya dapatkan Daya pompa yang dibutuhkan sebesar 5.38 kW atau sebesar 7.32 HP. Oleh karenanya pompa yang saya pilih untuk memenuhi kebutuhan daya serta head tersebut adalah pompa bilga merek Shinko, type RVX 200S double stage, dengan putaran 1500 RPM, daya motor 15 kW, kapasitas 100 m³/jam, Head 50 m, dan frekuensi 50 Hz. Pompa bilga ini saya letakkan di tanktop. Sedangkan untuk pompa bilga kamar mesin, digunakan pompa dengan merk yang sama dengan pompa untuk bilga di ruang muat.

g. Outboard

Air yang tidak terpakai akan dikeluarkan melalui Outboard. Dimana peletakan Outboard ini haruslah 0,76 m diatas garis air atau WL, pada satu outboard harus diberi satu katup jenis SDNRV.

h. Separator

Untuk Oily Bilge System, minyak yang tercecer yang tercampur dengan air akan dipisahkan dengan menggunakan Oil Water Separator. Pada kapal ini, Oil Water Separator yang dipakai adalah merek Alva Laval type SA 821 dengan kapasitas 1400 lit/hr, tekanan minimum 2 bar dan maksimum 6 bar, Head 30 m, Tegangan 220 Volt, dan frekuensi 50 Hz. Separator ini terletak pada tanktop

i. Sludge Tank

Untuk minyak yang telah dipisahkan dengan kotoran dan air, yang bisa dipakai lagi setelah dipisahkan akan ditampung kedalam sludge tank dengan kapasitas 3 m³, terletak pada tanktop.

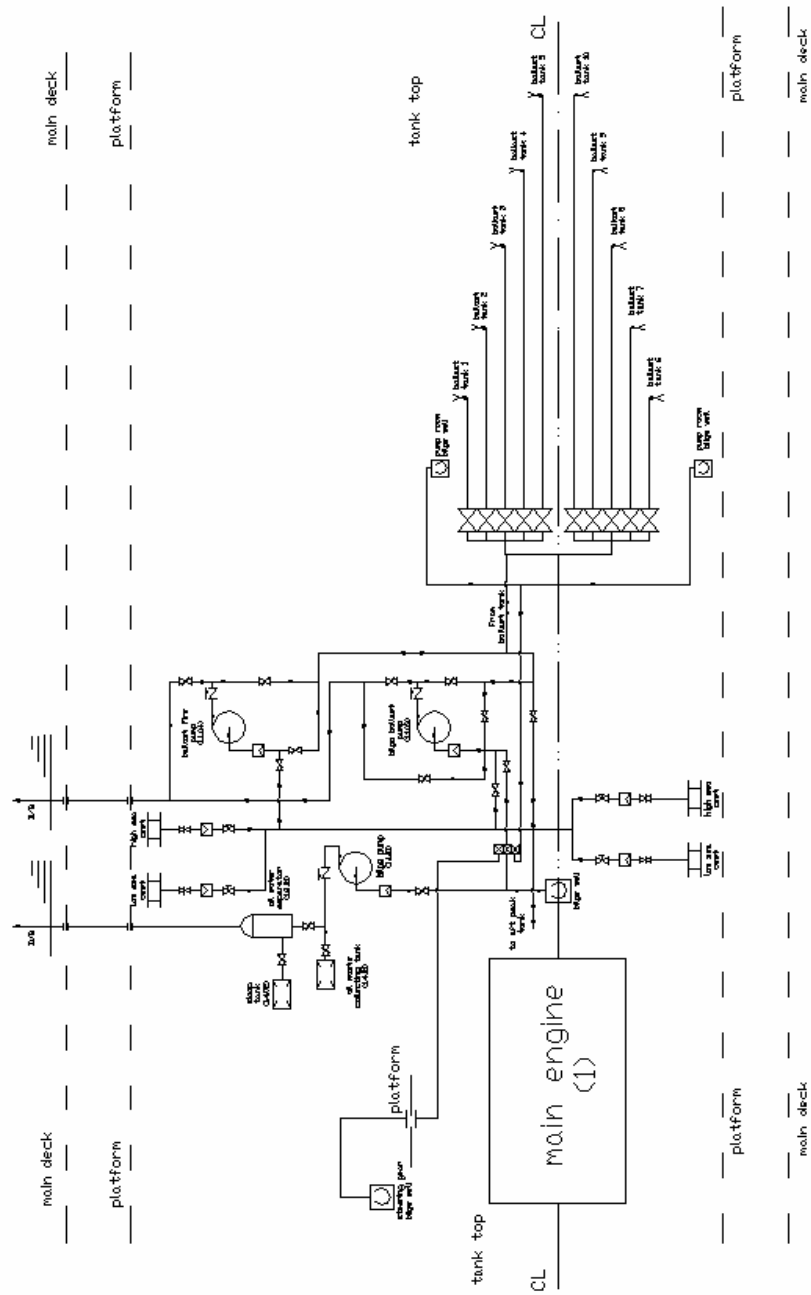
Dalam perencanaan system bilga yang kelas yang digunakan adalah BKI 1996 Vol.III Section 11. N, yaitu :

1) Jalur Bilga

- Jalur bilga dan sisi hisap bilga harus diatur sehingga bilga dapat dipompa dengan lengkap meskipun di bawah kondisi trim.

- Sisi hisap bilga normalnya diletakkan pada kedua sisi kapal. Untuk kompartemen yang letaknya di depan dan di belakang kapal, satu hisap bilga sudah cukup dan dapat mengeringkan secara lengkap kompartemen yang relevan.
 - Ruang yang terletak di depan sekat tubrukan dan di belakang sekat stern tube dan tidak dihubungkan ke system bilga umum harus dikeringkan dengan peralatan lain yang sesuai dengan kapasitas yang memadai.
- 2) Pipa yang melewati tangki
- Pipa bilga tidak boleh melewati *tangki minyak pelumas, minyak panas, air minum, atau feedwater*.
 - Ketika pipa bilga melewati tangki bahan bakar yang terletak di atas double bottom dan berakhir pada ruangan yang mana tidak dapat diakses selama pelayaran, sebuah katup non-return tambahan harus dipasang pada pipa bilga dimana pipa dari sisi hisap masuk ke tangki bahan bakar.
- 3) Isapan bilga
- Tempat isapan bilga diatur sehingga tidak mempengaruhi pembersihan dari bilga dan harus dipasang dengan mudah untuk mudah dilepas. Menggunakan saringan berbahan anti karat.
 - Isapan bilga darurat dipasang sedemikian sehingga dapat dijangkau dengan aliran bebas dan jarak yang cukup dari tank top atau dasar dari kapal.
- 4) Katup-katup bilga
- Katup-katup pada hubungan pipa antara bilga dan air laut dan system air ballast, seperti antara hubungan bilga pada kompartemen yang berbeda, harus diatur sehingga meskipun dalam kejadian kegagalan operasi atau posisi katup intermediet, masuknya air laut melalui system bilga dapat dicegah.
 - Pipa discharge bilga harus dipasangi dengan katup shut off pada sisi kapal.
 - Katup bilga harus diatur sehingga dapat selalu diakses baik itu saat pembebanan (ballast) maupun kondisi pembebanan dari mesin
- 5) Pelindung aliran balik

- Katup screw down non return disarankan sebagai perlindungan aliran balik.
 - Sebuah kombinasi dari sebuah katup non-return tanpa mekanisme shut-off dan katup shut-off dapat digunakan dengan persetujuan kelas.
- 6) Sambungan pipa
- Untuk mencegah masuknya ballas dan air laut ke dalam kapal melalui system bilga, dua peralatan perlindungan aliran balik harus dipasang pada sambungan bilga, salah satunya harus merupakan sebuah *katup screw down non return*.
 - Untuk sambungan bilga diluar ruang permesinan, sebuah kombinasi dari katup non-return tanpa shut-off dan katup shut-off yang diremote kontrol dapat digunakan.
 - Hisapan bilga secara langsung dan injeksi darurat hanya memerlukan satu peralatan dari perlindungan aliran balik seperti dijelaskan sebelumnya.
 - Bilamana sambungan air laut langsung diatur untuk dipasang pada pompa bilga untuk melindunginya dari pengisapan hampa, sisi hisap bilga juga harus dipasang dengan dua katup screw-down non-return.
 - Jalur tekan dari oil water separator harus dipasangi dengan sebuah katup non-return pada sisi kapal.
- 7) Pompa Bilga
Apabila digunakan pompa sentrifugal untuk pompa bilga, pompa itu harus merupakan self-priming atau dihubungkan ke sebuah alat pemisah udara.
- 8) Penggunaan pompa lain untuk pompa bilga
- Pompa-pompa ballast, pompa pendingin air laut yang stand-by, pompa pelayanan umum dapat juga digunakan sebagai pompa bilga independent yang dilengkapi dengan self-priming dan kapasitas yang disyaratkan.
 - Dalam kejadian kegagalan salah satu dari pompa bilga yang disyaratkan, salah satu pompa harus dapat bertindak sebagai pompa pemadam dan pompa bilga.
 - Pompa pelumas dan bahan bakar tidak boleh dihubungkan ke system bilga.
 - Ejektor bilga dapat diterima sebagai susunan pompa bilga yang disediakan dengan sebuah suplai air laut independent.



Gambar 15.4 Sistem Bilga

2. Sistem Ballast

a. Cara Kerja

Cara kerja sistem ballast, secara umum adalah untuk mengisi tangki ballast yang berada di double bottom, dengan air laut, yang diambil dari seachest. Melalui pompa ballast, dan saluran pipa utama dan pipa cabang.

b. Fungsi Sistem Ballast

Sistem ballast merupakan sistem untuk dapat memposisikan kapal dalam keadaan seimbang baik dalam keadaan trim depan maupun belakang, maupun keadaan oleng. Dalam perencanaannya adalah dengan memasukkan air sebagai bahan ballast agar posisi kapal dapat kembali pada posisi yang sempurna.

c. Pelabuhan Asal dan Tujuan

Kapal tanker ini memiliki rute pelayaran dari Cilacap ke Tokyo.

d. Jumlah Muatan

Jumlah total muatan yang dapat diangkut di tangki ruang muat adalah mencapai 12498.954 ton. Yang dibagi ke enam tangki muatan

e. Rule dan Rekomendasi

Menurut Volume III BKI 1996 section 11 P, dinyatakan :

1) Jalur Pipa Ballast

- Sisi Pengisapan dari tangki air ballast diatur sedemikian rupa sehingga pada kondisi trim air ballast masih tetap dapat di pompa.
- Kapal yang memiliki tangki double bottom yang sangat lebar juga dilengkapi dengan sisi isap pada sebelah luar dari tangki. Dimana panjang dari tangki air ballast lebih dari 30 m, Kelas mungkin dapat meminta sisi isap tambahan untuk memenuhi bagian depan dari tangki.

2) Pipa yang melalui tangki

Pipa air ballast tidak boleh lewat instalasi tangki air minum, tangki air baku, tangki minyak bakar, dan tangki minyak pelumas.

3) Sistem Perpipaan

- Bilamana tangki air ballast akan digunakan khususnya sebagai pengering palka, tangki tersebut juga dihubungkan ke sistem bilga.
- Katup harus dapat dikendalikan dari atas geladak cuaca (freeboard deck)

- Bilamana fore peak secara langsung berhubungan dengan suatu ruang yang dapat dilalui secara tetap (mis. Ruang bow thruster) yang terpisah dari ruang kargo, katup ini dapat dipasang secara langsung pada collision bulkhead di bawah ruang ini tanpa peralatan tambahan untuk pengaturannya.

4) Pompa Ballast

Jumlah dan kapasitas dari pompa harus memenuhi keperluan operasional dari kapal

f) Tangki Ballast

Tangki ballast pada kapal ini terdiri dari 5 tangki di bagian starboard dan 5 tangki di bagian portside. Dengan total kapasitas 1517.363 ton, dengan perkiraan lama pengisian 10 jam.

g) Jumlah dan Jenis Katup serta Fitting

Untuk katup dan fitting pada pipa hisap sistem ballast, pada gambar diperoleh jumlah fitting jenis Elbow 90° sebanyak 6 buah, katup jenis Butterfly 1 buah, strainer 1 buah, dan 3 way valve sebanyak 1 buah. Sedangkan untuk pipa discharge sistem bilga, pada gambar terhitung fitting jenis Elbow 90° sebanyak 5 buah, butterfly 1 buah, strainer 2 buah, katup jenis SDNRV sebanyak 1 buah, dan 3 way valve sebanyak 1 buah. Dengan demikian total head losses diperoleh sebesar 22.45 m.

h) Pompa

Dari head losses yang telah dihitung diatas, maka saya dapatkan Daya pompa yang dibutuhkan sebesar 9.0208 kW atau sebesar 12.2665 HP. Oleh karenanya pompa yang saya pilih untuk memenuhi kebutuhan daya serta head tersebut adalah pompa bilga merek Shinko, type RVX 200S double stage, dengan putaran 1500 RPM, daya motor 15 kW, kapasitas 100 m³/jam, Head 50 m, dan frekuensi 50 Hz. Pompa bilga ini saya letakkan di tanktop.

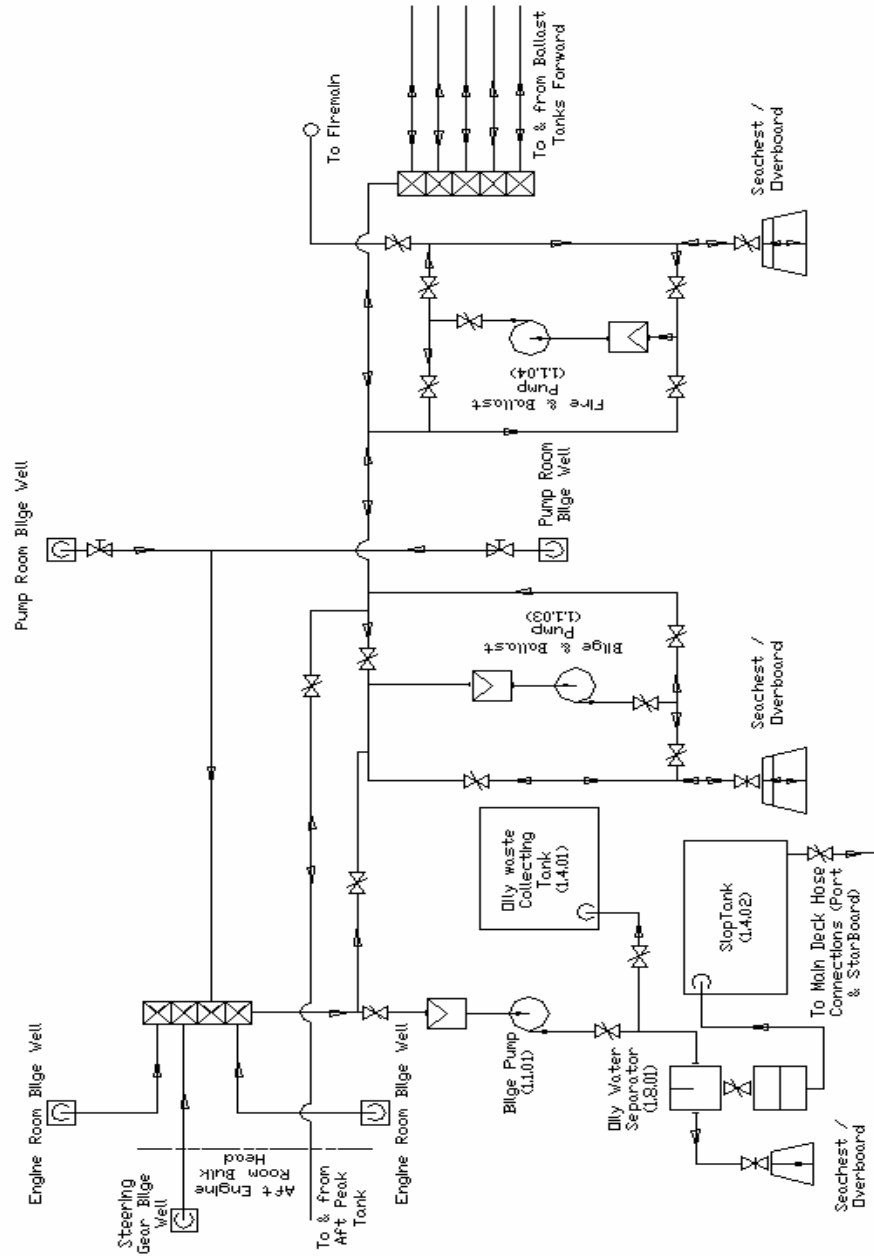
i) Outboard

Air yang tidak terpakai akan dikeluarkan melalui Outboard. Dimana peletakan Outboard ini haruslah 0,76 m diatas garis air atau WL, pada satu outboard harus diberi satu katup jenis SDNRV.

j) Seachest

Seachest merupakan tempat di lambung kapal, dimana di sea chest terdapat pipa saluran masuknya air laut. Selain pipa tersebut, pada seachest juga terdapat dua saluran lainnya. Yaitu blow pipe dan vent pipe. Blow pipe digunakan sebagai saluran udara untuk menyemprot kotoran-kotoran di seachest. Sedangkan vent pipe digunakan untuk

saluran ventilasi di seachest. Seachest untuk kapal ini diletakkan di lambung di daerah kamar mesin.



Gambar 15.5 Sistem Ballast

3. Sistem Pemadam Kebakaran

Sistem pemadam kebakaran merupakan sistem yang sangat vital dalam sebuah kapal, sistem ini berguna untuk menanggulangi bahaya api yang terjadi di kapal. Sistem pemadam kebakaran secara garis besar dapat dibagi menjadi dua dilihat dari peletakan sistem yang ada yaitu :

- o Sistem penanggulangan kebakaran pasif, sistem ini berupa aturan kelas mengenai penggunaan bahan pada daerah beresiko tinggi terjadi kebakaran dan juga pemasangan instalasi fix pada daerah beresiko kebakaran.
- o Sistem penanggulangan kebakaran aktif, sistem ini berupa penanggulangan kecelakaan yang bersifat lebih aktif misal, penempatan alat pemadam api ringan pada daerah yang beresiko kebakaran.

Pada dasarnya prinsip pemadaman adalah memutus “segitiga api” yang terdiri dari panas, oksigen, dan bahan bakar. Sehingga dengan mengetahui hal ini maka dapat dilakukan pemilihan media pemadaman sesuai dengan resiko dan kelas dari kecelakaan tersebut.

a. Fungsi Sistem Pemadam Kebakaran

Fungsi dari sistem pemadam kebakaran adalah untuk penanganan jika terjadi kebakaran di kapal. Maka peralatan yang digunakan, berasal dari sistem pemadam kebakaran. Oleh karena itu, sistem pemadam kebakaran harus bisa menangani kebakaran di setiap bagian kapal.

b. Rule dan Rekomendasi

Menurut Volume III BKI 1996 section 12 mengenai peralatan pelindung api dan pemadam, dinyatakan sebagai berikut :

1) Pelindung Api

- Pengaturan di ruangan mesin haruslah menjamin keselamatan dari penanganan cairan yang mudah terbakar agar tidak terbakar.
- Semua ruangan yang diletakkan motor bakar, burner, atau pengendap minyak atau tangki harian diletakkan harus terjangkau dan diberikan ventilasi secara layak
- Bilamana terjadi kebocoran dari cairan yang mudah terbakar selama pekerjaan perawatan rutin, harus diperhatikan agar cairan tersebut terhindar dari kontak dari sumber api.
- Bahan yang digunakan pada ruangan permesinan sebaiknya secara normal tidak meningkatkan kemungkinan untuk mudah terbakar.
- Bahan yang digunakan sebagai lantai bulkhead lining, atap atau geladak ruang pengendali dengan tangki minyak haruslah tidak

mudah terbakar. Dimana bila terjadi bahaya yang mana minyak dapat terserap ke bahan penyekat, penyekat tersebut harus dapat terlindungi dari serapan minyak atau uap minyak.

- 2) Peralatan dengan resiko terbakar tinggi.
 - Peralatan pengolahan minyak awal (oil fuel preparation equipment) seperti purifier, harus dipasang pada ruangan yang terpisah. Ruangan ini ditutupi oleh sekat baja, dan dilengkapi dengan pintu baja yang dapat tertutup sendiri, dilengkapi dengan, Ventilasi mekanis yang terpisah, Sistem deteksi api dan alarm, Sistem pemadam api yang tetap.
 - Sistem ini dapat merupakan bagian dari sistem pelindung api ruangan kamar mesin.
 - Jika hal tersebut tidak praktis untuk menempatkan sistem pengolahan minyak bahan bakar di ruangan yang terpisah, perhatian harus dilakukan terhadap api dengan suatu penanganan api dari komponen dan dari kemungkinan kebocoran. Sebagai tambahan sistem perlindungan api secara tetap, di ruang kamar mesin, suatu unit pemadam lokal dapat diberikan pada daerah tersebut.
- 3) Unit pemadam lokal harus layak untuk pemadaman api yang efektif pada suatu area. Langkah kerja yang dilakukan dapat secara otomatis atau manual sebaik mungkin tidak mempengaruhi operasi dari peralatan lain. Penggunaan secara otomatis dan tiba-tiba tidak boleh merusak komponen lain. Bila peralatan tersebut manual, dapat dipasang pada ruang pengendali permesinan atau disuatu tempat yang memberikan perlindungan yang cukup.
- 4) Sistem minyak dengan tekanan kerja lebih dari 15 bar yang tidak termasuk dalam bagian permesinan bantu ataupun induk (seperti hidrolik, steering gear) harus dipasang diruangan yang terpisah.
- 5) Perlindungan dari jalur dan peralatan yang melalui temperatur yang tinggi.
 - Semua bagian yang memiliki temperatur diatas 220°C seperti uap, minyak panas dan jalur gas buang, dan silencers, dsb, harus dilindungi oleh bahan tidak yang tidak mudah terbakar dan tidak dapat menyerap minyak.
 - Pelindung harus dapat dipastikan tidak akan menjadi retak atau robek karena getaran.
- 6) Daerah Bulkhead
Semua pipa dengan kelas A atau B menurut SOLAS 1974 harus tahan terhadap suhu yang mana telah dirancang sebelumnya. Pipa uap, gas dan minyak termal yang melalui bulkhead harus diberi isolasi tahan panas dan harus terlindungi dari pemanasan yang berlebihan.

- 7) Ruang Darurat
Untuk ruangan permesinan dan boiler, kanal sirkulasi udara ke ruangan tersebut harus dilengkapi dengan fire damper yang dibuat dari bahan tidak mudah terbakar yang mana dekat dengan geladak. Bukaannya kamar mesin (sky light), pintu dan hatch serta bukaan lainnya diatur sehingga dekat dengan ruangan lainnya
- 8) Peralatan Stop Darurat (*Emergency Stop*)
Pompa bahan bakar dengan tenaga listrik, purifier, motor fan, fan boiler minyak termal dan pompa kargo harus dilengkapi dengan peralatan pemutus darurat, sepraktis mungkin, yang dikelompokkan secara bersama diluar ruangan yang mana peralatan tersebut dipasang dan harus dapat dijangkau meskipun dalam kondisi terputus akses karena api.
- 9) Peralatan pemutus dengan remote control.
Alat ini dipasang pada Pompa bahan bakar dengan penggerak uap, jalur pipa bahan bakar ke motor induk, motor bantu dan pipa keluaran dari tanki bahan bakar yang diletakkan di double bottom. Tempat dan pengelompokkan dari peralatan pemutus ini diatur seperti bagian sebelumnya.
- 10) Ruang Pengaman (Safety Station)
- 11) Disarankan bahwa peralatan pengaman berikut dikelompokkan menjadi satu, sewaktu-waktu dapat dijangkau dari luar ruangan kamar mesin:
 - Katup pemutus untuk ruang kamar mesin, penghembus boiler, pompa transfer bahan bakar purifier, dan pompa minyak termal
 - Perhatian diberikan khusus pada:
 - Katup penutup singkat bahan bakar
 - Pintu kedap air yang dikendalikan pada ruang permesinan.
 - Kondisi kerja dari peralatan pemadam api.

c. Sea Water Fire Fighting System

1) Pipa Utama

Pipa dipilih jenis carbon steel, yang ada dipasaran sesuai Standart Amerika B36.10:

Inside diameter (dH) =	5.047	Inchi =	128.1938	mm
Ketebalan =	0.258	Inchi =	6.5532	mm
Outside diameter =	5.563	Inchi =	141.3002	mm
Nominal pipe size =	5	Inchi =	127	mm

Schedule 40

2) Hydrant

Hydrant diletakkan di atas ruang muat, hydrant adalah alat pemadam kebakaran, dan digunakan di deck, di atas ruang muat.

3) Sprinkle

Sprinkle adalah alat yang menggantung di langit-langit tiap deck, dengan sistem perpipaan yang menyebar di tiap deck. Sprinkle merupakan alat detector otomatis yang mendeteksi adanya asap dan api di bagian tertentu.

4) Emergency Fire Pump

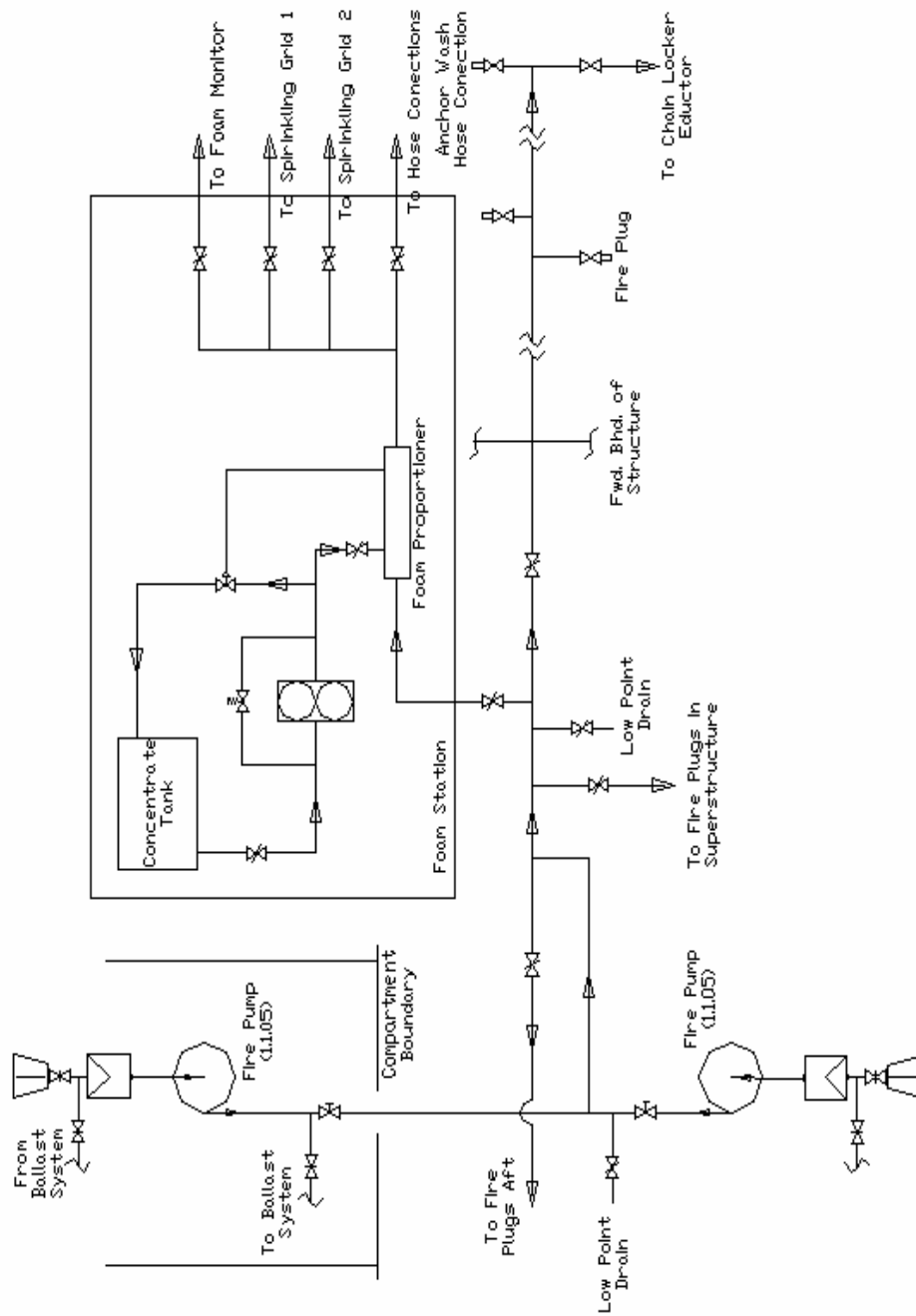
Emergency fire pump, wajib ada di kapal, dan diletakkan di luar kamar mesin. Emergency fire pump harus berdiri independent, dan menggunakan sumber energi sendiri. Emergency fire pump dapat diletakkan di steering gear room, atau dekat dengan akses jalan dari ruang akomodasi ke kamar mesin.

5) Jumlah dan Jenis Katup serta Fitting

Untuk katup dan fitting pada pipa hisap sistem pemadam kebakaran, pada gambar diperoleh jumlah fitting jenis Elbow 90° sebanyak 4 buah, katup jenis Butterfly 1 buah, dan 3 way valve sebanyak 1 buah. Sedangkan untuk pipa discharge sistem pemadam kebakaran, pada gambar terhitung fitting jenis Elbow 90° sebanyak 6 buah, butterfly 1 buah, strainer 0 buah, katup jenis SDNRV sebanyak 0 buah, dan 3 way valve sebanyak 1 buah. Dengan demikian total head losses diperoleh sebesar 30.22 m

Seperti yang telah disebutkan dalam paragraf diatas bahwa untuk kebakaran yang terjadi di ruang mesin oleh listrik ataupun di ruang muat, akan dipadamkan dengan menggunakan CO₂ atau inert gas. Pada kapal ini, menggunakan CO₂ dimana penyimpanannya pada tabung CO₂ yang terletak di CO₂ room. Untuk CO₂ room itu sendiri, terletak di main deck dengan frame

spacing no. 5 sampai no. 10. Dengan menggunakan pipa jenis karbon steel yang ada dipasaran sesuai dengan standard Amerika B36.10, dengan Inside diameter 3,068 inchi, ketebalan 0,216 inchi, outside diameter 3,5 inchi, Schedule 40, inert gas atau CO₂ disalurkan dari CO₂ room menuju ke Engine room, dan semua ruang muat. Juga menggunakan beberapa buah katup untuk mengatur arah aliran gas tersebut, dengan ukuran katup yang lebih kecil daripada katup yang dipakai untuk sistem bilga dan sistem ballast. Untuk jumlah dari CO₂ nozzle tidak terdapat aturan, tetapi tergantung dari kebutuhan serta desain dari sistem pemadam kebakaran kapal itu sendiri.



Gambar 15.6 Sistem Bahan Bakar

F. Sistem Instalasi Pipa Mesin Induk / Mesin Bantu

1. Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar adalah sistem yang digunakan untuk mensuplai bahan bakar yang diperlukan motor induk. Sistem bahan bakar ini dirancang untuk dua type bahan bakar, yaitu : MDO (marine diesel oil) dan HFO (heavy fuel oil).

a. Cara Kerja System Bahan Bakar.

Sistem bahan bakar ini secara umum terdiri atas fuel oil transfer, filtery dan purifering; fuel oil circulating, fuel oil supply, dan heater. Bahan bakar di kapal disimpan di storage tank. Koil pemanas harus dipasang pada tangki bunker sehingga temperatur bahan bakar pada tangki bunker dapat dipertahankan pada temperatur 40 - 50°C. Dari bunker bahan bakar dipompakan ke settling tank, dimana sebelum masuk pompa bahan bakar akan melalui strainer untuk menyaring kotoran – kotoran. Di settling tank ini juga diberi pemanas dan suhu dipertahankan pada kisaran 50 – 70°C. Kemudian dari settling tank dipompakan ke centrifuges untuk membersihkannya dari kotoran dan air. Lalu setelah dari centrifuges masuk ke service tank

Dari service tank, bahan bakar dialirkan menuju ke supply pump yang mempunyai tekanan 4 bar. Supply pump ini juga disebut bagian bertekanan rendah dari circulating system bahan bakar. Untuk menghindari terbentuknya gas/udara pada bahan bakar, maka dipasang sebuah venting box..

Venting box terhubung dengan service tank melalui automatic deaerating valve yang bertugas untuk membebaskan gas/udara yang ada dan akan menampung cairan/liquid.

Dari bagian bertekanan rendah system bahan bakar tersebut (supply pump), bahan bakar kemudian dialirkan ke circulating pump yang akan memompa bahan bakar melewati heater (untuk dipanaskan sampai 150°C) dan full flow filter (penyaringan) untuk kemudian masuk ke motor induk.

Untuk memastikan pensuplaian bahan bakar cukup banyak, maka kapasitas dari circulating pump dibuat lebih besar dari jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh motor induk. Dan kelebihan bahan bakar tersebut akan disirkulasikan kembali dari motor melalui venting box yang kemudian akan menuju ke circulating pump kembali.

Untuk memastikan tekanan konstan pada injection pump pada semua beban kerja motor induk, maka Spring Loaded Overflow dipasang pada system bahan bakar engine. Tekanan bahan bakar yang

masuk pada engine harus 7-8 bar, setara dengan tekanan pada circulating pump yaitu sebesar 10 bar.

Ketika engine berhenti, circulating pump akan terus bekerja untuk mensirkulasikan Heavy Fuel yang telah dipanaskan dan tetap melewati fuel oil system engine dengan tujuan untuk menjaga bahan bakar tetap panas dan katup bahan bakar tetap ter-deaerated.

b. Fuel Oil Description

Pada operasi engine yang konstan, maka engine harus menggunakan heavy fuel. Jika rekomendasi ini tidak dilakukan, maka akan terjadi *Latent risk* atau kerusakan tersembunyi pada kualitas (walaupun nilainya kecil) diesel oil dan heavy fuel yaitu pembentukan campuran yang tidak sempurna selama penggantian bahan bakar. Untuk itulah, pabrikan sangat menyarankan untuk tidak menggunakan diesel oil untuk operasi engine pada semua beban kerja.

Pada keadaan khusus, penggunaan diesel oil diperbolehkan dan diperlukan dan dapat dilakukan sewaktu-waktu ketika engine tidak dioperasikan. Penggantian ini menjadi diperlukan untuk waktu yang sesaat. Pada penggunaan ini, kapal disyaratkan tidak bekerja atau berhenti pada waktu yang cukup lama dengan kondisi engine dingin. Kondisi ini adalah :

- Saat kapal docking
- Berhenti selama lebih dari 5 hari
- Dilakukannya reparasi pada system bahan bakar utama
- Kondisi lingkungan yang terjadi.

Spesifikasi bahan bakar (HFO) yang digunakan oleh mesin S 26 MC berdasarkan rekomendasi MAN BW (S26MC Project Guide, 6.02.06) adalah sebagai berikut :

c. Engine Accessories

Jika ada, maka harus dipasang Built-on overflow pump pada supply pumps dan diatur untuk tekanan 5 bar dan terdapat juga katup external by-pass yang diatur pada tekanan 4 bar. Perpipaannya antara tangki dan supply pumps harus mempunyai jalur minimum 50% lebih besar dari pipa antara supply pump dan circulating pump.

Pada engine terdapat quick-closing valve pada inlet "X". Pemasangan katup ini sangat dianjurkan oleh MAN-B&W untuk memberhentikan kerja engine (Stop the engine immediately), khususnya pada saat quay dan sea trial.

Tujuan utama dari adanya drain "AF" adalah untuk mengumpulkan bahan bakar murni dari umbrella sealing system, yaitu dari kebocoran bahan bakar dari pipa bertekanan tinggi. Cairan pada drain ini dialirkan ke tangki dan dapat dipompakan kembali menuju HFO service tank atau ke settling tank.

d. Definisi Peralatan

Pada sistem bahan bakar dari mesin MAN B&W ada beberapa peralatan yang mendukung system tersebut antara lain:

1) System Transfer, Filtering dan purifikasi

Sistem ini bertugas memindahkan bahan bakar dari *storage tank* ke *settling tank*, serta membersihkan bahan bakar dari kotoran yang berasal dari *storage tank*. Heavy fuel oil harus dibersihkan terlebih dahulu dengan melewatkannya melalui centrifuge sebelum masuk ke *daily tank*. Pada centrifuge nantinya kotoran-kotoran yang terdapat pada HFO yang terdiri atas partikel dan air akan dipisahkan dari HFO.

i. Storage Tank / bunker / tanki penyimpanan

Adalah tanki induk dari keseluruhan bahan bakar yang dibutuhkan motor induk selama berlayar.

ii. Settling tank

Tangki ini didesain agar dapat mengendapkan kotoran dan air yang ikut terbawa oleh bahan bakar. Kapasitas settling tank didesain untuk mampu menyuplai bahan bakar minimum selama 24 jam (1 hari) operasi mesin ketika tangki settling diisi penuh. Desain tangki dibuat sedemikian sehingga pengeluaran kotoran / endapan dan air dapat dilakukan secara efisien.

iii. Filter

Filter adalah alat yang berfungsi menyaring kotoran yang tercampur dalam bahan bakar.

iv. Heater tank (Pemanas tanki)

Merupakan pemanas bahan bakar, sehingga dapat menjaga viscositas bahan bakar yang diinginkan sesuai dengan spesifikasi.

v. FO Fuel Transfer Pump

Pompa yang digunakan adalah gear pump yang berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar dari tanki storage ke tanki settling untuk diendapkan.

- vi. FO Feed Pump
Berfungsi memindahkan bahan bakar dari Setling tank ke service tank. Pompa yang digunakan adalah pompa jenis roda gigi.
- vii. Centrifuges
Centrifuges berfungsi memisahkan bahan bakar dengan air dan bahan bakar yang bersih dialirkan ke service *tank* sedangkan kotoran dan air disalurkan ke *sludge tank*. Centrifuges pada prinsipnya dilengkapi dengan 2 set dengan type yang sama dimana 1 set digunakan untuk *service* dan yang kedua sebagai *stand-by*.

2) Fuel Oil Circulating Dan Fuel Oil Supply Sistem

Sistem ini bertugas untuk mensuply bahan bakar ke engine. Sistem ini lebih dikenal dengan nama “ Fuel Oil Supply Unit”.

- i. Service Tank
Adalah tanki yang berfungsi untuk mensuplai bahan bakar ke engine selama operasi dan mempunyai kapasitas 8 -12 jam. Pada tanki ini dilengkapi dengan heater tank. Pemanasan ini bertujuan agar viskositas HFO tetap terjaga.
- ii. Three Way Cock.
Katup ini digunakan ketika terjadi pergantian bahan bakar yang disuplai ke mesin induk dari HFO ke MDO atau sebaliknya.
- iii. Supply Pump
Pompa yang digunakan adalah pompa jenis screw atau gear. Pompa ini menghisap bahan bakar dari service tank. Pompa yang digunakan adalah screw wheel atau gear wheel.

Syarat pompa adalah :

- Fuel oil viscosity, specified up to700 cSt at 50⁰C
- Fuel oil viscosity maximum..... 1000 cST
- Fuel oil flow..... 0.6 m³/h
- Pump head.....4 bar
- Delivery pressure..... .4 bar
- Working temperature..... .100⁰C

Karena pompa ini digunakan untuk mengalirkan zat cair dengan temperatur tinggi maka sebelum dioperasikan terlebih dahulu dilakukan pemanasan sebelum pompa di jalankan.

- iv. Circulating Pump

Pompa ini berfungsi meneruskan mengangkut bahan bakar dari supply pump dan juga dari venting box. Pompa yang digunakan adalah screw wheel atau gear wheel. Syarat pompa adalah :

Fuel oil viscosity, specified up to700 cSt at 50⁰C
Fuel oil viscosity normal.....20 cSt
Fuel oil viscosity maximum..... 1000 cST
Fuel oil flow..... 2 m³/h
Pump head.....6 bar
Delivery pressure..... .10 bar
Working tempereture..... 150⁰C

Karena pompa ini digunakan untuk mengalirkan zat cair dengan temperatur tinggi maka sebelum dioperasikan terlebih dahulu dilakukan pemanasan sebelum pompa di jalankan. Perbedaan

v. Fuel oil heater

Berfungsi untuk memanaskan bahan bakar sebelum masuk ke engine sesuai dengan temperatur yang direkomendasikan. Type heater yang dipakai adalah tube type atau plate heat exchanger type. Heater harus dapat bekerja pada :

Recomanded viscosity meter setting.....10-15 cSt
Fuel oil viscossty, specified up to700 cSt at 50⁰C
Fuel oil flow..... 2m³/h
Heat dissipation..... kWh
Pressure drop on oil side..... maximum 1 bar
Working pressure..... 150⁰C
Fuel oil inlet temperature..... approx. 100⁰C
Fuel oil outlet temperature..... . 150⁰C
Steam supply, saturated..... 7 bar abs.

vi. Fuel flow filter

Filter yang digunakan dapat berupa type duplex dengan pembersihan manual atau automatic filter dengan pembersihan manual by-pass filter. Spesifikasinya adalah sebagai berikut :

Fuel oil filter harus berdasar HFO dengan : 130 cSt at 80°C = 700 cSt at 50°C = 7000 sec Red-wood I/100 °F.

Working pressure..... 10 bar

Absolute fineness.....50 μ m

Working temperature..... maksimum 150°C

Oil Viscosity at working temperature..... .15 cSt

Pressure drop at clean filter..... maximum 0,3 bar

vii. Fuel oil venting box.

Bertugas untuk membebaskan gas/udara yang ada dan akan menampung cairan/liquid

viii. Auto de-aerating tank

Adalah peralatan yang digunakan untuk memisahkan sisa bahan bakar dari keluaran main engine, bahan bakar cair masuk ke venting box sedangkan bahan bakar berbentuk uap dialirkan ke service tank

2. Sistem Pelumasan

Sistem Pelumasan pada engine MAN dengan type S 35` MC adalah dengan menggunakan uni-lubricating oil system, Sistem ini digunakan untuk melumasi camshaft, bearing, journal bearing dan exhaust valve actuator. Sistem uni lubricating terbagi menjadi 2 bagian yaitu sistem purifying dan sistem pelayanan (servis). Sistem purifying digunakan untuk memisahkan pelumas dari kandungan cairan seperti misalnya air. Untuk mendinginkan pelumas supaya bisa mencapai nilai kurang dari 45° C maka digunakan cooler. Dengan adanya cooler ini diharapkan temperatur pelumas yang masuk ke engine bisa ≤ 45° C, dari engine pelumas akan dikumpulkan pada oil pan (calter) kemudian masuk ke sump tank. Kecepatan fluida pada sistem pelumas ini mencapai nilai 1,8 m/s.

Sedangkan pada turbocharge dengan menggunakan slide bearing, pelumasan dari main engine dilengkapi dengan sensor untuk UMS (Unattended Machinery Spaces). Pemurnian pada metoda UMS menggunakan centrifuges otomatis dengan total discharge difungsikan. Kapasitas nominal Lubricating oil centrifuges didasarkan pada rekomendasi pabrik pembuat yang sesuai ketentuan 0.136 l/kWh = 0.1 l / BHP.

Keluaran dari oli pelumasan ini akan lewat AB dan kemudian akan turun ke bottom tank. Untuk ventilasinya melewati port E yang langsung ke deck.

a. Lubricating Oil System

Pelumas dipompa dari sump tank (bottom) oleh pompa lubricating oil (LO) yang direkomendasi dengan menggunakan type pompa screw atau centrifugal, dengan spesifikasi pompa :

Lubricating oil viscosity, specified 75 cSt pada temperatur 50⁰ C.

- Lubricating oil viscosity..... maximum 400 cSt
- Lubricating oil flow 175 m³/h
- Design pump head 4,0 bar
- Delivery pressure 4,0 bar
- Max. working temperature..... 50⁰ C

400 cSt merupakan keadaan normal pada waktu starting dalam keadaan cold oil. Untuk dapat mengurangi daya litrik pada waktu starting pompa maka perlu ditambahkan bypass valve. Kapasitas aliran yang diberikan adalah dengan toleransi sebesar 12 % sedangkan untuk kapasitas aliran air pendingin dengan toleransi 10%. Head pompa berdasarkan total pressure drop yang melalui cooler dan filter maksimal 1 bar. Katup bypass diantara diantarapompa LO yang tersusun paralel boleh diabaikan jika pompa sudah tersedia saluran by pass atau pompa yang digunakan jenis sentrifugal. Selama kondisi Trial katup harus diatur sedemikian rupa dengan alat yang dapat menutup katup hanya jika luasan aliran minimum yang melalui katup memberi tekanan pelumas pada inlet yang menuju ke engine pada kondisi beban normal. Direkomendasikan untuk memasang katup dengan diameter 25 mm disertai sambungan pipa setelah pompa LO yang berfungsi untuk memeriksa kebersihan sistem pelumas selama menjalani prosedur pembilasan.

Cooler yang digunakan adalah cooler dengan jenis shell and tube yang terbuat dari bahantahan air laut atau bisa juga menggunakan type plate heat exchanger dengan bahan platnya terbuat dari titanium. Bahan ini digunakan jika tidak menggunakan air tawar pada sistem pendinginan engine. Spesifikasi cooler, adalah sebagai berikut :

- Lubricating oil viscosity specified 75 cSt pada 50⁰C
- Lubricating oil flow
- Heat dissipation..... 770 kW
- Lubricating oil temperature outlet cooler 45⁰ C
- Working pressure on oil side 4,0 bar
- Pressure drop on oil side..... maximum 0,5 bar
- Cooling water flow
- Cooling water temperature at inlet seawater... 32⁰ C

Freshwater 36⁰ C
 Pressure drop on water side maximum 0,2 bar

Kapasitas aliran lubricating oil memiliki toleransi 0 - 12%, Sedangkan toleransi untuk kapasitas aliran cooling water adalah 0 – 10%. Untuk menjamin bahwa cooler LO berfungsi dengan baik direkomendasikan temperatur sea water diatur supaya tidak kurang dari 10⁰ C.

Katup pengontrol temperatur (thermostetic valve) sebagai alat untuk mengontrol temperature pelumas yang sudah didinginkan, pada system ini digunakan katup dengan jenis three way yang diset untuk membuka pada temperature ≤ 45⁰C. Angka 45 diambil berdasarkan range temperatur inlet engine sebesar 40⁰ – 50⁰ C.

Full flow filter dipasang untuk menjamin bahwa kebersihan pelumas yang akan disuply ke engine. Spesifikasi dari full flow filter adalah sebagai berikut :

Lubricating oil flow
 Working pressure 4,0 bar
 Test Pressure according to class rules
 Absolute fineness 40 μ m
 Working temperature approximately 45⁰ C
 Oil viscosity at woring temperature 90-100 cSt
 Pressure drop with clean filter maximum 0.2 bar
 Filter to be cleaned at a pressure drop... maximum 0.5 bar

Full flow filter diletakkan terakhir sebelum ke main engine, jika yang dipasang jenis duplex harus mempunyai kapasitas yang cukup untuk mengalirkan pelumas pada setiap sisi filter dengan temperatur kerja. Pemasangan filter dengan back flushing harus memperhatikan hal berikut :

- 1) Laju aliran pelumas sebesar 175 m³/h, ditambah jumlah pelumas yang digunakan untuk back flushing supaya tekanan pelumas pada inlet engine dapat dijaga kebersihannya.
- 2) Dalam kasus penggunaan filter dengan automatically cleaned harus dipastikan filter membutuhkan tekanan pelumas lebih besar pada sisi inlet dibandingkan dengan tekanan pompa.

Pemasangan pompa booster jenis screw, gear atau centrifugal digunakan untuk melumasi exhaust valve actuator. Booster pump mampu bekerja pada temperature 60⁰ C dan memiliki head pompa minimum 6 bar. Bila menggunakan booster modul dari pabrik pembuat mesin maka yang sesuai untuk type 4 L42 MC adalah B-1.3-6 atau B-1.1-5 yang terdiri dari dua booster pump yang dilengkapi sistem kontrol. Pompa ini juga didesain untuk kondisi awal pada waktu start engine.

Storage tank pelumas harus mengikuti klasifikasi untuk dapat beroperasi secara normal pada kondisi dan sudut inclinasi sebagai berikut :

Atwarthships		Fore and Aft	
Static	Dynamic	Static	Dinamic
15	22,5	5	7,5

Volume minimum dari storage tank adalah sebesar 5,0 m³.

b. Cylinder Lubricating Oil System

Sistem pelumasan silinder berfungsi untuk melumasi silinder liner, silinder head dan lain sebagainya. Sistem ini difungsikan untuk melumasi silinder dengan sistem suply dilayani secara gravitasi dari oil service tank yang dilengkapi dengan pelampung untuk menjaga supaya level pelumasan selalu dalam kondisi konstan. Untuk ukuran dari service tank biasanya didesain untuk konsumsi selama 2 hari. Pelumasan silinder ini menggunakan SAE 50 dan dengan pelumas yang memiliki kadar TBN 70. Pada setiap silinder liner memiliki sejumlah orifice, alat inilah yang akan mendistribusikan minyak pelumas pada masing-masing silinder melalui kerja NRV, jika piston ring melewati orifice selama langkah keatas.

Cylinder lubricators dipasang pada sisi depan dan belakang engine, yang masing-masing memiliki kapasitas tersendiri untuk mengatur kuantitas pelumas. Inilah yang bias disebut dengan type Sight Feed Lubricator yang dilengkapi dengan sight glass pada masing-masing titik pelumasannya. Perlengkapan Lubricator antara lain :

- 1) Electrical heating coils, berfungsi untuk menjaga viskositasnya
- 2) Low Flow and Low Level Alarms, berfungsi untuk menjaga supaya isi / volume dari cylinder lubricator terpenuhi.

Lubricator merupakan dasar speed dependent design, dengan pompa tetap pada masing-masing putaran engine. Putaran dapat tergantung sesuai MEP sehingga lubricator dapat dilengkapi dengan Load Change Dependent. Dengan demikian laju pelumasan ke silinder dapat secara otomatis meningkat selama kondisi startin, manouver dan perubahan beban. Sinyal untuk Load Change Dependent didapat dari ;

Alternatif 1 : Kontak control khusus yang biasanya digunakan pada rangkaian dengan mechanical hydraulic governor.

Alternatif 2 : menggunakan governor elektrik

Laju pelumasan nominal untuk kondisi MCR adalah 0,9-1,4 g/kWh atau 0,65-1,0 g/BHP. Selama pengoperasian pertama kira-kira 1500 jam, direkomendasikan untuk menggunakan laju konsumsi yang paling atas yang proporsional dengan rumus $Q_p = Q \times (n_p/n)^2$.

Pompa pelumasan piston rod dan filter, filter yang digunakan didalam pompa dan fine filter dapat menggunakan buatan C.C Jensen

dengan type PR-0,6-5 3x380V/50Hz. Catridge filter ini terbuat dari sel fiber dan menggunakan partikel carbon dengan massa jenis kecil sekali yang dihilangkan tidak dengan cara diputar (centrifuge). Laju aliran pelumasan sebesar 0,6 m³/h dengan tekanan kerja 0,6-1,8 bar, temperatur kerja 50⁰ C, kehalusan saringan 1 μm, viskositas pelumas 75 cSt pada temperatur kerja dan pressure drop. Selain itu Jensen juga menyediakan modular unit yang sudah termasuk didalamnya berupa drain tank, circulating tank dengan heating coil, sebuah pompa dan finefilter dan juga dengan wiring, piping, katup dan instrumen lainnya.

c. Pemilihan Jenis Pelumas

Untuk menentukan jenis pelumas yang cocok dan sesuai harus memperhatikan standart ketentuan yang direkomendasikan oleh pabrik pembuat engine dengan grade viskositas SAE 30, TBN 5-10 dan SAE 50, TBN 70 untuk pelumasan silinder. Sehingga digunakan produk dari Castrol untuk jenis Marine CDX-30 dengan standart pengujian mengacu pada API.

3. Sistem Pendingin

Sistem pendingin yang biasa digunakan ada 2 macam, yaitu :

a) Sistem pendingin air laut

Merupakan sistem pendingin terpisah dalam pengertian masing – masing bagian yang didinginkan disediakan cooler sendiri – sendiri, fluida pendinginnya langsung dengan air laut.

Kerugian pada sistem ini :

- i) Memerlukan material komponen yang tahan korosi.
- ii) Biaya maintenance lebih besar
- iii) Bila terjadi salah satu komponen mengalami kerusakan akan menyebabkan komponen yang lainnya terganggu fungsinya.

Kelebihan sistem jenis ini :

- i) Maintenance lebih mudah
- ii) Biaya awal lebih murah.

Pada spesifikasi sistem pendingin untuk engine MAN & BW pendingin digunakan untuk mendinginkan minyak pelumas, jacket water, pendingin udara bilas.

b) Sistem Pendinginan Terpusat

Sistem pendingin ini didesain dengan hanya mempunyai satu head exchanger yang didinginkan dengan air laut, sedangkan untuk cooler yang lain termasuk jacket water, minyak pelumas, udara bilas, didinginkan dengan air tawar yang bertemperatur rendah. Sistem pendingin jenis ini sangat kecil peralatan yang berhubungan langsung dengan air laut sehingga masalah korosi dapat dikurangi.

Sistem pendingin terpusat terdiri atas tiga sirkuit yaitu :

1. Sea water circuit , merupakan pendingin dengan fluida air laut yang mendinginkan sentral cooler, sirkuit ini disuplai dengan pompa sea water pump, air laut diambil dari sea chest pada sisi kapal, out put aliran ini akan langsung dibuang keluar melau over board.
2. Fresh water sirkuit, dibagi lagi menjadi 2 yaitu:
 - a. High temperature circuit, digunakan untuk mendinginkan jacket water cooler, dimana fresh water dialirkan oleh jacket water pump, dan sisa – sisa penguapannya diolah pada deaerating tank untuk dimanfaatkan kembali untuk pendinginan.
 - b. Low temperature circuit, digunakan untuk mendinginkan Lube oil cooler dimana temperatur inletnya sebesar 36⁰C dan outletnya 43⁰C, mendinginkan scavenging(udara bilas).

a. Rule

Pada peraturan BKI 1996 vol.III sec. 11 I, dinyatakan bahwa:

- Sea Chest, hubungan ke laut
 - Sekurang-kurangnya 2 sea chest harus ada. Bilamana mungkin sea chest diletakkan serendah mungkin pada masing-masing sisi kapal.
 - Untuk daerah pelayaran yang dangkal, disarankan bahwa harus terdapat sisi pengisapan air laut yang lebih tinggi, untuk mencegah terhisapnya lumpur atau pasir yang ada di perairan dangkal tersebut.
 - Diharuskan suplai air laut secara keseluruhan untuk main engine dapat diambil hanya dari satu buah sea chest.
 - Tiap sea chest dilengkapi dengan suatu ventilasi yang efektif. Pengaturan ventilasi tersebut haruslah disetujui yang meliputi : Suatu pipa udara sekurang-kurangnya berdiameter dalam 32 mm yang dapat diputuskan hingga di atas deck bulk head. Adanya tempat dengan ukuran yang cukup di bagian dinding pelat.
 - Saluran udara bertekanan atau saluran uap melengkapi kelengkapan sea chest untuk pembersihan sea chest dari kotoran. Saluran tersebut dilengkapi dengan katup shut off yang dipasang di sea chest. Udara yang dihembuskan ke sea chest dapat melebihi 2 bar jika sea chest dirancang untuk tekanan yang lebih tinggi.
- Katup
 - Katup sea chest dipasang sedemikian hingga sehingga dapat dioperasikan dari atas pelat lantai (floor plates)
 - Pipa tekan untuk system pendingin air laut dipasang suatu katup shut off pada shell plating.
- Strainer
 - Sisi hisap pompa air laut dipasang strainer. Strainer tersebut juga diatur sehingga dapat dibersihkan selama pompa beroperasi. Bilamana air pendingin disedot oleh corong yang dipasang dengan penyaringnya, maka pemasangan strainer dapat diabaikan.
- Pompa pendingin air laut
 - Pembangkit penggerak utama kapal dengan menggunakan motor diesel harus dilengkapi dengan pompa utama dan pompa cadangan.
 - Pompa pendingin motor induk yang diletakkan pada pembangkit penggerak (propulsion plant) dipastikan bahwa pompa itu dapat memenuhi kapasitas air pendingin yang layak untuk keperluan motor induk dan Bantu pada berbagai jenis kecepatan dari propulsion plant. (untuk pompa cadangan digerakkan oleh motor yang independent)
 - Pompa air pendingin utama dan cadangan masing-masing kapasitasnya merupakan kapasitas maksimal air pendingin yang

- diperlukan oleh pembangkit. Atau sebagai alternatif tiga buah pompa air pendingin dengan kapasitas yang sama dapat dipasang. Bahwa dua dari pompa adalah cukup untuk menyuplai air pendingin yang diperlukan pada kondisi operasi beban penuh pada temperatur rancangan. Dengan pengaturan ini dimungkinkan untuk pompa yang kedua secara otomatis mengambil alih operasi hanya pada temperatur yang lebih tinggi dengan dikendalikan oleh thermostat.
- Pompa ballast atau pompa air laut lainnya dapat digunakan sebagai pompa pendingin cadangan.
 - Bilamana air pendingin dipasok oleh corong hisap (Scoop), pompa air pendingin utama dan cadangan harus dipastikan memiliki kapasitas yang menjamin keandalan pada operasinya pada pembangkit di bawah kondisi pembebanan parsial. Pompa air pendingin utama secara otomatis dibangkitkan sesegera mungkin bila kecepatan turun di bawah kecepatan yang diperlukan oleh corong.
 - System untuk pendingin air tawar
 - Sistem pendingin air tawar diatur sehingga motor dapat secara baik didinginkan di bawah berbagai kondisi suhu.
 - Menurut kebutuhan dari motor system pendingin air tawar yang diperlukan seperti:
 - a. Suatu sirkuit tunggal untuk keseluruhan pembangkit.
 - b. Sirkuit terpisah untuk pembangkit daya induk dan Bantu
 - c. Beberapa sirkuit independent untuk komponen motor induk yang memerlukan pendinginan (silinder, piston, dan katup bahan bakar) dan untuk motor bantu.
 - d. Sirkuit terpisah untuk berbagai batasan temperatur.
 - Sirkuit pendingin diatur sehingga bila salah satu sirkuit mengalami kegagalan maka dapat diambil alih oleh sirkuit pendingin yang lain. Bilamana perlu, dibuatkan pengaturan pengambilalihan untuk tujuan tersebut.
 - Sedapat mungkin pengatur suhu dari motor induk dan Bantu dibuatkan sirkuit yang terpisah dan independent satu sama lainnya.
 - Bilamana pada motor pembangkit otomatis, penukar panas untuk bahan bakar dan pelumas melibatkan sirkuit air pendingin, system air pendingin dimonitor terhadap kebocoran dari minyak bahan bakar dan pelumas.
 - System air pendingin umum untuk pembangkit induk dan bantu dipasang katup shut off untuk memungkinkan reparasi tetapi tidak mengganggu pelayanan dari system tersebut.
 - Penukar Panas, Pendingin
 - Pendingin dari system air pendingin, motor, dan peralatannya dipasang untuk menjamin bahwa temperatur air pendingin yang telah ditentukan dapat diperoleh pada berbagai jenis kondisi.

- Temperatur air pendingin dipasang sesuai untuk keperluan yang dibutuhkan oleh motor dan peralatan.
- Penukar panas untuk peralatan bantu pada sirkuit air pendingin utama jika memungkinkan dilengkapi dengan jalur by pass, bilamana terjadi gangguan pada penukar panas, untuk menjaga kelangsungan operasi system.
 - Dipastikan bahwa peralatan bantu dapat tetap bekerja saat perbaikan pada peralatan pendingin utama. Bilamana perlu diberikan pengalih aliran ke penukar panas yang lain, permesinan, atau peralatan sepanjang suatu penukaran panas sementara dapat diperoleh.
 - Katup shut off dipasang pada sisi hisap dan tekan dari semua penukar panas.
 - Tiap penukar panas dan pendingin dilengkapi dengan ventilasi dan corong kuras.
 - Tangki Ekspansi
 - Tangki ekspansi diatur pada ketinggian yang cukup untuk tiap sirkuit air pendingin. Sirkuit pendingin lainnya hanya dapat dihubungkan ke suatu tangki ekspansi umum jika tidak saling mempengaruhi satu sama lainnya, perhatian harus diberikan untuk memastikan bahwa kerusakan dan kegagalan dari system tidak dapat mempengaruhi system lain.
 - Tangki ekspansi dihubungkan dengan jalur pengisi, peralatan aerasi atau de aerasi, pengukur tinggi air, dan corong kuras.
 - Pompa Pendingin Air Tawar
 - Pompa air pendingin utama dan cadangan harus terdapat di setiap system pendingin air tawar.
 - Pompa air pendingin dapat digerakkan langsung oleh motor induk atau bantu yang mana dimaksudkan untuk mendinginkan sehingga jumlah pasok yang layak dari air pendingin dapat dicapai pada berbagai kondisi operasi.
 - Pompa air pendingin cadangan digerakkan secara independent oleh motor induk.
 - Pompa air pendingin cadangan berkapasitas sama seperti pompa air pendingin utama.
 - Motor induk dilengkapi sekurangnya oleh satu pompa pendingin utama dan cadangan. Bilamana menurut konstruksi dari motor memerlukan lebih dari satu sirkuit air pendingin, satu pompa cadangan dipasang untuk tiap pompa pendingin utama.
 - Suatu pompa air pendingin cadangan dari suatu system pendingin dapat digunakan sebagai suatu pompa cadangan untuk system lain yang dilengkapi dengan lajur sambungan yang memungkinkan. Katup shut off pada sambungan ini harus dilindungi dari penggunaan yang tidak diinginkan.

- Peralatan yang melengkapi system untuk pendinginan darurat dari system lain dapat disetujui jika system dan pembangkitnya sesuai untuk tujuan ini.
- Pengatur Suhu, Sirkuit air pendingin dilengkapi dengan pengatur suhu sesuai yang diperlukan dan sesuai dengan peraturan yang ada. Alat pengatur yang mengalami kerusakan dapat mempengaruhi fungsi keandalan dari motor yang dilengkapinya atau saat dia bekerja.
- Pemanasan Mula untuk Air Pendingin, Harus terdapat dan dilengkapi dengan pemanasan awal dari air pendingin.
- Unit Pembangkit Darurat, Motor bakar dalam pembangkit daya yang bekerja saat keadaan darurat dilengkapi dengan system pendingin yang independent. Seperti system pendingin yang dibuat untuk mengatasi kebekuan (freezing).

b. Engine Project Guide Tentang Sistem Pendingin

Dalam desain sistem pendingin ini ditentukan menggunakan sistem pendingin terpusat (central).

1) Jacket Cooling Water System

Jacket water cooling system digunakan untuk mendinginkan bagian cylinder liner, cylinder cover, dan juga exhaust valve dari main engine dan juga dapat memanaskan pipa drain bahan bakar.

Pompa jacket water cooler membawa air dari outlet jacket water cooler dan mengirimkannya ke mesin utama.

Pada daerah inlet dari jacket water cooler terdapat katup pengatur temperatur, dengan sensor pada engine cooling water outlet yang menjaga temperatur dari air pendingin tetap pada posisi 80°C.

Air pendingin jacket harus sangat hati-hati dalam memperlakukannya, merawat, dan juga memonitornya sehingga dapat mencegah terjadinya perkaratan, kelelahan yang diakibatkan korosi, kavitasi. Dalam hal ini direkomendasikan untuk memasang preheater jika preheating tidak tersedia pada auxiliary engine jacket cooling water system.

Pipa pernapasan dalam tangki ekspansi harus berakhir di bawah bagian terendah dari air yang ada di tangki tersebut, dan tangki tersebut harus di letakkan paling tidak 5 meter diatas pipa outlet dari air pendingin.

Untuk exsternal pipe, maximum water velocities yang harus diikuti adalah :

- Jacket water3,0 m/s
- Seawater3.0 m/s

Componen jacket water system, antara lain :

2) Jacket water cooling pump

- Pompa dengan type centrifugal
- Jacket water flow32 m³/h
- Pump head3 bar
- Delivery pressuredepend on position of expansion tank
- Test pressureaccording to class rule
- Working temperaturenormal 80⁰ C, max 100⁰ C

Kapasitas tersebut merupakan kapasitas hanya untuk main engine saja, pump head dari pompa tersebut untuk menghitung total actual pressure drop yang terjadi sepanjang sistem cooling water sistem tersebut.

3) Jacket Water thermostatic valve

Temperatur kontrol sistem dapat menggunakan katup tiga arah yang dipasang sebagai katup pengalih, dengan mengalirkan dengan jalan pintas seluruh atau sebagian jacket water disekitar jacket water cooler.

Sensor diletakkan pada keluaran dari mesin utama, dan level temperatur haruslah dijaga pada range 70 - 90⁰C.

4) Jacket water preheater

Ketika preheater diinstall pada jacket cooling water system, untuk mengetahui aliran air dan juga kapasitas dari pompa adalah 10% dari kapasitas dari pompa water jacket utama. Berdasarkan pada pengalaman, direkomendasikan pressure drop pada preheater sekitar 0.2 bar. Pompa preheater dan pompa utama harus terkunci secara electric untuk menghindari resiko dari operasi simultan.

Kapasitas dari preheater tergantung pada permintaan lamanya waktu pemanasan dan kebutuhan peningkatan temperatur dari air jacket.

Pada umumnya, temperatur meningkat sekitar 35⁰C (dari 15⁰C menjadi 50⁰C).

5) Expansion tank

Total dari volume ekspansi harus memenuhi 10 % dari total air pada sitem di jacket cooling. Sesuai dengan petunjuk bahwa volume tanki exspansi untuk keluaran dari main engine berdayan antara 2700 kW dan 15000 kW adalah 1.00m³.

c. Central Cooling Water System

Sistem pendingin ini didesain dengan hanya mempunyai satu head exchanger yang didinginkan dengan air laut, sedangkan untuk cooler yang lain termasuk jacket water, minyak pelumas, udara bilas, didinginkan dengan air

tawar yang bertemperatur rendah. Karakteristik pada sistem pendingin engine MAN yang menggunakan jenis ini dengan tujuan untk mencegah temperatur udara bilas yang terlalu tinggi, desain temperatur pendingin untuk fresh water low temperatur biasanya sebesar 36⁰C, yang berkaitan dengan temperatur maksimum air laut sebesar 32⁰C.

Rekomendasi dari MAN agar menjaga temperatur inlet air pendingin pada bagian cooler pembilasan udara pada main engine serendah mungkin hal ini juga diterapkan pada sistem pendinginan terpusat. Ini artinya bahwa temperatur katup pengontrol didalam fresh water low temperatur (FW-LT) diset minimum 10⁰C, sebaliknya temperatur mengikuti temperatur air laut diluar kapal jika melebihi 10⁰C.

Untuk koneksi pipa eksternal, velocity dari air untuk keadaan maksimum mengikuti :

Jacket water	3.0 m/s
Central cooling water (FW-Lt	3.0 m/s
Seawater	3.0 m/s

Komponen untuk seawater system

- Pompa Sea water
 - Kapasitas sea water 105 m3/h
 - Head pompa..... 2,5 bar
 - Temperatur kerja normal 0 - 32⁰C
 - Temperatur kerja maksimum 50⁰C

Kapasitas ini diberikan toleransi sebesar 10%. Beda tekanan pompa ditentukan berdasar total tekanan yang hilang saatmelalui sistem cooling water.

- Central cooler

Cooler boleh menggunakan jenis shell and tube atau plate dan terbuat dari bahan yang tahan korosif.

Panas yang hilang.....	2200 kW
Debit aliran pendingin.....	105 m3/h
Temperatur keluar cooler	36 ⁰ C
Tekanan hilang pada sisi central cooling max.	0,2 bar

Tekanan yang hilang boleh besar, tergantung pada desain aktual cooler

Panas yang hilang dan debit sea water didasarkan pada output MCR pada kondisi tropis dan temperatur udara ruang 45⁰C. Pengoperasian

pada beban berlebih pada kondisi tropis akan meningkatkan temperatur sistem pendingin dan juga mempengaruhi performance engine.

- Pompa central cooling

Pompa yang digunakan jenis sentrifugal

Debit air tawar	105m ³ /h
Head pompa.....	2,5 bar
Temperatur kerja normal	80 ^o C
Temperatur kerja max	90 ^o C

Debit aliran pada bagian ini diberikan toleransi sebesar 10%. Data kapasitas hanya diperuntukkan pada main engine. Perbedaan tekanan yang disediakan pada pompa ditentukan berdasarkan total tekanan yang hilang pada sistem cooling water.

- Katup thermostatic central cooling water

Temperatur rendah pada sistem pendingin dilengkapi dengan three way valve, dihubungkan dengan katup pencampur, dimana tersambung semuanya atau bagian air tawar mengelilingi central cooler.

- Jacket water cooler

Cooler dapat menggunakan jenis shell and tube atau plate

Panas yang hilang	580 kW
Debit aliran	36 m ³ /h
Temperatur inlet jacket water cooler	80 ^o C
Tekanan maksimal yang hilang	0,2 bar
Debit FW- LT 105 m ³ /h	
Temperatur inlet FW-LT	42 ^o C
Tekanan yang hilang pada FW-LT maks	0,2 bar

Panas yang hilang dan debit FW-LT ditentukan berdasarkan output MCR pada kondisi tropis, temperatur maksimum sea water 32^oC dan temperatur udara ruang 45^oC

- Cooler udara bilas

Cooler ini terintegrasi secara langsung dengan engine

Panas yang hilang.....	1920 kW
Debit FW-LT	105 m ³ /h
Tempewratur inlet FW-LT	360C
Tekanan hilang pada FW-LT.....	0,5 bar

Diagram alir sistem pendingin yang direkomendasikan MAN & BW , untuk type Sea water cooling dan Central cooling adalah sebagai berikut

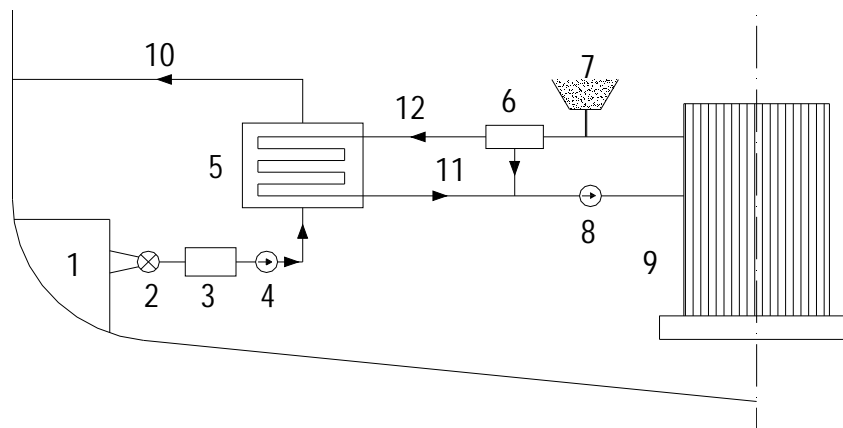
Mengingat motor induk digunakan di kapal sebagian besar menggunakan pendinginan air, maka akan dibahas operasi system

pendinginan tertutup (air tawar) dan system pendinginan terbuka (air laut). Sistem pendinginan tertutup pada motor kapal terdiri atas dua peredaran, yaitu peredaran air tawar merupakan sistem yang harus ada pada mesin itu sendiri, sama seperti sistem pendinginan pada mesin mobil.

Salah satu perbedaan antara instalasi air tawar pada motor induk dilaut dan motor di mobil adalah bahwa pada motor laut penggabungan pendinginan dan radiator di dalam instalasi yang membawa panas di dinginkan oleh air laut, atau bahkan juga oleh angin, sedangkan pada motor mobil tidak terdapat instalasi peredaran air laut.

Cara Kerja

Air laut diisap oleh pompa melalui kotak laut (1) yang ditutup oleh kisi – kisi untuk mencegah masuknya benda – benda kasar. Selanjutnya katup jenis kingstone (2) ditempatkan dibelakang kotak laut untuk menghentikan masuknya air laut jika terjadi kebocoran pada pipa atau bagian yang lainnya. Sebelum air masuk pompa, terlebih dahulu harus masuk filter (3) untuk menjaring atau mengendapkan partikel – partikel kecil. Setelah keluar dari filter, air dipompakan (4) kedalam pendinginan (5) guna mendinginkan air tawar yang keluar dari motor (12), sedangkan air laut langsung dibuang kelaut (10). Air tawar yang telah didinginkan dipakai kembali untuk mendinginkan motor (11) dengan menggunakan bantuan pompa penghantar (8). Antara pendingin dengan motor dipasang termosfat (6) untuk mengatur temperatur air pendinginan dan ditempatkan pula tangki ekspansi (7) yang berguna untuk mencegah naiknya tekanan air tawar yang mengembang karena panas dan untuk mengawasi sebagian air tawar yang hilang.

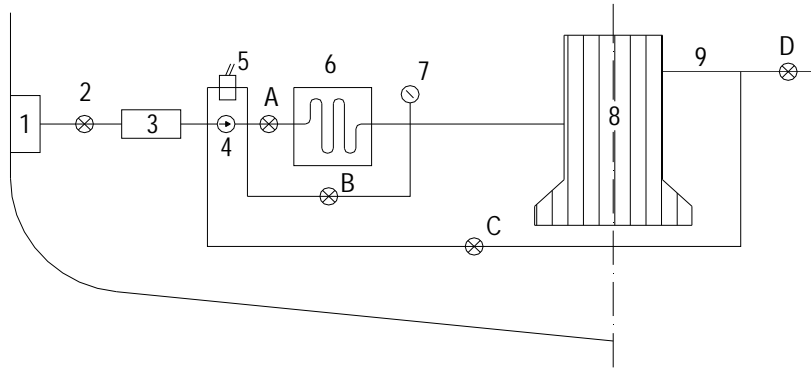


Gambar 15.7 Diagram system pendinginan air tawar

1. Kotak laut (sea chest)

2. Kongston Valve
3. Saringan/Filter
4. Pompa
5. Tangki pendingin
6. Termosfat
7. Tangki pendingin
8. Pompa
9. Mesin utama
10. Air laut keluar
11. Air tawar masuk mesin sebagai pendingin
12. Air tawar keluar dari mesin untuk di dinginkan.

Pada system pendingin terbuka, motor didinginkan langsung dengan air laut. Air laut masuk melalui kotak laut (1) melewati katup jenis kingstone (2) dan filter (3) menuju pompa (4) untuk dialirkan kemotor (5) melewati kotak pendingin (6) dan manometer (7) untuk mengukur besarnya tekanan air laut sebelum masuk kemotor. Tekanan pada manometer turun.



Gambar 15.8 Diagram system pendinginan air laut

1. Kotak laut (sea chest)
2. Kingstone valvae
3. Saringan
4. Pompa
5. Katup pengaman
6. Tangki pendingin
7. Manometer
8. Mesin keduk
9. Pipa buang.

G. Sistem Sanitary & Sewage

1. Sistem Sanitary

Sistem Sanitary atau bisa disebut domestic water system adalah sistem distribusi air bersih (fresh water) di dalam kapal yang digunakan oleh ABK dalam memenuhi kebutuhan akan air minum dan memasak, untuk mandi, mencuci dan lain-lain. Sedangkan untuk kebutuhan di WC (water closed) maka dengan perencanaan sistem yang sama digunakan sistem air laut (sea water) yang disuplai ke tiap deck yang memiliki kamar mandi. Kedua sistem pelayanan diatas memiliki dasar kerja yang sama menggunakan pompa otomatis untuk mensuplai fluida ke tangki yang sudah memiliki tekanan (hydropore) yang disuplai dari sistem udara tekan. Udara tekan ini direncanakan memiliki head dan tekanan yang memadai untuk dapat mensuplai air ketempat yang memerlukan, diantaranya kamar mandi, laundry room, galley, dan wash basin. Pompa dioperasikan secara otomatis dengan swicth tekanan yang bekerja berdasar level air yang dikehendaki [DA. Taylor].

- a. Fungsi sistem sanitari.
 - Untuk melayani ABK dalam kebutuhan untuk saniter.

- Diperlukan dalam proses treatment fecal sebagai pembilas.
- b. Bagian-bagian dari sistem sanitari.
 - Closet dan urinal.
 - Pompa dan peralatan outfitting.
 - Hydrophore.
 - Filter.
 - Tangki.
 - Sewage treatment plan.
- c. Hal yang perlu dipertimbangkan dalam mendesain sistem sanitary.
 - Toilet dan kamar mandi pada tiap-tiap deck diusahakan satu jalur, untuk tujuan instalasi sederhana dan memudahkan dalam maintenance.
 - Kapasitas tangki fecal dan urinal disesuaikan dengan jumlah ABK dan lama pelayaran.

2. Sewage Treatment

Pembuangan limbah yang tidak ditreatment di perairan teritorial pada umumnya tidak diperbolehkan oleh peraturan perundang-undangan. Peraturan Internasional berlaku untuk pembuangan limbah dalam jarak yang ditetapkan dari daratan. Sebagai hasilnya semua kapal harus mempunyai sistem pembuangan limbah sesuai dengan standar yang ditentukan.

Secara alami limbah menyerap oksigen dan bila dalam jumlah yang besar dapat mengurangi oksigen. Kandungan limbah yang dibuang secara langsung dapat menyebabkan ikan dan tumbuhan dilaut mati. Selain itu limbah juga mengandung bakteri yang menghasilkan gas sulfide hydrogen yang berbau busuk. Bakteri yang berasal dari kotoran manusia atau disebut juga dengan E.Coli dihitung dari suatu pengukuran sample air untuk menandai berapa jumlah bakteri yang terkandung dalam limbah.

Ada dua jenis system untuk penanganan limbah, yaitu:

1. Metode kimia (Chemical Method), adalah metode yang pada dasarnya menggunakan suatu tangki untuk menampung limbah padat dan akan dibuang pada area yang diijinkan pada tempat penampungan limbah di pantai.
2. Metode biologi (Biological Method), adalah perlakuan sedemikian rupa sehingga limbah dapat diperbolehkan untuk dibuang ke pantai.

a. Chemical Sewage Treatment

Sistem ini meminimalkan limbah yang dikumpulkan dan mengendapkannya sampai dapat dibuang ke laut. Dengan cara mengurangi kandungan cairan sesuai dengan peraturan perundang – undangan.

Pembuangan limbah dari pencucian, wash basin, air mandi dapat langsung dibuang ke overboard. Cairan dari kakus dapat digunakan lagi sebagai air pembilas untuk kamar mandi. Cairan harus diolah sedemikian rupa dalam kaitannya dengan penampilan dan bau yang dapat diterima. Berbagai bahan kimia ditambahkan pada poin – poin berbeda untuk bau dan perubahan warna dan juga untuk membantu dalam penguraian dan sterilisasi.

Suatu communitor digunakan untuk memisahkan limbah dan membantu proses penguraian kimia. Material padat disimpan dalam settling tank dan disimpan sebelum dibuang ke sullage tank: cairan didaur ulang untuk digunakan sebagai pembilasan. Test harus dilakukan setiap hari untuk memeriksa dosis bahan kimia. Hal ini untuk mencegah bau yang menyengat dan juga untuk menghindari karatan.

b. Biological Sewage Treatment

Pembuangan limbah yang ditreatment sedemikian rupa sehingga limbah dapat dibuang dipantai

3. Hydropore

Peran air pressure system pada sistem Hydrophore berfungsi sebagai pemberi bantalan udara bertekanan pada tangki hydrophore. Bantalan udara memberi tekanan pada air didalam tangki hydrophore hingga mencapai tekanan maksimum. Pada tekanan maksimum ini pompa mulai tidak dapat bekerja. Sedangkan jika saluran air dibuka air akan mengalir sebagai akibat tekanan yang diberikan oleh bantalan udara, air yang keuar menyebabkan volume ruangan didalam tangki hydrophore bertambah maka akan mengurangi tekanan tangki hydrophore. Jika tekanan turun sampai pada tekanan 3,73 kg/cm², maka pressure relay switcher akan bekerja otomatis menghidupkan Fresh Water Pump dan mengisi kembali tangki hydrophore hingga volume udara berkurang dan tekanannya meningkat. Selanjutnya jika tekanan mencapai 5,5 kg/cm², maka pompa akan diberhentikan secara otomatis melalui pressure relay switcher.

Hydropore digunakan untuk melayani sistem air tawar atau air laut yang diperlukan untuk sanitari, air minum, dan air tawar. Pertimbangan perhitungan kapasitasnya dengan memperhatikan jumlah ABK dan berdasar standart U.S. sebesar 114 liter/orang/hari sehingga didapatkan spesifikasi hydropore UH 102 produk dari SHINKO dengan kebutuhan udara tekan sebesar 5 bar. Kebutuhan udara tekan ini akan di suplai dari sistem udara tekan melalui reduction valve untuk menurunkan tekanan dari 30 bar menjadi 5 bar.

4. Recirculating Holding System

Sistem ini tidak didesain untuk menghasilkan saluran yang memadahi untuk membuang sewage dalam area yang terkontrol. Sistem ini didesain untuk memenuhi jumlah minimum kotoran sanitari kapal selama kapal berlabuh. Kemudian dapat dipompakan keluar pada area bebas atau fasilitas yang didapat dari pelabuhan. Cairan yang memenuhi diminimumkan oleh pembuangan air yang sudah kotor dari shower, bak mandi, pencuci tangan, dapat langsung dibuang ke overboard dan dengan menggunakan cairan yang dikumpulkan didalam holding tank sebagai pembilas dan media pemindah. Parameter sistem ini untuk menghasilkan cairan yang disirkulasi ulang sehingga akan diterima dengan layak dan relatif tidak berbahaya. Kotoran yang memenuhi harus diterima setelah periode pengendapan yang lama ke fasilitas pelabuhan. Pada desain untuk kapal ini menggunakan jenis chemical recirculating sistem. Penting sekali untuk menjaga kadar kimia secara tepat dan ini ditentukan oleh pengambilan sample setiap hari dan dilakukan tes kimia yang sederhana, Kegagalan untuk menjaga kadar yang tepat dapat dihasilkan dari bau kimia dari air bilas dan warna yang pekat. Dengan kadar yang tidak tepat memungkinkan untuk meningkatkan alkaline yang akan menyebabkan korosi pada pipa dan tangki.

5. Rules mengenai Sistem Sanitari BKI Volume III 1996

Adapun peraturan kelas yang penting sebagaimana diatur dalam Volume III BKI 1996 dalam merencanakan sistem sanitari di kapal adalah sebagai berikut:

Pipa-pipa pembuangan dari pompa-pompa pembuang air kotor harus dilengkapi dengan storm valve dan pada sisi lambung dengan gate valve. Katup tak balik harus diatur pada bagian hisap atau bagian tekan dari pompa air kotor yang bekerja sebagai alat pelindung aliran kembali kedua.

Pipa-pipa pengering saniter yang terletak di bawah geladak sekat pada kapal-kapal penumpang, harus dihubungkan dengan tangki pengumpul kotoran. Umumnya tangki semacam itu akan dilengkapi untuk tiap-tiap kompartemen kedap air.

Jika pipa-pipa pengering dari beberapa kompartemen kedap air dihubungkan pada satu tangki, pemisahan kompartemen-kompartemen ini harus terjamin dengan gate valve (remote controlled gate valve) jarak jauh pada sekat kedap air. Katup tersebut harus dapat dilayani dari atas geladak sekat dan dilengkapi indicator dengan tanda terbuka atau tertutup.

Bahan-bahan pipa umumnya harus tahan terhadap korosi baik pada bagian dalam maupun pada bagian luar. Hasilnya tidak menunjukkan kotoran padat yang terapung, berwarna, dan mencemari air sekitar.

BAB XVI

JANGKAR DAN PERLENGKAPANNYA

Jangkar dan perlengkapannya adalah sesuatu bagian yang kompleks dari bagian-bagian mekanismenya. Kegunaan jangkar ialah, untuk membatasi gerak kapal pada waktu labuh di pelabuhan, agar kapal tetap pada kedudukannya, meskipun mendapat tekanan oleh arus laut, angin, gelombang dan sebagainya.

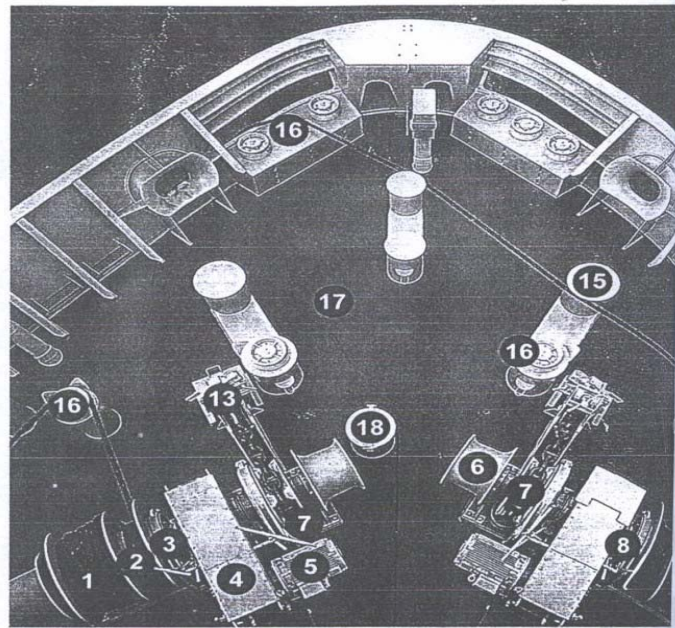
Kecuali itu berguna untuk membantu penambatan kapal pada saat diperlukan. Ditinjau dari kegunaan, maka jangkar beserta perlengkapannya harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Jangkar-jangkar diatas kapal harus memenuhi persyaratan mengenai berat, jumlah dan kekuatannya
- Panjang, berat dan kekuaan rantai jangkar harus cukup
- Rantai jangkar harus diikat dengan baik dan ditempatkan sedemikian rupa sehingga dapat di lepaskan dari sisi luar bak rantainya.
- Peralatan jangkar termasuk bentuknya, penempatannya dan kekuatannya harus sedemikian rupa hingga jangkar itu dengan cepat dan mudah dilayani
- Harus ada jaminan, agar pada waktu mengeluarkan rantai, dapat menahan tegangan-tegangan dan sentakan-sentakan yang timbul.

Berdasarkan ketentuan di atas maka setiap perlengkapannya jangkar mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

1. Letak, jumlah dan berat jangkar
2. Ukuran dan panjang rantai
3. Mekanismenya

1 Overview of Anchor and Mooring Gear



Gambar 16.1 perlengkapan jangkar

A. JANGKAR

1. JENIS JANGKAR

Menurut bentuknya secara garis besar dapat dibagi menjadi dua golongan :

1. Yang lengannya tak bergerak tetapi dilengkapi dengan tongkat
2. Yang lengannya bergerak tetapi tidak dilengkapi dengan tongkat (*stock*)

Disamping pembagian tersebut diatas terdapat jenis-jenis lain tetapi pemakaiannya amat jarang dan untuk kebutuhan-kebutuhan tertentu dan untuk kapal khusus

Misalnya : - jangkar berlengan banyak
- jangkar special

Kapal-kapal niaga pelayaran besar pada umumnya dilengkapi dengan jangkar-jangkar sebagai berikut :

- a) 3 (tiga) buah jangkar haluan (satu tidak dipergunakan, hanya sebagai cadangan)
- b) Sebuah jangkar arus
- c) Sebuah jangkar cemat

Jangkar Haluan : adalah jangkar utama yang digunakan untuk menahan kapal di dasar laut dan selalu siap terpasang pada lambung kiri dan kanan haluan kapal, jangkar haluan ini beratnya sama.

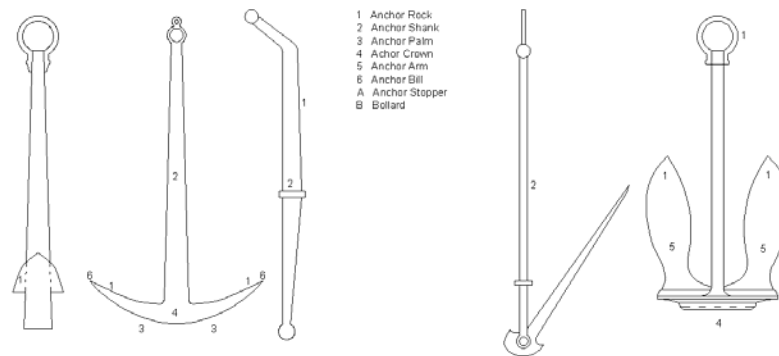
Jangkar haluan cadangan merupakan jangkar yang selalu siap sebagai pengganti apabila salah satu hilang, jangkar haluan cadangan ini ditempatkan di bagian muka dekat haluan, agar selalu siap bilamana diperlukan.

Jangkar Arus : jangkar ini ukurannya lebih kecil kira-kira 1/3 berat jangkar haluan. Tempatnya dibagian buritan kapal digunakan seperti halnya jangkar haluan yaitu menahan buritan kapal, supaya tidak berputar terbawa arus.

Pada kapal-kapal penumpang yang berukuran besar, kadangkadangkang jangkar ini ditempatkan di geladak *orlop* (geladak pendek yang terletak di bawah geladak menerus) apabila demikian halnya maka jangkar tersebut dinamakan jangkar buritan dan beratnya sama dengan jangkar haluan.

Oleh karena itu bila ada jangkar buritan, maka tidak perlu ada jangkar haluan cadangan.

Jangkar Cemat : jangkar ini ukurannya lebih kecil, beratnya 1/6 kali jangkar haluan. Gunanya untuk memindahkan jangkar haluan apabila kapal kandas (diangkat dengan sekoci).



Gambar 16.2 jangkar

2. GAYA YANG BEKERJA PADA JANGKAR

Pada waktu kapal berlabuh (membuang jangkar) pada kapal bekerja gaya-gaya sebagai berikut :

1. Gaya tekanan angin yang ada pada batas di atas permukaan air, di sini diperhitungkan super structure dan deck house
2. Gaya tekanan air pada bagian bawah

3. Gaya energi yang ditimbulkan oleh gelombang

System gaya dalam keadaan setimbang bila jumlah gaya luar T yang terdapat pada lubang rantai jangkar C akan sama besarnya dengan gaya tarik dari jangkar A sebesar TO dengan catatan arah TO terletak di bidang horizontal. Keseimbangan tidak akan terjadi kalau rantai di titik A membentuk sudut dengan bidang horizontal.

Besarnya TO agar supaya seimbang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$1) \quad TO = q \frac{l^2 - h^2}{2h} \quad (k)$$

l = panjang rantai jangkar dari titik A-C (dalam meter)

h = dalamnya laut di mana kapal berhenti dari titik C ke dasar (dalamnya meter)

q = koefisien berat jangkar + rantai jangkar (kg/ m)

panjang rantai jangkar (1) dari A-C dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

(minimal dapat menahan kapal / dalam seimbang)

$$l = \sqrt{2,1 \cdot \frac{h}{q} \cdot k \cdot Gd + h^2} \quad (m)$$

Atau dengan cara baslovki

$$l = h \sqrt{\frac{2 F_o \cdot k}{p \cdot h} + 1} \quad (m)$$

Dengan catatan sebagai berikut :

- Fo = gaya yang berpengaruh pada kapal (gaya tekan angin + arus laut)
Fo = Fo₁ + Fo₂ (lihat rumus di belakang)
- Gd = berat jangkar (kg)
- k = koefisien gaya tekan pada jangkar
koefisien dinamika yang tergantung besar gaya di kapal
- K = 1,1 ~ 1,4
- P = berat rantai jangkar dalam 1 m panjang di dalam air laut.
(dalam kg)
- P₁ = berat rantai jangkar dalam 1 m panjang di udara
- P = 0,78 pi.

Besarnya gaya T_o dapat juga dihitung dengan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$\text{II). } T_o = k. Gd + F \text{ (kg)}$$

Dimana : F = gaya singgung rantai denan dasar laut
= $\pm 5\%$ dari jumlah besar gaya tahan dari

seluruh rantai

atau rumus dengan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$\text{III). } T_o = 1,05. k. Gd \text{ (kg)}$$

Gaya tekan angin pada kapal
(F_o)

$$F_o = (0,075 - 0,085) SH. w^2 \text{ (kg)}$$

Dimana : w : kecepatan angina (m/det.)

SH : luas proyeksi bagian kapal diatas permukaan air pada bidang yang tegak lurus arah angina (m^2)

Gaya tekan arus laut pada kapal (F_{o2})

$$F_{o2} = 6. S. V_T^2 \text{ (kg)}$$

V_T = kecepatan arus (m/det)

S_i = luas proyeksi kapal bagian bawah permukaan air tegaklurus arah arus (m^2)

Dalam percobaan-percobaan yang sering dilakukan dalam Exploitasi untuk mempermudah pemberhentian kapal yang dalamnya laut h meter maka kapal harus mempunyai rantai jangkar yang panjangnya tidak kurang dari : A-C

Radius lingkaran posisi kapal pada saat lego jangkar.

Karena pengaruh angina dan arus pada saat kapal berlabuh (membuang jangkar) akan merubah letak kapal menurut letak lingkaran dengan radius l ingkaran sebagai berikut :

$$R = P + L$$

Dimana P = proyeksi pada bidang horizontal panjang rantai jangkar sampai dari lobang jangkar sampai jangkar yang ada di dasar laut.

$$p = \sqrt{l^2 - h^2}$$

l = Panjang rantai jangkar (dianggap lurus)

L = Panjang kapal (m)

Dalam keadaan Extreem, karena pengaruh arus laut angin keras, gelombang dan sebagainya kapal dan jangkar bergeser dari kedudukan semula. Pertambahan radius sirkulasi tersebut di atas kita beri notasi ΔR .

Maka perhitungan radius sirkulasi menjadi sebagai berikut :

$$(m) \quad R = p + L + \Delta R$$

3. UKURAN JANGKAR

Seperti dijelaskan di atas berat jangkar ditentukan oleh peraturan :

a) *Dari peraturan BKI* berat jangkar dapat ditentukan dari table 24 dengan menentukannya angka petunjuk Z terlebih dahulu yang dibedakan menurut jenis kapalnya :

1. *Kapal barang, kapal penumpang dan kapal keruk :*

$Z = 0,75 L.B.H + 0,5$ (volume ruang bangunan atas dan rumah-rumah geladak)

2. *Kapal Ikan :*

$Z = 0,65 L.B.H + 0,5$ (volume ruang bangunan atas dan rumah-rumah geladak)

3. *Kapal tunda :*

$Z = L.B.H + 0,5$ (volume ruang bangunan atas dan rumah-rumah geladak)

Dengan catatan

- Bila angka petunjuk tersebut ada diantara dua harga table yang berdekatan, maka alat-alat perlengkapan tersebut ditentukan oleh harga yang terbesar.
- Untuk kapal-kapal di mana geladak lambung timbul adalah geladak kedua maka untuk H dapat diambil tinggi sampai geladak kedua tersebut.

Sedangkan bangunan antara geladak tersebut dan geladak kekuatan dapat diperhitungkan sebagai bangunan atas.

b) *Peraturan Bureau Veritas : (1965)*

Jumlah dan berat jangkar dapat ditentukan dari table 21 dengan menghitung terdahulu besarnya "Equipment number" sebagai berikut :

$$\Sigma N = L.B.H. + \frac{S}{2} + \frac{S'}{4}$$

Dimana :

S = volume bangunan diatas dasar m³ (*superstructure*)

S' = volume rumah-rumah geladak dalam m³ (*deck house*)

(c) *Peraturan Liloyd Regiter of Shipping (1975)*

Dengan menghitung "Equipmet number" terlebih dahulu sebagai berikut :

$$\Sigma.N = \Delta^{2/3} + 2 Bh + \frac{A}{10} \text{ (untuk ukuran dalam metric)}$$

$$\Sigma.N = 1,012\Delta^{2/3} + \frac{BH}{5,382} + \frac{A}{107,64} \text{ (ukuran dalam British unit)}$$

Dimana

Δ = *moulded displacement* pada waktu *summer load unter line* dalam ton (1000 kg) atau tons (1016 kg)

B = lebar kapal terbesar dalam meter atau feet

h = tinggi lambung timbul ditambah tinggi bangunan atas dan rumah geladak yang lebarnya > B/4, dalam meter atau feet

A = Luas penampang samping badan kapal, *superstructure* dan *deck house* yang lebar > B/4, diatas *summer load line*.

Dalam meter² atau feet² (m² atau fit²)

Dari angka petunjuk Z, atau *Equipment number* ΣN didapatkan :

- Jumlah dan berat jangkar
- Panjang dan diameter tali penarik dan tali tambat
- Panjang dan diameter rantai jangkar

Dari berat jangkar didapatkan ukuran dasar (*basic dimension*) yang merupakan dasar ukuran yang lainnya.

$$\text{Basic dimension} = a = 22,6922 \sqrt[3]{Gd} \text{ (dalam mm)}$$

Dimana : Gd = berat jangkar dalam kg

Angkat yang lenggannya berensel tanpa stock

Umumnya dipergunakan sebagai jangkar haluan, mahkota (*crown*) ari *Hall Anchor* adalah merupakan bagian dari jangkar tersebut, dimana tiang jangkar bergerak.

Pada mahkota tersebut terdapat engsel yang berputar keliling sebuah poros yang tetap. Apabila jangkar tersebut dijatuhkan maka pada tiang yang terdapat gaya yang sejajar dengan dasar laut, maka pada telapaknya akan terdapat tegangan. Dengan demikian maka lengan kedua-duanya akan memutar ke bawah dan tangannya akan menunjam ke bawah.

Pada suatu kedudukan tertentu (sudut antara tiang dan lenggannya adalah 45°) maka tiang akan menekan pada bagian dalam dari mahkotanya, sehingga dengan demikian jangkar itu akan masuk lebih dalam ke dalam tanah selama ada gaya pada batangnya yang arahnya sejajar dengan tanah mengarah ke rantainya.

Apabila gaya itu makin mengarah ke atas, maka gaya tersebut berfungsi sebagai penungkit yang akan memaksa tangan itu ke luar dari tanah (terjadi pada waktu hibob – atau tarik jangkar)

Kedudukan dari batang jangkar terhadap dasar laut sangat penting agar jangkar itu dapat menahan kapal dengan baik. Kedudukan dari batangnya dipengaruhi oleh berat dan panjang rantai.

Sampai saat ini terdapat sejumlah besar jenis jangkar seperti ini, yang hanya berbeda dalam bentuknya saja akan tetapi prinsipnya adalah seperti diterangkan di atas. (lihat gambar 11).

Keuntungan jangkar ini (berensel) dibandingkan dengan jangkar bertongkat :

- Mudah dilayani
- Batangnya dapat lurus dimasukkan ke dalam orlupnya (*hawse pipe*)
- Lengan atau sendoknya dapat masuk kedua-duanya ke tanah

Kerugiannya :

- Kurang kekuatan menahannya
- Untuk kekuatan menahan yang sama jangkar bersensel lebih berat dari jangkar bertongkat (20% lebih berat).

Dengan catatan : berat tongkat diabaikan atau tidak diperhitungkan

B. RANTAI JANGKAR (ANCHOR CHAIN)

Rantai terdiri atas potongan-potongan antara satu segel (*shackle*) dengan segel lainnya yang berupa potongan panjangnya masing-masing 15 fathoms (depa)

Oleh Lloyd's Register ditentukan bahwa satu segel panjangnya 15 fathoms = 27,45 atau 25 m. kemudian oleh *Germanisher Lloyd* dirumuskan bahwa panjang 1 segel adalah 15 fathoms = 25 m.

Mata rantai merupakan bagian dari rantai jangkar yang berbentuk lonjong, mata-mata rantai itu ditengah-tengah diberi "*dam*" kecuali mata rantai yang berada pada ujung-ujung dari setiap panjang 15 fathoms sebelah kiri dan kanan dari segel (*shackle*).

Dam-dam tersebut gunanya untuk menjaga agar rantai tidak berputar. Mata rantai yang tidak memakai dam ukurannya lebih besar dibandingkan dengan mata rantai biasa.

Segel-segel biasa (*normal coneting shackle*) yang menghubungkan tiap 15 fathoms panjang rantai harus dipasang dengan lengkungnya menghadap kearah jangkarnya, agar supaya pada waktu lego jangkar tidak merusak mata spil jangkar.

Agar supaya baut segel biasa tidak dapat berputar maka bentuknya lonjong dan di sebelah luarnya harus rata.

Setelah pen dimasukkan, agar tidak lepas maka ujungnya ditutup dengan timah yang dipanasi. Pada saat segel biasa (*normal shackle*) dilewati mata spil jangkar akan sering timbul kerusakan pada sisi segel xx sendiri karena bentuknya yang berlainan dengan mata rantai xx biasa. Oleh karena itu kapal-kapal kebanyakan menggunakan segel enter (*Kenter shackle*) Gel Kenter terdiri dari :

Setengah bagian segel, yang dapat di geserkan melintang masing-masing, dan pada arah memanjangnya dapat mengunci. Dam dipasang ditengah-tengah, apabila dam dipasang , maka bagian-bagian tadi tidak dapat digeserkan dalam arah melintang lagi.

Sebuah borg pen masuk melalui mata rantai dam tadi, sebelah borg pen ini terpasang maka mata rantainya tidak akan terlepas lagi. Pen ini kemudian ditutup dengan timah agar tidak terlepas.

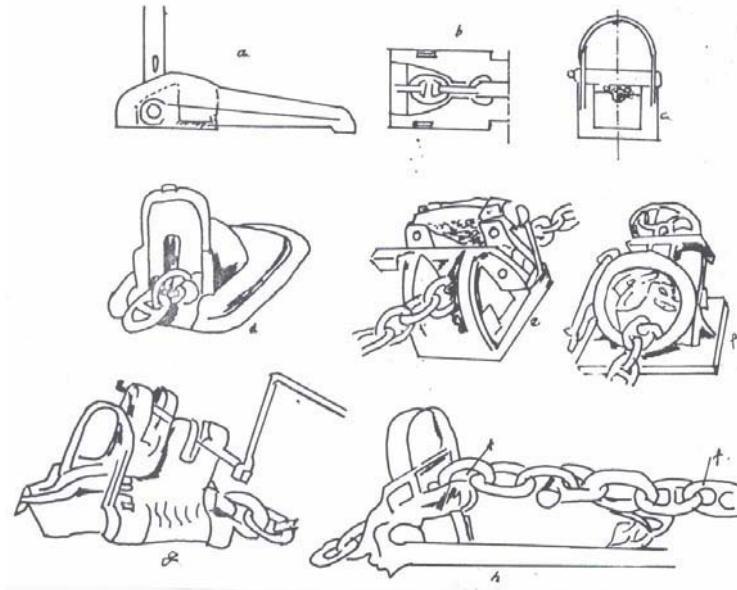
Bentuk dan ukuran segel kenter sama dengan mata rantai biasa.

Swivel (kili-kili)

Peranti / perangkat mata rantai yang memungkinkan jangkar berputar, tanpa mengakibatkan rantai yang dipasang sebelum atau di belakang perangkat tersebut terpuntir.

Crab Link (Mata rantai kepiting)

Salah satu jenis mata rantai yang di pasang pada ujung rantai pengikat balok-balok dan lain-lain. Tidak berbentuk lingkaran tetapi menyerupai kepiting.



Gambar 16.3 macam penahan rantai

Sedangkan yang pertama menjadi 15 fathoms yang terakhir, pada waktu kapal naik dok yang berikutnya juga dilakukan demikian pula.

Jadi pada waktu yang kedua segel (15 fathoms) yang ketiga sebelum dok pertama tadi sekarang menjadi segel pertama dan segel kedua sebelum dok pertama sekarang menjadi segel terakhir.

Dengan demikian apabila kapal tersebut mempunyai 10 segel (150 fathoms), maka setelah 9 kali dok, segel pertama yang dipindahkan menjadi segel terakhir atau kembali lagi menjadi segel pertama.

Jangan sampai terjadi bahwa setiap kali dok rantainya hanya dibalik saja, yaitu segel terakhir menjadi segel pertama dan begitupun selanjutnya pada dok berikutnya. Sehingga yang mengalami keausan adalah bagian-bagian ujung-ujungnya saja.

C. TABUNG JANGKAR (HAWSE PIPE)

Adalah pipa rantai jangkar yang menghubungkan rumah jangkar ke geladak

Ketentuan penting yang harus diperhatikan :

- Dalam pengangkatan jangkar dari air laut tidak boleh membentur bagian depan kapal pada waktu kapal dalam keadaan trim 5⁰
- Tiang jangkar harus masuk kelubang rantai jangkar meskipun letak telapak jangkar tidak teratur
- Lengah / telapak jangkar harus rapat betul pada dinding kapal
- Jangkar harus dapat turun dengan beratnya sendiri tanpa rintangan apapun
- Dalam pelayaran jangkar jangan menggantung di air
- Panjang pipa rantai harus cukup untuk masuknya tiang jangkar
- Lengkungan lobang pipa rantai ke geladak dibuat sedemikian rupa hingga mempermudah masuk / keluarnya rantai jangkar, hindari gesekan seminim mungkin. Juga lobang dilambung jangan sampai membuat sudut yang terlalu tajam
- Untuk kapal yang mempunyai *tween deck* pusat dari pipa rantai harus sedemikian letaknya pipa rantai tersebut tidak memotong geladak bagian bawah.

Diameter dalam *hawse pipe* tergantung dari diameter rantai jangkar sendiri, sehingga rantai jangkar dapat keluar masuk tanpa suatu halangan.

Diameter *hawse pipe* di bagian bawahnya dibuat lebih besar (antara 3~4 cm). dibandingkan dengan atasnya.

Umumnya dapat dipakai sebagai pedoman bahwa untuk diameter rantai jangkar d-25 m/m rantai jangkar yang berkisar antara angka 25m/m ~ 100 m/m; besarnya q Q dalam *howse pipe* diberikan pada grafik sebagai berikut dengan bermacam-macam material.

D. BAK PENYIMPANAN RANTAI JANGKAR = Chain Locker

Umumnya pada kapal-kapal pengangkut letak chain locker ini adalah di depan collision bulkhead dan di atas forepeak tank. Sebelumnya chain locker diletakkan di depan ruang muat, hal ini tidak praktis karena mengurangi volume ruang muat

Pada kapal-kapal penumpang apabila deep tank terletak dibelakang, maka chain locker biasanya diletakkan diatasnya.

Ditinjau dari bentuknya chain locker terbagi atas 2 (dua) bagian :

1. Berbentuk segi empat
2. berbentuk silinder

Tetapi umumnya digunakan chain locker yang berbentuk segi empat. Perhitungannya volume chain locker dilakukan sebagai berikut

$$S_v = 35. d^2$$

Catatan :

S_v = Volume chain locker untuk panjang rantai jangkar 100 fathoms (183 m) dalam ft^2

d = diameter rantai jangkar dalam *inchies*

apabila $35,3 \text{ ft}^3 \sim 1\text{m}^3$, maka rumus dapat dipakai sebagai berikut :

$$S_m = d^2$$

S_m = volume chain locker untuk panjang rantai jangkar 100

d = diameter rantai dalam *inchies*

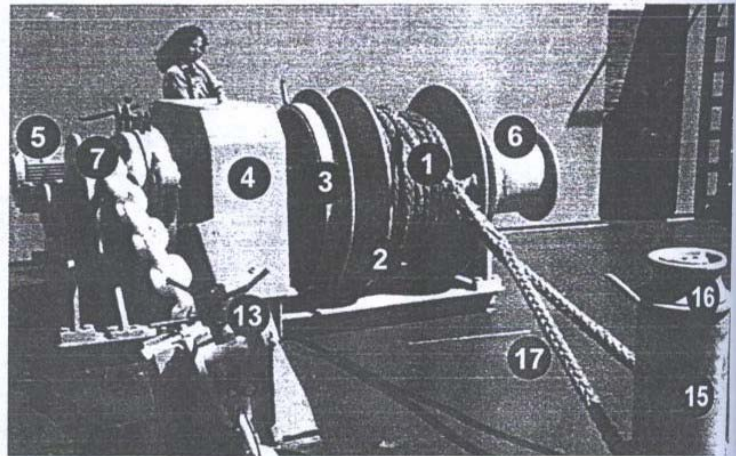
Volume chain locker dapat pula ditentukan berdasarkan grafik (gambar 28) di mana volumenya untuk setiap 100 fathoms (183m) dapat ditentukan dari diameter rantai jangkar.

Beberapa ketentuan-ketentuan dari Chain Locker :

1. Umumnya didalamnya dilapisi dengan kayu untuk mencegah suara berisik pada saat lego / hibob jangkar
2. Dasar dari chain locker dibuat berlobang untuk mengeluarkan kotoran yang dibawa dengan bak dasar dari semen dibuat miring supaya kotoran mudah mengalir
3. Disediakan alat pengikat ujung rantai jangkar agar tidak hilang pada waktu lego jangkar
4. Harus ada dinding pemisah antara kontak rantai sebelah kiri dan kanan, sehingga rantai di kiri dan kanan tidak membelit dan tidak menemui kesukaran dalam lego jangkar.

E. WINDLASS (MESIN DEREK JANGKAR)

Untuk memenuhi persyaratan derek jangkar setiap pabrik mempunyai bentuk sendiri-sendiri dalam pelaksanaannya. Pada gambar di bawah ini terlihat gambar derek jangkar dengan tenaga penggerak listrik.



Anchor windlass on general purpose ship with mooring drum and warping head

- | | | |
|---|-----------------------------|--|
| 1. Storage part of the mooring drum | 6. Warping head | 13. Chain stopper with security device |
| 2. Pulling section of the drum (working part) | 7. Chain in the gypsy wheel | 14. Guide roller |
| 3. Brake band | 8. Dog clutch | 15. Bollard |
| 4. Gear box | 9. Anchor | 16. Guide roller |
| 5. Electro hydraulic motor | 10. Hawse pipe | 17. Deck |
| | 11. Spurling pipe | 18. Hatch to chain locker |
| | 12. Chain locker | |

Gambar 16.4 derek jangkar

Bagian-bagian derek jangkar antara lain terdiri dari :

1. Mesin/motor yang digerakan oleh diesel/elektik,
2. Spil/wildcat merupakan gulungan/thromol yang dapat menyangkutkan rantai jangkar pada saat melewatinya,
3. Kopling atau peralatan yang dapat melepaskan atau menghubungkan spil dengan mesin,
4. Band rem untuk mengendalikan spil apabila tidak dihubungkan dengan mesin,
5. Roda-roda gigi, dihubungkan dengan poros,
6. Tromol/gypsies, untuk melayani tros kapal dipasang pada ujung-ujung dari poros utama.

Dasarnya hampir sama dengan derek jangkar dengan tenaga uapnya di sini perputaran dari roses antaranya disebabkan oleh sebuah ultra motor, melalui poros cacing (*worm gear*) antara poros motor dan poros

cacing terdapat slip coupling, di mana akan memutuskan arus bila motornya mendapat beban yang terlalu besar, sehingga dengan demikian kumparannya tidak sampai terbakar.

Selama dalam keadaan bekerja seperti biasa, maka gerak penggeseran dari poros ulir itu tertahan oleh per yang cukup kuat.

Perhitungan Daya Windlass.

Daya yang diperlukan :

- Daya tarik jangkar
- Kecepatan dimana jangkar ditarik dari kedalaman tempat jangkar diturunkan.

Daya tarik untuk menyangkut 2 jangkar.

$$\begin{aligned}
 T_{cl} &= 2f_h(G_a + P_aL_a)\left(1 - \frac{Y_w}{Y_a}\right) \\
 &= 2 \times 1,35(G_a + P_aL_a)\left(1 - \frac{1,025}{7,750}\right) \\
 &= \frac{2,35(G_a + P_aL_a)}{2}
 \end{aligned}$$

Jadi untuk mengangkat satu jangkar :

$$T_{el} = 1,175(G_a + P_aL_a) \text{ kg.(1)}$$

Dimana :

f_h = faktor gesekan di hawse pipe 1,28 ~ 1,35

G_h = berat jangkar dalam kg.

P_a = berat rantai setiap meter (kg)

L_a = Panjang rantai jangkar yang menggantung (m)

Y_a = berat jenis material rantai jangkar = 7,750

Y_w = berat jenis air laut.

P_a = 0,023 d (kg.) → untuk open link chain.

P_a = 0,021 d (kg.) → untuk stud link chain.

Dimana d = diameter common link / ordinary link (m / m)

Torsi pada Cable lifter

$$M_{cl} = \frac{(T_{cl} \cdot D_{cl})}{2\eta_{cl}} \quad \text{kg. m} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana : D_{cl} = diameter efektif dari cable lifter
 $D_{cl} = 2R_{cl} = 13,6 \text{ d m} / \text{m} = 0,013$
 η_{cl} = efficiency cable lifter
 $= 0,19 \sim 0,92$

Torsi pada poros motor Windlass.

$$M_m = \frac{M_{cl}}{l_a \cdot \eta_a} \quad \text{kg. m} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana : η_a = efficiency cable lifter
 $\eta_a = \eta_{cl} \cdot \eta_{sh} \cdot \eta_{pg} \cdot \eta_{wg}$
 η_{cl} = efficiency cable lifter]
 η_{sh} = efficiency shaft bearing.
 η_{pg} = efficiency spur gear (poros roda gigi).
 η_{wg} = efficiency worm gears (poros cacing).
 a = jumlah spur gears.
 c = jumlah worm gears.

Angka pendekatan :

$$\eta_a = 0,70 \sim 0,85$$

$$L_a = \frac{\eta_{n1}}{\eta_n} \quad (\text{Perbandingan putaran poros motor windlass dengan putaran cable lifter})$$

Dimana : η_m = Putaran motor / rotational speed
 $= 523 \sim 1160 \text{ rpm}$
 $\eta_{cl} = \frac{60Va}{0,04d} - \text{rpm}$

Sehingga : $I_a = \frac{\pi n m \cdot D c l}{60 V a}$

Dimana : V_a = Kecepatan tarik rantai jangkar, (biasanya diambil $V_a = 0,2$ m/det)

Jadi daya Effektiv Windlass.

$$N_t = \frac{M_m \cdot N_m}{716,20} \quad (\text{metric Hp}) \dots\dots\dots(4)$$

BAB XVII

Alat-alat Keselamatan pelayaran

Ditinjau dari fungsi kita bagi menjadi tiga bagian besar :

1. Alat-alat penolong (*live saving appliance*).
 - a) Sekoci (*life boat*) beserta perlengkapannya.
 - b) Alat-alat peluncur dewi-dewi (*davits*).
 - c) - Pelampung penolong (*life buoy*)
- Baju penolong otomatis (*life jacket or life belt*)
- Rakit penolong otomatis (*inflatable life raft*).
 - d) Dan lainnya.
2. Alat-alat pemadam kebakaran. (*Fire Appliances*)
3. Tanda-tanda bahaya dengan cahaya atau suara (*light and sound signals*).

Semua peraturan atau persyaratannya diatur didalam hasil Konferensi Internasional tentang keselamatan jiwa dilaut yang diadakan di London pada tahun 1960 yang terkenal dengan paraturan "SOLAS" 1960 (*International Convention for the Safety of life at sea, 1960*).

Persyaratan umum alat-alat penolong ditentukan sebagai berikut :

1. Alat-alat tersebut harus setiap saat siap untuk dipergunakan jika kapal dalam keadaan darurat.
2. Jika diturunkan kedalam air dapat dilaksanakan dengan mudah dan cepat, walaupun kondisi-kondisi yang tidak menguntungkan, misalnya kapal trim 15°.
3. Penempatan masing-masing alat penolong tersebut sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu satu sama lainnya pada waktu digunakan.

A. Sekoci

Sekoci adalah sebagian dari perlengkapan pelayaran yang harus dipenuhi pada syarat-syarat pembuatan kapal, termasuk konstruksi, mekanis perlengkapannya untuk menurunkan dan mengangkat sekoci.

Sekoci penolong adalah jenis sekoci yang terbuka dengan lambung tetap dan disisi dalamnya terdapat kotak-kotak udara.

Sedangkan sekoci biasa ialah sekoci yang terbuka tanpa ada perubahan kotak-kotak udara. Sebagai alat penambah daya apung, diperlukan agar sekoci yang terbuka, tetap terapung apabila banyak kemasukan air. Alat ini harus dipasang dekat sekali pada sekoci dan terdiri dari beberapa kotak-kotak dan setiap kotak yang tak boleh lebih dari 1,25 meter, untuk mengurangi hilangnya daya apung tambahannya apabila ada kebocoran.

Dahulu kotak udara ubu dibuat dari bahan tembaga, kuningan atau besi yang digalvaniser (diberi lapisan galvanis) sedangkan seng kurang baik dapat digunakan, karena akan rusak bila kena kuningan paku-paku sekoci).

Bentuk kotak udara harus sesuai dengan sekocinya (pas) dan pemasangannya mempergunakan ganjel, hingga tidak boleh menempelkan kulit pinggiran sekoci.

Bahan yang terbaru untuk membuat kotak udara adalah plastik, yang mempunyai sifat yang tidak menghisap air dan berat jenisnya sangat kecil, yaitu 0,05.

1. Jenis-jenis Sekoci :

Sekoci tinjauan dari fungsinya dibagi 3 bagian :

- 1). Sekoci penolong, untuk menolong awak kapal apabila terjadi kecelakaan.
- 2) Sekoci penyeberang, gunanya untuk mengangkut awak kapal dari tengah laut ke pantai atau sebaliknya.
Pada kapal barang kadang-kadang sekoci ini juga dipergunakan untuk menarik tongkang-tongkang muatan dari darat ke kapal dan sebaliknya dimana kebetulan tidak ada motor boat yang tersedia.
- 3). Sekoci meja, untuk memindahkan barang-barang yang berat dan untuk mengangkut perlengkapan perbaikan kapal.
Ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan sekoci penolong dan umumnya mempunyai dasar yang rata.

Ditinjau dari penggerakannya sekoci penolong dibagi atas menjadi 4 bagian :

- 1). Sekoci penolong yang didayung
- 2). Sekoci penolong bermotor kelas A (kecepatan 6 mil per jam).
- 3). Sekoci penolong bermotor kelas B (kecepatan 4 mil per jam)
- 4). Sekoci penolong yang berbaling-baling yang digerakkan secara mekanis, yang tidak termasuk sekoci penolong bermotor.

a. Sekoci penolong bermotor

Syarat motornya :

- Setiap waktu siap digunakan.
- Motornya dapat dihidupkan dalam keadaan yang bagaimanapun juga.
- Harus dipenuhi bahan bakar yang cukup untuk berlayar terus menerus selama 24 jam.
- Motor dan kelengkapannya harus mempunyai dinding penutup untuk menjamin, bahwa dalam keadaan cuaca buruk motornya masih dapat bekerja dengan baik dan dinding penutup ini harus tahan api.
- Harus dilengkapi dengan alat untuk menggerakkan mundur dari motor.

b. Sekoci penolong baling-baling

Alat penggeraknya harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Dalam keadaan baik.
2. Menghasilkan tenaga yang cukup bagi sekoci, sehingga dengan crew penuh dengan semua perlengkapannya segera setelah turun ke air dapat bebas dari kapal.
3. Dapat menahan haluan sekoci meskipun dalam cuaca buruk.
4. Kecepatan paling sedikit 4 mil per jam dalam perairan tenang.
5. Dapat menggerakkan sekoci mundur.
6. Peralatannya sedemikian rupa sehingga dapat dilayani oleh orang-orang yang tidak terlatih dan dapat dikerjakan, segera setelah sekoci turun di air, juga dalam keadaan muatan penuh.

Beberapa ketentuan untuk sekoci bermotor :

1. Kalau sebuah kapal mempunyai lebih dari 13 dan kurang dari 20 buah perahu penolong maka salah diantaranya harus bermotor kelas A atau kelas B atau sekoci penolong yang berbaling-baling yang digerakkan secara mekanis.
2. Kalau sebuah kapal mempunyai 20 buah atau lebih sekoci penolong maka dua buah diantaranya harus bermotor kelas A. yang diletakkan satu disebelah kiri dan satu disebelah kanan
3. Kapal barang dengan ukuran 1600 gros ton atau lebih harus mempunyai 1 sekoci bermotor kelas A atau kelas B atau sekoci yang mempunyai propeller.

2. Bahan Sekoci

Ditinjau dari bahan pembuat sekoci ada 4 macam :

1) Sekoci yang dibuat dari kayu.

Sebagai sekoci dikawal yang terbuat dari kayu.

Keuntungannya :

- Lebih ringan sehingga sangat menguntungkan bagi kapal penumpang dimana penempatnya biasanya dibagian geledek atas sehingga sangat baik ditinjau dari stabilitas kapal.
- Pemeliharaannya lebih ringan.

2) Sekoci dibuat dari baja :

Hanya dibuat untuk keperluan khusus. Umumnya lapisan kulitnya tidak berkampuh, luas dan tingginya terdiri dari satu lapis baja T bulb dengan bentuk lengkung. Lapisan kulitnya terbuat dari plat baja dan disambung pada lunas dan tinggi dengan pasak-pasak kelingan atau las.

Keuntungannya :

- Tidak rusak oleh pengaruh udara yang panas.
- Lebih kuat dan lebih aman diturunkan di air.

Jadi sangat cocok untuk kapal-kapal yang berlayar di daerah katulistiwa atau penempatannya dikapal didekat cerobong.

Kerugiannya :

- Berat, sehingga daya apung tambahannya harus lebih besar.
- Lebih cepat berkarat, hingga harus sering diperiksa.

3) Sekoci dibuat dari luring Aluminium.

Luring Aluminium (campuran dari aluminium, magnesium dan mangan).

Keuntungan dibandingkan dengan sekoci kayu :

- Lebih ringan.
- Tidak dapat berkarat, tak mudah rusak oleh air laut.
- Tidak dapat terbakar.

4) Sekoci dibuat dari serat gelas (*fiber glass*).

Mutunya lebih baik dibandingkan bahan seperti kayu, baja ataupun aluminium karena mempunyai keuntungan sebagai berikut :

- Tidak terpengaruh oleh cuaca.
- Tidak rusak karena air laut.
- Mempunyai daya elastisitas.
- Bahan dapat diperoleh menurut warna yang disukai, sehingga tidak memerlukan pengecatan lagi.
- Apabila kotor mudah dicuci.

Kerugiannya :

- Apabila terjadi kerusakan pada kulitnya, tidak mudah untuk diperbaiki.

Didalam SOLAS 1960 ditentukan bahan *life boat/* sekoci penolong harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

- Harus cukup kuat diturunkan kedalam air dengan aman jika dimuati penuh dengan penopang/ orang yang diizinkan beserta perlengkapan yang diharuskan.
- Disamping itu harus mempunyai kekuatan sedemikian rupa jika dibebani dengan muatan 25% lebih banyak dari kapasitas sesungguhnya tidak mengakibatkan perubahan bentuk.
- Dilengkapu dengan tangki-tangki udara (sebagai cadangan daya apung) untuk menghindari tenggelam walaupun sekoci dalam keadaan terbalik.
- Umumnya bentuknya gemuk dan bagian belakangnya runcing dan kedua lingginya sedapat mungkin tajam agar dapat bergerak baik, maju maupun mundur.

- Mempunyai kelincahan/ kecepatan sedemikian rupa sehingga dapat menghindari dengan cepat terhadap kapal yang mendapat kecelakaan.
- Mempunyai bentuk sedemikian rupa sehingga apabila berlayar dilautan yang bergelombang mempunyai cukup stabilitas dan lambung timbul, jika dimuati penuh dengan penumpang-penumpang/ orang-orang yang diizinkan dan perlengkapan yang diharuskan.
- Harus dapat diturunkan ke air dengan mudah dan cepat walaupun kapal dalam keadaan miring 15° .
- Dilengkapi dengan alat-alat yang memungkinkan penumpang yang berada dalam air dapat naik kedalam sekoci.
- Papan tempat duduk yang melintang dan bangku-bangku pinggir, harus ditempatkan serendah mungkin dalam sekoci.
- Dapat menjamin proviant dalam jangka waktu tertentu.
- Dilengkapi pula alat-alat navigasi dan perlengkapan lainnya yang disyaratkan.
- khusus untuk sekoci penolong "tanker", dilengkapi dengan alat pemadam kebakaran yang portable dan bisa mengeluarkan busa atau bahan lain yang baik untuk memadamkan kebakaran minyak.

Alat-alat dan perlengkapan yang harus dimiliki *life Boat* yang tersiratkan oleh SOLAS 1960.

- Dayung yang lengkap beserta tempatnya.
Sebuah daun kemudi dipasang pada sekoci dan batang kemudi. Sebuah lampu minyak yang cukup untuk menyala selama 12 jam dan dua kotak korek api yang disimpan dalam tabung yang kedap air. Satu tiang layer lebih, lengkap dengan tali temali dibuat dari kawat yang tahan karat beserta layar-layarnya warna kuning/ orange.
- Tali penolong diikat keliling sekoci dalam keadaan tergantung.
- Dua buah kapak ditempatkan masing-masing dibagian muka dan belakang sekoci.

3`. Penempatan sekoci-sekoci penolong

Penempatan sekoci diatas kapal harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Harus ditempatkan sedemikian rupa hingga dapat diluncurkan atau diturunkan keair, dalam waktu sesingkat mungkin dan tidak boleh lebih dari.
2. Dapat diturunkan dengan mudah, cepat dan aman walaupun miring 15° .
3. Para pelayar harus dapat cepat dan aman masuk dalam sekoci.
4. Tidak boleh dipasang pada sisi atau bagian belakang kapal, bilamana diturunkan keair akan membahayakan karena dekat propeller.

5. Di atas kapal penumpang penempatan sekoci-sekoci itu diperbolehkan satu diatas lainnya atau berjejer dengan catatan apabila penempatan yang satu diatas yang lainnya harus terdapat alat yang baik untuk menumpu serta menjaga kerusakan pada sekoci yang dibawanya.
6. Untuk kapal barang berukuran kecil, yang daerah pelayarannya terbatas, yang praktis hanya dapat membawa satu sekoci penolong saja maka penempatannya sedemikian rupa dapat diturunkan baik dari sisi kiri atau pun dari sisi kanan dengan mudah, umumnya ditempatkan pada Derek dibelakang cerobongnya.

4. Menentukan kapasitas (*cubic capacity*) sekoci :

Untuk menentukan kapasitas sekoci penolong dengan menggunakan Simpson's Rule sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas} = L_2 / 12 (4A + 2B + 4C)$$

L_2 = Panjang sekoci penolong dalam meter diukur dari bagian dalam kulit sekoci pada linggi muka sampai ketitik yang sama pada linggi belakang.

A = Luas penampang melintang ada 1 / 4, dari belakang.

B = Luas penampang midship.

C = Luas penampang melintang pada 1 / 1 L_2 , dari depan

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang} &= \frac{1}{3} \cdot \frac{3}{2} H (a+4b+2c+4d+e) \\ &= H/12(a+4b+2c+4d+e) \end{aligned}$$

Dengan catatan :

- b. Apabila tinggi sheer yang diukur pada garis A dan C (1 / 4 panjang sekoci dari midship ke depan dan ke belang) melebihi 1% dari L_2 maka tinggi yang dipergunakan untuk menghitung luas section di A dan C adalah tinggi di tengah-tengah (*midship*) sekoci ditambah 1% L_2 .
- c. Apabila tinggi (H) sekoci di tengah-tengah melebihi 45% dari lebar sekoci maka tinggi (H) untuk menghitung luas section B dianggap sama dengan 45% dari lebar sekoci dan tinggi pada section A dan C ditambah 1% panjang sekoci dengan ketentuan tinggi yang dipakai untuk perhitungan tidak boleh melebihi tinggi sebenarnya pada section A dan C.
- d. Kapasitas sekoci dapat pula dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

Panjang x lebar x Tinggi x 0,6

Dengan catatan : Hasil rumus di atas harus \leq dibandingkan dengan rumus Simpson's.

Diruang : Panjang diukur dari potong dari kulit sekoci bagian luar kulit sekoci bagian luar dengan linggi muka dan garis potong dari kulit sekoci bagian luar dengan linggi belakang (dalam gambar L).

Lebar diukur pada bagian luar kulit sekoci, pada bagian terlebar. Tinggi diukur ditengah panjang sekoci, dari lunas sampai garis yang menghubungkan bagian atas dari kedua *gunwale*, tetapi harganya tak boleh lebih dari 45% lebar sekoci.

c. Daya angkat sekoci penolong

Jumlah orang yang diizinkan untuk diangkut dengan sekoci penolong harus sama dengan jumlah terbesar yang dibuatkan dengan membagi kapasitas kubik sekoci penolong sebagai berikut :

a. Untuk sekoci penolong yang panjangnya 24ft (atau 7,3) atau lebih dibagi dengan 10 (atau jika kapasitas di ukur dengan m^3 , dibagi dengan 0,283)

b. Untuk sekoci penolong yang panjangnya 16 ft (atau 4,9) dibagi dengan 14 (atau jika kapasitas diukur dalam m^3 , dibagi dengan 0,396)

c. Untuk sekoci penolong yang panjangnya 16 ft (atau 4,9 m) tetapi kuran dari 24 ft (atau 7,3 m) dibagi dengan angka yang terletak antar 14 dan 10 (atau jika kapasitas diukur dalam m^3 , dibagi dengan angka antara 0,396 dan 0,283) yang didapat dengan interpolasi.

Dengan catatan :

Bahwa daya angkutnya tidak melebihi jumlah orang dewasa memakai baju penolong (*life jacket*) dalam keadaan duduk tanpa mengganggu penggunaan dayung atau pelayanan alat pendorong lain dengan perlengkapannya.

B. Dewi-Dewi (*davits*)

Dewi-dewi adalah alat untuk meluncurkan sekoci dari kapal ke air, ditinjau dari cara kerjanya dapat dibagi 3 bagian :

1. Dewi-dewi dengan sistim berputar (*radial*)
2. Dewi-dewi dengan sistim menuang / brengsel (*luffing davits*).
3. Dewi-dewi dengan sistim gravitasi (*gravity davits*)

Dewi-dewi dengan system berputar (*radial*)

Keterangan :

1. Sekoci
2. Dewi-dewi
3. Tali penguat atas.
4. Tali penahan samping.
5. Pengait sekoci yang dihubungkan dengan tali.
6. Landasan sumbu putar
7. Sumbu putar dewi-dewi
8. Rol pengatur tali.
9. Penyangga Sekoci.

Dewi-dewi system ini konstruksinya sederhana, dan umumnya digunakan untuk menurunkan sekoci kerja, sekoci untuk melayani tali-tali dan sebagainya.

Karena sekoci kerja tidak memerlukan waktu tergesa-gesa, dipereratkan hanya pada waktu tertentu saja.

Dewi-dewi jenis ini dibagian atasnya melengkung terbuat dari ebsi yang tak berongga (pejal) yang berputar keliling porosnya sendiri. Arah tiang dewi-dewi satu dengan yang lainnya lebih pendek dari yang sekoci, sehingga untuk mengeluarkan sekocinya harus digerakkan yang bergantian (zig-zag) terlebih dahulu, dngan jalan memutar dewi-dewi mengelilingi sumbunya.

Bagian belakan diputar dahulu kekanan sehingga bagian depan bergerak sedikit ke dalam mengikuti gerakan bagian belakang bawah bagian belakang keluar maka bagian depan keluar mengikuti bagian belakang. Hal ini mudah dilakukan apabila kapal tidak dalam keadaan .../ miring. Untuk mengencangkan pada kedudukan tertentu, maka mengkapi degan takel ganda atau takel mata tiga.

Dewi-dewi ini sering dipasang pada penumpu dari ebsi cor yang dilengkapi dengan cincin untuk menjaga jangan sampai dewi-dewi terangkat dari penumpunya.

Untuk menentukan diameter dewi-dewi radial ditentukan dengan ... pendekatan sebagai berikut :

$$d = \sqrt[3]{\frac{L \times B \times D(H + 4a)}{C}}$$

Dimana :

- d = diameter dewi-dewi (*inches*)
- L = Panjang sekoci (*feet*)
- B = lebar sekoci(*feet*)
- D = tinggi sekoci (*feet*)
- h = tinggi dewe-dewi diatas tumpuan B (*feet*)

- a = jarak bentang dewi-dewi (*feet*)

Sedangkan C = Konstante, dimana harganya ditentukan sebagai berikut :

- C = 144, apabila dewi-dewi tersebut dibaut dari besi tempa (*wrought iron*) dengan jumlah penumpang cukup di dalam sekoci pada saat diluncurkan.
- C = 174, idem diatas tetapi dewi-dewi tersebut dibuat dari batang baja tempa (*wrought ingot stell*) dengan daya mulur (*elongation streght*) 27-32 ton/ m² atau 4300 sampai 5000kg/ cm².
- C = 86, apabila dewi-dewi tersebut dibuat dari besi tempa (*wrought iron*) dengan jumlah penumpang maximum dalam sekoci pada saat diluncurkan.
- C = 104, idem diatas, tetapi dewi-dewi tersebut dibuat batang baja tempa (*wrought ingot steel*) dengan daya mulur (*elongation strength*) 27-32 ton/inchi² atau 4300-5000 kg/cm².

Catatan :

Berat 1 orang penumpang = 75 kg

Rumus di atas hanya berlaku untuk koefisien jumlah beban dewi-dewi tidak lebih dari 2 Cuts (101,6 kg) per orang.

Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$CW = \frac{W}{N}$$

CW = koefisien jumlah beban dewi-dewi

W = jumlah beban max. dewi-dewi dalam Cuts

N = jumlah penumpang max.

Apabila harga CW > 2 Cuts per orang maka harga konstante Carus akan reduksi.

Apabila takel dari dewi-dewi terdiri dari satu atau dua kawat baja, maka diameter dewi-dewi yang didapat dari rumus di atas harus dikalikan dengan 9/8.

Apabila dipergunakan dewi-dewi dengan penampang berlobang (*follow davit*) maka diameter dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$d^2 = \frac{Dh^4 - dh^4}{Dh}$$

Dimana : d = diameter dewi-dewi dengan penampang pejal (*solid davit*)
 Dh = diameter luar hollow davits
 Dh = diameter dalam hollow davits

Oleh Germanischer Lloyd diameter dewi-dewi radial dirumuskan sebagai berikut :

Momen di B :

$$MB = G (a + 0,25 h)$$

atau

$$MB = \zeta B \cdot W$$

$$= \zeta B \cdot \frac{d^3}{12}$$

$$G (a + 0,25h) = \zeta B \cdot \frac{d^3}{12}$$

$$\text{Apabila } \zeta B = 1350 \text{ kg/cm}^2$$

$$G (a + 0,25h) = 133 d^2$$

$$d^3 = \frac{G (a + 0,25h)}{133}$$

$$d = 0,196 \sqrt[3]{G (a + 0,25h)}$$

Catatan :

MB = bending moment di B

G = ½ (berat sekoci + orang + perlengkapan)

a = jarak bentang dewi-dewi (cm)

h = tinggi dewi-dewi di atas tumpuan B (cm)

B = tegangan lengkung (*Lending strain*) bahan dewi-dewi (kg/cm²)

W = kelembaban dewi-dewi (*modulus of resistance*) cm³

1. Dewi-dewi dengan system menuang

Dewi-dewi untuk sekoci penolong kapal pelayaran samudra biasanya mempergunakan dewi-dewi dengan system manuang atau berengsel (*luffing davits*) atau dengan system gravitasi atau kombinasi antara kedua system itu.

Dalam pembuatannya dewi-dewi ini terdapat bermacam-macam jenis. Secara sederhana system ini diartikan sebagai berikut :

Dewi-dewi berengsel adalah dewi yang dapat digerakkan dalam arah melintang kapal oleh sebuah gaya mekanis.

Dewi-dewi gaya berat (gravitasi) adalah dewi-dewi yang digerakkan melintangnya diperoleh karena dari gaya berat.

Kombinasi dari kedua system (definisi) itu sering pula digunakan. Keuntungan sistem ini dibandingkan dengan dewi-dewi system berputar (*radial*).

1. Dapat mengerem sendiri artinya mudah dapat dikuasai.
2. Tidak terdapat kesukaran yang berarti untuk menurunkan sekoci pada sisi sebelah atas pada waktu kapal miring 15° .

Dewi-dewi bergerak dapat pula dibedakan atas 2 bagian :

1. Dewi-dewi berengsel dengan titik putar yang tetap.
2. Dewi berengsel dengan titik putar yang berpindah-pindah (biasanya dilengkapi dengan kwadrant).

Dewi-dewi dengan system ini dipasang dimuka dan belakang sekocinya. Jadi titik gantungnya dari sekoci-sekoci itu terletak pada ujung-ujungnya, sehingga dapat menimbulkan momen lengkung apabila sekoci itu tergantung pada takelnya.

Disamping itu karena penempatan dewi-dewi itu dibelakang dan dimuka sekoci maka memakan banyak tempat, sehingga pada kapal-kapal penumpang yang membutuhkan banyak sekoci-sekoci penolong, akan menimbulkan kesukaran.

Kerugian-kerugian tersebut di atas dapat diatasi oleh dewi-dewi yang dibuat melengkung .

2. Dewi-dewi dengan system gravitasi

Gerakan melintang dari dewi-dewi system ini dilakukan karena kerjanya dari gaya berat sekocinya sendiri.

Setelah penahan (*stopper*) dilepas sehingga dewi-dewi dan sekocinya menjadi bebas, sehingga dengan berat sekocinya meluncur kebawah dan menggerakkan dewi-dewi, melintang keluar dari lambung kapal.

Pengangkatan sekoci dilakukan secara mekanis, dengan pertolongan sebuah electromotor yang tak digunakan sewaktu peluncuran. Kopeling antara motor dan trool kawat diatur sedemikian rupa, hingga otomatis dapat terlepas sendiri setelah motornya berhenti.

Apabila diperlukan maka sekoci itu segera dapat diturunkan kembali. Pemakaian dewi-dewi di kapal pada prinsipnya dapat dikategorikan sebagai berikut :

1. Untuk 2¼ tons (2300 kg) dipergunakan luffing atau gravity davits dalam kondisi menggantung keluar tanpa penumpang (*turning out condition*).
2. Untuk sekoci penolong yang beratnya diatas 2 ¼ tons (2300 kg) dipergunakan gravity davits pada kondisi –kondisi menggantung keluar tanpa penumpang (*turning out condition*).

**TABEL JUAMAH DEWI-DEWI DAN KAPASITAS SEKOCI
PENOLONG PADA KAPAL PENUMPANG**

Tabel IV

Panjang Kapal		Jumlah Dewl		Kapasitas Sekoci Penolong	
Feed	Order	A	B	~	m ³
100 s/d 199	31 s/d 36	2	2	400	11
120 s/d 139	37 s/d 42	2	2	650	18
140 s/d 159	43 s/d 42	2	2	900	26
160 s/d 174	49 s/d 52	3	3	1160	33
175 s/d 189	53 s/d 57	3	3	1550	38
190 s/d 204	56 s/d 62	4	4	1550	44
205 s/d 719	63 s/d 66	4	4	1750	30
220 s/d 229	67 s/d 69	5	4	1650	52
140 s/d 244	70 s/d 74	5	4	2150	61
245 s/d 254	75 s/d 77	6	5	2400	63
255 s/d 269	78 s/d 81	6	5	2700	76
270 s/d 284	62 s/d 86	7	5	3000	85
285 s/d 299	87 s/d 90	7	5	3300	94
300 s/d 314	91 s/d 95	8	6	3600	102
315 s/d 329	96 s/d 100	8	6	3900	110
330 s/d 349	101 s/d 106	9	7	4300	122
350 s/d 369	107 s/d 112	9	7	4750	135
370 s/d 389	113 s/d 118	10	7	5150	146
390 s/d 409	119 s/d 124	10	7	5550	157
410 s/d 434	125 s/d 132	12	9	6050	171
455 s/d 459	133 s/d 139	12	9	6550	185
460 s/d 489	140 s/d 148	14	10	7150	202
490 s/d 519	149 s/d 158	14	10	7500	201
520 s/d 549	155 s/d 167	16	12	8100	235

C. Pelampung Penolong (Life bouy)

Ditinjau dari bentuk di kenal dua macam :

1. Bentuk lingkaran
2. Bentuk tapal kuda

Bentuk lingkaran banyak diperlukan dikapal karena lebih kuat dan praktis. Karena penggunaannya pelampung penolong itu harus dilemparkan, maka ia harus dibuat dari pada bahan yang ringan sekali.

Pada waktu dahulu dibuat dari gabus, tetapi pada dewasa ini dibuat dari bahan *Onahuto* semacam plastik yang beratnya $\frac{1}{2}$ dari bahan gelas.

SOLAS 1960 menentukan persyaratan Life Bouy sebagai berikut :

1. Dengan beban sekurang-kurangnya 14,5 kg harus dapat terapung di dalam air tawar selama 24 jam.
2. Tahan terhadap pengaruh minyak dan hasil-hasil minyak.
3. Harus mempunyai warna yang mudah dilihat dilaut.
4. Nama dari kapal ditulis dengan huruf besar.
5. Dilengkapi dengan tali-tali pegangan yang diikat baik-baik keliling pelampung.
6. Untuk kapal penumpang setengah dari jumlah pelampung penolong tetapi tidak kurang dari 6 buah, untuk kapal barang sedikitnya setengah dari jumlah pelampung penolong harus dilengkapi dengan lampu yang menyala secara otomatis dan tidak mati oleh air.
Harus menyala sekurang-kurangnya 45 menit dan mempunyai kekuatan nyala/cahaya sekurang-kurangnya 3,5 lumens.
7. Ditempatkan sedemikian rupa sehingga siap untk dipakai dan cepat tercapai tempatnya oleh setiap orang yang ada dikapal. Dua diantaranya dilengkapi dengan lampu yang menyala secara otomatis pada malam hari dan mengelarkan asap secara otomatis pada waktu siang hari.
8. Cepat dapat dilepaskan, tak boleh diikat secara tetap dan cepat pula dilemparkan dari anjungan ke air.

Didalam poin 6 dijelaskan bahwa beberapa buah pelampung penolong harus mempunyai perlengkapan lampu yang menyala secara otomatis.

Salah satu cara dilakukan sebagai berikut :

Dengan botol *Holmes* diikatkan pada pelampung yang diisi dengan :

- d. Karbit kalsium (Ca CO_3)
- e. Fosfat kalsium ($\text{P}_2 \text{CO}_3$)

Tutup dari botol ini mempunyai tali yang diikat pada pagar geladak. Pada waktu pelampung dilemparkan ke air tutupnya akan terlepas dan botolnya kemasukan air laut.

Karvid dengan air akan menimbulkan reaksi panas sehingga fosfatnya terbakar. Dengan demikian botol tersebut akan mengeluarkan nyala yang dapat

menunjukkan tempat dimana pelampung tersebut berada, sehingga orang lain yang akan ditolong tadi dapat mengetahuinya.

Holmes light :

A = ruangan untuk mengapungkan

B = ruangan yang diisi dengan kalsium carbide dan fosfor calcium

C = Pen yang menembus tabung itu yang disolder dibagian atas ataupun bagian bawahnya.

Apabila tabung ini dilemparkan ke air, maka pen itu akan terlepas dari tabung sehingga mengakibatkan sebuah lobang pada tabung itu.

Untuk kapal-kapal tangki jenis Holmes Light harus dinyalakan dengan listrik (baterai). Bagian luarnya adalah sebagai penampung yang terbuat dari kayu balsa.

Sebelah dalam ialah tabung dari kuningan yang berisi battery. Sebuah lampu yang tertutup pelindung gelas dengan gasket karet yang kedap air, yang akan menyala segera setelah lampunya berada disisi atas, yaitu kedudukan pada waktu terapung di atas air. Lampu tersebut akan menyala kira-kira 3 jam. Lampu tersebut harus selalu diperiksa apakah menyala dengan baik, yaitu dengan cara meletakkan lampu disisi atas.

Jumlah pelampung penolong yang harus dimiliki oleh kapal ditentukan oleh tabel sebagai berikut :

Panjang Kapal		Minimum jumlah life bouys
dalam feet	dalam meter	
dibawah 200	dibawah 61	8
200 – 400	60 – 122	12
400 – 600	122 – 183	13
600 – 800	183 – 244	24
diatas 800	diatas 244	300

Laju penolong (ife jacket or life belts)

Gunanya : Sebagai pelindung tambahan (extra bagi para pelayar) pada waktu meninggalkan kapal, agar dapat terapung dalam waktu yang cukup lama dengan bagian kepala tetap berada di atas permukaan air.

Dahulu sebagai isi dari baju penolong dipergunakan gabus atau kapas. Kalau isinya gabus, maka si korban kalau jatuh atau melompat dari tempat yang tinggi, disebabkan oleh bagian yang terapung akan mendapat tonjokan dibagian dagunya atau dibagian belakang kepalanya.

Apabila diisi dengan kapas, bila kena air yang mengandung lapisan minyak akan hilang daya apungnya.

Baju penolong yang diisi dengan busa plastic, cukup bagus daya apungnya, akan tetapi tidak tahan panas, lama-lama bengkok dan akan tenggelam bila dibebani dengan berat kurang dari 7,5 kg.

Bahan yang paling baik adalah *styropor* (polystyrel yang membusa) yang tahan terhadap pengaruh bensin dan minyak.

Baju penolong harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Setiap pelayar, harus tersedia paling sedikit satu baju penolong.
2. Harus disimpan disuatu tempat, sehingga apabila ada bahaya, dapat dengan mudah dicapai.
3. Harus dibuat sedemikian rupa, sehingga menghindarkan pemakaian yang salah, kecuali memang dapat dipakai dari luar dan dalam (inside out).
4. Harus dibuat sedemikian rupa, sehingga kepala dan si pemakai yang dalam keadaan tidak sadar, dapat tetap berada di atas permukaan air.
5. Dalam air tawar harus dapat mengapung paling sedikit selama 24 jam dengan besis eberat 7,5 kg.
6. Berwarna sedemikian rupa hingga dapat dilihat dengan jelas.
7. Tahan terhadap minyak dan cairan minyak.
8. Dilengkapi dengan sempritan yang disahkan dan terikat dengan tali yang kuat.
9. Khusus untuk kapal penumpang, baju penolong harus 105% dari jumlah semua orang yang ada dikapal.
10. Baju penolong yang ditiup sebelum dipakai dapat dipergunakan dengan syarat mempunyai 2 ruang udara yang terpisah dan dapat menyangga besi seberat 15 kg selama paling sedikit 24 jam di air tawar.

D. nflatable liferafts (Rakit penolong otomatis)

Inflatable liferats adalah rakit penolong yang ditiup secara otomatis. Alat peniupnya merupakan satu atau lebih botol angina (asam arang) yang diletakkan diluar lantai rakit.

Botol angin ini harus cukup untuk mengisi atau mengembangkan ruangan apungnya, sedang alas lantainya dapat dikembangkan dengan sebuah pompa tangan.

Apabila rakit itu akan dipergunakan maka tali tambatnya mula-mula harus diikatkan di kapal, kemudian rakit yang masih berada ditempatnya dalam keadaan terbungkus itu dilempar ke laut.

Suatu tarikan dari tali tambat, akan membuka pen botol anginnya, sehingga rakit itu akan mengembang.

Infatable Liferats harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Dibuat sedemikian rupa sehingga apabila dijatuhkan ke dalam air dari suatu tempat 18 m tingginya di atas permukaan air, baik rakitr atau perlengkapan lainnya tak akan rusak.

2. Harus dapat dikembangkan secara otomatis dengan cepat dan dengan cara sederhana.
3. Berat seluruh rakit termasuk kantong atau tabung, beserta perlengkapannya maximum 180 kg.
4. Mempunyai stabilitas yang cukup baik.
5. Lantai dari rakit penolong harus kedap air dan harus cukup mempunyai isolasi untuk menahan udara yang dingin.
6. Dilengkapi dengan tali tambat yang panjangnya paling sedikit 10 meter, dan diisi luarnya terdapat tali pegangan yang cukup kuat.
7. Rakit harus dapat ditegakkan oleh seorang, jika telah tertiuip, apabila berada dalam keadaan terbalik.

Inflatable Liferrafts harus memenuhi perlengkapannya sebagai berikut :

1. Dua jangkar apung dengan tali (satu sebagai cadangan)
2. Untuk setiap 12 orang disediakan 1 gayung spons dan pisau keamanan
3. Sebuah pompa tangan
4. Alat perbaikan yang dapat untuk menambal kebocoran
5. Sebuah tali buangan yang terapung di atas air, panjangnya minimum 30 meter
6. Dua buah dayung
7. Enam obor yang dapat menyinarkan sinar merah yang terang
8. Sebuah lentera (*flash light*) saku yang kedap air yang dapat digunakan untuk semboyan morse, dengan satu set baterai cadangan dan satu bola cadangan yang disimpan di dalam tempat yang kedap air. Sebuah kaca yang dapat dipergunakan untuk semboyan
9. Sebuah alat pancing
10. Setengah kilo makanan untuk setiap orang
11. Tiga kaleng anti karat yang isinya masing-masing 0,36 liter air untuk setiap orang
12. Sebuah mangkok minum yang anti karat dengan skala ukuran
13. Enam pil anti mabok laut untuk setiap orang
14. Buku penuntun yang tahan air yang menerangkan caracara orang tinggal di dalam rakit
15. Sebuah tempat yang kedap air yang berisi perlengkapan untuk pertolongan pertama, dengan keterangan-keterangan cara menggunakannya. Pada bagian luar dari pembungkusnya dituliskan daftar isi.

Alat-alat apung (Buoyant apparatus)

Yang dimaksud dengan alat-alat apung ialah semua alat yang dapat terapung, yang dapat menahan orang-orang sehingga dapat tetap terapung.

Kecuali yang termasuk alat-alat apung :

- f. Sekoci penolong
- g. Pelampung penolong
- h. Rakit penolong yang ditiup secara otomatis
- i. Baju penolong

Hal ini berguna untuk menolong jiwa manusia pada waktu terjadi kecelakaan kapal yang sangat mendadak.

Alat-alat apung harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Ukuran, kekuatan dan penempatannya harus sedemikian rupa, sehingga waktu dilempar ke air tidak akan rusak.
2. Berat alat pengapung itu tidak boleh melebihi 180 kg, kecuali tersedia peralatan yang tepat untuk memungkinkan peluncuran tanpa diangkat dengan tangan.
3. Harus dapat dibuat dari bahan yang disetujui.
4. Harus selalu dalam keadaan stabilitas yang baik, pada sisi yang manapun dia terapung.
5. Tangki-tangki udara yang memberikan daya apung terhadap alat tersebut harus sedekat mungkin pada pinggir-pinggirnya dan tidak boleh merupakan bahan yang dikembangkan dahulu sebelum dipakai.
6. Harus dilengkapi dengan tali-rtali pegangan yang diikatkan keliling sisi luarnya.
7. Jumlah orang yang diizinkan diangkut oleh alat apung ialah :
Merupakan angka terkecil yang diperoleh dari jumlah berat besi yang dapat ditahan (dalam kg) oleh alat apung itu dalam air tawar dibagi dengan angka 14,5 atau keliling dari alat apung tersebut (dalam cm) dibagi dengan 30,5.
8. Diatas kapal penumpang maka disamping mempunyai jumlah sekoci penolong yang diisyaratkan harus juga mempunyai alat apung yang cukup bagi 25% dari seluruh orang yang ada dikapal.
Tetapi bagi kapal-kapal penumpang yang beroperasi dalam daerah pelayaran yang pendek prosentase cukup 10% saja.

Line throwing apparatus

Alat-alat untuk melemparkan tali

Di atas kapal penumpang dan barang harus dilengkapi dengan sebuah alat pelempar tali. Alat tersebut harus dapat melemparkan tali paling sedikit sejauh 230 meter.

Kegunaan alat pelempar tali itu ialah untuk mengadakan hubungan tali antara kapal yang dalam keadaan membutuhkan pertolongan dengan kapal lain, atau antara kapal yang kandas dengan si penolong didaratan.

Alat pelempar tali yang sering atau umum dipergunakan oleh kapal-kapal ialah jenis "Schermuly" seperti terlihat pada gambar diatas.

Alat tersebut mempunyai lobang peluru yang besar disekrupkan pada pemegangnya. Dengan perantara sebuah per maka loop itu dapat dikencangkan.

Dibagian atas dari loop (laras) terdapat pemegangnya yang kuat. Proyektifnya berbentuk sebuah peluru yang ujung mukanya umpul, yang dapat terapung di dalam air.

Pada bagian bawahnya disekrupkan sebuah cincin pengikat kawat baja yang kecil sebagai tempat penyambung tali pelemparnya.

E. Alat-alat Pemadam Kebakaran (Fire Appliances)

Sebab-sebab terjadinya kebakaran dapat dibagi menjadi 3 faktor :

1. Barang padat, cair atau gas yang dapat terbakar (kayu, kertas, tekstil, bensin, minyak, acetelin dan lain-lainnya).
2. Suhu yang sedemikian tingginya, hingga menimbulkan gas-gas yang mudah menimbulkan kebakaran.
3. Adanya zat asam (O_2) yang cukup untuk mengikat gas-gas yang bebas. Ikatan-ikatan ini diikuti dengan adanya gejala-gejala kebakaran dan suhu yang tinggi sehingga kemudian terjadilah kebakaran.. bila pengikatan ini berjalan dengan cepat maka akan terjadi ledakan.

Apabila salah satu sisi dari segitiga tersebut diatas dibuang, maka tidak mungkin terjadi kebakaran.

Jadi setiap kebakaran dapat dipadamkan dengan cara, sebagai berikut :

- A. Dengan menurunkan suhunya dibawah suhu kebakaran.
- B. Menutup jalan masuknya zat asam.
- C. Menjauhkan barang-barang yang mudah terbakar, untuk membatasi menjalarnya api (cara yang terakhir ini jarang dilakukan diatas kapal)

Yang sangat penting adalah pertolongan pertama pada kebakaran, karena kebakaran dimulai dari api kecil.

Alat-alat pemadam api yang kecil dinamakan pemadam cepat atau "Extinguisher", dimana jenis dan macamnya banyak sekali, dengan merk yang berlainan.

Syarat-syarat portable extinguisher :

1. Isi dari estinguisher yang dapat dijinjing harus antara 9 sampai 13,5 liter dan warnanya harus merah.
2. dicoba dan diperiksa secara teratur.
3. portable extinguisher dimana dipergunakan untuk suatu ruangan yang tertentu, harus ditempatkan dekat ruangan itu.

Beberapa ketentuan-ketentuan portable extinguisher

1. Larutannya tak boleh mengedap atau menjadi kristal atau tak boleh cepat membeku.
2. Tak boleh merusak tabung dan alat-alat lain.
3. Harus disertai petunjuk cara pemakaiannya pada setiap extinguisher
4. Isinya harus mudah didapat dengan harga yang murah.
5. Botolnya harus tahan tekanan dalam, paling sedikit 20 kg per m^3 .

Jumlah pemadam kebakaran alat-alat itu dipergunakan bermacam-macam pengisian, hal ini cukup jelas karena kebarakan dikapal dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Kebakaran pada barang biasa (kayu, kertas, textil dan sebagainya), dimana pemadamnya dengan pendinginnya dari air atau campuran yang mengandung prosentase air yang banyak adalah terbaik.
2. Kebakaran dalam zat-zat cair yang mudah terbakar (solar, bensin dan sebagainya), dimana pemadamnya dilakukan dengan menutup dengan busa, pasir dan sebagainya.
3. Kebakaran pada atau didekati instalasi listrik, dimana alat pemadamnya tidak boleh terdiri dari bahan yang dapat menghantar aliran listrik.

Kebanyakan dari extinguisher didasarkan atas sistem sebagai berikut : Terdiri dari tabung logam yang berisi suatu larutan dalam air (tidak boleh diisi penuh). Di dalam tabung ini terdapat tabung gelas yang kecil berisi zat asam yang keras (misalnya campuran asam belerang dan asam garam).

Umumnya tabung ini tertutup dan dengan knop tekan dapat dipecahkannya.

Pada beberapa jenis yang lain dibuat sedemikian rupa, hingga kalau dibalik akan mengalir keluar.

Setelah asam keras itu karena pecah tadi mengalir ke larutan, maka keluarlah zat asam arang (CO_2) hingga menimbulkan tekanan 4 – 8 atmosfer pada larutan itu.

Bila krannya dibuka, maka melalui sebuah pipa penyembur keluarlah pancaran air pemadam yang kuat. Jarak penyemburannya mencapai 12 meter tinggi penyemprotannya mencapai 8 meter.

Daya penyemprot yang tinggi dapat dipergunakan untuk memadamkan kebakaran-kebakaran ditempat yang tinggi letaknya.

Dengan daya semburnya yang jauh, sebuah kebarakan dapat dipadamkan dari jarak yang cukup aman.

Keterangan No. 2

Tak dapat diharapkan bahwa extinguisher itu akan tetap dalam keadaan baik sampai bertahun-tahun tanpa pemeriksaan dan pembaharuan isinya.

Oleh karena itu "Pemadam cepat" ini paling sedikit setiap 2 tahun harus dicoba dan pembaharuan isinya, lalu diberi catatan tanggal, bulan dan tahunnya agar dapat diketahui botol itu diperbaharui isinya apabila ada pemeriksaan.

Bagi pemadam kebakaran barang-barang yang dapat terbakar sendiri (bensin, minyak, bahan bakar, dan lain-lain) kita gunakan botol extinguisher yang berisi larutan yang berbusa. Botol-botol ini menghasilkan busa yang terdiri dari massa asam arang yang melekat menjadi satu sama lain, yang bila disemprotkan pada tempat kebakaran akan merupakan lapisan yang liat, yang tak tertembus oleh gas-gas pembakar pada pipa penutup hubungan dengan udara.

Busa itu terdiri dari persenyawaan dari asam dan basa larutan garam, misalnya larutan bicarbonat dan aluminium sulfat;



Beserta suatu bahan yang menimbulkan liat atau perekat pada gelembung-gelembung busa (disebut Saponine).

Bagi extinguisher yang dipergunakan untuk kebakaran instalasi listrik atau kamar radio, kita sebut "Pemadam halogeen".

Botol ini diisi dengan zat arang tetrachloor, suatu cairan yang sudah menguap dan menjadi gas yang sangat menyesakkan.

Keuntungan dari zat arang tetrachloor atau halogeen (umpama Chloorbromethan) ini ialah tak dapat menyalurkan atau menghantarkan listrik.

Bahan-bahan ini umumnya tidak dipergunakan pada ruangan-ruangan tertutup karena menimbulkan uap yang beracun.

1. Pemadam Kebakaran dengan Air

Alat pemadam yang sering tersedia dengan mudah adalah air, karena dikapal dapat diperoleh dengan jumlah yang tak terbatas.

Air adalah alat pemadam yang baik karena akan mendinginkan barang-barang di bawah derajat panas sehingga akan melindungi barang lain yang belum terbakar.

Penggunaan air sebagai pemadam kebakaran menimbulkan kerugian-kerugian karena sering mengakibatkan kerusakan yang besar, tidak hanya harus dipergunakan air yang banyak yang disiramkan pada tempat kebakaran saja, akan tetapi juga pada barang-barang yang ada disekitarnya.

Oleh karena itu dalam beberapa hal/kejadian maka penggunaan air untuk pemadam api tidak diperkenankan yaitu :

1. Apabila dengan adanya air dapat menyebabkan suhu yang sangat tinggi (muatan apur mentah) atau menimbulkan gas-gas yang meledak, misalnya : acetelin pada calcium. Carbide dan gas letup pada logam-logam ringan (Ca, K, Na) dan kebakaran batu bara.

2. Apabila adanya air menyebabkan menjalarnya kebakaran pada benda itu misalnya : Kebakaran minyak.
3. Apabila persenyawaan yang akan menimbulkan letusan.
4. Apabila massa air itu akan membahayakan stabilitas kapal.

1.1 Syarat-syarat untuk Pompa dan Pipa Kebakaran

1. Setiap pompa harus dapat memberikan 2 pancaran air yang kuat, jarak jangkauan dari pancaran ini paling sedikit sejauh 12 meter, jumlah pompa-pompa ini tergantung jenis dan besarnya kapal.
2. Kran-kran kebakaran (Hydrants) harus ditempatkan dengan jarak masing-masing tidak lebih dari 25 m.
3. Keran-keran alat penutup, peti-peti, selang air dan lain-lainnya harus berwarna merah.
4. Kalau ada muatan digeladak harus disiapkan keran-keran kebakaran (hydrant) yang mudah dicapai orang.
5. Diameter bagian dalam selang kebakaran (fire hose) menurut ukuran standar 2½ inch dan panjang standart 60 ft. Selang kebakaran harus dilengkapi dengan corong pemancar (nozzle) yang dapat mengatur kecepatan air dengan diameter standart ½ inch (atau 12 m/m). 5/8 inch (atau 16 m/m) dan ¾ inch (atau 20 m/m).
6. Setiap fire house harus dapat dipasang sewaktu pompa-pompa kebakarannya sedang bekerja. Harus ada satu atau lebih pompa-pompa mesin yang bekerjanya tidak tergantung mesin induk, syarat ini diperlukan karena pompa-pompa ini juga harus dapat dipergunakan selama kapal berada di pelabuhan. Disamping itu pompa-pompa ini dapat digunakan untuk maksud-maksud lain misal pompa balas.

Umumnya pompa-pompa kebakaran diletakkan dikamar mesin, hanya kerugiannya kalau kebetulan ada kebakaran dalam kamar mesin tidak ada pompa yang dapat digunakan.

2. Fire House (selang kebakaran)

Selang kebakaran dibuat dari terpal yang dianyam secara keliling tanpa adanya sambungan.

Keuntungannya :

1. Karena selang dari terpal dapat ditembus air maa sedikit kemungkinannya ikut terbakar.
2. Tidak banyak membutuhkan tempat penyimpanan.
3. Ringan dan mudah pemakaiannya.

Kerugiannya :

1. Tak begitu kuat bila dibandingkan selang karet.
2. Sesudah dipakai harus dikeringkan terlebih dahulu sebelum disimpan.
3. Dalam penyimpanan perlu sekali-kali dijemur, karena dapat rusak oleh lembab udara.

Disamping itu ada selang-selang yang terbuat dari karet.

Keuntungannya :

1. Karet lebih kuat.
2. Tidak terpengaruh oleh udara basah, sehingga tidak perlu dikeringkan sesudah dipakai

Kerugiannya :

1. Makan banyak tempat
2. Lebih berat

Kesimpulan : untuk dipergunakan sebagai selang kebakaran terpal lebih baik dari selang karet, tapi untuk pencuci geladak, selang karet lebih baik dari selang terpal. Sedang yang terbaik ialah yang terbuat dari bahan nylon.

Keuntungannya :

1. Tidak bocor
2. Tidak kehilangan tekanan
3. Tidak lekas rusak, membusuk atau berjamur
4. Tidak terpengaruh oleh hawa dingin
5. Mudah digulung gepeng, berarti tidak memakan banyak tempat
6. Tidak perlu dikeringkan
7. Lebih ringan berarti mudah pelayanannya

3.Hose Nozzle

Hose Nozzle dapat disetel/diatur sebagai pancaran atau pancaran siram. Dengan memutar kepala dari corong ini, maka air itu akan meluas pancarannya sebagai pancaran siram yang merupakan payung air.

Dengan memutar terus maka payung air itu akan lebih halus dan bila diputar terus akhirnya akan tertutup.

Cara memutarnya sedikit demi sedikit untuk menghindari tekanan-tekanan sentakan yang dapat merusak selang.

Keuntungan payung air adalah dapat melenyapkan asap sehingga si pemadam dapat lebih dekat dengan api dan merupakan pelindung yang baik dari panasnya api.

Contoh : fyrex triple-purpose nozzle seperti gambar dibawah dengan standart diameter fire house 2½ inch dengan tekanan 50 lb/m² menghasilkan pancaran sebagai berikut :

Jenis Pancaran	Kapasitas (capacity ton/hr)	Jarak Pancaran (Length of throw) / ft
Straight jet	10,2	60
Spry	11,2	30
Water Curtain	24,1	25

Tekanan air minimum pada Hydrant ditetapkan oleh SOLAS 1960 sebagai berikut :

Kapal Penumpang :

1. 4000 BRT dan lebih tekanannya 3,2 kg/cm²
2. 1000 BRT dan lebih tetapi dibawah 4000 BRT tekanannya 2,... kg/cm²
3. Dibawah 1000 BRT tekanannya berdasarkan persetujuan pemerintah.

Perlengkapan regu kebakaran terdiri dari

- Alat untuk bernafas
 - a. masker selang
 - b. masker filter
 - c. masker gas zat asam
- Tali penolong yang cukup panjangnya dan tak dapat terbakar
- Lampu kebakaran
- Kampak kebakaran

Untuk dapat memasuki ruangan yang terdapat asap yang tebal atau gas-gas yang beracun atau kekurangan zat asam harus menggunakan masker atau alat lain yang memungkinkan orang untuk tinggal diruangan dimana terjadi kebakaran.

Bila masker tidak ada atau rusak, sesungguhnya alat pemadam kebakaran tidak berguna sama sekali.

Apabila orang mencapai tempat kebakaran, maka asap dan gas tidak boleh merupakan suatu hambatan baginya.

Gejala dari keracunan asap, kesakitan mata dan sebagainya tidak perlu dirasakan dengan adanya alat tadi, sehingga pemadam dapat dilaksanakan dengan baik.

3. Busa sebagai alat pemadam kebakaran

Busa sebagai alat pemadam kebakaran akan menutupi barang yang terbakar, sehingga aliran udara terputus.

Diperlukan busa yang cukup tebal dan enyal agar dapat menahan gas-gas yang timbul karena pemanasan.

4. Bubuk sebagai alat pemadam

Pemadam bubuk tidak hanya digunakan untuk kebakaran kecil, tetapi untuk kebakaran yang besar.

Asam arang digunakan untuk penekan pada extinguishernya untuk mengeluarkan bubuk sedangkan pada instalasi yang besar alat penekannya dipakai zat lemas dalam botol-botol, karena pada penuaian asam arang yang cair atau berupa gas akan terjadi pembekuan atau Cs dan juga tekanan di dalam cilinder CO₂ tergantung dari suhu sekelilingnya.

Keuntungan dari pemadam bubuk

1. Dapat digunakan untuk kebakaran cairan atau gas
2. Tidak berbahaya bagi kebakaran listrik, dan tidak membahayakan sipemakai.
3. Tidak menimbulkan kerusakan pada barang sekitarnya.
4. Kapasitas pemadamnya 3 sampai 4 kali lebih besar dari biasa.

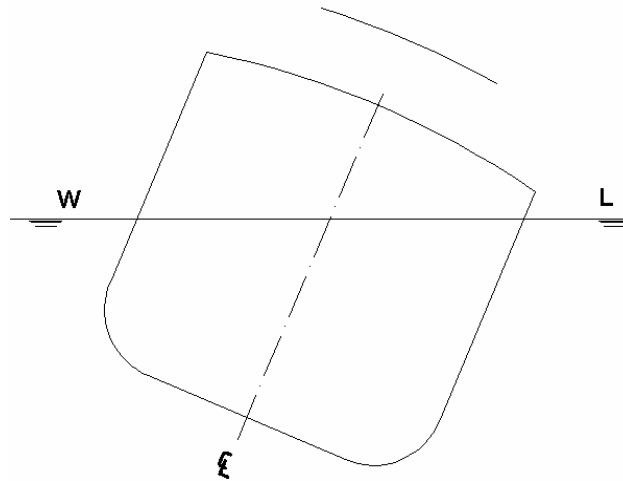
5. Pemadam api dengan menutup aliran udara

Sudah dijelaskan dimuka bahwa kebakaran dapat dipadamkan dengan memutuskan hubungan dengan udara yang berarti juga menghilangkan zat asam yang menyebabkan dengan menutup aliran udara.

Udara yang bersih mengandung 21% zat asam dan 79% zat lemas. Apabila kebakaran disuatu ruangan itu sedemikian hingga zat asam tadi habis terpakai untuk pembakaran, maka akhirnya api akan padam dengan sendirinya, hal ini terjadi apabila zat asamnya kurang dari 15%.

BAB XVIII STABILITAS

Stabilitas adalah suatu hal yang sangat penting dalam perkapalan, namun demikian pengertiannya sama saja dengan pengertian yang lain.



Gambar 18.1 Stabilitas Melintang

Yang disebut stabilitet pada umumnya adalah kemampuan dari suatu kapal/benda yang melayang atau mengapung yang miring untuk kembali ke kedudukan tegak lagi. Kita mengenal :

- A. Stabilitet memanjang (waktu terjadi Trim).
- B. Stabilitet melintang (waktu terjadi olengan) lihat gambar di atas. Pada umumnya stabilitet memanjang tidak perlu diperhitungkan karena

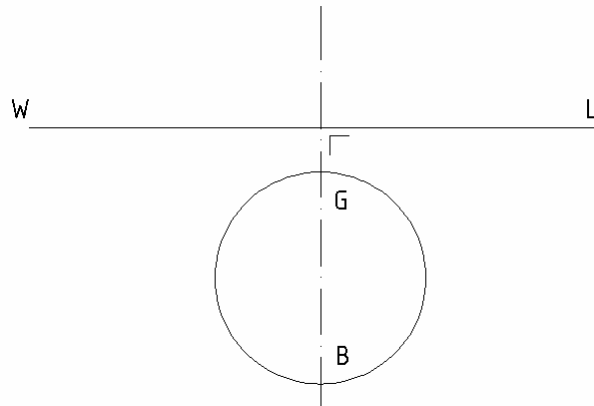
biasanya dianggap cukup besar. Yang perlu mendapat perhatian pada waktu merencanakan kapal adalah stabilitet melintangnya. Stabilitet pada sudut – sudut oleng yang kecil (≤ 6 derajat) disebut stabilitet awal. Selanjutnya kita mengenal juga :

- a. Stabilitet statis.
- b. Stabilitet dinamis.

Baik stabilitet statis maupun stabilitet dinamis ada yang positif, negative dan nol.

A. Macam Keseimbangan

1. Benda yang melayang (misalnya kapal selam).

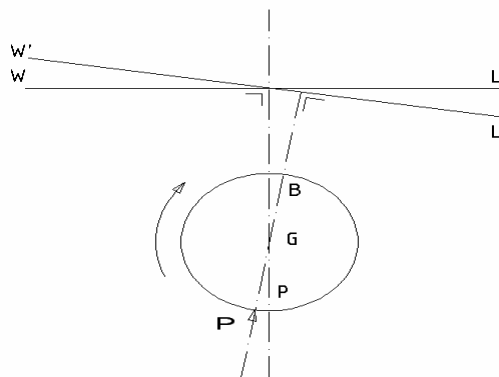


Gambar 18.2 Benda Melayang

Benda yang melayang itu dinyatakan seimbang, kalau titik beratnya (G) dan titik tekannya (B) berada di satu garis yang tegak lurus dengan permukaan air. Dalam hal ini terdapat 3 kemungkinan :

- a. B diatas G
- b. B pada G
- c. B di bawah G

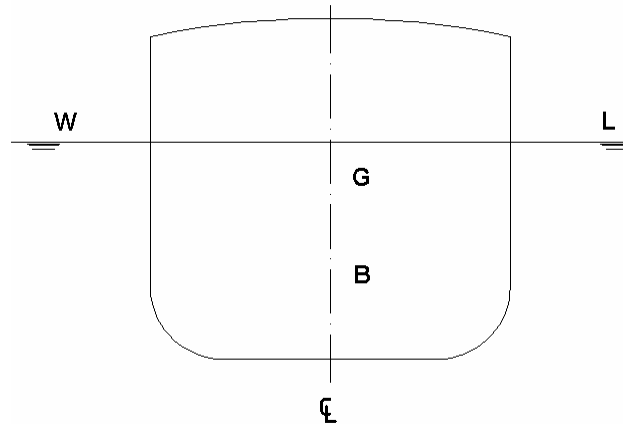
a. B diatas G



Gambar 18.3 Stabilitas Positif

Pada gambar diatas keseimbangan benda yang dinyatakan **Stabil** sebab Koppel yang dibentuk oleh gaya apung dan berat benda akan menegakkan benda itu kembali.

2. Benda yang mengapung (misalnya kapal).



Gambar 18.6 Benda Mengapung Seimbang

Benda yang mengapung dinyatakan seimbang kalau titik beratnya G dan titik tekannya B berada pada satu garis yang tegak lurus dengan permukaan air . (lihat gambar di atas).

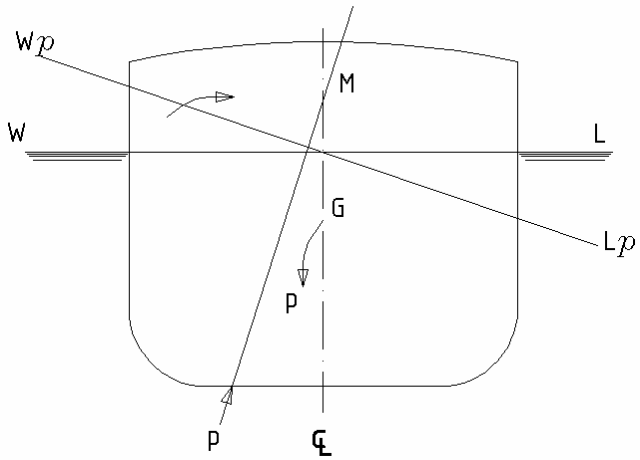
Bedanya dengan keseimbangan dari benda yang melayang adalah sebagai berikut :

- a. Keseimbangan dari benda yang melayang ditentukan oleh jarak antara G dan B.
- b. Keseimbangan dari benda yang mengapung ditentukan oleh jarak antara titik metasentra (M) terhadap titik beratnya (G).

Adapun letak M terhadap G itu terdapat juga tiga kemungkinan yaitu :

- a. M diatas G
- b. M pada G
- c. M dibawah G

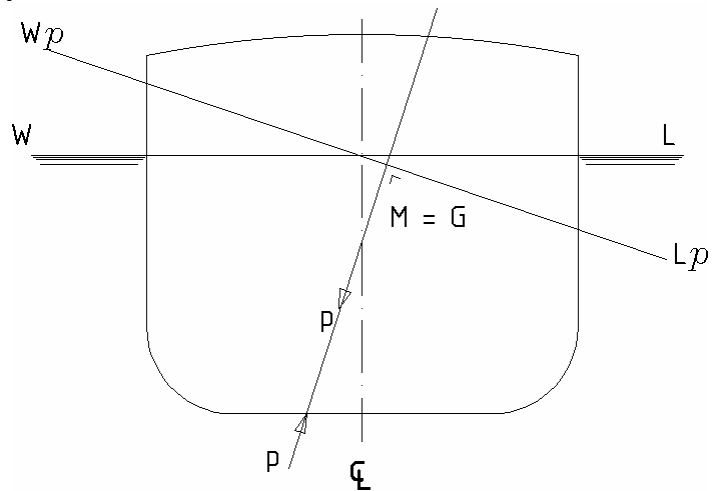
a. M diatas G



Gambar 18.7 Benda Stabil

Dalam keadaan ini, maka keseimbangan benda tadi dinyatakan **Stabil**, sebab gaya apung keatas dan gaya berat benda (kapal) merupakan Koppel yang menyebabkan benda tersebut akan kembali berdiri tegak lagi. Maka Maka stabilitasnya adalah positif

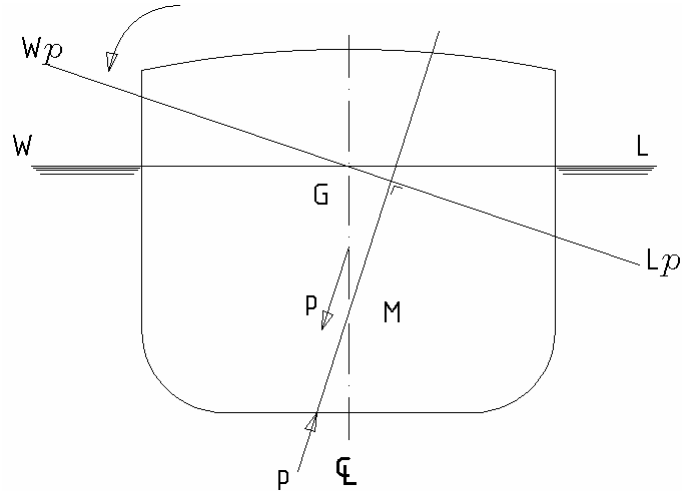
b. M pada G



Gambar 18.8 Keseimbangan Indifferen

Keseimbangan semacam ini dinyatakan **Indiferen**, sebab garis gaya apung dan garis gaya berat benda tidak membentuk momen Koppel karena terletak berimpit (momen Koppel = 0). Dengan demikian kedudukannya seimbang sehingga stabilitasnya = 0

c. **M dibawah G**



Gambar 18.9 Keseimbangan Labil

Keseimbangan semacam ini adalah **Labil**, sebab koppel yang dibentuk oleh gaya apung dan berat benda akan memperbesar sudut lambungnya. Maka stabilitasnya dinyatakan negatif.

BAB XIX

Pembuatan dan Perakitan Komponen Kapal

Proses produksi kapal di Indonesia dari desain sampai kapal jadi terdapat 3 komponen penting yang terkait yaitu Bagian Desain, Bagian Produksi dan Bagian Material. Bagian Desain menyerahkan desain berupa gambar dan daftar material ke PPC (Bagian Perencanaan dan Pengendalian Produksi), kemudian PPC membuat dokumen pengajuan material ke Bagian Material. Bagian Material kemudian merencanakan dan melakukan pembelian material, setelah didapatkan maka diinformasikan ke PPC. Kemudian PPC mengeluarkan gambar dan surat perintah kerja yang berisi jenis pekerjaan dan penanggung jawab pekerjaan ke bengkel-bengkel produksi. Setelah itu PPC membuat dokumen pengambilan material dan dikirim ke bagian material untuk pengambilan material selanjutnya dilakukan proses pekerjaan oleh bengkel yang bersangkutan.

Bagian Produksi khususnya bagian konstruksi lambung kapal (Hull Construction) dalam proses manufaktur umumnya mempunyai beberapa bengkel antara lain bengkel fabrikasi, bengkel assembly, bengkel las, bengkel cat dan bengkel boat builder. Setiap bengkel mempunyai tugas/pekerjaan yang berbeda-beda tapi satu dengan yang lainnya saling berkaitan.

A. Bengkel Fabrikasi

Fabrikasi merupakan tahap awal dari manufaktur. Proses fabrikasi dilakukan di bengkel fabrikasi yang memproduksi komponen-komponen untuk konstruksi lambung kapal (hull construction). Material pelat dan profil yang masuk ke bengkel fabrikasi terlebih dahulu diblasting untuk menghilangkan lapisan millscale yang ada pada lapisan material. Dalam proses blasting digunakan cast steel grit dengan ukuran HG 25 (mampu digunakan 20 kali blasting, harga mahal), selain dapat juga digunakan pasir silica atau pasir bangka (hanya mampu digunakan 2 kali blasting, harga murah). Setelah diblasting kemudian material dicat dasar (Shop primering) dengan ketebalan 18 – 25 micrometer agar tidak rusak dalam proses fabrikasi. Cat ini untuk melindungi material dari korosi mampu bertahan antara 3 – 12 bulan (bersifat sementara). Untuk proses pengerjaan blasting dan primering dibawah pengawasan bengkel cat. Setelah diblasting dan diprimering baru bisa diproses di bengkel fabrikasi. Proses fabrikasi terdiri dari Straightening, marking, cutting dan forming. Sebelum proses tersebut dilakukan terlebih dahulu mengidentifikasi material sudah diklasifikasikan atau belum (mengecek number pelate dengan daftar yang terdapat pada class tersebut). Setelah selesai diidentifikasi maka pihak klasifikasi tersebut akan menandatangani pemeriksaan pelat tersebut.

Proses pengerjaan material :

1. Pelurusan (Straightening)

Dalam proses pengangkutan material baik pelat ataupun profil dari pabrik maupun dari gudang penyimpanan material kadang terjadi deformasi ataupun bengkok karena benturan atau yang lainnya, hal ini akan mempersulit proses marking dan pemotongan yang dapat menyebabkan kurangnya akurasi dalam marking maupun pemotongan. Untuk meluruskan pelat digunakan mesin roll yang dapat memberikan tekanan pada bagian yang deformasi maupun tertekuk, sedangkan untuk profil digunakan mesin tekuk.

2. Penandaan (Marking)

Setelah material tersebut siap diproses maka juru marking (marker) harus mencocokkan pelat atau profil yang akan dimarking. Jika sesuai maka dapat dilakukan.

Peralatan yang biasa digunakan untuk marking adalah :

- c) Sipatan
- d) Working Pen
- e) Benang
- f) Penggaris siku
- g) Busur derajat
- h) Center punch (penitik)
- i) Dan alat bantu lainnya

Langkah-langkah pengerjaan :

- 1) Pelat diletakkan diatas lantai yang rata dan dicek apakah material itu sesuai dengan material yang ada (identifikasi material).
- 2) Siapkan cutting plan. Cutting plan ini berguna untuk meminimalisir material sisa.
- 3) Sebelum dimarking maka pelat tersebut dibersihkan dengan sapu agar kapur dapat melekat betul.
- 4) Persiapan alat-alat kerja.
- 5) Pelaksanaan marking

Setiap bagian material yang telah di marking harus diberi nama dengan jelas agar tidak tertukar atau keliru dengan material lain pada saat perakitan. Nama tersebut disesuaikan dengan kode yang tercantum di material list dan marking list, nama tersebut mencakup nomor kapal, nomor blok, posisi marking.

3. Pemotongan (Cutting)

Proses ini merupakan pemotongan material-material yang telah dimarking. Apabila marking tersebut telah disetujui oleh QA (Quality Assurance) maka pemotongan dapat dilakukan.

Dalam proses pemotongan banyak faktor yang mempengaruhi hasil pemotongan, misalnya :

1. Operator, keahlian operator sangat berperan penting dalam menentukan kualitas hasil potongan. Hal ini sangat terlihat sekali pada proses pemotongan dengan manual (brander).
2. Mesin pemotong yang digunakan yaitu mengenai akurasi pemotongan pada mesin tersebut. Apabila hasil proses pemotongan kurang halus maka dilakukan penghalusan dengan gerinda.

Kebanyakan hasil dari setiap proses pemotongan digerinda agar dalam proses berikutnya lebih mudah dan cepat. Kemudian material hasil proses pemotongan jika memerlukan pembentukan (bagian yang lengkung) maka langsung dibending atau roll maupun fairing. Material yang tidak memerlukan pembentukan masuk ke bengkel assembly untuk diproses penggabungan dengan komponen lain, proses ini disebut proses sub assembly.

4. Pembentukan (Forming)

Banyak bagian kapal yang berupa lengkungan, maka dari itu proses forming sangat diperlukan dalam pembuatan kapal. Berdasarkan proses pengerjaan, proses forming dibagi menjadi 2 jenis yaitu :

a. Mechanical Forming

Alat yang digunakan untuk mechanical forming ini terdiri dari mesin tekuk (Press dan Press Brake) dan mesin roll. Mesin tekuk digunakan untuk bending, Straightening dan membentuk flens pada pelat. Mesin roll digunakan untuk membuat bentuk curva silinder atau curva kerucut dengan radius tertentu. Selain itu dapat juga membuat lingkaran penuh untuk komponen berbentuk lingkaran seperti stern tube, mast dan boom. Untuk proses bending pelat akan diperoleh hasil yang lebih bagus dengan mesin roll daripada mesin tekuk, karena jika dilakukan dengan mesin tekuk maka bekas bagian yang ditekuk tersebut akan kelihatan sedangkan jika menggunakan mesin roll tidak kelihatan.

Mechanical forming disini hanya dalam bentuk 2 dimensi saja untuk hasil akhir (bentuk 3 dimensi) maka harus dilakukan

proses lagi yang disebut fairing. Proses yang sering dilakukan adalah pembentukan kulit lambung dan pembentukan frame.

- Membending suatu pelat
Untuk membending suatu pelat digunakan mesin tekuk. Setiap pelat yang akan dibending harus disertai dengan rambu. Rambu ini digunakan sebagai acuan batas kelengkungan yang diinginkan. Setiap rambu dicocokkan dengan setiap frame kemudian dilakukan penandaan pada pelat dimana yang memerlukan bending. Setelah itu pelat dibending dengan menggunakan alat bending vertikal.
- Meluruskan atau membengkokkan frame
Frame yang ada pada kapal tidak semuanya lurus tetapi ada juga yang berbentuk lengkung, maka dari itu untuk membengkokkan frame tersebut dilakukan bending agar bentuk frame tersebut sesuai dengan bentuk kapal. Untuk membentuk frame tersebut dilakukan bending secara horizontal karena kekuatan bending secara horizontal mempunyai kekuatan yang lebih besar. Sebagai acuan dalam proses bending adalah bila garis marking yang pada awalnya berbentuk lengkung pada salah satu sisi frame tersebut akan menjadi garis lurus maka lengkungan tersebut telah sesuai dengan yang diinginkan.

b. Thermal Forming

Proses ini dilakukan untuk membuat bentuk-bentuk 3 dimensi atau penyempurnaan bentuk dari pelat yang telah dibending dengan mesin tekuk ataupun mesin roll. Fairing dilakukan jika bentuk yang diinginkan tidak bisa dikerjakan dengan mesin-mesin yang ada. Proses ini tidak hanya membuat lengkung 3 dimensi tetapi dapat juga meluruskan bagian pelat yang deformasi akibat pengelasan. Proses fairing sangat tergantung dengan type material, tebal pelat, proses panas yang terjadi dan proses pendinginan.

Proses pemanasan dan pendinginan yang terjadi sangat tergantung dari

- Type torch tip dan ukurannya
- Jarak antara torch tip dan pelat
- Kecepatan torch tip
- Metode pendinginan (air atau udara)
- Rata-rata pendinginan yang terjadi
- Jarak antar pusat pemanasan dan pusat pendinginan.

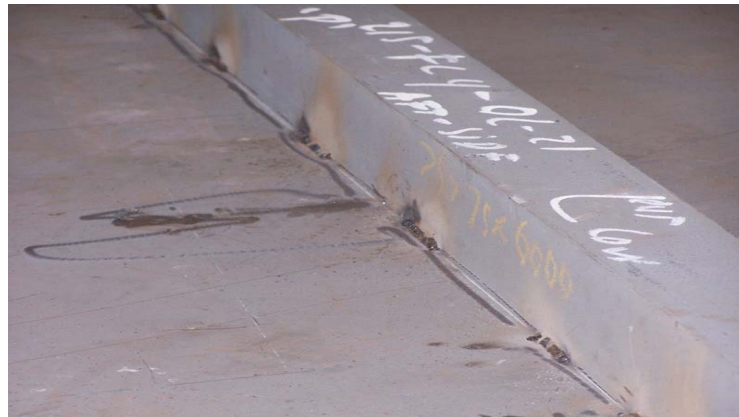
Pada proses ini dibutuhkan keahlian dan ketrampilan yang cukup karena tidak ada metode yang baku dalam proses pengerjaannya. Bengkel fabrikasi ini akan menghasilkan komponen-komponen yang digunakan dalam sub assembly pada bengkel assembly.

B. Sub Assembly

Proses Sub assembly ini merupakan kelanjutan dari proses fabrikasi. Proses pengerjaannya dilakukan di bengkel Sub assembly, dalam proses ini mempunyai 3 tahap yaitu :

Sub assembly merupakan proses penggabungan komponen komponen dari bengkel fabrikasi menjadi blok-blok kecil (part assembly). Komponen-komponen tersebut masih berupa pelat dengan potongan lurus (paralel) maupun tidak lurus (non paralel), pelat yang telah dilengkungkan dan lain-lainnya seperti bagian-bagian pipa. Sebagai contoh proses pada sub assembly ini adalah penggabungan antara merakit sekat, merakit web frame, merakit pelat dengan pelat.

1. Proses pengerjaan sub assembly sekat dengan penegar. Komponen penegar dari bengkel fabrikasi dipasang pada pelat datar berdasarkan garis marking dan working drawing. Setelah disesuaikan dengan garis marking maka dilakukan las ikat, dan bila terjadi ketidaktepatan posisi maka dipaju. Bila terjadi deformasi yang lebih maka dilakukan proses pelurusan dengan menggunakan paju atau dengan proses fairing.



Gambar 19.1 Sub assembly penegar sekat

2. Assembly web frame.
Tempatkan flens ke pelat dasar sesuai dengan garis marking. Setelah tepat dilakukan las ikat. Bila terjadi gap antara flens

dengan pelat dasar maka dilakukan penekanan dengan menggunakan dongkrak hidrolik. Pelat dasar dengan flens harus tegak lurus.

3. Sub assembly pelat datar.

Dua pelat datar diletakkan di atas landasan, dan permukaan yang akan dilas dibersihkan dengan sikat baja atau gerinda dan kompresor. Kedua pelat dilas ikat, bila terjadi ketidakrataan pelat dilakukan perataan kedua permukaan dengan cara dipaju. Dan bila terjadi gap yang terlalu besar maka dilakukan pengisian dengan menggunakan mesin las FCAW. Pelat dilas dengan menggunakan mesin las SAW, las dilakukan pada kedua permukaan pelat.

C. Assembly

Proses assembly adalah proses penggabungan part assembly yang telah di sub assembly menjadi sebuah blok. Blok yang dibangun diperhitungkan beratnya sesuai dengan kemampuan crane. Proses assembly ini dilakukan dalam beberapa proses pengerjaan, yaitu:

1. Pembuatan Jig.

Jig adalah landasan untuk membentuk sebuah blok, dan merupakan pembentuk utama bagian atas dari blok. Jig dibuat berdasarkan bentuk permukaan bagian atas blok yang akan dibuat.



Gambar 19.2 Jig

2. Proses Perakitan

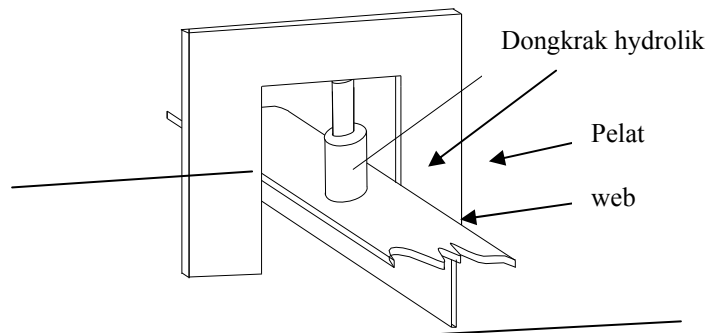
Setelah jig dibuat maka dilakukan perakitan pelat shell bagian atas blok (deck block) sesuai dengan bentuk jig. Setelah deck block selesai diteruskan dengan pemasangan penumpu geladak (deck beam). Pengaturan posisi tegak lurus pada deck beam dibantu dengan pelat siku, dan bila terjadi

jarak antara deck beam dengan pelat datar maka dilakukan penekanan dengan menggunakan paju.



Gambar 19.3 Penekanan deck beam dengan paju

Web dipasang setelah pemasangan deck beam selesai dengan cara pemasangan sama dengan pemasangan deck beam, tetapi untuk penekanan web dilakukan menggunakan pompa hidrolis. Centre girder kemudian dipasang sesuai garis marking, bila terjadi jarak antara penumpu dengan pelat datar terlalu lebar maka dilakukan penyesuaian jarak dengan pompa hidrolis. Side girder dipasang sama dengan proses pemasangan centre girder.



Gambar19.4 Penekanan web dengan dongkrak hidrolis



Gambar 19.5 Deck beam, web dan girder

Sekat dipasang setelah deckbeam, centre girder dan side girder terpasang. Dimana pemasangan sekat dilakukan dengan penempatan pada posisi garis marking dibantu dengan menggunakan crane. Untuk penyesuaian posisi sekat agar tegak lurus dengan deck blok digunakan bandul, dan dilakukan penarikan dengan menggunakan push pull jack. Proses assembly setelah pemasangan sekat adalah pemasangan frame dan web frame yang pemasangan awalnya dimulai berdasarkan letak sekat.



Gambar 19.6 Penahanan sekat setelah tegak lurus

Proses pemasangan web frame yang pertama adalah peletakan web frame pada posisi diatas web yang dipasang pada deck block. Pengaturan tegak lurus sama seperti pemasangan sekat. Kemudian frame dipasang sesuai dengan jarak yang telah ditentukan dari working drawing. Pemasangan

frame prosesnya sama halnya dengan pemasangan web frame. Dilanjutkan dengan pemasangan pilar, dimana pada proses pemasangan pilar dimulai dengan pemasangan diamond pelat lalu dilanjutkan dengan peletakan pilar bar dengan braket. Pilar harus dipasang secara tegak lurus dengan web, penumpu dan deck block. Pengecekan posisi tegak lurus pilar menggunakan water pass.



Gambar 19.7 Pemasangan web

Setelah frame dan web dipasang maka dilakukan pemasangan shell plate, yang dimaksud shell plate adalah side plating, bilge strake dan bottom pelating. Untuk pemasangan shell plate ini dilakukan yang pertama kali adalah menempatkan shell plate pada posisi pemasangan dengan diangkat menggunakan crane. Penempatannya harus sesuai dengan garis garis frame dan web yang ada dan harus ditempatkan pada frame dan web tersebut secara benar. Untuk pemasangan beberapa shell plate maka dilakukan sama seperti untuk shell plate pertama tetapi untuk penahan digunakan stopper yang dipasang pada bagian shell plate yang akan disambung, pemasangan stopper harus memperhatikan kerataan permukaan pelat. Pelat dipaju bila terdapat ketidak rataan antara kedua permukaan pelat. Bila shell plate yang disambung membentuk sudut maka stopper yang digunakan juga membentuk sudut. Untuk shell plate yang telah dilas ada kemungkinan akan mengalami deformasi, sehingga perlu pelurusan dengan proses fairing.



Gambar 19.8 Pemasangan stopper sambungan miring



Gambar 19.9 Perataan permukaan pelat dengan dipaju

Shell plate untuk bagian bilga berbentuk kurva, pemasangannya dibantu dengan crane dan untuk pengaturan jarak dengan shell plate lain dilakukan penarikan dengan menggunakan push pull jack, untuk pemasangan shell yang berbentuk kurva ini biasanya terjadi ketidaksesuaian bentuk dengan bentuk frame sehingga diperlukan pembentukan lagi dengan fairing dan dibantu dengan ditarik dengan push pull jack. Setelah pelat sesuai dengan bentuk frame lalu dilakukan pengelasan dengan backing bar dari keramik antara frame dengan pelat dan pelat dengan pelat. Pengelasan deck beam dilakukan setelah shell plate dipasang, demikian juga untuk pemasangan bracket. Pemasangan bracket dilakukan dengan mengelas salah satu sisi bila terjadi ketidaksesuaian sisi pada sisi yang lain dilakukan proses pengepasan dengan cara dipaju. Tetapi bila sisi yang lain sudah pas maka langsung dilas.



Gambar 19.10 Pemasangan bracket

Setelah proses assembly selesai pada blok dipasang balok penumpu yang digunakan untuk tumpuan blok pada saat proses erection. Proses pemasangan balok penumpu yang pertama adalah pengukuran panjang balok penumpu sesuai dengan tinggi blok pada saat proses erection. Proses yang kedua adalah penandaan posisi bracket penumpu/ balok penumpu pada blok, lalu bracket dan balok penumpu dipasang dengan ketentuan ketegakannya harus siku- siku dengan dasar tumpuan dan dilakukan pengelasan.



Gambar 19.11 Penumpu

D. Erection

Erection merupakan tingkatan terakhir dari proses assembly. Proses ini merupakan penggabungan blok-blok dari proses assembly menjadi sebuah kapal. Proses erection ini dimulai dari blok dasar ganda (double bottom) yang biasanya bersamaan dengan proses keel laying kemudian semakin keatas sampai bagian superstructure.

Sebelum proses erection dilakukan pembalikan blok yang akan dierection. Setelah blok dibalik maka blok dierection, untuk proses erection blok disini dilakukan pada dua blok double bottom yang juga merupakan keel laying kapal.

Dengan prosesnya sebagai berikut :

- 1) Pemotongan salah satu ujung blok yang akan disambung dibagian tank top dan bottom pelating yang disebut dengan zero margin dengan acuan jarak gading harus sama, dan dilakukan pengukuran posisi centre line dengan alat auto level. Pengukuran centre line bertujuan untuk menyamakan kedudukan centre line kedua blok, sehingga pada saat proses erection blok tersambung dengan lurus. Pada proses ini yang dipotong hanya salah satu ujung blok mengikuti bentuk ujung blok satunya yang mempunyai ukuran tetap.
- 2) Blok yang akan disambung digeser kearah blok satunya, pada tank top dilas di dua titik dengan panjang pengelasan 300mm untuk menghindari blok bergeser. Kemudian dilakukan las ikat dengan memperhatikan kedua permukaan harus rata. Permukaan kedua blok sedikit tidak rata maka dilakukan perataan dengan paju. Sedangkan bila terjadi penyimpangan yang besar maka pelurusan menggunakan dongkrak hidrolis.
- 3) Setelah permukaan rata sambungan dilas menggunakan mesin las FCAW dengan menggunakan backing bar dari keramik, sehingga tidak ada pengelasan over head. Untuk bagian bottom plating pengerjaan penyambungan seperti pada tank top. Sedangkan untuk penyambungan pembujur alas, pembujur alas gading balik dan penumpu dilas dengan permukaan kedua komponen yang dilas harus rata setelah tank top dan bottom pelating tersambung. Kemudian penghilangan distorsi dilakukan dengan cara fairing.

1. Bengkel Las

Las adalah suatu cara untuk menyambung benda padat dengan cara memanasi baik dengan atau tanpa tekanan ditambah dengan logam pengisi atau tanpa logam pengisi. Bengkel las ini mempunyai peranan yang penting dalam pembangunan kapal, karena sebagian besar penyambungan komponen-komponen pada kapal dengan metode las. Tugas dari bengkel las adalah mendukung proses sub assembly, assembly dan erection. Selain itu bengkel las juga mendukung proses perakitan maupun pemasangan out fitting.

Dalam proses pengelasan untuk memperoleh hasil maksimal terdapat empat parameter yang mempengaruhi yaitu juru las (welder), mesin las, material las, dan prosedur pengelasan.

a. *Welder dan Welder Operator*

Skill atau kemampuan welder harus memenuhi standar kualifikasi welder. Kualifikasi welder ini menentukan kemampuan welder dan welding operator dalam menghasilkan sambungan las yang *sound* (mulus) dan *acceptable* dengan memakai proses, material, dan teknik yang didefinisikan dalam prosedur pengelasan yang telah dikualifikasikan.

Kualifikasi personil pengelasan adalah tanggung jawab dari perusahaan yang mempekerjakan. Perusahaan harus membuat program jaminan mutu dengan menggunakan personil berkualifikasi untuk menjamin bahwa hasil pekerjaan mereka telah memenuhi persyaratan minimum yang ditentukan. Untuk memperoleh sertifikat welder maka harus melakukan uji kualifikasi unjuk kerja. Meskipun dalam pengujian tersebut welder dan welder operator menghasilkan sambungan yang mulus, pengujiannya tidak dapat mengindikasikan apakah personil tersebut secara umum akan menghasilkan las yang *acceptable* pada setiap kondisi produksi. Oleh karena itu hasil pengujian kualifikasi welder dan welding operator tidak dapat sepenuhnya dipercayai begitu saja sehingga selama produksi berlangsung perlu dilakukan pemeriksaan, baik pada saat maupun setelah pengelasan dilakukan. Welder ataupun welder operator harus diuji ulang jika :

- Gagal dalam uji pengelasan awal
- Ada perubahan dasar dalam WPS (Welder procedure Standar)
- Tidak pernah mengelas dalam kurun waktu tertentu (biasanya 3-6 bulan)
- Ada alasan yang jelas untuk meragukan
- kemampuan welder atau welding operator tersebut.

b. Material Las

Kelas-kelas dari bahan las untuk pembangunan kapal besar ditentukan oleh Biro Klasifikasi, yaitu sebagai berikut :

1. Pengelasan Baja Karbon

- Low Carbon (%C < 0,3%)
Tidak menimbulkan masalah, selama tebal kurang dari 1 inch, tidak memerlukan Pre dan Post Heating. Umumnya menggunakan electrode Low Carbon.
- Medium Carbon ($0,3\% \leq C\% \leq 0,5\%$)
Memerlukan preheating atau kadang kedua-duanya memakai kampuh bebas. Untuk mengurangi kecepatan pendinginan dan memperkecil retak dengan adanya pemanasan awal (Pre heating). Pemilihan electrode low hydrogen dengan kadar karbon juga medium.
- High Carbon (%C > 0,5%)
Bahan materialnya cenderung retak jika dilas. Pengelasan busur listrik lebih kritis dibandingkan dengan gas welding. diperlukan pre dan post atau stress relieving atau mutlak low hydrogen, kadang-kadang untuk karbon yang tinggi sekali memakai electrode low carbon untuk menambah ketahanan terhadap retak las.

2. Pengelasan Baja Cor

Banyak digunakan las busur listrik (SMAW). Karena ketidakrataan sifat baja cor, maka banyak dipilih electrode low hydrogen. Sedangkan untuk sambungan sederhana dapat dipakai las busur rendam (SAW), fluxnya bersifat netral atau basa. Kawat las menggunakan baja karbon rendah dengan kadar Mn.

3. Pengelasan Besi

Besi mempunyai kandungan C antara 0 – 0,02% . Pengelompokan besi dibagi menjadi 2 yaitu :

- Besi murni : mempunyai kemurnian yang tinggi, butir grain homogen, tidak ada elemen-elemen yang dapat menghasilkan gas, weldabilitynya baik jika diberikan post heat (stress relieving) $\pm 400^{\circ}$ C.
- Besi tempa : hampir sama dengan besi murni tapi input panas rendah untuk mendapatkan penetrasi dangkal. Menggunakan las busur electrode terbungkus dengan arus listrik dan kecepatan pengelasan rendah.

4. Pengelasan Besi Cor

Besi cor merupakan paduan besi karbon dengan kadar C > 2% dan unsur tambahan Si, Mn, P, S. Besi cor mempunyai weldability sebagai berikut :

- a. Pada kecepatan pendinginan tinggi semua besi cor berubah menjadi besi cor putih yang keras dan getas.
- b. Kandungan O₂ yang besar akibat kontaminasi udara dan zat-zat lain juga membentuk besi cor putih.
- c. Karena % karbon yang besar dan bereaksi dengan O₂ dari atmosfer akan terbentuk gas CO dan lubang halus.
- d. Pada saat pemanasan yang lama menyebabkan besi cor keras dan rapuh.

Prosedur pengelasan :

- a. Menggunakan filler jenis Cast Iron dengan Preheat 550°C
- b. Menggunakan filler dengan nikel Base atau copper base atau baja karbon rendah untuk membentuk struktur grafik plus Preheat dengan suhu 200°C.
- c. Mengurangi jumlah input panas yang diberikan sehingga kalor hanya tepat untuk mencairkan filler dan logam induk

5. Pengelasan Aluminium

Sifat-sifat aluminium :

- *Adanya aluminium oxide surface coating*

Aluminium adalah logam aktif yang bereaksi dengan O₂ di udara membentuk lapisan aluminium oksida pada permukaannya. Oksida aluminium ini harus dihilangkan terlebih dahulu sebelum pengelasan, karena partikel oksida ini jika tidak leleh akan terjebak dalam weld pool yang akan menyebabkan ductility, lack of fusion atau cracking. Untuk menghilangkan lapisan oksida tersebut dapat dilakukan dengan mekanik, kimia ataupun dengan elektrik (Cathodic kombardment). Pengelasan harus segera dilakukan paling tidak 8 jam dari pembersihan lapisan oksida.

- *Low melting temperature*

Aluminium dapat dibagi menjadi aluminium murni dengan titik leleh $\pm 660^{\circ}\text{C}$ dan aluminium alloy (Al₂O₃) mempunyai titik leleh $\pm 1926^{\circ}\text{C}$. Al₂O₃ mampu menyerap kelembaban udara dan saat dilas akan menjadi sumber gas H₂ yang akan menyebabkan terjadinya porosity.

- *High thermal conductivity*

Thermal conductivity yang tinggi mengakibatkan aluminium memerlukan lebih banyak panas meskipun titik lelehnya

hanya ½ dari baja. Maka dari itu mengharuskan pengelasan dengan kecepatan tinggi dengan high heat input (MIG dan TIG). Preheat sering kali diperlukan untuk pengelasan yang tebal-tebal dan tidak boleh melebihi 200 °C.

- *High thermal expansion coefficient*

Thermal expansion aluminium 2x baja. Logam lasnya mengalami penyusutan volume sebesar 6% saat pembekuan, sehingga aluminium sangat rentan terhadap distorsi dan crack.

c. Mesin las

1) SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

SMAW merupakan proses las yang sering digunakan dalam proses pengelasan karena biayanya murah, flexibility (mampu mengelas material yang tebal maupun tipis dan mampu digunakan dengan posisi apapun), portability (mesinnya mudah untuk dipindah-pindah), dan versatility (dapat digunakan untuk mengelas logam maupun alloy termasuk besi cor, stainless steel dan nikel). Keuntungan lainnya dalam penggunaan SMAW adalah filler material yang murah.

Kelemahannya adalah lambat dalam penggunaan karena harus mengganti elektroda jika sudah habis, terdapat lapisan slag yang harus dihilangkan, untuk elektroda low hidrogen diperlukan perlakuan yang khusus sebelum digunakan, efisiensi deposisi sangat rendah. Dengan adanya kelebihan dan kekurangan tersebut aplikasi las SMAW hanya digunakan dalam pengelasan jarak pendek (tack weld, stopper, dan lain-lain).

2) MIG (*Metal Inert Gas*)

MIG digunakan untuk pengelasan baja-baja kualitas tinggi seperti baja tahan karat (Stainless Steel), baja kuat dan logam nonferrous seperti Aluminium dan tembaga. Gas pelindung yang digunakan adalah gas argon, helium atau campuran dari keduanya. Untuk memantapkan busur kadang ditambahkan gas O₂ antara 2–5 % atau CO₂ antara 5–20%.

Keuntungan las MIG adalah:

- Konsentrasi busur tinggi sehingga penetrasi sangat dalam tapi sekitarnya dangkal dan sedikit percikan.
- Arus yang digunakan tinggi maka kecepatan tinggi, sehingga efisiensi baik.
- Terak yang terbentuk cukup banyak.
- Ketangguhan dan elastisitas, kedap udara, ketidakpekaan terhadap retak lebih baik dari pada pengelasan lain.

- Deformasi lebih kecil daripada las TIG.

Kawat pengisian dalam las MIG biasanya diumpangkan secara otomatis, sedangkan alat pembakarnya digerakkan dengan tangan. Kawat las yang biasanya digunakan berdiameter 1,2 sampai 1,6 mm.

Kelemahan mesin las MIG adalah agak sukar untuk pengelasan posisi tegak dan untuk pelat-pelat tipis. Contoh: Pengelasan Mild Steel MIG dengan menggunakan gas pelindung Argon, dan elektrode 1,2 mm :

Tebal pelat (mm)	Ampere	Voltage
3	19,6	19
5	22,5	21
7	23,5	22,5

3) TIG (*Tungsten Inert Gas*)

TIG digunakan untuk pengelasan logam aktif seperti aluminium, magnesium, titanium dan stainless steel. Pada jenis ini logam pengisi dimasukkan ke dalam daerah arus busur sehingga mencair dan terbawa ke logam induk. Tetapi untuk mengelas pelat yang amat tipis kadang-kadang tidak diperlukan logam pengisi. Las TIG dapat dilaksanakan dengan tangan atau secara otomatis dengan mengoptimalkan cara pengumpanan logam pengisi.

Keuntungan penggunaan las TIG :

- Kecepatan pengumpanan logam dapat diatur terlepas dari besarnya arus listrik sehingga penetrasi dapat diatur sesuai kebutuhan. Sehingga TIG dapat digunakan dengan baik untuk pelat baja tipis maupun pelat baja tebal tapi karena pertimbangan harga maka digunakan untuk pengelasan baja tahan karat, baja tahan panas, dan mengelas logam non ferrous (logam aktif).
- Kualitas daerah las yang lebih baik dapat diperoleh.

4) FCAW (*Flux-Cored Arc Welding*)

Pengelasan dengan menggunakan FCAW lebih banyak digunakan untuk pengelasan konstruksi baja, karena gas pelindung yang digunakan adalah CO₂ yang lebih murah dari pada argon. Gas pelindung CO₂ cenderung menghasilkan pemindahan logam cair berbentuk bola-bola yang cukup besar sehingga dapat jatuh sendiri dan terjadi banyak percikan-percikan dibanding dengan TIG.

5) SAW (*Submerged Arc Welding*)

Pengelasan dengan SAW hanya digunakan untuk pengelasan datar, seperti pengelasan joint plate. Keuntungan pengelasan dengan SAW :

- Karena seluruh cairan tertutup oleh fluks maka kualitas daerah las sangat baik.
- Karena dapat digunakan kawat las yang besar, maka arus pengelasan juga besar sehingga penetrasi cukup dalam dan efisiensi pengelasan tinggi.
- Karena kampuh las dapat dibuat kecil, maka bahan las dapat dihemat.
- Karena prosesnya secara otomatis maka tidak diperlukan ketrampilan juru las.

Kelemahan pengelasan dengan SAW

- Karena busur yang tidak kelihatan, maka penentuan pengelasan yang salah dapat menggagalkan seluruh hasil pengelasan.
- Posisi pengelasan terbatas pada posisi horizontal.

Persiapan pengelasan SAW :

- Penyetelan pelat (fit up) yang akan dilakukan pengelasan, yaitu jika pelat ada deformasi maka diluruskan dulu dengan dipaju ataupun di fairing.
- Persiapan pinggiran yang akan dilas (sudut bevel, sudut galur, muka akar)
- Ujung-ujung pelat yang akan dilas dibersihkan dari minyak ataupun debu. Untuk minyak dapat dihilangkan dengan dilap dengan kain. Untuk debunya cukup dengan disemprot dengan kompresor.
- Untuk pelat dibawah ketebalan 14 mm tidak menggunakan bevel dan gap. Jika dua buah pelat yang akan dilas tidak rapat maka diisi dengan pengelasan FCAW.
- Untuk pelat diatas 14 mm memakai bevel, untuk gapnya diisi dulu dengan pengelasan FCAW.
- Penyetelan kecepatan, ampere, dan voltage pada mesin sesuai dengan tebal pelat yang akan dilas.
- Mempersiapkan alat pendukung antara lain sapu, serok, mesin gerinda, kompresor, tank potong, dan mesin gouging.
- Mesin las SAW dapat melakukan pengelasan pada pelat dengan tebal minimal 5 mm.

Jenis kawat las dapat dikelompokkan berdasarkan kandungan mangan (Mn) sebagai berikut :

1. Kelompok mangan rendah : kelompok ini mengandung Mn antara 0,2 sampai 0,8 % dan biasanya digabungkan dengan fluks jenis ikatan.
2. Kelompok Mn sedang : kandungan Mn dalam kawat ini berkisar antara 0,8 sampai 1,8 % dan biasanya digabungkan dengan fluks jenis leburan.
3. Kelompok Mn tinggi : kawat ini berisi Mn antara 1,8 sampai 2,2% dan penggunaannya digabung dengan fluks jenis leburan. Kelompok ini dapat dipakai untuk berbagai penggunaan misalnya las lapis tunggal, las lapis banyak, las tumpul, dan las sudut.

Jenis fluks dalam las busur rendam ada bermacam-macam :

1. G-50, YF-40 : termasuk jenis leburan dan banyak mengandung MnO. Sifat mampu las tinggi, sambungan tidak mudah karatan. Banyak dipakai pengelasan kecepatan tinggi pada pelat-pelat tipis
2. MF-38 : kumpuh pada hasil pengelasan sangat baik karena penetrasinya dalam jika dilakukan pengujian radiographi dan pengujian tumbuk. Untuk pengelasan lapis banyak, lapis tunggal dan las sudut untuk baja lunak atau baja kuat.
3. Yf-15 : fluks jenis leburan ini baik untuk pengelasan baja lunak dan baja kuat dalam konstruksi-konstruksi berat dimana uji tumbuk merupakan persyaratan penting.
4. PFH-45 : fluks jenis ikatan yang digunakan pada pengelasan baja lunak dan sangat baik untuk pengelasan lapis tunggal dua sisi dari penyambungan pelat baja tebal. Banyak digunakan dalam pengelasan-pengelasan kapal.

d. Prosedur pengelasan

Prosedur pengelasan atau WPS (*Welding Procedure Specification*) digunakan untuk memberikan arahan kepada welder dan welding operator agar hasil pengelasan memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh code dan standard. Biasanya WPS ini disertai dengan PQR (*Procedure Qualification Record*) yang berisi hasil pengujian tes piece yang dibuat dari tes coupon. Variable-variable yang terdapat dalam PQR nantinya akan digunakan dalam pengelasan. Informasi yang ada di WPS harus jelas dan mudah diikuti oleh welder dan welder operator tanpa mengalami kesulitan.

Item-item yang umumnya tercantum dalam suatu WPS adalah :

- Scope
Menjelaskan proses pengelasan, jenis material dan spesifikasi yang diminta.
- Base Metal

Spesifikasi base metal dinyatakan dengan jelas baik komposisi kimia maupun sifat mekanisnya. Ketebalan base metal juga dijelaskan dalam WPS, biasanya dinyatakan dalam suatu range.

- **Welding Process**
Proses las ini berisi mengenai proses las yang digunakan
- **Type, Classification, Composition Filler Metals**
Komposisi kimia , spesifikasi atau klasifikasi filler metal dijelaskan disini termasuk pula pabrik pembuat dan merek dagangnya.
- **Type of Current and Current Range**
Menjelaskan kebutuhan besarnya arus dan jenis arus AC atau DC dan jenis polaritinya.
- **Arc Voltage and Travel Speed**
Menjelaskan range tegangan pengelasan dan kecepatan pengelasan jika menggunakan las otomatis.
- **Joint Design and Tolerances**
Menjelaskan jenis dan desain sambungan dan digambar beserta toleransinya
- **Joint Preparation and Cleaning of Surface of Welding**
Menjelaskan metoda yang digunakan untuk persiapan sambungan dan pembersihan permukaan yang akan dilas.
- **Tack Welding**
Menjelaskan apakah penggunaan tack weld mempengaruhi hasil pengelasan dan apakah diperlukan.
- **Join Welding Details**
Menjelaskan dengan detail mengenai ukuran elektroda untuk tiap posisi pengelasan, pengaturan pass(lapis) untuk pengisian alur, Ketebalan tiap-tiap pass, lebar pass atau ayunan elektroda, range arus pengelasan, dan detail lain yang penting bagi sambungan las.
- **Position Welding**
Menjelaskan posisi pengelasan.
- **Preheat and Interpass Temperature**
Menjelaskan mengenai apakah preheating dan interpass diperlukan dalam pengelasan, jika diperlukan maka suhu yang diperlukan dicantumkan. Suhu preheating dan interpass heating umumnya ditentukan dengan kapur suhu atau dengan termokopel.

- Root Preparation Prior to Welding from Second Side
Menjelaskan apakah menggunakan pengelasan dua sisi dan metode yang digunakan untuk mempersiapkan sisi keduanya.
- Peening
Peening atau pemukulan yang berlebihan tidak diperbolehkan. Terkadang juga diperlukan untuk mencegah keretakan ataupun mengurangi distorsi. Pada bagian ini penggunaan peening apakah diperlukan atau tidak dijelaskan dengan detail.
- Removal of Weld Section for Repair
Pada bagian ini menjelaskan bagaimana cara melakukan repair welding dan metoda untuk menghilangkan logam las.
- Repair Welding
Menjelaskan apakah perbaikan sambungan las menggunakan prosedur yang sama dengan las aslinya atau menggunakan prosedur terpisah
- Post Weld Heat Treatment
Menjelaskan apakah perlu penggunaan panas setelah pengelasan untuk memperbaiki sifat mekanis, menghilangkan distorsi atau untuk ketahanan korosi.

Apabila empat parameter tersebut dijalankan dengan benar kemungkinan akan terjadinya cacat las ataupun kesalahan dalam pengelasan akan minimal. Tetapi kebanyakan dalam produksinya dengan pertimbangan waktu dan biaya yang dikeluarkan maka parameter tersebut ada yang diabaikan.

2. Bengkel Cat

Kapal merupakan jenis transportasi air, maka dari itu sangat rentan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh air (korosi dan lapuk) maupun tumbuhan atau binatang yang hidup di air. Salah satu metode yang paling banyak digunakan dalam menanggulangi korosi, lapuk maupun binatang dan tumbuhan laut yang terbukti efektif adalah cat. Cat atau protective coatings adalah lapisan pelindung yang melindungi dengan cara membentuk lapisan tipis antara permukaan dengan ekspos paling luar atau lingkungan sekitarnya. Sebagai contoh: tebal besi pada konstruksi bangunan kapal berkisar 5-20 mm sedangkan tebal cat untuk melindungi permukaan ini adalah 120-160 micron (DFT) atau hanya 0.02-0.030% saja dari tebal permukaan besi. Apabila diibaratkan tebal cat ini hampir sama dengan tebal secarik kertas pembungkus.

Untuk mendapatkan hasil pengecatan yang baik dan berkualitas maka pihak yang terkait dalam pengecatan perlu mengetahui dasar-dasar pengecatan baik teknis aplikasi maupun pengawasan sehingga perlakuan dan penanganan dapat dilakukan sedemikian rupa untuk memenuhi spesifikasi baik oleh

aplikator pemilik inspektor atau konsultan sehingga selama proses pengecatan diharapkan dapat meningkatkan hasil kerja dan kualitas secara efisien.

a. Faktor utama pemakaian cat

Cat untuk lapis pelindung melindungi dengan cara membentuk suatu lapisan antara permukaan dengan lingkungan luar. Daya tahan dari sistim pelapisan ini tergantung dari beberapa faktor antara lain:

1) Permukaan konstruksi

Secara umum cat digunakan untuk memproteksi permukaan besi atau logam namun juga permukaan kayu, tembok, non ferrous steel (mis. Aluminium dll) cacat pada bahan konstruksi termasuk desain yang kurang baik secara langsung dapat berpengaruh buruk pada system pelapisan.

2) Kondisi lingkungan

Faktor lingkungan yang dapat berpengaruh diantaranya adalah atmosfer, humidity (kelembaban), immersion, tidal zone, temperature, sinar matahari, kandungan kimia dll.

3) Mutu/kualitas cat

Cat yang berkualitas hanya dapat dibuat apabila menggunakan bahan baku yang berkualitas. Pemakaian bahan bermutu, formulasi yang tepat, proses produksi dan kontrol laboratorium yang baik harus dilakukan secara konsisten.

4) Pemilihan jenis cat dan kombinasi system pelapisan

Pemilihan generic cat secara tepat harus sesuai dengan penggunaannya secara khusus. Setiap generic memiliki keunggulan dan kelemahan, karakter, klasifikasi dan sifat yang berbeda-beda dari jenis cat maka secara otomatis kombinasi pada system pelapisan haruslah tepat sesuai fungsinya masing-masing.

Secara umum komposisi cat dibandingkan menjadi 5 bahan baku utama yaitu : binder, extender, pigment, additive, solvent. Hasil pencampuran bahan-bahan diatas kita kenal sebagai produk cat.

5) Surface preparation

Penelitian menunjukkan bahwa kegagalan pengecatan 85% adalah akibat surface preparation yang kurang baik. Kurangnya informasi dan pelatihan terhadap blaster dan painter memungkinkan hal itu terjadi. Pemahaman mendasar mengenai surface preparation ini adalah sesuatu yang mutlak

sebab cat hanya akan berhasil baik apabila surface preparation juga baik. Pokok-pokok utama dalam surface preparation adalah standard surface preparation, peralatan, tenaga kerja terampil dan mahir, safety.

6) Aplikasi

Cat biasanya diaplikasikan dengan menggunakan peralatan sesuai rekomendasi produsen. Secara umum cat biasanya dapat dipergunakan dengan menggunakan kuas, roller, air spray dan airless spray dll. Masing-masing alat ini memiliki kelemahan dan keunggulan. Pokok-pokok pemahaman dalam aplikasi adalah peralatan tenaga kerja yang mahir dan terampil, cuaca yang baik, pemahaman produk dan safety

7) Quality control/inspeksi

Fungsi dan kegunaan quality control sangat berperan dalam mencegah terhadap kekeliruan dan kesalahan dapat memberikan solusi untuk memperbaiki kekeliruan dan kesalahan yang timbul.

b. Tipe cat dan klasifikasi

Berdasarkan cara pengeringannya cat dibagi menjadi 5 bagian penting sbb:

1) Solvent evaporation coating

Proses pengeringan berdasarkan penguapan solvent, contoh: chlorinated rubber dan asphalt

2) Oxidation coating

Proses dimana cat menguap dan memerlukan oksigen sebagai penghantar, contoh: drying oils, alkyd, epoxy, phenolic, dan urethane

3) Chemically curing (induced polimerization)

Proses pengeringan terjadi apabila mencampur dua komponen yang berbeda, terjadi reaksi dan induksi antar keduanya hingga membentuk lapisan kering, contoh: phenolic-epoxy modified, urethane, epoxy two component, coal tar epoxy, epoxy emulsion, polyester, polyurethane, vinyl wash primer.

4) Heat induced polymerization coatings

Proses pengeringan dimana diperlukan suatu tingkat panas tertentu untuk membentuk lapisan kering, contoh: epoxy-phenolic, coal tar enamel, silicone

5) Zinc rich coatings

Proses pengeringan dimana diperlukan persenyawaan dari suatu tingkat bahan tertentu dengan reaksi-reaksi kimia lain sebagai pendukung dan harus kontak langsung dengan besi, contoh: zinc ethyl silicate

c. Fungsi cat

Cat dibuat dan diperuntukkan sesuai fungsinya. Didalam praktek bahwa pengecatan dapat dilakukan sebelum difabrikasi didalam ataupun diluar ruangan, bertahap atau penuh secara berkesinambungan sangat tergantung pada jenis konstruksi yang akan dicat.

Berikut ini yang umum dipakai antara lain:

1) Shopprimer

Proteksi sementara selama proses pembangunan konstruksi akan mempermudah prosedur pekerjaan selanjutnya. Karena masa proteksi yang sangat terbatas (3-12 bulan) kemungkinan untuk mengelupas sebagian atau keseluruhan lapisan dapat terjadi tergantung dari kondisi akhir lapisan sebelum pengecatan dengan system yang sesungguhnya sesuai rekomendasi produsen.

2) Primer coat

Cat lapis dasar pada multi coat system, memiliki daya lekat yang baik pada permukaan dan harus mengandung proteksi serta mampu dan dapat menerima cat di atasnya. Cat dasar primer baik yang mengandung inhibitor, barrier atau efek galvanis

3) Intermediate coat

Cat lapis penebal agar kedap air atau untuk menciptakan ketebalan tertentu harus dapat melekat dengan baik pada lapisan primer dan dapat menerima lapisan finish coat.

4) Finish/top coat

Cat lapis akhir sebagai pelindung paling luar menonjolkan warna sebagai estetika atau signal harus dapat melekat dengan baik terhadap lapisan intermediate dan beberapa lapis finish coat di atasnya yang setara atau sejenis

5) Lain-lain

Dalam praktek teknis aplikasi juga memerlukan kombinasi jenis cat yang sama atau berbeda, dipakai untuk

mengoptimalkan system pelapisan lama atau baru pada multi coat system application antara lain:

- Holding primer

Cat yang dipergunakan untuk memperpanjang proteksi sementara pada penggunaan shopprimer hingga pengecatan dengan system penuh dapat dilaksanakan sewaktu-waktu tanpa harus mengupas cat lama atau disebut jenis cat dasar yang dipergunakan di lokasi kerja apabila blasting dilakukan berulang-ulang

- Mist coat /flash coat

Langkah/tahapan prosedur teknis pengecatan pada permukaan umumnya jenis zinc silicate untuk menghindari popping. Dilakukan sekali atau dua kali semprotan tipis. Segera setelah terjadi penguapan, penyemprotan dapat dilanjutkan hingga mendapat ketebalan penuh sesuai rekomendasi.

- Tie coat

Jenis cat yang diaplikasikan untuk menjembatani apabila menggunakan cat yang berbeda jenis.

- Scaler coat

Jenis cat yang dipergunakan untuk mengisolasi/menutupi permukaan yang tidak rata misal permukaan dengan kondisi pitting merata, permukaan berpori-pori, menjembatani cat lama/baru terhadap cat anti fouling.

d. Cara cat memproteksi

Tiga prinsip dasar dimana cat dapat mencegah timbulnya korosi

- 1) Barrier effect

Menciptakan rintangan atau hambatan yang kuat untuk memisahkan permukaan dari air dan oksigen. Caranya dengan melapisi cat yang kedap air dengan ketebalan 250-500 micron. Biasanya cat seperti ini terdiri dari bahan antara lain: bitumen, coal tar epoxy, vinyl tar dan epoxy. Untuk area-area terendam yang paling sering digunakan sebagai lapisan pelindungnya adalah barrier effect

- 2) Inhibitor effect

Memberi peluang kepada air menembus rongga-rongga pada lapisan dan melarutkan sebagian campuran anti karat pada permukaan cat dan akan bereaksi terhadap korosi dasar. Caranya menambahkan anti karat pada cat primer sebagai bagian dari bahan pewarna. Dasar prinsip ini terdapat pada

antara lain zinc chromatic, zinc phosphate, zinc metaborate, red lead, calcium plumbate.

Bahan-bahan inhibitor haruslah sesuatu yang dapat dilarutkan dengan air. Agar tidak luntur maka cat berikutnya dibuat tanpa inhibitor untuk mencegah atau menutupi permukaan dasar yang mengandung inhibitor tetap berfungsi. Berhubung bahan pewarna dapat larut dalam air maka jenis ini tidak bertahan lama jika dipakai pada area yang terendam. Kerusakan setempat yang ditimbulkan akan menjadi tidak terlindungi dan korosi dapat terjadi dibawah lapisan cat.

3) Galvanic effect

Kontak langsung antara besi dengan logam yang potensialnya lebih lemah. Hasilnya perlindungan katodik pada logam itu sendiri. Dapat dicapai bila cat mengandung seng. Cat yang diformulasi untuk mendapatkan perlindungan yang efisien pada jenis terdapat pada partikel-partikel zinc yang bersentuhan dengan besi itu sendiri.

Tipe cat yang mengandung galvanic effect antara lain zinc rich epoxy, ethyl silicate, alkali silicate. Sesuatu yang mutlak dilaksanakan apabila menggunakan cat ini adalah bahwa permukaan besi haruslah benar-benar bersih terutama apabila menggunakan zinc silicate termasuk permukaan yang harus kasar akan mendapatkan hasil yang sangat baik dan tahan lama.

e. Formula untuk memperkirakan luas dari permukaan yang akan di cat

1) Perhitungan-perhitungan :

- **Rumus *Theoretical Spreading rate (pada permukaan yang rata)***

$$\text{dalam } m^2 \text{ per liter} = \frac{VS\% \times 10}{\text{Desired dft (micron)}}$$

Dimana : VS = Kecepatan semprotan / Volume Solid
Desired dft = Ketebalan cat

- **Rumus Kebutuhan Cat /Theoretical Paint Consumption (pada permukaan yang rata)**

$$\text{dalam liter} = \frac{\text{Area (m)} \times \text{desired dft (micron)}}{VS\% \times 10}$$

Dimana : Area = Luas permukaan yang dicat

- **Kebutuhan Praktis /Practical Consumption**
Dipengaruhi adanya faktor *losses* (z) karena pengaruh lingkungan maupun bentuk dari permukaan material.

$$\text{Konsumsi Pr aktis} = \frac{\text{Area (m)} \times \text{faktor kebutuhan}}{\text{Theoretical Spreading Rate}}$$

Dimana :

$$\text{Faktor konsumsi} = \frac{100}{100 - z\%}$$

dan

$$\text{Theoretical spreading rate} = \frac{VS\% \times 10}{DFT}$$

- 2) Perhitungan untuk menentukan luas permukaan kapal yang akan dilakukan pengecatan

- **Bottom**

$$A = ((2xd) + B) \times Lpp \times P$$

Dimana :
 d = sarat maksimum
 B = lebar kapal
 Lpp = panjang antara perpendicular
 P = 0.9 untuk tanker, 0.85 untuk bulk carrier, 0.70-0.75 untuk dry cargo

Atau

$$A = Lpp \times (Bm + 2 \times D) \times \frac{V}{Bm \times Lpp \times D}$$

Dimana : D = sarat (m)
 Bm = breadth moulded (m)
 Lpp = panjang antara perpendicular
 V = Displacement (m³)

- **Boottop**

$$A = 2 \times h \times (Lpp + 0.5 \times B)$$

Dimana : h = lebar dari boottop (m) yang ditentukan owner.
 Lpp = panjang antara perpendicular
 B = breadth extreme (m)

- **Topsides**

$$A = 2 \times H \times (Loa + 0.5 \times B)$$

Dimana : H = tinggi topsides (tinggi – sarat) (m)
 Loa = length over all
 B = breadth extreme (m)

- **Geladak Cuaca / Weather Decks (termasuk upper decks diatas superstructure, pondasi, palkah, dan deck house)**

$$A = Loa \times B \times N$$

Dimana : Loa = length over all
 B = breadth extreme (m)
 N = 0.91 untuk kapal tanker dan bulk carrier
 = 0.88 untuk kapal cargo, 0.84 untuk kapal pelayaran pantai.

- 3) Formula untuk memperkirakan besarnya penggunaan cat untuk suatu luasan tertentu :

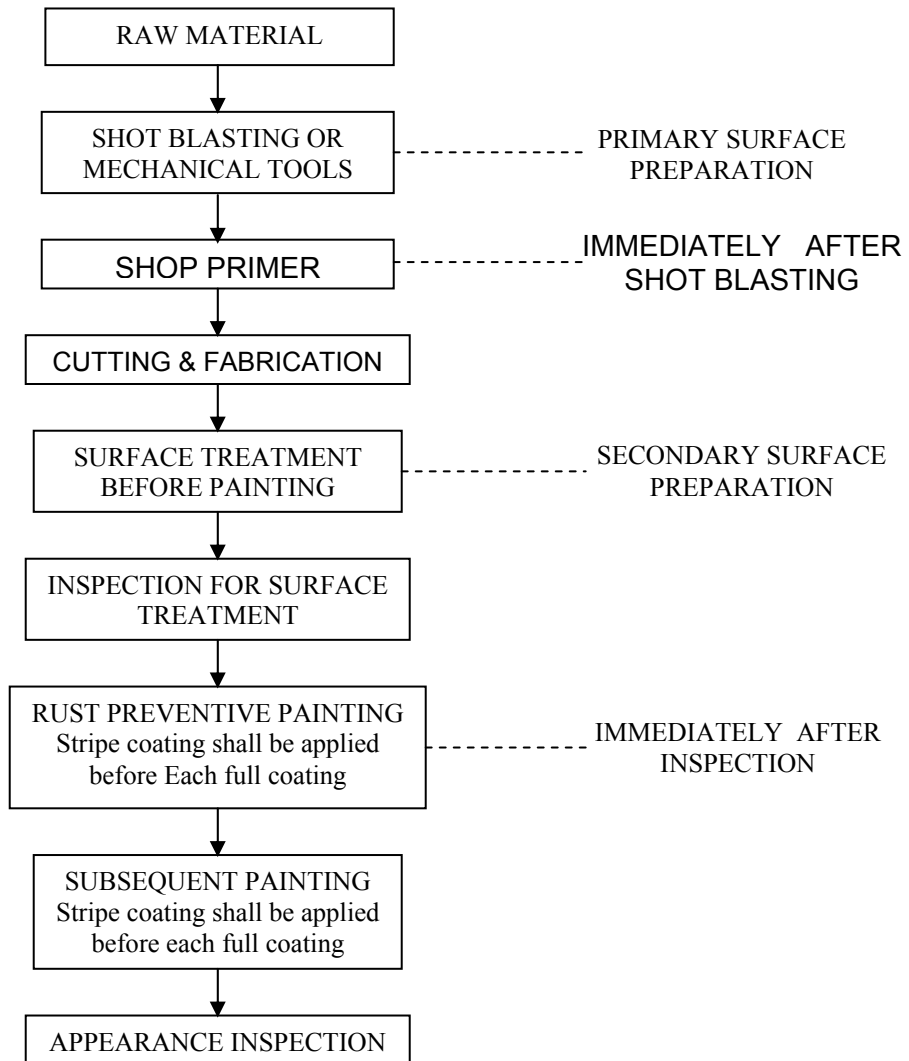
$$\text{dalam liter} = \frac{\text{Area (m}^2\text{)} \times \text{desired dft (micron)}}{\text{Vs \%} \times 10}$$

Dimana : DFT = dry film thickness
 WFT = wet film thickness
 Vs % = volume solid

(semua informasi ini bisa didapati pada buku petunjuk dari produsen cat)

f Proses pengecatan pada konstruksi kapal

Prosedur pengecatan kapal secara umum yaitu sebagai berikut:



g. Produk Cat

Produk data dari produsen berisi informasi penting mengenai produk, data teknis panduan/rekomendasi pemakaian.

1) Penjelasan Umum

Adapun penggunaan yang utama bertujuan untuk menghasilkan hasil terbaik apabila menggunakan produk tersebut.

a) Nama produk, Nomor dan Kode Warna

Setiap produsen cat memberikan nama pada produknya, dilengkapi dengan nomor identifikasi serta kode warna.

Konsumen yang telah terbiasa menggunakan satu produk tertentu dengan mudah akan dapat mengetahui peruntukannya.

Berikut ini adalah penjelasan mengenai informasi yang tertulis di dalam produk data sheet oleh produsen cat.

b) Description

Keterangan mengenai produk secara ringkas, mengenai jenis/generic type, pigmentation, prinsip, sifat cat dan batasan.

c) Recommended Use

Rekomendasi pemakaian dimana cat tersebut paling dan sesuai dipergunakan. Dapat pula dikombinasikan dengan produk tertentu dengan penggunaan khusus.

d) Service Temperature

Indikasi ketahanan maksimum terhadap temperatur.

e) Approval / Certificates

Daftar resmi dan sertifikat yang dikeluarkan oleh badan sertifikasi nasional terhadap suatu produk

2) Physical Constants

a) Finish

Penampilan cat setelah mengering dalam perhitungan kondisi optimal, tingkat sangat kilap (high gloss) (> 90), Glossy (60 – 90), Semi Gloss (30 – 60) Semi Flat (15 – 30), Flat (< 15). Ukuran adalah promilles dan sesuai dengan ASTM D 583-67 (specular Gloss, 60 degree geometry).

Pada penempatan yang aktual tergantung dari pada kondisi selama pengecatan dan proses pengeringan.

b) Color / Shade Nos.

Warna dan kode warna, sangat beragam, untuk primer, intermediate, umumnya standar pabrik, namun untuk cat finish, warna dapat disesuaikan dengan permintaan konsumen (owner).

c) Volume Solids

Tingkat kekentalan menunjukkan persentasi dari perbandingan / rasio :

$$\frac{DFT}{WFT}$$

Figure tersebut diatas adalah pengujian pada perbandingan / rasio antara kering dan basah, dalam jumlah ketebalan tertentu didalam laboratorium, dan tanpa memperhitungkan losses.

Metode pengujian sesuai dengan persyaratan dan ketentuan dari ISO 3233/ASTM D 2697, dikeringkan pada temperatur 20°C, 60% RH selama 7 hari.

Volume solid selalu diperhitungkan lebih tinggi diatas perhitungan teori, sebab dasar perhitungan adalah berdasarkan komposisi pemakaian bahan baku dengan berat jenis yang berbeda

d) Flash Point

Suatu temperatur terendah dimana cairan cat mengeluarkan uap yang mudah terbakar bila bercampur dengan udara bilamana titik nyala cat lebih rendah atau mendekati temperatur udara sekitar akan beresiko terbakar atau meledak.

e) Specific Gravity

Bobot cairan dalam kg/liter.

Untuk cat dengan dua jenis komponen yang berbeda, specific gravity diukur dengan menggabungkan dua komponen tersebut.

f) Dry to Touch

Kering sentuh cat, terhitung sejak cat itu disemprotkan pada permukaan diukur dalam jam.

g) Dry to Handle

Kondisi cat mengering dan dapat dipindah atau dialokasikan atau diangkut.

h) Fully Cured

Dimana proses pengeringan telah berakhir dengan sempurna umumnya adalah 7 hari (20°C).

i) V.O.C

Kandungan senyawa organik cat yang menguap.

3) Detail Aplikasi

Detail peralatan dan pencampuran, pemakaian thinner, alat pencuci peralatan dan tenggang waktu pengecatan.

a) Mixing Ratio

Perbandingan campuran pada jenis cat dengan dua komponen yang berbeda antara Base dan Curing Agent, (part A atau part B) sesuai label dan petunjuk produsen cat.

Perbandingan campuran harus selalu sesuai dengan proporsi.

Segera setelah pencampuran, proses pengeringan cat akan terjadi.

Campurlah cat apabila permukaan telah benar – benar siap diaplikasi dan sesuai dengan kebutuhan.

b) Metode Aplikasi

Rekomendasi peralatan pengecatan untuk tiap jenis, kemungkinan ada perbedaan, pergunakanlah alat pengecatan sesuai anjuran.

c) Thinner

Rekomendasi jenis thinner yang dipergunakan pada suatu jenis cat yang dipakai, serta jumlah persentase maksimum yang diijinkan.

d) Pot Life

Batasan waktu layak pakai pada cat dua komponen setelah bercampur menjadi satu, dalam jam pada temperatur 20°C

e) Nozzle Orifice

Besar diameter / penampang, ujung semprotan pada spray gun, dalam inchi atau mm, sesuai standar pabrik

f) Tekanan Nozzle (Nozzle Pressure)

Jumlah tekanan angin yang dibutuhkan pada nozzle tersebut, diukur dalam Bar atau PSI.

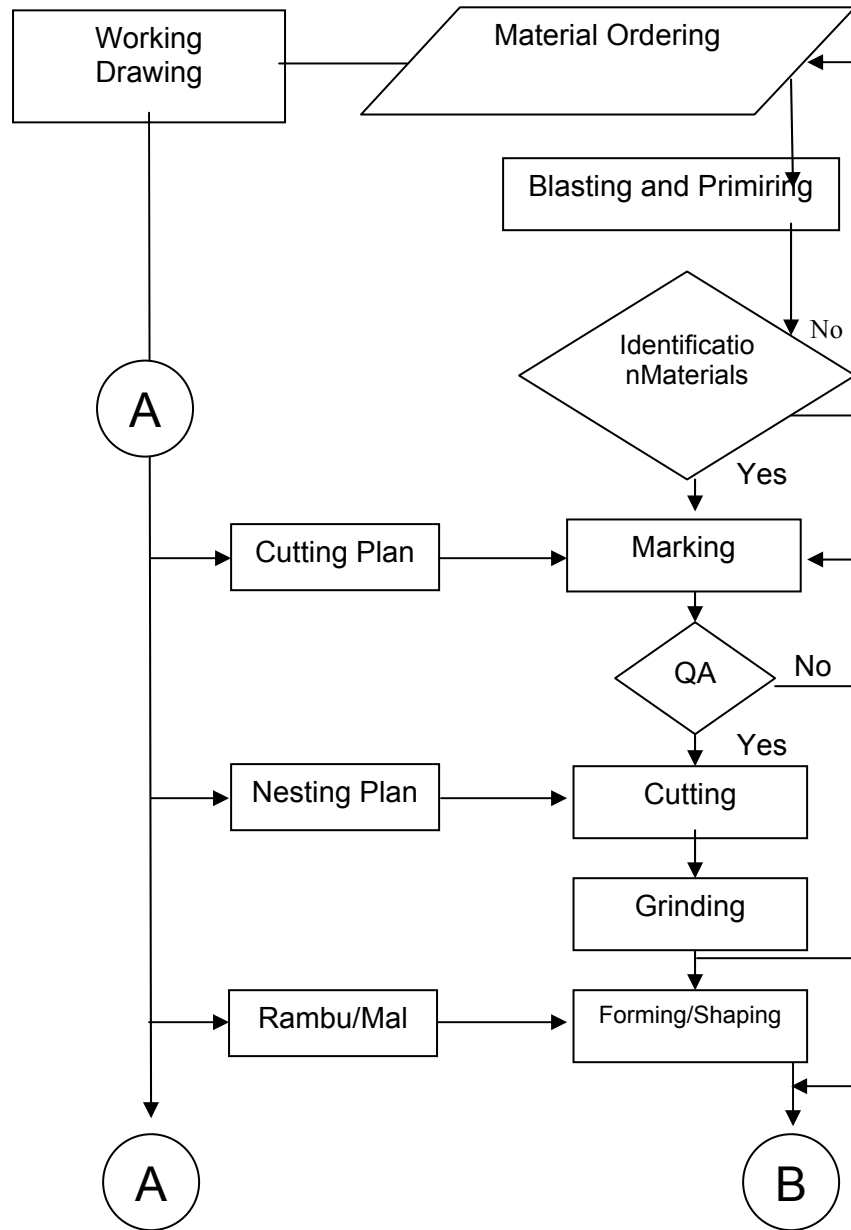
g) Cleaning of Tools

Alat pembersih/pencuci peralatan. Umumnya thinner atau bahan pengencer yang dipergunakan pada saat aplikasi dapat dipergunakan. Untuk lebih ekonomis, produsen memproduksi bahan ini untuk dapat dipakai berulang – ulang.

- h) Indicated Film Thickness Dry
Indikasi ketebalan cat dalam kondisi kering diukur dalam micron atau milli.
- i) Overcoating / Recoating Interval Minimum
Jangka waktu minimum yang direkomendasikan agar pengecatan selanjutnya dilakukan tidak boleh kurang dari batasan minimum yang ditentukan, diukur dalam jam pada temperatur 20°C.
- j) Preceding Coat
Rekomendasi jenis cat, sebelum pemakaian produk termaksud.
- k) Subsequent Coat
Rekomendasi jenis cat lanjutan setelah produk termaksud.
- l) Remarks
Keterangan tambahan atau informasi lainnya sebagai pendukung atau memperjelas informasi.
- m) Safety
Penanganan mengenai keselamatan terhadap bahan – bahan senyawa cat.
- n) MSDS
Material Safety Data Sheet
Bahaya–bahaya kesehatan pada senyawa cat termaksud berikut kandungan bahan–bahan organik atau anorganik yang terdapat dalam cat termaksud.

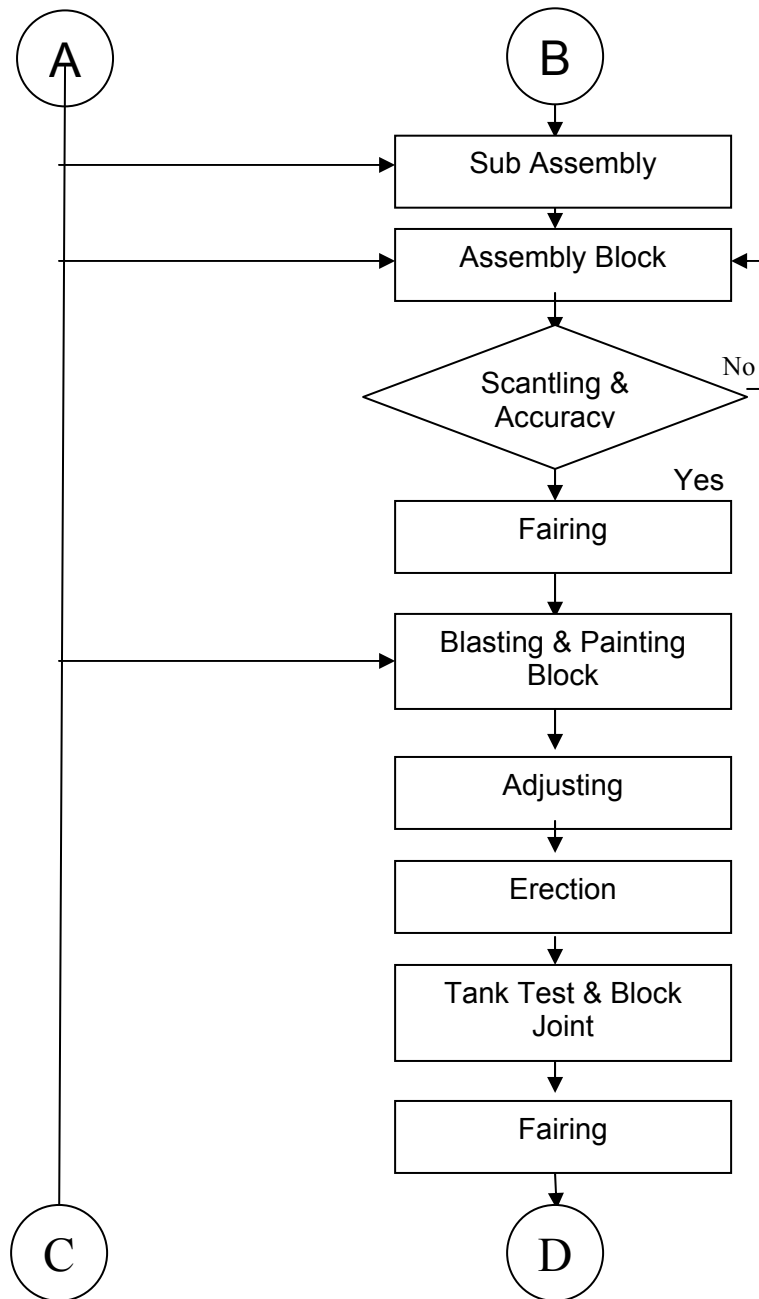
E. Alur Proses Produksi (*Flow Of Production Process*)

1. Bengkel Fabrikasi (*Fabrication Shop*)



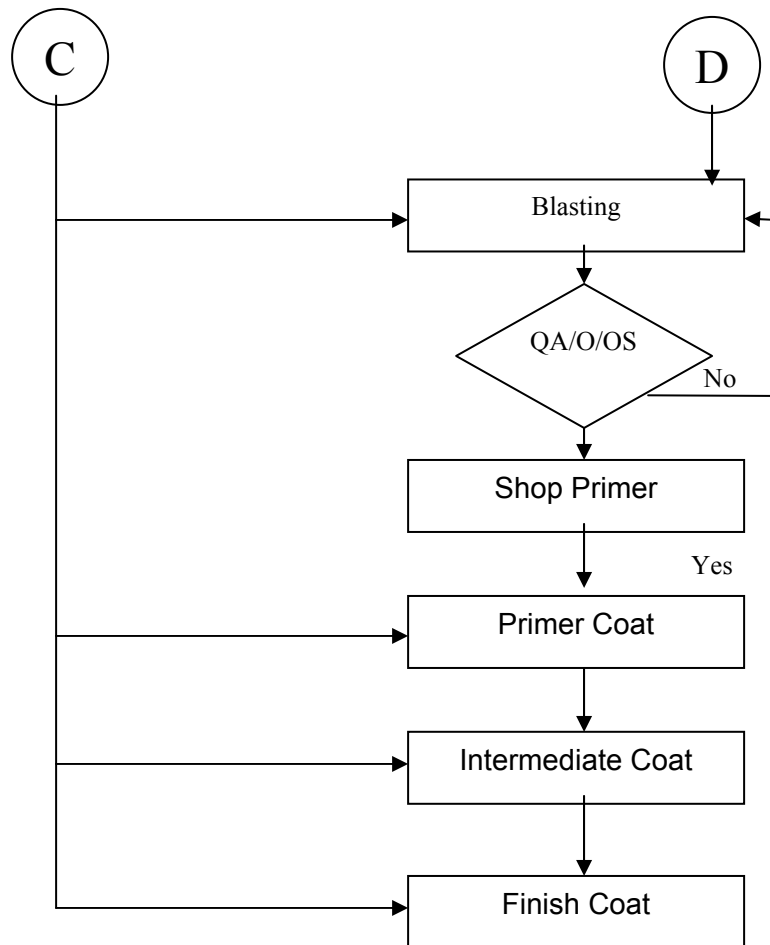
Gambar 19.12 Diagram alur proses produksi

2. Bengkel Assembly (Assembly Shop)



Gambar 19.13 Diagram alur proses assembly

3. Bengkel Cat (*Painting Shop*)



Gambar 19.14 Diagram alur proses pengecatan

Keterangan :
QA = Quality Assurance
O = Owner
OS = Owner Surveyor

BAB XX DEFORMASI PADA KONSTRUKSI LAS

A. Gambaran Umum Deformasi

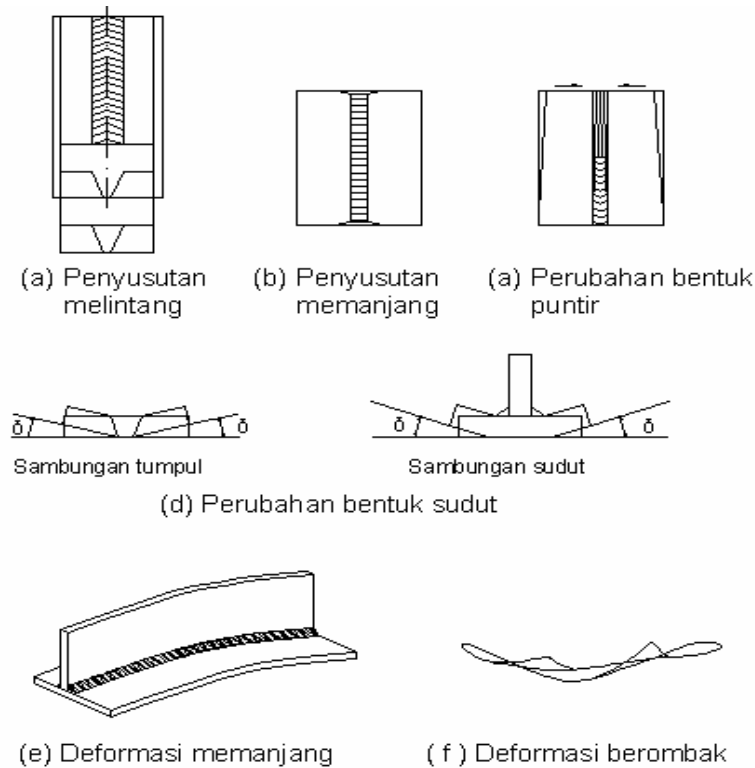
. Deformasi adalah perubahan bentuk akibat adanya tegangan dalam logam yaitu tegangan memanjang dan tegangan melintang, yang disebabkan oleh ekspansi (pengembangan) yang tidak uniform/merata dari logam las selama periode pemanasan dan pendinginan. Bila pendinginan ini dibiarkan membeku secara bebas maka volume dari logam cair tersebut akan mengalami penyusutan secara bebas. Bila sebuah logam dipanasi secara merata (uniform) maka akan terjadi ekspansi (pengembangan) ke segala arah dan setelah terjadi pendinginan maka akan terjadi kontraksi secara merata (uniform) sampai dimensi semula. Bila suatu batang mendapat tahanan selama dipanaskan maka ekspansi ke arah lateral tidak akan terjadi namun volume ekspansi harus terjadi sehingga batang akan mengalami ekspansi ke arah vertikal. Bila batang tersebut kembali ke temperatur kamar maka kontraksi tetap terjadi ke segala arah secara merata (uniform) sehingga batang sekarang menjadi berubah bentuk dari bentuk semula. Kecepatan pengelasan juga akan mempengaruhi terhadap terjadinya distorsi/deformasi, karena lama tidaknya panas diterima oleh logam las.

Dalam proses terjadinya perubahan bentuk (deformasi) disebabkan karena adanya pencairan, pembekuan, pengembangan termal, perpendekan dan penyusutan maka pada konstruksi las selalu terjadi perubahan bentuk yang sangat rumit. Walaupun demikian secara kasar perubahan bentuk yang terjadi masih dapat dipisah – pisahkan. Untuk las tumpul dan las sudut pengelompokan dari perubahan bentuk yang terjadi

Faktor yang mempengaruhi terbentuknya deformasi las dapat dibagi dalam dua kelompok, yaitu

1. kelompok pertama yang erat hubungannya dengan masukan panas pengelasan dan sangat ditentukan oleh tegangan listrik, aliran listrik, kecepatan dan ukuran serta jenis elektrode, cara pengelasan, suhu pemanasan mula, tebal pelat, geometri sambungan dan jumlah lapisan dari lasan.
2. kelompok kedua yang disebabkan oleh adanya penahan atau penghalang pada sambungan las. Sedangkan yang tercakup dalam kelompok yang kedua adalah : bentuk, ukuran serta

susunan dari batang – batang penahan dan urutan pengelasan.



Gambar 20.1 Perubahan bentuk pada las.

B. Sambungan Las Dan Perubahan Bentuk.

(1). Penyusutan Dan Perubahan Sudut.

a. Penyusutan

Besarnya penyusutan dipengaruhi oleh tebal pelat (h), Kecepatan Pengelasan (V) dan besarnya arus (I). Penyusutan kearah memanjang sangat kecil bila dibandingkan terhadap penyusutan melintang. Hal ini disebabkan oleh adanya perlawanan dari logam induk.

b. Perubahan sudut adalah perubahan yang disebabkan karena adanya perbedaan temperatur antara permukaan yang dilas dan permukaan sebaliknya.

Perubahan sudut akan mencapai harga tertinggi pada suatu harga $\frac{I}{h} \sqrt{Vh}$ (dimana : I = arus las, h = tebal pelat

dan V = kecepatan las) ditengah – tengah dari sumbu diatas. Harga tertinggi ini pada dasarnya tidak dipengaruhi

oleh ukuran elektroda tetapi harga $\frac{I}{h} \sqrt{Vh}$ untuk perubahan sudut tertinggi menjadi lebih besar dengan bertambah besarnya diameter elektroda.

(2). Perubahan Dasar Pada Sambungan Las Sudut Bentuk T.

Perubahan sudut pada sambungan las sudut bentuk T kira – kira dua kali harga perubahan sudut pada sambungan pelat. Dalam hal sambungan las berlapis banyak, besarnya perubahan berbanding lurus dengan jumlah lapisan terhadap simpangan pada las sudut lapis banyak. Ditunjukkan cara memilih metoda pengelasan yang sesuai agar perubahan bentuk yang terjadi sekecil – kecilnya. Bila tebal pelat kurang dari 10 mm las busur listrik secara manual dengan elektroda yang besarnya memberikan perubahan yang lebih kecil daripada yang terjadi karena las busur rendam tetapi bila pelat yang dilas tebalnya lebih dari 12 mm maka hal sebaliknya yang terjadi.

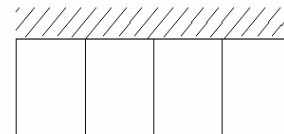
(3). Perubahan Bentuk Dalam Las Tumpul.

a. Penyusutan lintang

Penyusutan pada las akar akan berkurang dengan bertambah tebalnya pelat dan akhirnya mencapai suatu harga tertentu tetapi penyusutan tersebut menjadi lebih besar dengan bertambah besarnya masukkan panas. Dalam hal ini lapisan las pada las akar dengan sendirinya las akar akan memberikan perubahan bentuk yang terbesar bila dibandingkan dengan penyusutan yang disebabkan oleh lapisan las, bahwa



(a) Sambungan T bebas



(b) Sambungan T tertahan

Gambar 20.2. Deformasi karena perubahan sudut dalam dua macam konstruksi.

bahwa penyusutan bertambah besar dengan bertambah besarnya celah akar. Hal ini disebabkan karena logam lasnya menjadi lebih berat. Pengaruh dari jenis dan ukuran elektroda terhadap penyusutan lintang) pada kampuh las, bahwa

kampuh V menyebabkan perubahan bentuk yang lebih besar daripada kampuh X. Seperti dijelaskan diatas hal ini disebabkan karena pada pelat yang sama tebalnya kampuh V memerlukan bahan las yang lebih besar dari pada kampuh X. Dalam tabel 20.1. dapat dilihat pengaruh dari kondisi pengelasan terhadap penyusutan lintang.

(b) Perubahan sudut :

Dalam las tumpul perbedaan berat bahan las pada permukaan las dengan permukaan sebaliknya sangat mempengaruhi besarnya perubahan sudut. dapat dilihat pengaruh dari bentuk alur terhadap perubahan sudut. Dalam hal perubahan sudut, percobaan – percobaan menunjukkan hasil yang memuaskan pada pengelasan pelat tebal antara 10 sampai 15 mm dengan alur bentuk V, pada pengelasan pelat tebal antara 15 sampai 30 mm dengan alur bentuk X tidak simetri dan pada pelat tebal antara 30 sampai 40 mm dengan alur bentuk X yang simetri

Tabel 20.1. Pengaruh kondisi las terhadap penyusutan.

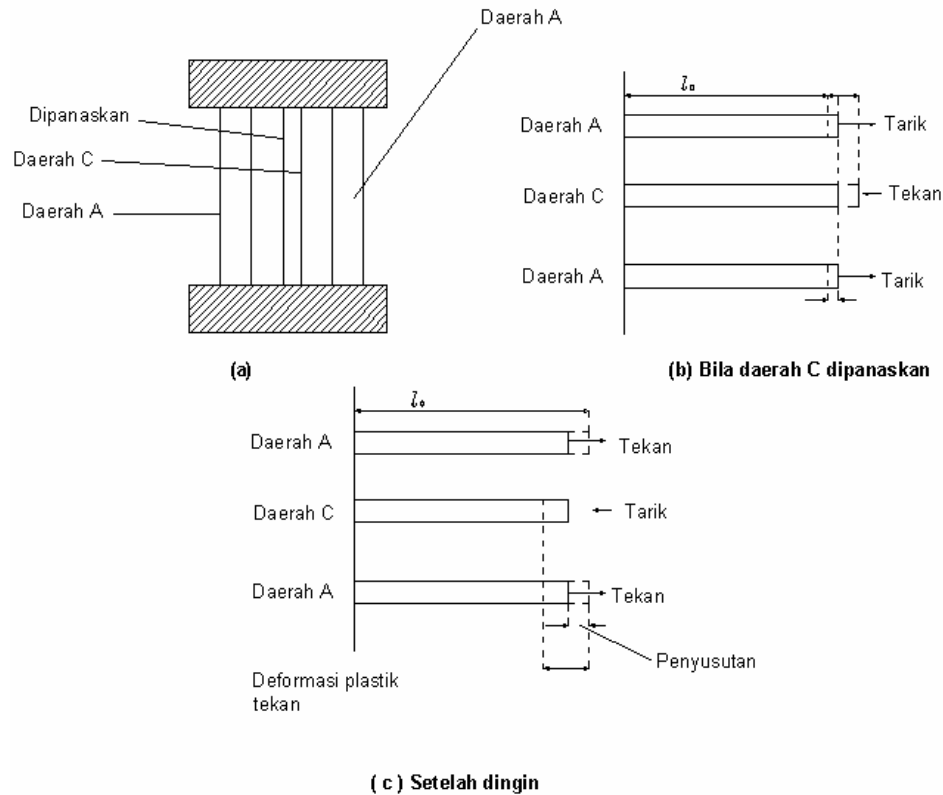
Unsur.	Pengaruh
Celah akar.	Celah akar makin besar, penyusutan juga makin besar.
Bentuk alur.	Penyusunan pada alur V lebih besar daripada penyusutan pada alur X.
Ukuran elektroda.	Elektroda diameter lebih besar memberikan penyusutan yang lebih kecil.
Gerakan elektroda.	Urutan anyaman memberikan penyusutan yang kecil.
Intensitas penahan.	Penahanan dengan intensitas tinggi memberikan penyusutan yang kecil.
Jenis fluks.	Tidak begitu berpengaruh.
Pemukulan.	Pemukulan mengurangi penyusutan.
Pemahatan belakang lasan.	Pemahatan sendiri tidak menimbulkan penyusutan. Tetapi bila dilakukan dengan api akan terjadi penyusutan. Pengelasan lawan akan memberikan penyusutan
Las busur rendam.	Penyusutan melintang sangat kecil (1/3 dari las tangan). Hal ini disebabkan karena bentuk alur I yang kira-kira juga memerlukan logam las yang hanya 1/3 pada pengelasan dengan tangan

C. Perubahan Bentuk Karena Pemotongan Gas

Pemotongan dengan gas adalah suatu cara memotong logam dengan mengoksidasikan logam yang dipotong dengan menggunakan sumber panas yang terpusat. Karena peristiwa ini maka dengan sendirinya terjadi pembagian suhu yang tidak merata seperti halnya dalam proses pengelasan. Karena pembagian temperatur yang tidak merata ini maka terjadi tegangan sisa dan perubahan bentuk dari logam yang dipotong. Tegangan sisa (Residual Stress) terjadi karena pengelasan. Dalam hal ini dibagi menjadi dua kelompok yaitu :

1. Tegangan sisa oleh adanya halangan dalam yang terjadi karena pemanasan dan pendinginan setempat pada bagian konstruksi yang bebas.
2. Tegangan sisa oleh adanya halangan luar, yang terjadi karena perubahan bentuk dan penyusutan dari konstruksi.

Terjadinya tegangan sisa dapat dilihat dalam Gbr 20.3 dimana daerah C mengembang Pada waktu pengelasan. Pengembangan pada C ditahan oleh daerah A, sehingga pada daerah C terjadi tegangan tarik. Tetapi bila daerah A luasnya jauh lebih besar dari C, maka pada daerah C akan terjadi perubahan bentuk tetap, sedangkan pada daerah A terjadi perubahan bentuk elastik. Pada waktu pengelasan selesai, terjadilah proses pendinginan dimana bagian C menyusut cukup besar disamping karena pendinginan juga karena adanya tegangan tekan. Penyusutan ini ditahan oleh daerah A. Karena itu pada daerah C akan terjadi tegangan tarik yang diimbangi oleh tegangan tekan pada daerah A. Hal – hal yang berpengaruh dalam pembentukan tegangan sisa adalah besar transformasi dan kekuatan pada sambungan las, suhu pemanasan yang tertinggi, kecepatan pendinginan.



Gambar 20.3. Pembentukan Tegangan Sisa.

D. Pencegahan dan Pelurusan Perubahan Bentuk.

(1). Penghindaran Perubahan Bentuk.

Perubahan bentuk yang terjadi dalam pengelasan tidak hanya mengurangi ketelitian ukuran dan penampakan luarnya saja tetapi juga menurunkan kekuatannya. Bila perubahan bentuk ini terjadi, untuk meluruskannya kembali diperlukan waktu dan kerja yang cukup banyak, karena itu sedapat mungkin harus dihindari dengan menentukan prosedurnya lebih dahulu sebelum pelaksanaan pengelasannya.

Hal pertama yang perlu dilakukan adalah meluruskan semua bagian – bagian yang akan dilas sesuai dengan bentuk dan ukuran yang seharusnya, sebelum dilas. Sedangkan pada waktu mengelas hal – hal dibawah ini dapat dilakukan agar perubahan bentuk dapat dihindari.

a. Pengurangan masukkan panas dan logam las

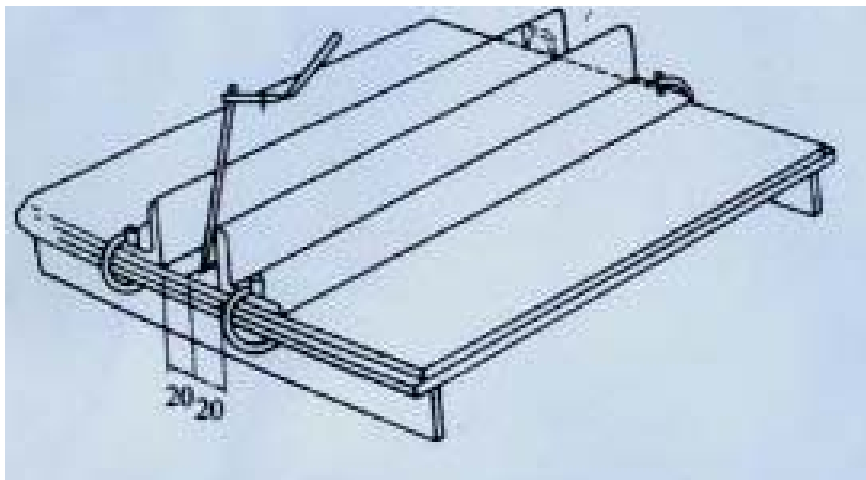
Dengan mengurangi masukkan panas lasan sampai seperlunya saja maka tidak akan terjadi suhu yang terlalu tinggi sehingga perubahan bentuk dapat dikurangi menjadi sekecil – kecilnya. Bila logam las dikurangi, maka jumlah logam yang menyusut pada waktu mendingin tidak terlalu banyak dan dengan sendirinya perubahan bentuk juga dapat dikurangi. Pengurangan bahan las dapat dilakukan dengan mengurangi panjang lasan, memilih bentuk kampuh yang sesuai, memotong pelat yang akan dilas dan merakitnya dengan teliti.

b. Menentukan urutan pengelasan yang tepat

Perubahan bentuk pada umumnya dapat dihindari dengan urutan pengelasan yang simetri. Dalam menghindari perubahan puntir dan perubahan memanjang dapat digunakan urutan meloncat. Di bawah ini adalah beberapa hal yang dapat dilakukan untuk menghindari perubahan bentuk selama proses pengelasan.

1). Menghindari perubahan bentuk pada las tumpul dalam proses pembuatan.

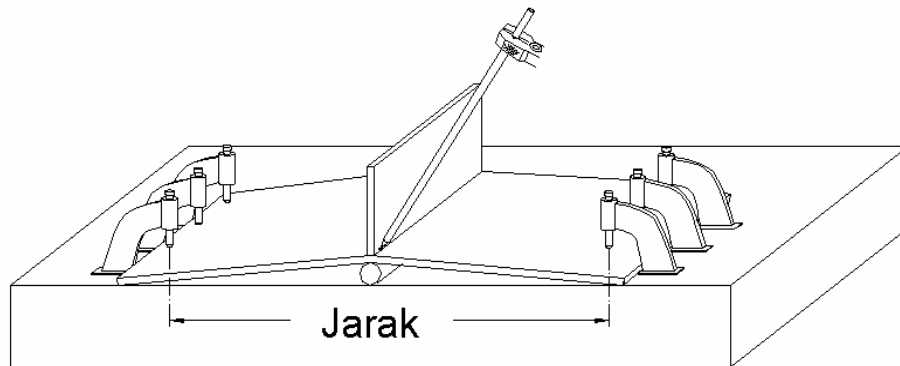
Dalam hal ini ada dua hal yang dapat dilakukan yaitu pertama bagian pelat yang akan dirakit ditempatkan pada tempat perakitan dan ditahan dengan pemberat yang cukup dan yang kedua bagian pelat yang akan dirakit ditahan dengan alat pemegang yang kuat.



Gambar 20.4. Penahanan pada pengelasan pelat tipis.

2. Menghindari perubahan bentuk pada las sudut dalam proses pembuatan.

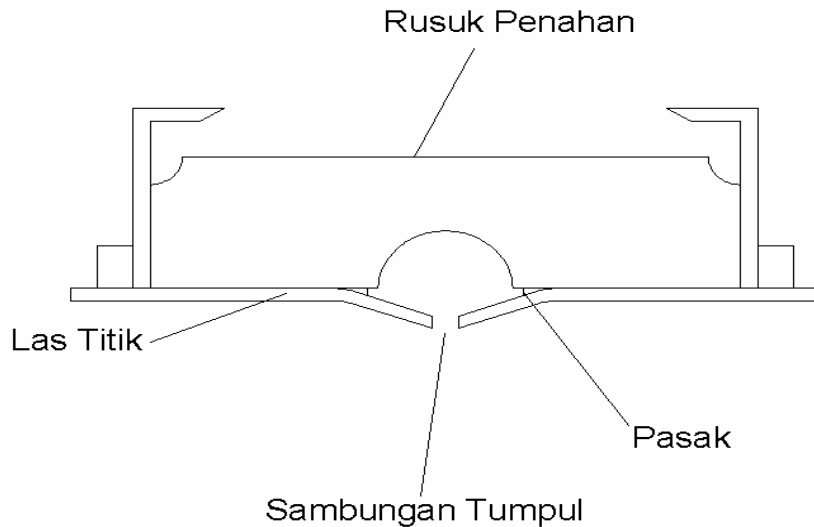
Dalam hal las sudut perubahan bentuk yang terjadi biasanya adalah perubahan sudut dan perubahan memanjang. Hal ini dapat dihindari dengan memberikan perubahan bentuk yang berlawanan terhadap perubahan bentuk yang akan terjadi dalam proses pengelasan pada Gambar 20.5



Gambar 20.5. Cara mengelas sambungan T dengan Memberikan perubahan Bentuk lawan.

- 3). Menghindari perubahan bentuk dalam pengelasan dilapangan.

Penghindaran perubahan bentuk dilapangan biasanya dilakukan dengan bantuan rusuk – rusuk penahanan dan pasak seperti terlihat dalam Gbr 20.6 dengan alat – alat ini pada bagian yang akan dilas dapat diberikan perubahan bentuk lawan yang diperlukan. Dalam hal pengelasan pelat – pelat tipis kadang – kadang diperlukan batang – batang penguat sementara.



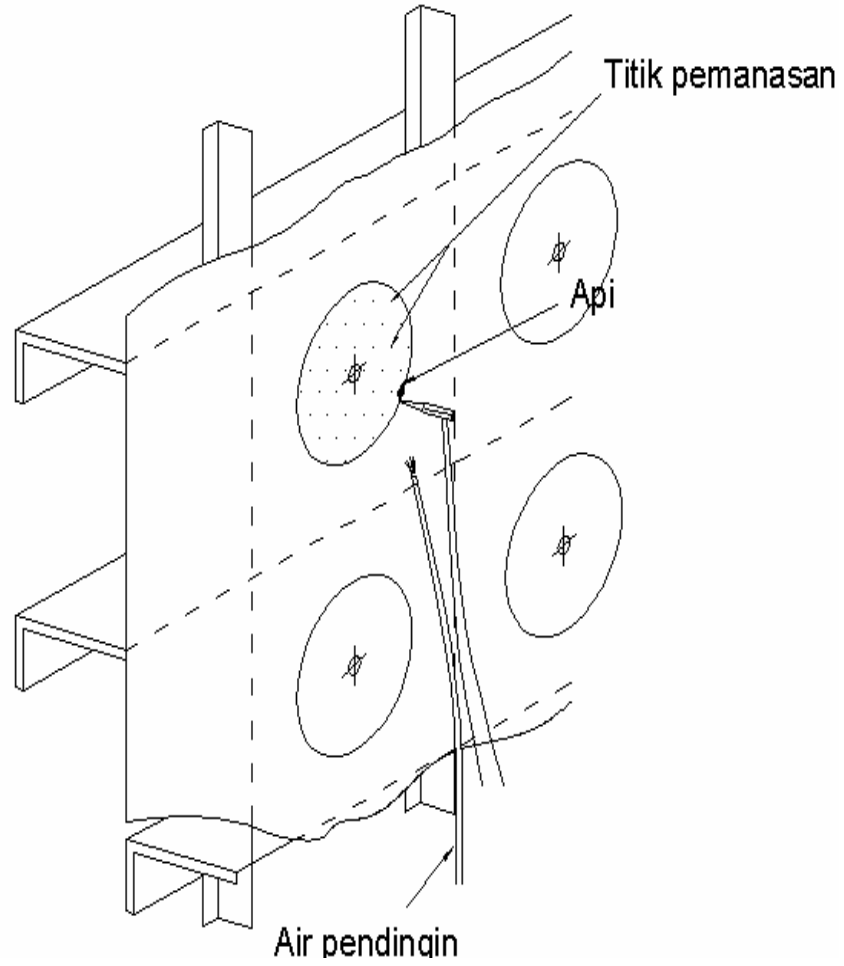
Gambar 20.6. Contoh usaha penghindaran perubahan Bentuk las dengan rusuk Penahan.

(2). Pelurusan Perubahan Bentuk.

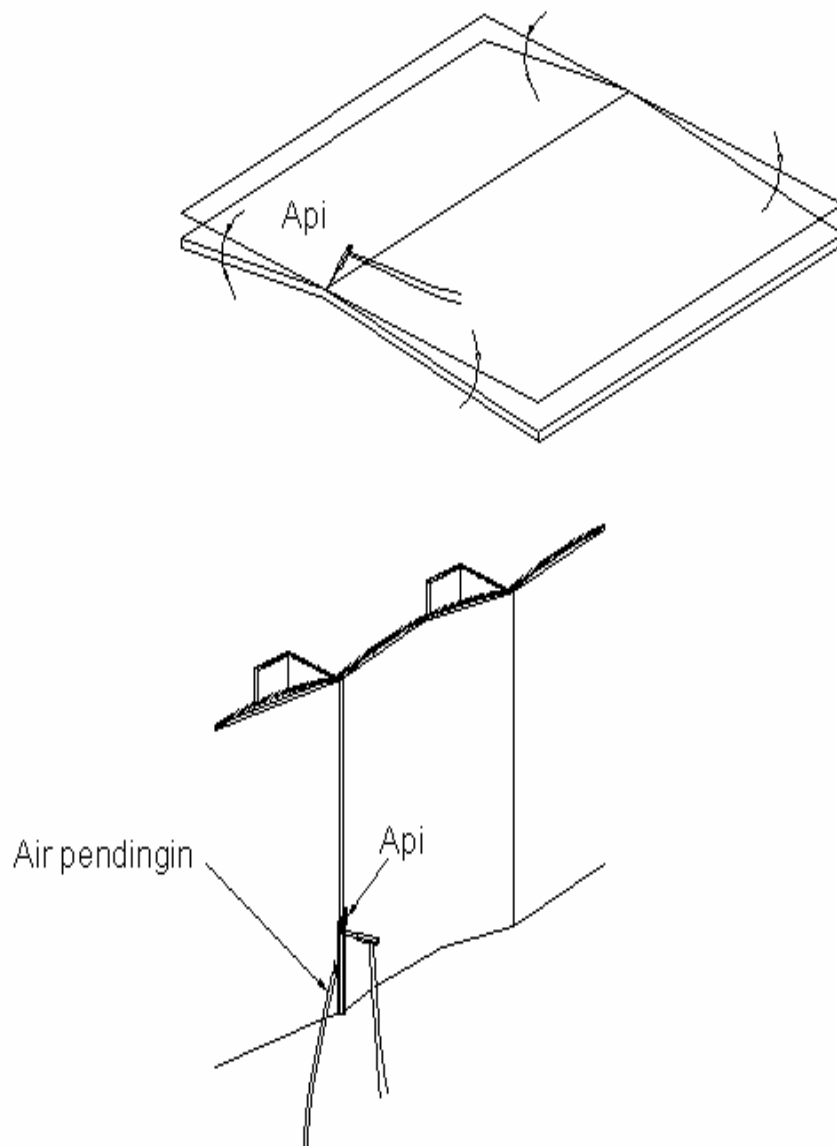
Dasar – dasar dalam usaha meluruskan perubahan bentuk dalam pengelasan adalah memanjangkan bagian yang menyusut dan menyusutkan bagian yang mengembang. Garis besar cara pelurusan ini dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu pelurusan termal dan pelurusan mekanik. Dalam pelurusan termal hal yang dilakukan adalah pengerolan, penekanan dan penempaan atau pemukulan. Garis besar dari proses ini ditunjukkan dalam diagram di bawah ini.

Cara – cara pelurusan dengan pemanasan setempat dan pelurusan dengan pemanasan garis pada garis lasan untuk meluruskan perubahan bentuk memanjang digunakan cara pemanasan berbentuk pasak .

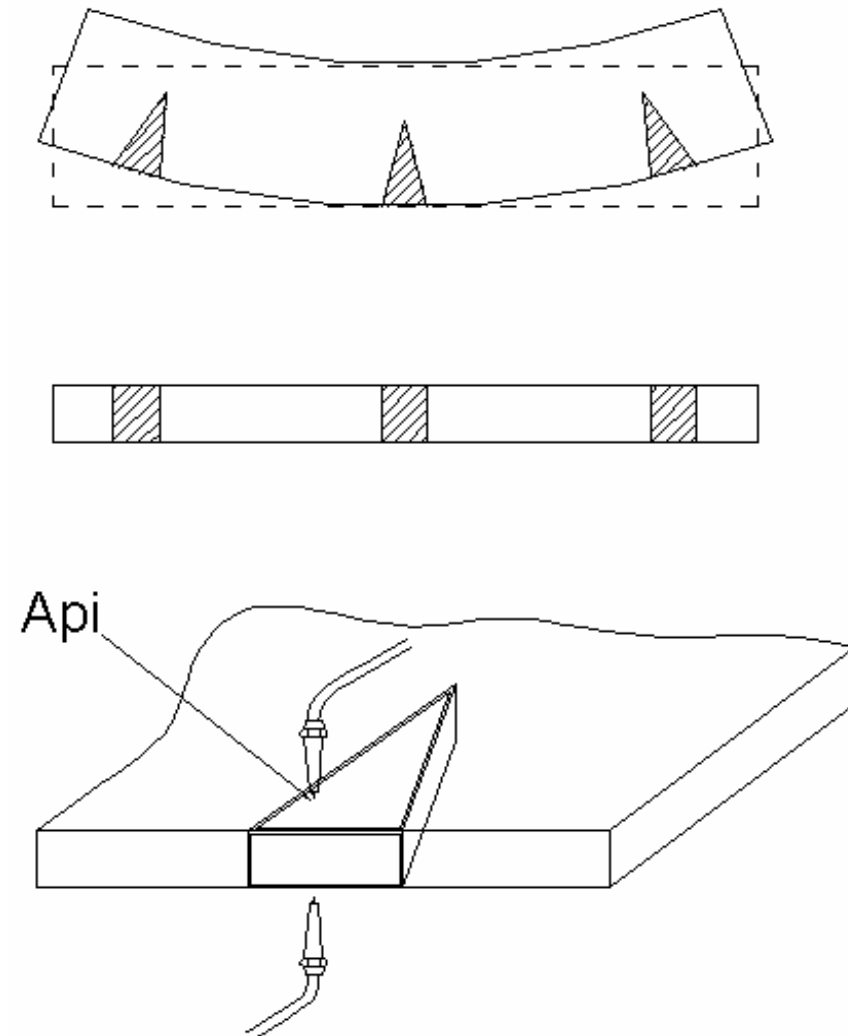
Syarat–syarat pemanasan dan pendinginan dalam proses pelurusan ini sangat tergantung dari besar kecilnya perubahan bentuk yang terjadi, tebalnya pelat dan hal – hal lainnya yang biasanya didapatkan berdasarkan pengalaman – pengalaman. Dalam pelurusan termal harus dihindari pemanasan yang berlebihan, karena pemanasan yang berlebihan akan membuat sambungan menjadi getas. Dalam proses pelurusan ini dapat lebih efektif bila pelaksanaannya dilakukan bersamaan dengan pemanasan dan biasanya disebut pelurusan dengan pemanasan dan penekanan.



Gambar 20.7. Pelurusan termal dengan pemanasan setempat.



Gambar 20.8. Pelurusan termal dengan pemanasan garis.



Gambar 20.9. Pelurusan termal pada perubahan bentuk memanjang.

A. Gambaran Umum Fibreglass

Fibreglass sebenarnya adalah “Fibreglass Reinforced Plastics (FRP)” yaitu plastik yang diperkuat dengan fibreglass. Pemakaian fibreglass sebagai material bangunan kapal masih terbatas pada kapal-kapal kecil seperti Lifeboat, Speed boat, Kapal Inspeksi, Kapal pesiar dan kapal-kapal ikan. Pemakaian fibreglass sebagai material bangunan kapal mempunyai beberapa keuntungan yaitu:

1. Tidak berkarat dan daya serap air kecil
2. Pemeliharaannya sangat mudah dan reparasi mudah sekali, waktunya singkat
3. Tidak memerlukan pengecatan, karena warna/ pigmen telah dicampurkan pada bahan (gelcoat) pada proses laminasi
4. Untuk displacement yang sama, fibreglass konstruksinya lebih ringan

B. Pembuatan Fibreglass

Serabut glass yang berupa serat-serat halus yang panjang-panjang diperoleh dari dua cara yaitu

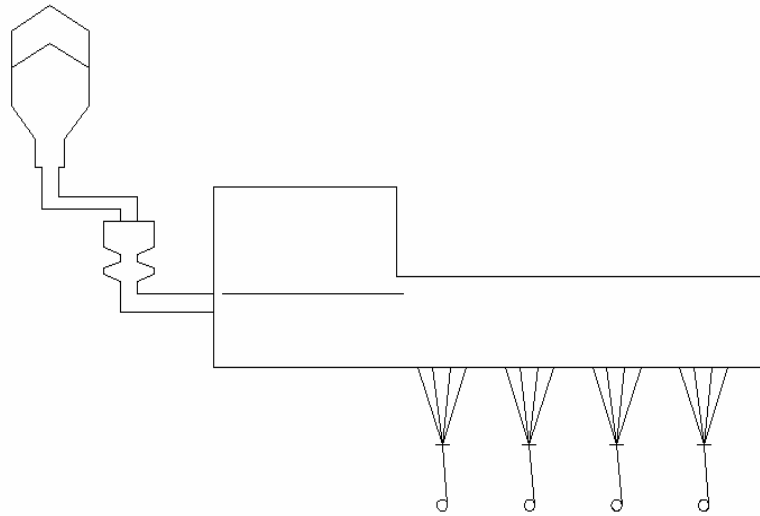
- a. Lelehan
- b. Marmer (batu pualam)

Cara lelehan lebih banyak dipakai pada saat ini, campuran bahan-bahan mentah untuk peleburan glass serabut dimasukkan ke dalam tangki penyampuran, kemudian campuran tersebut meleleh dan mengalir ke dalam saluran atau perapian depan. Di bawah perapian depan ada serentetan bushing, tiap bushing mempunyai beberapa ratus lubang dengan ukuran yang teliti. Glass mengalir tegak lurus melalui bushing-bushing oleh gaya beratnya sendiri dan serat-serat yang halus ditarik ke bawah secara mekanis untuk memperkecil serat tersebut, serat-serat halus yang keluar dari lubang-lubang tiap bushing melewati suatu roda pengumpul untuk membentuk suatu serat.

Serat-serat ini digulung pada tabung dan merupakan bahan baku yang digunakan untuk membuat segala jenis serabut. (lihat gambar 21.1)

Jenis-jenis serabut yang digunakan untuk bahan fibreglass adalah:

- a. Chopped Strand Mat (Matto)
- b. Woven Roving (Cross)
- c. Woven Cloth
- d. Triaxial

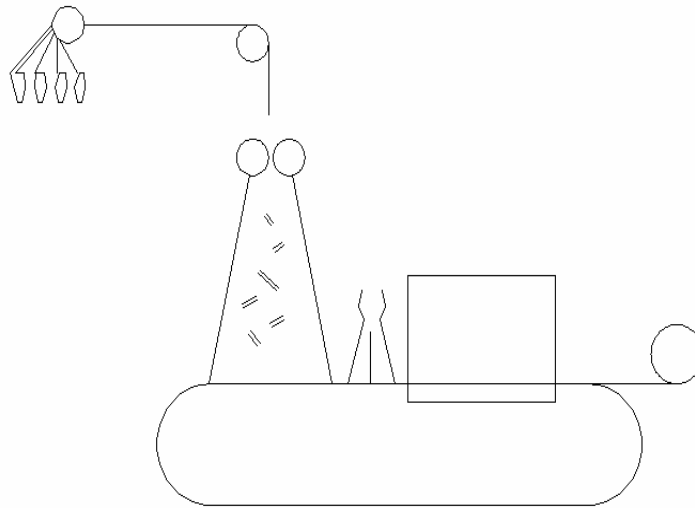


Gambar 21.1 Proses Pembuatan Fibreglass

1. Chopped Strand Mat (Matto)

Serat-serat yang dipotong-potong merupakan bahan dasar untuk jenis ini dengan panjang sekitar 50 mm. Serat-serat tersebut disusun berupa lembaran pada suatu ruangan tertutup, perekat digunakan untuk menguatkan serat-serat jadi satu dengan cara menyemprotkan di atasnya, lembaran serat dipanasi dan dipress sedikit.

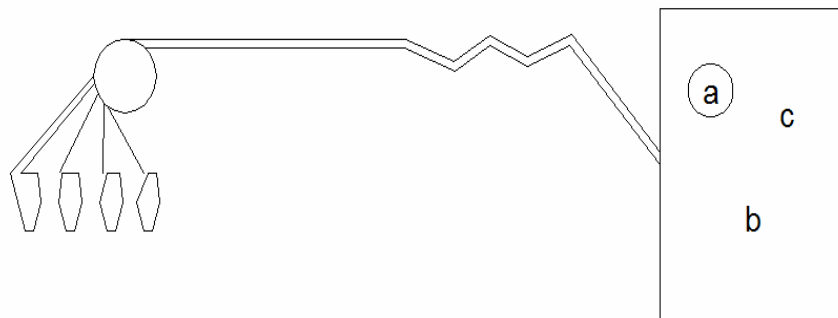
Potongan-potongan yang telah menjadi lembaran digulung dan siap untuk dipakai, macam-macamnya tergantung diameter serat bahan bakunya.



Gambar 21.2 Chopped Strand Mat (Matto)

2. Woven Roving (Cross)

Beberapa gulungan dari serat dipintal menjadi satu kemudian dianyam seperti tikar, macam-macamnya juga tergantung diameter bahan bakunya.



Gambar 21.3 Woven Roving

3. Woven Cloth

Seperti pada woven roving, beberapa gulungan dari serat dipintal menjadi satu kemudian dianyam yang mana bentuknya seperti kain, macam-macamnya juga tergantung diameter bahan bakunya.

4. Triaxial

Seperti pada woven roving dan woven cloth, beberapa gulungan dari serat dipintal menjadi satu dimana bentuk anyamannya tegak, datar dan diagonal, macam-macamnya juga tergantung diameter bahan bakunya.

5. Sifat – Sifat Dari Fibreglass

Untuk mengetahui lebih jauh masalah fibreglass berikut ini akan dijelaskan sifat-sifat dari material itu sendiri sebagai berikut:

1. Tensile strenght yang tinggi
2. Penyerapan air rendah. Glassnya sendiri tidak menyerap air tetapi telah terbentuknya tenun/ lembaran akan meresap air dan lembab diantara celah-celah tenun/ lembaran
3. Tahan suhu tinggi
4. Kestabilan ukuran baik
5. Tidak mudah terbakar
6. Sifat-sifat aliran listrik yang baik
7. Tidak mudah terbakar
8. Tidak akan membusuk, menjamur, dan berkurang kualitasnya
9. Tahan minyak, asam, dan hama yang merusak
10. Elongation tinggi pada elastic limit yield point dan break point sama.

C. Material Dan Peralatan Untuk Membuat Kapal Fibreglass

Sebelum membahas lebih jauh kiranya perlu ditegaskan bahwa yang akan dibahas dalam buku ini pada umumnya mengenai bahan/material yang digunakan untuk membuat kapal (bangunan baru) dengan material dominannya fibreglass maupun fibreglass hanya sebagai pelapis/ laminasinya.

1. Material

Adapun material yang digunakan sebagai berikut:

a. Resin

Resin merupakan material cair sebagai pengikat serat penguat yang mempunyai kekuatan tarik serta kekakuan lebih rendah dibandingkan serat penguatnya. Ada beberapa jenis resin antara lain:

1. Polyester (Orthophthalic), resin type ini sangat tahan terhadap proses korosi air laut dan asam encer. Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut:

Massa jenis	: 1.23 gr / cm ³
Modulus Young	: 3.2 GPa
Angka Poisson	: 0.36
Kekuatan tarik	: 65 MPa

2. Polyester (Isophthalic), resin type ini tahan terhadap panas dan larutan asam dan kekerasannya lebih tinggi serta kemampuan menahan resapan air (adhesion) yang paling baik dibandingkan dengan resin type ortho. Penggunaan resin type ini hanya pada kondisi tertentu. Adapun spesifikasi teknisnya adalah berikut:

Massa jenis : 1.21 gr / cm³
Modulus young : 3.6 GPa
Angka Poisson : 0.36
Kekuatan tarik : 60 MPa

3. Epoxy, resin type ini mampu menahan resapan air (adhesion) sangat baik dan kekuatan mekanik yang paling tinggi. Adapun spesifikasi teknisnya adalah berikut:

Massa jenis : 1.20 gr / cm³
Modulus Young : 3.2 GPa
Angka Poisson : 0.37
Kekuatan tarik : 85 MPa

4. Vinyl Ester, resin type ini mempunyai ketahanan terhadap larutan kimia (Chemical Resistance) yang paling unggul. Adapun spesifikasi teknisnya adalah berikut:

Massa jenis : 1.12 gr / cm³
Modulus Young : 3.4 GPa
Kekuatan tarik : 83 MPa

5. Resin type Phenolic, resin type ini tahan terhadap larutan asam dan alkali. Adapun spesifikasi teknisnya adalah berikut:

Massa jenis : 1.15 gr / cm³
Modulus Young : 3.0 GPa
Kekuatan tarik : 50 MPa

Adapun jenis resin yang umum dipakai untuk bangunan kapal adalah type orthophthalic poliester resin. Resin type ini harganya paling murah dibandingkan type lainnya dan tahan terhadap proses korosi yang disebabkan oleh air laut sehingga cocok untuk bahan material bangunan kapal. Dengan sifat ini kerusakan yang disebabkan karena proses korosi dapat dihindari sehingga biaya perawatan untuk kulit lambung dari material logam maupun kayu.

Resin poliester memiliki beberapa keunggulan dan kekurangan.

Keunggulan resin ini ialah:

- Viskositas yang rendah sehingga mempermudah proses pembasahan / pengisian celah antara pada serat penguat (Woven Roving)
- Harga relatif lebih murah
- Ketahanan terhadap lingkungan korosif sangat baik kecuali pada larutan alkali

Sedangkan kekurangannya ialah:

- Pada saat pengeringan terjadi penyusutan dan terjadi kenaikan temperatur sehingga laminasi menjadi getas. Hal ini biasanya disebabkan oleh penambahan katalis dan accelerator yang berlebih sehingga waktu curing menjadi lebih cepat.
- Mudah terjadi cacat permukaan / goresan.
- Mudah terbakar

Resin type ini termasuk thermosetting plastik yaitu proses perubahan sifat fisik dari cairan menjadi bentuk padat (polymerization) melalui proses panas. Proses perubahan bentuk resin polyester ini dapat terjadi karena proses panas yang dihasilkan dari dalam resin polyester sendiri (exothermic heat) dan bisa juga karena pengaruh pemberian panas dari lingkungan luar atau penggabungan keduanya. Proses kimia dari dalam resin yang dimaksud adalah adanya penambahan zat/ bahan katalis yang menimbulkan reaksi kimia awal dan accelerator untuk mempercepat proses polimerisasi pada larutan polyester. Resin polyester juga bisa berubah dari bentuk cair menjadi bentuk padat karena pengaruh lingkungan luar yang berlangsung secara menerus dalam jangka waktu yang lama. Untuk mencegah proses ini biasanya kedalam larutan resin polyester tersebut ditambahkan zat inhibitor.

b. Serat Penguat (Fibreglass Reinforcement)

Serat penguat merupakan serat gelas yang memiliki kekakuan dan kekuatan tarik yang tinggi serta modulus elastisitas yang cukup tinggi. Adapun fungsi dari serat penguat ialah:

- o Meningkatkan kekakuan tarik dan kekakuan lengkung
- o Mempertinggi kekuatan tumbuk
- o Meningkatkan ratio kekuatan terhadap berat
- o Menjaga / mempertahankan kestabilan bentuk

Ada beberapa jenis serat penguat antara lain:

1. Serat E-glass (Electrical glass), adapun data teknis serat gelas adalah sebagai berikut:

Massa jenis	:	2.55 gr / cm ³
Modulus Young	:	72 GPa
Angka Poisson	:	0.2
Kekuatan tarik	:	2.4 GPa

2. Serat S2 – glass (Strength glass)

Massa jenis	:	1.50 gr / cm ³
Modulus Young	:	88 GPa
Angka Poisson	:	0.2
Kekuatan tarik	:	60 GPa

3. High strength carbon

Massa jenis	:	1.74 – 1.81 gr / cm ³
Modulus Young	:	248 – 345 GPa
Kekuatan tarik	:	3.1 – 4.5 GPa

4. Aramid (Kevlar 49)

Massa jenis	:	1.45 gr /cm ³
Modulus Young	:	124 GPa
Kekuatan tarik	:	2.8 GPa

Serat penguat yang sering digunakan untuk bangunan kapal adalah jenis E-glass (Electrical glass), sedangkan jenis high strength carbon hanya digunakan untuk keperluan khusus yaitu untuk mempertinggi kekakuan, dalam hal ini untuk mempertinggi ketahanan tembakan pada daerah kritis di lambung atau bangunan atas, sedangkan jenis serat S2-glass banyak digunakan untuk konstruksi pesawat, adapun jenis serat aramid memiliki kekuatan tarik yang sangat tinggi dipakai sebagai serat penguat pada matriks mettalic atau ceramic dan dianjurkan digunakan untuk mempertinggi ketahanan ledak/ tembak.

Serat penguat yang umum dipakai untuk bangunan kapal terdiri dari beberapa jenis menurut bentuk dan konfigurasi dari serat penguat. Adapun jenis serat penguat gelas tersebut:

1. Chopped Strand Mat, dalam pemakaian di industri sering disebut Mat atau Matto, berupa potongan-potongan serat fibreglass dengan panjang sekitar 50 mm yang disusun secara acak dan dibentuk menjadi satu lembaran. Jenis ini merupakan serat penguat dengan konfigurasi serat acak dan merupakan serat penguat tidak menerus, serat penguat yang digunakan yaitu E-glass. Pada proses pembuatan laminasi perbandingan antara berat serat matto dengan resin sekitar 25-35% matto dan 65-75% resin polyester. Laminasi chopped strand mat ini biasanya digunakan sebagai lapisan pengikat antara, supaya tidak mudah terkelupas maupun selip pada proses laminasi berikutnya. Juga sering digunakan sebagai laminasi awal dan akhir dengan tujuan bagian sisi tersebut menjadi rata.

Dalam pemakaian sehari-hari dan yang umum digunakan untuk bangunan kapal, serat chopped strand mat terdiri dari:

a. Chopped strand mat 300 gram/ m² (mat 300) dengan data teknis sebagai berikut:

Berat spesifik (W/m^2) _f	:	300 gram/ m ²
Kekuatan tarik (σ_{uf})	:	213 MPa
Modulus elastisitas (E_f)	:	16 GPa
Angka poisson (ν_f)	:	0.2

b. Chopped strand mat 450 gram/ m² (mat 450) dengan data teknis sebagai berikut:

Berat spesifik (W/m ²) _f	: 450 gram/ m ²
Kekuatan tarik (σ _{uf})	: 213 MPa
Modulus elastisitas (E _f)	: 16 GPa
Angka Poisson (ν _f)	: 0.2

2. Jenis Woven roving merupakan serat penguat menerus berbentuk anyaman dengan arah yang saling tegak lurus. Pada proses laminasi perbandingan berat antara serat woven roving dengan resin adalah 45-50% woven roving 50-55% resin polyester dari fraksi berat, untuk bangunan kapal umumnya sering dipakai komposisi 50% woven roving dengan 50% resin, woven roving ini digunakan sebagai laminasi utama yang memberikan kekuatan tarik maupun lengkung yang lebih tinggi dibandingkan laminasi matto. Dalam proses pembuatan laminasi serat woven roving lebih sulit untuk dibasahi oleh resin dan terkadang larutan resin relatif sulit untuk mengisi celah anyaman serat woven roving. Dengan kandungan resin polyester yang relatif lebih sedikit dibandingkan laminasi matto maka laminasi serat woven roving ini memiliki ketahanan terhadap resapan air yang kurang baik. Untuk memperbaiki kondisi ini maka biasanya laminasi serat woven roving dilapisi lagi dengan dua lapisan matto pada bagian sisi luar yang memiliki kandungan resin polyester yang relatif lebih banyak. Dalam pemakaian di bangunan kapal terdiri dari:

a. Woven roving 400 gram/ m² (WR 400) dengan data teknis sbb:

Berat spesifik (W/m ²) _f	: 400 gram/ m ²
Kekuatan tarik (σ _{uf})	: 512 MPa
Modulus elastisitas (E _f)	: 38.5 GPa
Angka Poisson (ν _f)	: 0.2

b. Woven roving 600 gram/ m² (WR 600) dengan data teknis sbb:

Berat spesifik (W/m ²) _f	: 600 gram/ m ²
Kekuatan tarik (σ _{uf})	: 512 MPa
Modulus elastisitas (E _f)	: 38.5 GPa
Angka Poisson (ν _f)	: 0.2

c. Woven roving 800 gram/ m² (WR 800) dengan data teknis sbb:

Berat spesifik (W/m ²) _f	: 800 gram/ m ²
Kekuatan tarik (σ _{uf})	: 512 MPa
Modulus elastisitas (E _f)	: 38.5 GPa
Angka Poisson (ν _f)	: 0.2

3. Jenis Triaxial merupakan serat penguat menerus (Continuous fibre reinforced) dengan konfigurasi serat penguat terdiri dari tiga layer yaitu layer pertama 45⁰ terhadap prinsipal axis dan arah layer kedua 0⁰ terhadap

prinsipal axis serta arah layer ketiga – 45° terhadap prinsipal axis. Perbandingan berat antara serat triaxial dengan resin yang digunakan adalah 45-50% serat triaxial dan 50-65% resin polyester dari fraksi berat namun untuk bangunan kapal umumnya sering dipakai 50% : 50% dalam satu laminasi, Laminasi serat triaxial ini digunakan sebagai laminasi utama yang memberikan kekuatan tarik dan lengkung lebih tinggi dibandingkan laminasi serat woven roving. Adapun data teknis sbb:

Berat spesifik (W/m^2) _f	: 1200 gram/ m ²
Kekuatan tarik (σ_{uf})	: 820 MPa
Modulus elastisitas (E_f)	: 61.5 GPa
Angka poisson (ν_f)	: 0.2

c. Bahan Pendukung

Dalam proses pembuatan laminasi ada beberapa material pendukung yang berpengaruh terhadap karakteristik laminasi sehingga perlu diketahui fungsi, komposisi dan pengaruh dari masing-masing bahan pendukung tersebut diantaranya:

1. Katalis (Catalyst) berfungsi untuk memulai proses awal perubahan bentuk resin dari cair menjadi padat (polymerization) pada temperatur kamar (27° Celcius). Umumnya pemberian katalis ini adalah sekitar 0.5 – 4% dari fraksi volume resin. Misalnya pemberian katalis 2% maka resin akan mengalami proses perubahan dari cair ke bentuk agar (gel) sekitar 15 menit pada suhu 27° C. Katalis ini tidak berfungsi bila bercampur dengan air, katalis yang umum dipakai untuk polyester resin adalah Metil Ethyl Keton Peroksida (MEKP).
2. Accelerator (Promotor) adalah bahan pendukung yang berfungsi supaya katalis dan polyester resin dapat berpolymerisasi pada temperatur kamar dengan waktu relatif lebih cepat, dalam hal ini proses polimerisasi terjadi tanpa adanya pemberian panas dari luar. Adapun promotor ini paling tinggi 1% dari fraksi volume resin polyester. Promotor yang sering digunakan adalah Cobalt naphthenate. Untuk bangunan kapal promotor biasanya sudah langsung dicampur pada resin polyester (diproses oleh produsen resin) misalnya polyester resin SHCP 268 BQTN dan YUKALAC 157 BQTN EX
3. Sterin (Styene Monomer) merupakan bahan pendukung berupa cairan encer bening tidak berwarna yang berfungsi untuk mengencerkan. Adapun penambahan sterin ini adalah sekitar 35-40% dari fraksi volume resin
4. Gel Coat termasuk salah satu jenis resin polyester dan fungsi utamanya yaitu sebagai lapisan pelindung laminasi kulit FRP dari goresan atau gesekan benda keras pada permukaan kulit, lapisan gel coat merupakan lapisan terluar dari laminasi maka sebaiknya resin gel coat (misalnya

jenis gel coat yang dipakai gel coat 2141 TEX) mempunyai ketahanan yang sangat baik terhadap pengaruh cuaca/ lingkungan luar. Pada lapisan luar gel coat ini diberi pewarna (pigmen) dan pemberian campuran zat pewarna tidak boleh lebih dari 15% dari resin gel coat dengan ketebalan maksimum 15μ merupakan permukaan yang berhubungan langsung dengan cetakan (mold) saat proses laminasi.

5. Pigmen (pewarna) adalah campuran yang digunakan untuk memberikan warna pada lapisan luar yang dikehendaki yang dicampurkan pada gel coat, misalnya: Pigmen white super, pigmen color.
6. Parafin ialah cairan yang berfungsi memberikan kesan cerah pada gel coat yang telah diberi pigmen, pemakaiannya sedikit hampir sama dengan cobalt.
7. Lapisan pelepas (mold release) merupakan lapisan yang berfungsi untuk mencegah laminasi tidak lengket dengan cetakan. Lapisan ini yang umum digunakan yaitu untuk lapisan pertama adalah mold release wax (misalnya mirror glaze) dan lapisan berikutnya PVA.
8. Talk yaitu sejenis bubuk kapur yang dapat berfungsi sebagai dempul setelah dicampur dengan resin dan katalis.

d. Lapisan Inti

Lapisan inti (Lapisan/ Bahan Pengisi) ialah bahan-bahan yang digunakan untuk membentuk konstruksi fibreglass menjadi rigid, ada beberapa lapisan inti yang digunakan antara lain:

1. Kayu, multipleks/ tripleks dan plywood merupakan bahan pengisi yang umum digunakan pada deck, sekat dan bangunan atas dari kapal (gambar 21.4), kerusakan yang sering terjadi disebabkan proses pelapukan kayu.
2. Pelat baja dan Pelat besi digunakan untuk pondasi/ pangkon dari Mesin utama, mesin bantu, mesin-mesin geladak dan sebagai pelat mata (untuk mengangkat hasil laminasi misalnya lambung dll).
3. Pelat Fibreglass digunakan sebagai siku/ bracket-bracket dan sekat pada tangki bahan bakar, oil dan air (Wash Bulkhead)
4. Firet Coremat (Coad Matto), berbentuk lembaran kain busa digunakan sebagai pengganti matto maupun woven roving pada konstruksi yang menerima beban relatif rendah contohnya bangunan atas.

5. Foamed Plastic (Hard Plastic Foams), foamed plastic yang sering digunakan adalah Polystyrene, Polyurethane dan Polyvinyl Chloride (PVC), material tersebut berbentuk foam (gabus) dengan variasi massa jenis.
- a. Polystyrene memiliki kemampuan menahan resapan air yang kurang baik, mudah lapuk (decay) dan ketahanan tumbukan sangat rendah serta rentan terhadap pengaruh temperatur rendah dalam hal ini tidak bisa digunakan pada temperatur kurang dari -4° C. Harga dari polystyrene ini paling murah. Foam ini dengan kepadatan 30 berbentuk sheet (lembaran dengan ukuran 2x1 m) berwarna putih digunakan pada bagian tangki, palkah dan sekat palkah.
 - b. Polyurethane memiliki kemampuan menahan resapan air, ketahanan terhadap proses pelapukan dan ketahanan tumbuk lebih baik dibandingkan polystyrene, foam ini berbentuk lembaran dengan ukuran 200 x 100 x 7,5 cm berwarna kekuningan digunakan pada gading-gading, pembujur pada lambung kapal.
 - c. Polyvinyl Chloride (PVC) merupakan foamed plastic yang memiliki keunggulan yang terbaik yaitu tahan terhadap pengaruh lingkungan korosif, ringan serta kemampuan menahan resapan air sangat tinggi, sehingga sangat cocok untuk bangunan kapal.

Salah satu contoh pemakaian PVC yaitu pemakaian pipa PVC setengah lingkaran untuk penegar sekat ruang tali induk kapal ikan tuna 20 ton. Di negara maju (USA) dipakai Divinycell H Grade buatan Barracuda Technologies dimana material ini bisa digunakan pada temperatur -200° C s/d 70° C, material Divinycell ini terdiri dari dua type yaitu: Plato score dan grade score, dimana plate score ini berupa lembaran Divinycell menerus seperti plat datar sedangkan grade score berupa lembaran Divinycell dengan potongan celah yang saling tegak lurus, tujuan dari pemberian celah pada lembaran Divinycell ini yaitu untuk memudahkan lembaran Divinycell mengikuti bentuk kurva (konstruksi kapal).

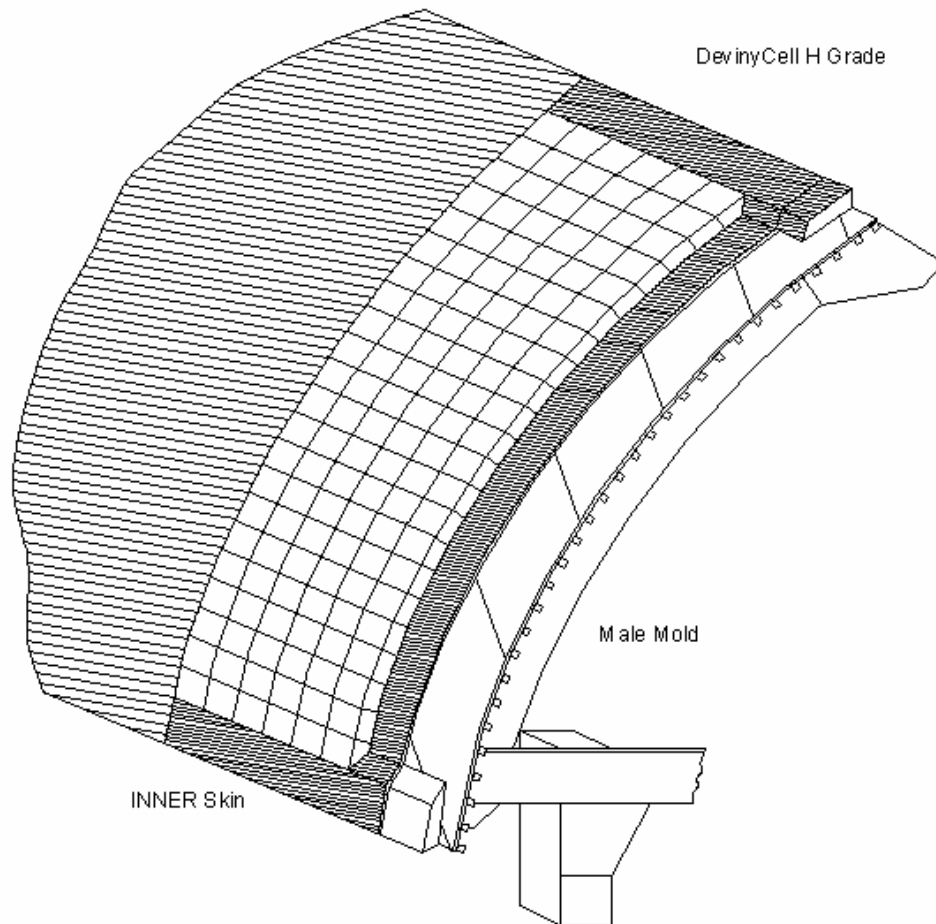
Adapun data teknis material ini dilihat pada halaman berikut ini.

Bahan pengisi celah pada Divinycell type grade score yang umum dipakai adalah divilette. Divilette yang dipakai untuk bangunan kapal yaitu Divilette 600 dengan data teknis sebagai berikut:

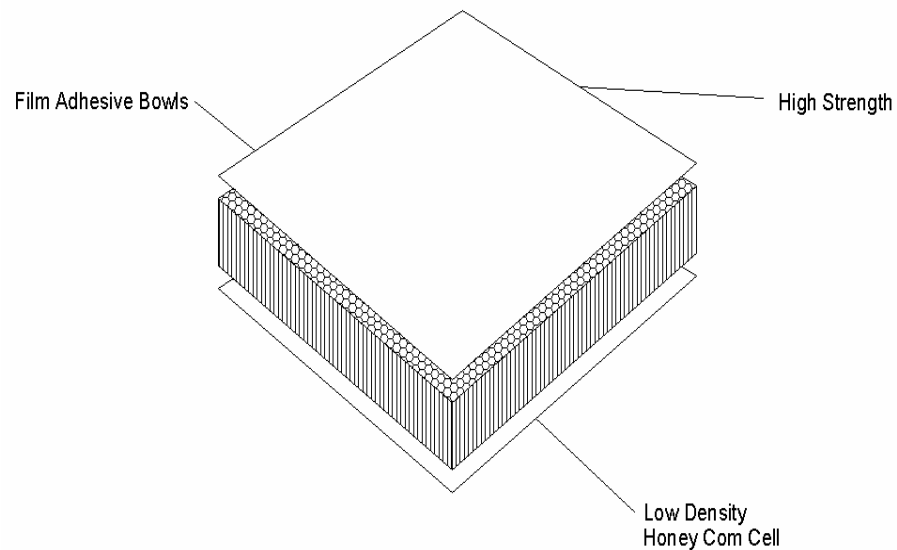
- o Kekuatan tarik : 10 MPa
- o Modulus Elastisitas : 1000 MPa
- o Water absorption : 80 mg
- o Elongation at Break : 3 %
- o Liner shrinkage : 1.2 %

Adapun data divilette 600 ini terdapat pada hal berikut .

6. Honeycomb Cell Paper merupakan lapisan pengisi diantara dua laminasi kulit fibreglass dan diantara laminasi kulit tersebut dibatasi oleh lapisan tipis adhesive film (gambar 21.5). Honeycomb Cell Paper ini umumnya terbuat dari aluminium sehingga sangat ringan, namun ketahanan terhadap pengaruh lingkungan korosif sangat rendah sehingga kerusakan akibat korosi sangat dominan.



Gambar 21.4 Divinycell H Grade GS sebagai lapisan inti



Gambar 21.5 Honeycomb Cell Paper

2. Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan kapal fibreglass tidak terlepas dari peralatan tukang kayu baik dalam proses persiapan (pembuatan cetakkan) maupun proses finishing/ reparasi. Peralatan kayu yang sederhana misalnya gergaji, pahat, ketam dan bor yang sering digunakan, akan tetapi peralatan mesin ini juga telah umum dipakai:

a. Peralatan Untuk Pengerjaan Kayu

1. Gergaji Pita, terdapat dalam berbagai ukuran dan jenis, sangat berguna memotong bentuk yang tidak teratur dan miring, seperti bagian-bagian gading. Alat ini dilengkapi meja yang berguna untuk memudahkan pemotongan miring, mata gergaji yang sudutnya bisa diubah-ubah digunakan untuk pemotongan kayu besar

2. Gergaji roda, gergaji ini banyak pula jenisnya, biasanya dipakai untuk membelah, memotong miring, dan memotong biasa, dengan penambahan alat tertentu gergaji ini dapat dipakai untuk membuat berbagai bentuk yang berlekuk-lekuk seperti alur dan sebagainya, untuk menggergaji balok menjadi papan.

3. Mesin ketam, dipakai untuk membuat permukaan yang benar-benar rata pada setiap kayu yang memerlukan perataan, merubah tebal kayu/ papan, memberi ukuran yang dikehendaki pada kayu dan lain-lain cara dan penyelesaian.

4. Mesin bor digunakan untuk membuat lubang.

Adapun keuntungan yang didapat bila menggunakan peralatan-peralatan mesin di atas yaitu menghemat waktu, biaya, dan tenaga didalam proses pembuatan kapal.

5. Klem-klem digunakan untuk memegang kayu, untuk membengkokkan kayu guna memaksanya mencapai bentuk yang diinginkan, klem harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga perimbangan dan tenaga yang ada dapat terpakai sebaik-baiknya. Pemakaian balok kayu dibawah klem dapat membantu menyebarkan tekanan ke daerah yang lebih luas dan mencegah kerusakan terhadap permukaan kayu yang dibengkokkan, taji sering dapat dipakai bersama-sama dengan klem untuk mendapatkan hasil yang baik.

6. Peralatan kayu lainnya yang umumnya digunakan oleh para tukang kayu misalnya: pahat, ketam, sipatan, meteran, penggaris siku-siku, palu dll.

b. Peralatan Untuk Pengerjaan Fibreglass

Untuk peralatan pengerjaan fibre bisa dibedakan menurut lingkup pekerjaannya. Peralatan untuk proses pengerjaan melapisi, misalnya kapal kayu dilapisi dengan fibreglass:

- Grinda
- Gelas ukur
- Giregen (tempat resin)
- Gunting/ cater
- Rool/ kwas
- Rool besi dll.

1. Peralatan untuk proses reparasi:

- Peralatan kayu
- Peralatan-peralatan diatas
- Grinda potong
- Stick glue
- Peralatan untuk mengecat (Spray)

2. Peralatan untuk bangunan baru

- Sama dengan peralatan untuk reparasi.

BAB XXII

PEMBERSIHAN DAN PERBAIKAN KONSTRUKSI BADAN KAPAL

A. Pembersihan Badan Kapal.

Pembersihan Badan kapal dimulai setelah kapal diatas dock, adapun yang harus dibersihkan adalah yaitu

- a. Jasad laut (binatang laut / tumbuhan laut)
- b. Cat lama
- c. Hasil pengkaratan serta kotoran yang lain

1. Pembersihan Jasad laut (binatang laut/ tumbuhan laut)

- a. Dengan Cara Mekanis Yaitu dengan Sekrap baja atau kayu
- b. Dengan menggunakan waterjet dengan menyemprotkan
- c. Dengan electrolit cleaning : sepanjang lambung dipasang besi bulat sebagai anoda, sedangkan badan kapal sebagai katode dan air laut sebagai cairan elektrolitnya (kapal tidak usah naik dock) sehingga banyak hidrogen bebas yang melepas dari badan kapal jasad laut takut terlepas.

2. Pembersihan Hasil Pengkaratan / Cat Lama.

- a. Dengan palu ketok, palu langsung dipukulkan pada badan kapal sehingga karat/cat lama bisa terkelupas. Pelaksanaan sangat lambat tapi biayanya murah/padat karya, Dengan pneumatic multiple hammer palu ini digerakkan dengan suatu alat pneumatic, Dengan udara bertekanan cara ini bisa lebih cepat dari penggunaan palu ketok.
- b. Dengan wire brush, bisa manual/electric grinder. Hasil bagus cepat, tetapi mempunyai kelemahan yifu material yang dibersihkan bias terkikis ketebalannya berkurang.

3. Survey

Baik kapal maupun peralatan apung lainnya (barge, floating dock, floating crane serta anjungan tertentu diwajibkan oleh Negara untuk menjalani inpeksi dan perawatan secara terjadwal. Sesuai dengan ketentuan IMO (international Maritime Organisation) pemeriksaan oleh Negara (Statutory inpection) terutama yang berkaitan dengan safety SOLAS. Syahbandar (harbour master) secara hokum international mempunyai kewenangan untuk menahan kapal dipelabuhannya apabila mendapati salah satu sertifikat statutory telah tidak berlaku (expired) Negara bisa menugaskan class untuk melakukan berbagai statutory inspection tersebut diatas.

Badan klasifikasi Kapal (BKI) melaksanakan pemeriksaan agar standard-standar yang berkaitan dengan strength, propelling machinery, electrical system, control system, anchoring equipment dipenuhi melalui pemeriksaan annual survey (setiap tahun) dan special survey (setiap 4

tahun) untuk hull, machinery, electrical dan equipment. Annual survey (Inspection) dilakukan setiap tahun dalam keadaan terapung, sedang annual docking inspection dilakukan diatas dry dock paling lambat setiap 24 bulan (untuk floating storage tanker/barge bisa diperpanjang sampai 5 tahun setelah memenuhi persyaratan tertentu antara lain pemeriksaan dibawah garis air, kekedapan tangki dan annual loadline inpection (Pemeriksaan Lambung Timbul Tahunan) dapat dilakukan secara bersamaan dalam kondisi kapal terapung (tidak perlu di atas dok).

B. Perbaikan Konstruksi Badan Kapal

1. Persiapan Sebelum Pekerjaan Reparasi Konstruksi Badan Kapal

Pekerjaan pendahuluan yang diperlukan sebelum reparasi konstruksi badan kapal yang tercantum pada daftar reparasi (Repair List) kapal, antara lain:

1. Pembersihan badan kapal dibawah garis air dari tumbuhan dan binatang laut, untuk mengetahui kondisi pelat kulit dibawah garis air dan pengukuran ketebalan.
2. Mengetahui Bukaannya Kulit (Shell Expansion) kapal dimana tercantum:
 - a. Hasil pengukuran ketebalan pada pengedokan atau perbaikan yang lalu dan ketebalan awal.
 - b. Hasil perbaikan/penggantian pelat kulit
 - c. Lokasi tiap tangki dasar ganda, tangki ceruk atau deep tank.
 - d. Batas tangki dasar ganda
 - e. Lokasi Deformasi pelat kulit
3. Mengetahui berapa sisa cairan yang terdapat dalam tangki.

2. Batas Ketebalan Minimum Pelat Badan Kapal

Lokasi pengkaratan pada pelat badan kapal umumnya terjadi pada :

1. Pelat lambung : antara garis air muatan kosong dan penuh, haluan terutama daerah jangkar dan dibawah pipa buang.
2. Pelat alas dalam pada pertemuan dengan sekat melintang, got konstruksi pelat tepi yang miring dan sumuran pelat tepi yang horisontal.
3. Sisi bawah pelat sekat melintang pada pertemuan dengan pelat alas dalam.
4. Sekat pemisah ruang sanitair (kamar mandi, dapur)
5. Pelat geladak utama pada daerah got / saluran air
6. Dinding sekat bangunan atas dan rumah geladak dibawah jendela sisi.

Pengukuran ketebalan pelat kulit dicantumkan dalam bentuk :

1. Gambar Bukaannya Kulit (Shell Expansion) : pada lajur pelat lambung kiri dan kanan.

2. Tabel : pada lambung kanan dan kiri, jenis lajur pelat serta antara nomor gadingnya.

Yang umum dipakai adalah Gambar Bukaan Kulit termasuk penggantian pelat pada bukaan sebelumnya.

Ketebalan minimum pelat ditentukan oleh prosentase keausan dibanding ketebalan yang disetujui klasifikasi pada waktu perencanaan (tergantung keikutsertaan lajur pelat cengkungan umum memanjang kapal.) Keausan maximum yang diijinkan dapat dilihat dibawah ini :

Tabel 1.1 Keausan max yang diijinkan terhadap ketebalan pelat yang disetujui klasifikasi pada keadaan baru.

Macam Lajur Pelat	Keausan max. yang diijinkan terhadap ketebalan pelat yang disetujui klasifikasi pada keadaan baru.
1. Pelat kulit lambung	
a. Pelat lunas (Keel Plate). Pelat Dasar (Bottom Plate) dan Pelat Lajur Bilga (Bilge Plate)	20 %
b. Pelat Lambung (Side Plate) diatas Pelat Lajur Bilga dan dibawah Pelat Lajur Atas.	30 %
c. Pelat Lajur Atas (Sheer Strake)	20 %
2. Pelat Kulit Alas Dalam (Tank Top)	
a. Pelat Tepi (Margin Plate)	20%
b. Pelat Alas Dalam	20%
3. Pelat Geladak Utama (Main Dek)	20 %
a. Pelat tepi geladak (Stringer Pit) dan Lajur Pelat Geladak antara Lambung dan Ambang Palkah memanjang	
b. Pelat Geladak antara Lubang Palkah	30 %
4. Geladak Bangunan Atas dan Rumah Geladak	30%
5. Dinding Sekat Memanjang dan Melintang	20% - 30%

Batasan diatas merupakan ketentuan dasar saja, suatu lajur pelat kulit yang terletak pada kapal, maka ketentuan diatas dapat diperlunak.

3. **Reparasi Kampuh Las**

Kampuh las yang aus melebihi ketentuan yang disyaratkan harus diadakan perbaikan dengan pengelasan kembali sampai ukuran ketinggian kampuh yang disyaratkan.

Ntukan kampuh las dilakukan dengan :

- Alat betel Pneumatis
- Las potong Acetylene
- Penggerindaan
- Carbon Electrode

Sekarang banyak menggunakan Carbon Electrode ditambah penggerindaan sehingga didapatkan kampuh yang sempurna, dan pengelasan kembali kampuh las dilakukan dengan dua kali jalan pengelasan tergantung dari tebal pelat dan tingkat cacat dari kampuh las.

4. **Reparasi Sebagian Dari Lajur Pelat**

Reparasi sebagian lajur pelat kulit, geladak, pelat alas dalam dan dinding sekat disebabkan oleh: lekuk setempat , retak dan ketebalannya sudah tidak memenuhi syarat

4.1. **Reparasi Lajur Pelat Kulit yang Mengalami Lekuk Setempat**

- a. Apabila besarnya lenturan pada lekuk setempat ini melebihi 1/5 jarak gading dan perbandingan antara dalam lenturan dengan panjang lenturan melebihi 1 : 20 maka lekuk setempat ini harus diganti baru.
- b. Apabila lenturan dari gelombang pelat melebihi lima kali tebal pelat dan perbandingan antara dalam lenturan dengan jarak gading lebih dari 1 : 20 maka pelat yang bergelombang ini juga diganti baru.

Untuk menghilangkan atau mengurangi lenturan, dengan syarat tebal pelat masih memenuhi syarat, baik lekuk setempat atau gelombang dilakukan dengan :

- (a) Cara mekanis dan pemanasan
- (b) Cara pemanasan dan pendinginan

(a) Cara Mekanis Dan Pemanasan

Luruskan kembali pelat yang lekuk dan bergelombang dilakukan dengan dipanasi oleh alat panas sampai temperatur 500 derajat sampai 800 derajat celcius dan ditekan dengan hidrolic jack yang diberi alas pelat.

(b) Cara Pemanasan Dan Pendinginan

Prinsipnya sama dengan cara melengkungkan pelat dengan menggunakan pemanasan pendinginan pada pembangunan kapal baru yang dinamakan Linear Heating Methode.

Sedangkan untuk meluruskan kembali dinamai "Fairing" atau pelurusan. Yang lekuk setempat dan gelombang dipanasi dengan alat pemanas Acetyline atau LPG sampai temperatur 500 derajat sampai 800 derajat celcius dan setelah itu didinginkan dengan air dingin.

4.2. Reparasi Pelat yang Retak

Sebelum memperbaiki harus mengetahui ujung-ujung keretakan terlebih dahulu. Kedua keretakan dilubangi dahulu agar pada waktu pengelasan keretakan jangan sampai ngembang dan dibuatkan kampuh las bentuk V.U atau X dengan jarak kampuh 2 mm. Alasan dilakukan dengan cara Back Hand Step Welding atau pengelasan kepala Ekor dan pengelasan satu arah apabila panjang keretakan tidak panjang.

Apabila keretakan cukup panjang maka pengelasan dilakukan dua arah dan sebelum pengelasan dipanasi sampai temperatur 150 derajat celcius pada daerah keretakan. Setelah pengelasan pada daerah keretakan dipasang plat rangkap untuk menutupi keretakan supaya tidak terjadi keretakan lagi dan pada pengedokan selanjutnya plat rangkap ini dipotong serta diganti dengan plat baru.

4.3. Penggantian Setempat Plat Kulit.

Penggantian setempat pelat yang disebabkan oleh: lubang, keausan, lekuk dan retak setempat harus mengikuti ketentuan bahwa ketebalan pelat dan kondisi balok konstruksi masih memenuhi persyaratan klasifikasi.

Untuk pemotongan setempat plat dibuat 3 macam yaitu :

1. Berbentuk bulat
2. Berbentuk bujur sangkar
3. Berbentuk empat persegi panjang

Bentuk bujur sangkar dan empat persegi panjang ujung-ujungnya dibulatkan dengan jari-jari 0,1 lebarnya.

.... Pengelasan sesuai angka I, II, III, dan IV dengan cara Back Hand Step Welding atau kepala Ekor apabila panjang tiap urutan pengelasan cukup panjang.

Sebaiknya pemasangan pelat baru bertumpu minimal pada satu balok konstruksi dan pengelasan dengan balok konstruksi didahulukan sebelum pengelasan kampuh las sesuai urutan pada gambar, jarak melintang atau memanjang sambungan plat dengan balok konstruksi sekitar $\frac{1}{4}$ jarak balok konstruksi atau sekitar 150-200 mm. Bila sisi melintang atau memanjang terlalu dekat dengan kampuh melintang atau memanjang dari lajur pelat lama maka pemotongan diteruskan sampai kampuh melintang atau memanjang dari pelat lama tersebut.

5. Penggantian Satu Lajur Plat Kulit

5.1. Persiapan Sebelum Pemotongan Plat Kulit

Sebelum pemotongan pelat dilakukan pekerjaan pendahuluan meliputi :

1. Menandai balok-balok melintang atau memanjang plat kulit dari luar dengan pertolongan Test Hammer serta kapur atau cat.
2. Memeriksa bagian dalam dari plat kulit yang merupakan :
 - a. Tangki bahan bakar, air tawar / air laut atau bahan cair lainnya.
Tangki bahan bakar dibersihkan dengan membuka tutup lubang orang (Man Hole Cover) dan dilakukan pengetesan dengan Gas Free Tester.
 - b. Tangki air tawar atau air balas / air laut dikosongkan dulu dengan membuka prop lunas dan tutup lubang orang agar pemotongan plat mudah dilakukan.
 - c. Isolasi atau lapisan dinding kamar yang mudah terbakar dibongkar terlebih dahulu.
 - d. Pipa yang mengganggu pemotongan plat kulit dibongkar dahulu.
 - e. Got terutama pada daerah kamar mesin yang terdapat genangan minyak pada got atau lokasi tersebut dibersihkan dahulu.
3. Mempersiapkan tenaga dan peralatan pemadam kebakaran pada lokasi yang rawan terhadap kebakaran.

5.2. Pemotongan Pelat

Pekerjaan pemotongan pelat kulit dilaksanakan dengan dua cara yaitu :

1. Pemotongan dari sisi luar.
Pemotongan plat dilaksanakan setelah penandaan lokasi balok-balok melintang atau memanjang dengan kapur atau cat dan dilakukan diluar hubungan balok konstruksi dengan plat kulit agar jangan sampai balok konstruksinya ikut terpotong. Bagian plat kulit yang masih tersisa pada balok konstruksi harus dibersihkan.
2. Pemotongan dari sisi dalam
Pemotongan plat dilaksanakan langsung dari sisi dalam kapal (misalnya pada ruang palkah) d.n dapat langsung memotong sambungan balok konstruksi dengan plat kulit sehingga pekerjaan lebih cepat.
Pemotongan garis kampuh las dilaksanakan sebagai berikut:
 - a. Pemotongan plat lama tepat pada sumbu kampuh las melintang atau memanjang agar ukuran plat baru sesuai dengan ukuran lebar dan panjang plat lama dan sisa

separuh material las lama dipotong untul pembuatan kampuh las.

- b. Pemotongan sisi melintang plat kulit lama diusahakan $\frac{1}{4}$ jarak gading terdekat karena timbulnya harga momen yang mendekati 0 pada beban merata yang bekerja pada plat kulit.
- c. Pemotonganb sisi memanjang plat kulit memanjang plat kulit lama tidak boleh kurang dari 200 mm dari balok memanjang yang terdekat.
- d. Pemotongan plat kulit yang tersisa pada balok-balok melintang atau memanjang harus dibersihkan.

5.3. Pembuatan Rambu Pelat

Setelah pemotongan plat lama dan pembuatan kampuh las selesai barulah dipersiapkan rambu plat yang terbuat dari plat dengan lebar 20 s/d 30 mm dan ketebalan 4 s/d 6 mm. dimana dalam arah melintang tepat pada garis gading dan dalam arah memanjang tepat pada balok konstruksi memanjang tepat pada balok konstruksi memanjang atau sambungan pelat.

5.4. Pembuatan Pelat Baru Dibengkel

Pembuatan plat baru yang rata minimal 2 sisi sudah dipersiapkan kampuh las sehingga tidak perlu lagi pemotongan pada waktu pemasangan dikapal, sedangkan pada plat baru dengan lengkung tunggal minimum satu sisi sudah dipersiapkan kampuh lasnya.

5.5. Pemasangan Pelat Baru Di Kapal

Urutan pemasangan plat baru adalah sebagai berikut :

1. Las ikat dilakukan dulu dengan balok-balok memanjang dan atau melintang setelah itu baru las ikat dengan sisi kampuh lasnya.
2. Pemasangan plat penahan yang terbuat dari plat dengan ketebalan sekitar 10 mm dipasang dengan sudut 70 s.d 80 derajat dengan kampuh lasnya dan jarak satu sama lain sekitar 400 s/d 500 mm.
Dipasangnyanya plat penahan ini agar setelah pengelasan plat baru tidak mengalami perubahan kedudukan akibat deformasi las dan agar permukaan plat baru dan lama sama tingginya.
3. Pertama-tama dilas balok-balok melintangnya dimulai dari arah tengah kearah samping setelah itu pengelasan kampuh las dengan urutan sesuai gambar dilaksanakan dengan pengelasan kepala ekor supaya deformasi las tidak terlalu besar. Pelaksanaan pengelasan dilaksanakan dari sisi dalam selanjutnya dari sisi luar setelah diadakan penyerongan denga carbon electrode dan penggerindaan.

4. Hasil pengelasan diperiksa dulu oleh pengawas las setelah itu oleh QA/QC (Quality Assurance / Quality Control) baru diundang Klasifikasi untuk pemeriksaan pengelasan dan tes kekedapan air.

6. Reparasi Balok-Balok Konstruksi

Balok-balok konstruksi juga mengalami kerusakan antara lain : pengkaratan, lekuk karena keluar, retak dan kerusakan lain dimana kerusakan ini harus diperbaiki atau diganti baru.

6.1. Reparasi balok konstruksi yang meliputi :

- Gading pada konstruksi lambung
- Gading alas pada konstruksi dasar
- Gading balik pada konstruksi alas dalam
- Balok geladak pada konstruksi geladak
- Penegar vertikal pada konstruksi dinding sekat kedap air atau dinding sekat pemisah pada bangunan atas atau rumah geladak.
- Pembujur atau longitudinal pada sistem konstruksi memanjang.

Reparasi Konstruksi Lambung

1. Pada garis besarnya reparasi konstruksi lambung kapal sama dengan Reparasi Konstruksi Alas.

Hal – Hal yang harus diwaspadai dan diperhatikan :

1. Bahaya kebakaran yang di akibatkan gas kayu pelindung yang menempel konstruksi lambung akibat dari pemotongan / pengelasan saat melaksanakan replating (pada kapal barang).
2. Terbakarnya sistem kabel atau insulation (glasswool) bila replasing lambung berada pada daerah akomodasi area (kamar – kamar). Oleh sebab itu sebelum replasing dilaksanakan, perlu sekali pekerjaan pendahuluan yaitu melaksanakan pekerjaan penghalang. Biasanya porsi ini lebih besar karena melibatkan beberapa eselon (mesin, listrik, elektronik, dsb).

Hal – hal yang perlu diwaspadai adalah pada saat pemotongan, tempat pemotongan dilaksanakan tepat $\frac{1}{4}$ jarak gading kapal. Hal ini disebabkan sesuai dengan teori kekuatan kapal pada jarak moment diperkirakan besarnya 0 (nol). .

6.2. Pemeliharaan dan Perawatan Tali

Agar tali-tali dapat tahan lama (awet) dan aman dalam penggunaannya, maka diperlukan pemeliharaan dan perawatan yang sesuai dan baik. Untuk maksud itu kita harus mengenal jenis-jenis, sifat dan karakteristik dari tali tersebut.

Tali Serat Khususnya **Tali Serat Nabati** dianjurkan agar :

- a. Dihindarkan/jauhkan dari air, udara lembab. Disimpan ditempat yang tidak kering dan lembab,

- b. Tidak berhubungan langsung dengan besi kapal (dek dan dinding kapal) dengan cara diberikan ganjal (**dunnage**) dari kayu supaya ada peranginan atau ventilasi,
- c. Jika habis dipakai agar dikeringkan lebih dahulu dengancara diangin-anginkan sebelum disimpan,
- d. Dihindarkan dari minyak atau bahan lain yang mengandung minyak misalnya cat, tir dan lain-lain,
- e. Dijauhkan dari bahan-bahan/cairan kimia,
- f. Dihindarkan dari sengatan panas secara langsung, biasanya ditempatkan yang terlindung dibawah atap atau ditutup dengan terpal, dan jauhkan dari mesin, ketel dan lai-lain,
- g. Dijaga agar tali tidak kusut/bertombol, dengan cara digulung searah dengan arah pintalannya. Ujung setiap tali atau yang baru dipotong harus diikat (takling),
- h. Hindarkan dari benda keras dan tajam,
- i. Dalam pemakaian hindarkan dari sentakan-sentakan dan beban yang melebihi keamanan muatnya (SWL).

6.3 Tali Kawat Baja (**wire rope**)

Untuk pemeliharaan tali kawat baja pada umumnya sama dengan pemeliharaan tali serat, kecuali untuk tali jenis ini :

- a. Agar sering diminyaki dengan jalan dibersihkan terlebih dahulu kotoran dengan sikat kawat dan minyak tanah, kemudian disemir dengan minyak pelumas (grease),
- b. Digulung di dek atau pada tromol dengan gulungan berdiameter besar atau secara angka delapan.

Sesuai teori kekuatan kapal.

1. Diasumsikan tumpuan pada gading – gading tersebut adalah tumpuan jepit.
2. Pada tengah – tengah antara tumpuan tersebut mengalami beban terpusat yang besar.
3. Sehingga penggambaran moment adalah sebagai berikut :

Oleh karena itu sesuai dengan uraian teori diatas, maka usahakan aksir dari pemotongan usahakan pada jarak $\frac{1}{4}$ jarak gading. Kemudian penjelasan diatas terutama pada daerah pelat yang lurus untuk daerah badan kapal, setelah pelat tersebut dipotong pelat baru yang akan dipasang harus dibentuk dulu dibengkel dengan :

1. Mesin Press.
2. Mesin Bending.....dsb.

Sedangkan bentuknya memudahkan pelaksanaannya biasanya pelaksanaan langong membuat rambu di tempat. Rambu – rambu tersebut bisa dari kayu atau round bon plat.

Untuk idealnya seharusnya dibuat dulu di Mould Loef rambu – rambu tersebut. Bisa juga untuk hal – hal yang bersifat emergency, untuk pemasangan plat bisa juga tanpa di press ataupun di bunding (Plat forming). Tapi langsung dikerjakan ditempat.

Tetapi hal ini perlu adanya peralatan tambahan :

1. Hydraulic Jack.
2. Pull Jack.
3. Brander pemanas.
4. Chain Block.

Kemudian sistem pengelasannya disesuaikan dengan kondisi :

1. Material yang di las.
2. Prosedur pelat...dsb.

Seperti diketahui semuanya, rangkaian konstruksi mulai :

1. Alas / bottom kapal.
2. Lambung kapal.
3. Geladak kapal.
4. Lunas
5. Geladak
6. Linggi belakang / depan.

Adalah suatu rangkaian cincin kekuatan atau lingkaran kekuatan.

Telah diketahui lingkaran / cincin tersebut sangat kuat, oleh sebab itu bila salah satu bagian dari cincin tersebut. Dihilangkan maka hal tersebut akan membuat cincin tersebut akan melemah.

Hal ini diasumsikan bila kita mengadakan perbaikan salah satu bagian dari konstruksi kapal misalnya : alas atau lambung.dsb. apalagi dalam perbaikan tersebut kita menghilangkan misalnya dengan memotong maka sistem cincin kekuatan tersebut akan melemah.

Oleh sebab itu apabila ada perbaikan semacam ini, kita harus mewaspadainya. Untuk ini biasanya kita pasang penguat – penguatan bahan untuk meminimalkan kekuatan yang hilang.

C. Reparasi Geladak Kapal / Deck :

Demikian juga untuk reparaasi geladak kapal, pada prinsipnya juga sama dengan reparasi lambung / alas. Namun ada hal – hal yang harus diwaspadai :

1. Pada bagian geladak kapal bawah terletak kabel – kabel listrik atau pipa-pipa. Sehingga bila perbaikan tersebut sampai pada tingkat pemotongan, maka ada pelayaran awal yaitu penghilangan penghalang – penghalang tersebut (kabel / pipa).
2. Untuk geladak – geladak yang di atasnya ada mesin – mesin perlengkapan kapal seperti capstan motor – motor dsb. Yang perlu alignment pelaksanaan reparaasi ini perlu berhati – hati.
3. Untuk reparaasi geladak yang berhubungan dengan ambang palkah (Hatch coaming) yang menggunakan system Macgregor harus diwaspadai. Hal ini bisa terjadi bila pelaksanaan sampai memotong geladak waspadai deformasi pada hatch coaming. Bila terjadi deformasi tutup palkah (Macgregor) sistem tidak bisa sempurna bekerjanya kurang kedap muatan rusak.
4. Untuk geladak – geladak akomodasi harus diwaspadai bahaya kebakaran (wallpaper, glasswool, pelapis lantai) dsb.

Adapun Jenis – jenis kerusakan pada geladak adalah :

1. Pengkaratan plat geladak tipis.
2. Deformasi pada plat geladak.
3. Kebocoran (air masuk pada ruang lewasnya).

Untuk menghindari deformasi :

Dalam hal perbaikan ini untuk lancarnya pelaksanaan, rekomendasi perbaikan ini tidak terlepas dari BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) sebagai lembaga independent yang bertugas menjamin dari segi kekuatan perbaikan tersebut.

Kemudian ketentuan penggantian plat geladak adalah :

Bila plat geladak tebalnya berkurang 20%.

Bila reparaasi geladak berlangsung di area / tempat adanya mesin – mesin geladak (windlas, capstan) lebih baik mesin – mesin tersebut diatas sebisanya untuk dilepas / diangkat. Hal ini selain untuk memudahkan proses reparasi juga untuk menghindari / mengurangi adanya deformasi.

Dasar-dasar Reparasinya adalah sebagai berikut :

1. Penggantian baru balok konstruksi mempunyai ukuran yang sama (bentuk, tebal, panjang tiap kaki) dengan ukuran profil yang lama
2. Penyambungan balok konstruksi yang berdekatan tidak boleh segaris demikian juga dengan kampuh las lajur plat.
3. Jarak antara kampuh las plat dengan kampuh las balok konstruksi yang terdekat sekitar 100-200 mm.

4. Pengelasan profil siku lama dan baru dilaksanakan dari kedua arah dan pada pengelasan sambungan plat diberi sealop.

7. Reparasi Pelat Alas Dalam Tepat Pada Pertemuan Dengan Pelat Sekat Melintang

Lokasi pengkaratan pelat alas dalam terutama terjadi pada pertemuan dengan pelat sekat melintang. Terdapat 2 macam hubungan konstruksi antara pelat alas dalam dengan plat sekat melintang:

1. Dinding sekat melintang menerus dan pelat alas dalam terputus. Pelat sekat melintang pada pertemuan dengan pelat alas dalam mudah berkarat dan dipotong diatas dan dibawah pelat alas dalam sejarak 200-300 mm atau pada lajur plat. Setelah pemotongan dan pemasangan setempat pelat sekat melintang tersebut barulah dipasang pelat alas dalam yang baru dengan las sudut 2 arah.
2. Dinding sekat melintang terputus dan pelat alas dalam menerus. Penggantian pelat alas dalam dilakukan melebihi garis potong dengan pelat dinding sekat melintang minimum $\frac{1}{4}$ jarak gading atau diteruskan pada lajur terdekat. Pelat sekat melintang potongannya harus hati-hati agar jangan sampai terjadi celah yang terlalu besar dan dipotong setinggi 200-300 mm untuk mempermudah pemasangan pelat alas dalam baru.

8. Reparasi Pelat Linggi Haluan

Penggantian pelat tinggi haluan lengkung ganda dalam pembentukannya dibuat dengan lengkung secukupnya agar pekerjaan pengepresan pelat tidak mengalami kesulitan.

- (1) Penggantian pelat lambung yang berhubungan dengan pelat linggi haluan menggunakan bilah pelat (Backing Strip) dengan lebar minimum sebesar $1,5 S + 10$ mm, dimana S adalah tebal pelat lambung, terutama pada kapal kecil karena sempitnya daerah dihaluan kapal.
- (2) Backing Strip dilaskan dulu dengan pelat lambung lama dan pelat lambung baru dipasang dengan jarak $1,5 S$ agar diperoleh penetrasi las yang baik karena pengelasan hanya dapat dilakukan dari satu arah.
- (3) Backing Strip ini dipasang pada wrang atau gading.
- (4) Lebar lubang las isi, panjang, dan jarak antara lubang untuk las ini tergantung tebal pelat kulit lambung yang dilubangi.

9. Reparasi Pelat Lunas Horizontal (Keel Plate)

1. Penggantian pelat lunas horizontal perlu membongkar balok-balok lunas dari Dock dan harus diimbangi dengan pemasangan sementara balok-balok tambahan di kanan dan kiri lokasi penggantian plat lunas horizontal tersebut untuk mengurangi tegangan awal yang timbul.

2. Penggantian plat lunas pada daerah ruang palkah dapat dilaksanakan sepanjang panjang plat (6 m) dan pada kamar mesin karena adanya beban motor induk penggantian plat lunas secara bertahap sepanjang setengah panjang plat.
3. Setelah plat baru dipasang meskipun belum dilaksanakan pengelasan kampuhnya balok-balok lunas dipasang kembali untuk mengurangi tegangan awal.
4. Perbedaan tebal plat lunas dengan plat dasar yang berdekatan melebihi 4 mm penyambungan plat dilakukan dengan menyerong plat yang lebih tebal sampai setebal plat yang tipis agar jangan sampai terjadi konsentrasi tegangan pada pengelasan sambungan plat.

10. Reparasi Pelat Kulit Pada Daerah Kamar Mesin Dan Buritan Kapal.

Penggantian pelat lambung dan dasar pada kamar mesin dan tinggi buritan akan pengaruh pada kelurusan garis poros yaitu poros baling-baling. Poros antara dan motor induk perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Baut-baut pas motor induk dengan fondasi dilepas agar deformasi las tidak akan berpengaruh terhadap motor induknya sendiri.
2. Motor Induk dan peralatan lainnya dianjurkan diangkat dari fondasinya supaya tegangan awal tidak terlalu besar dan memudahkan pengelasan.
3. Menambah tumpuhan-tumpuhan tambahan misalnya balok-balok samping agar mengurangi tegangan awal.
4. Penggantian 1 lembar plat kulit disarankan plat kulit simetris lainnya diganti juga agar deformasi las juga simetris.
5. Penggantian plat kulit yang cukup banyak disarankan dilaksanakan secara bertahap, secara simetris dan disertai penempatan tumpuhan sementara.
6. Sebelum pengelasan perlu diperhatikan :
 - a. Persiapan kampuh las dan jarak antara kampuh
 - b. Tenaga las dan jenis electrode yang memenuhi syarat
 - c. Urutan pengelasan yang benar untuk mendapatkan deformasi las yang minimum.
7. Pelaksanaan reparasi plat kulit diburitan kapal sama seperti pada kamar mesin dan hal lain yang perlu diperhatikan adalah :
 - a. Deformasi pengelasan pada pemasangan plat baru dapat menyebabkan kedudukan garis poros kemudi dan garis poros baling-baling mengalami perubahan.
 - b. Pada daerah buritan yang sempit tidak memungkinkan pengelasan dilakukan dengan sempurna Adalah reparasi konstruksi yang karena sifat & kondisinya perlu perhatian khusus contoh yang sederhana :
 1. Reparasi alas kapal dibawah kamar mesin.

2. Reparasi buritan kapal.
3. Reparasi linggi depan kapal.
4. Reparasi sekat.

11. Reparasi alas kapal dibawah kamar mesin :

Reparasi pada daerah ini biar sekecil apapun, akan mengakibatkan adanya deformasi yang menyebabkan tidak sempurnanya alignment poros baling – baling dan mesin induk kapal, lebih – lebih pada plat – plat yang sangat berdekatan dengan pondasi mesin induk.

Misalnya : - Plat dibawah pondasi mesin induk
- Plat Konstruksi mesin induk.

Pada kasus seperti disebutkan diatas, maka saat berlangsungnya reparasi harus Benar – benar diwaspadai.

Untuk mengatasinya atau mengurangi deformasi yang berlebihan :

1. Saat reparasi boretmur pengikat mesin induk pada pondasinya harus dikendorkan / dilepas.
2. Pada waktu diadakan pemotongan plat pondasi yang rusak kalau bisa sedikit demi sedikit atau bagian perbagian.
3. Pada saat pengelasan konstruksi dimaksud, diupayakan dengan system.

Setelah pekerjaan reparasi selesai, maka diadakan lagi pemeriksaan kelurusan poros (alignment) lagi untuk menjamin bahwa reparasi benar – benar sempurna.

Untuk save / amannya, maka setiap selesai 1 bagian pengelasan harus diadakan pemeriksaan alignment.

Demikian juga setelah pengelasan selesai, maka diadakan juga pemeriksaan hasil pengelasan :

1. Press test terutama pada bag alas / lunas kapal.
2. Nose test dsb.

Sebelum diadakan pekerjaan reparasi pada bagian dibawah kamar mesin. harus benar – benar dibersihkan dari segala kotoran – kotoran seperti oli, minyak – minyak yang biasanya terkumpul dibawah mesin induk (free gas). hal ini dilakukan untuk menghindari adanya bahaya kebakaran.

12. Reparasi Wrang Dan Penumpu Dasar

Apabila ketebalannya masih memenuhi syarat perbaikan dilaksanakan dengan pemotongan setempat pada daerah yang lekuk, selanjutnya diganti dengan pelat baru. Cara pemotongan, penggantian baru dan pengelasannya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

13. Reparasi Penumpu Geladak, Gading Besar, Sentasisi.

Reparasi penumpu geladak, gading besar, sentasisi dan balok-balok konstruksi lainnya yang berbentuk profil T, dilaksanakan pengantiannya pada seluruh tinggi profil dan pengelasan sambungan pada pelat vertikal

dan pelat bilah hadap tidak terletak pada satu bidang demikian juga sambungan pelat vertikal dengan pelat kulit.

Contoh Soal

1. Dari suatu Kapal barang umum dengan sistem konstruksi melintang, pada waktu bongkar muat barang jatuh pada plat alas dalam (tanpa papan alas dalam) pada pertemuan antara penumpu samping dan wrang terbuka, sehingga menyebabkan lekuk yang cukup dalam pada plat alas dalam tersebut. Disamping itu kondisi wrang plat yang ada didekatnya juga mengalami penipisan sehingga memerlukan penggantian.
2. Gambar dan uraikan jenis-jenis kerusakan yang ada dan dasar-dasar pemeliharaan dan perbaikannya.

Penyelesaian Soal :

No	NAMA BAGIAN KONSTRUKSI	JENIS KERUSAKAN			
		Pengurangan tebal	Lekuk dan gelombang	Kerusakan sambungan kas	Keretakan
1	Plat alas dalam		√	√	
2	Penumpu samping		√	√	
3	Wrang Plat	√	√	√	
4	Gading Balik		√	√	√

No	Nama Bagian Konstruksi	Dasar-dasar Perbaikan Kerusakan
1	Plat alas dalam	Pemotongan setempat pada daerah kerusakan dapat berbentuk lingkaran, empat persegi panjang atau bujur sangkar dan diganti dengan pelat baru.
2	Penumpu samping	<ul style="list-style-type: none"> - Pemotongan setempat pada daerah kerusakan - Dilakukan penggantian dahulu sebelum pemasangan plat alas dalam, dengan diberi lubang sesuai ukuran profil gading alas dan gading balok.
3	Wrang pelat	<ul style="list-style-type: none"> - Penggantian wrang pelat dapat dilakukan sebagian atau seluruh wrang pelat tergantung daerah kerusakan. - Pada kapal kecil dengan $B \leq 12$ m umumnya konstruksi wrang pelat menerus dan penumpu samping terputus. - Perhatikan letak sambungan las.
4	Gading balik	<ul style="list-style-type: none"> - Penggantian gading balok dilakukan sesuai kerusakan dengan mengikuti aturan "balok-balok konstruksi" - Pengelasan gading balok dan pelat alas dalam didahulukan sebelum pengelasan alas dalam. - Dilakukan pemasangan penegar pada penumpu samping.

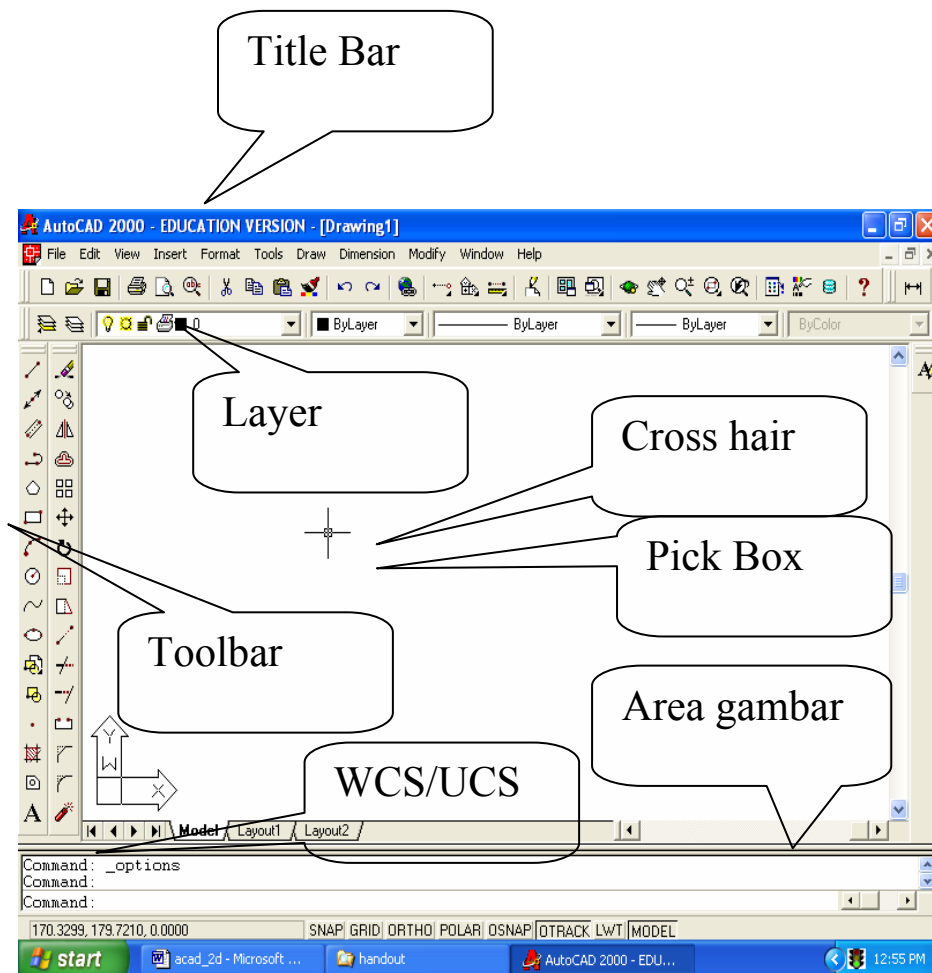
BAB XXIII PENGAMBARAN 2 DIMENSI DAN 3 DIMENSI DENGAN AUTOCAD

A. MENJALANKAN AUTOCAD 2D

Program AutoCAD dapat dijalankan dengan 2 cara :

- Lewat desktop
dengan klik dua kali pada logo AutoCAD di desktop
- Klik ...START...Program...AutoCAD

Maka akan tampil seperti dibawah ini :



Perintah –Perintah dalam AutoCAD

1. Perintah Line (L)

Perintah untuk membuat satu atau lebih segmen garis lurus
Langkah Penggunaan:

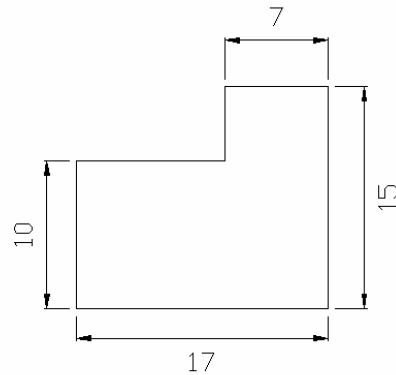


- klik toolbar line (klik kiri) atau ketik **L** (enter)

Command: _line Specify first point:

- Tentukan titik awal untuk menggambar , maka keluar perintah
- Specify next point or [Undo]:
- Tentukan titik berikutnya sampai selesai dan enter untuk mengakhiri menggambar garis

Contoh :



Ketik : L (enter)

Command: _line Specify first point:

Letakkan sembarang titik (klik kiri)

Specify next point or [Undo]: @17,0 (enter)

Specify next point or [Undo]: @0,15 (enter)

Specify next point or [Undo]: @-7,0 (enter)

Specify next point or [Undo]: @ 0,-5 (enter)

Specify next point or [Undo]: @-10,0 (enter)


Specify next point or [Undo]: @0,-10 (enter)

atau c (enter)

2. Perintah Polyline (pl)

Perintah untuk menggambar garis dan lengkung menjadi kesatuan

Langkah Penggunaan:

- klik toolbar line (klik kiri)  atau ketik **PL** (enter)

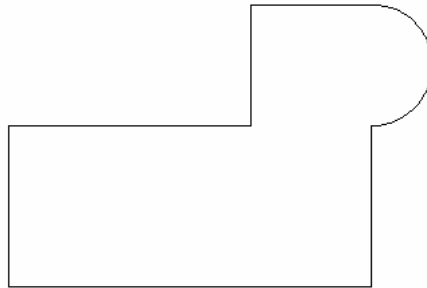
Specify start point:

- Tentukan titik awal untuk menggambar , maka keluar perintah
- Current line-width is 0.0000

Specify next point or [Arc/Halfwidth/Length/Undo/Width]:

- Tentukan titik berikutnya untuk menggambar garis berikutnya atau ketik **A** untuk menggambar busur

Contoh :



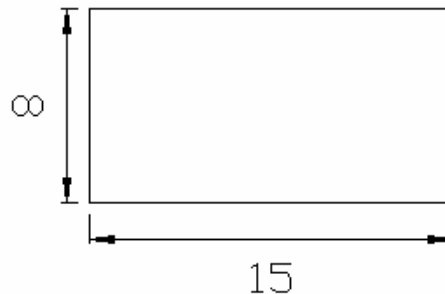
3. Perintah Rectangle (rec)

Perintah untuk menggambar persegi atau kubus

Toolbar :



Contoh:



Ketik : rec (enter)

Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]:

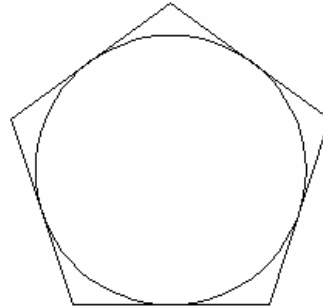
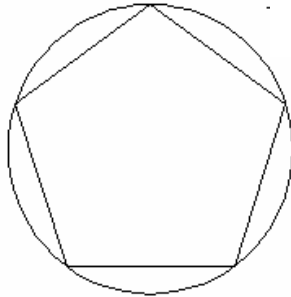
Tentukan titik awal untuk menggambar (klik kiri)

Specify other corner point or [Dimensions]: @15,8 (enter)

4. Perintah Polygon (pol)

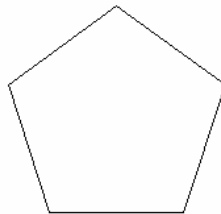
Perintah untuk menggambar sebuah polygon

Toolbar : 
Ada 2 jenis menggambar polygon



- Bentuk Inscribed in circle Circumscribed about circle

Contoh: *menggambar polygon dengan inscribed*



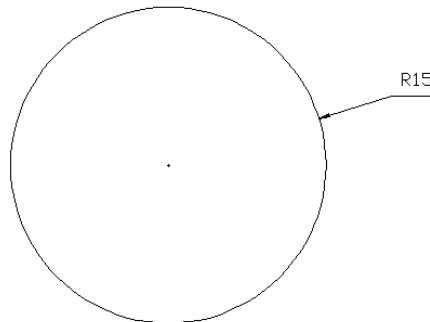
```
Command: pol  
POLYGON_Enter number of sides <5>: 5  
Specify center of polygon or [Edge]:  
Enter an option [Inscribed in circle/Circumscribed about circle] <C>: I  
Specify radius of circle: 10
```

5. Perintah Circle (c)

Perintah untuk menggambar sebuah lingkaran

Toolbar : 

Contoh:



Command: `_circle` Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]:

Tentukan titik tengah (centre) dari lingkaran

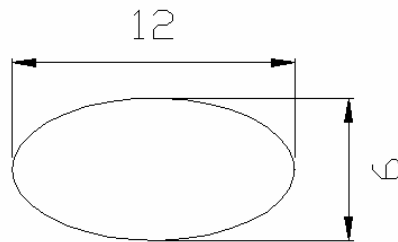
Specify radius of circle or [Diameter] <5.0000>: 15 (enter)

6. Perintah Elipse (el)

Perintah untuk menggambar sebuah ellips



Contoh:



```
Command: _ellipse  
Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]:  
Specify other endpoint of axis: 12  
Specify distance to other axis or [Rotation]: 3
```

7. Perintah Revcloud

Perintah untuk membuat gambar berbentuk seperti awan



Contoh:



Revcloud dengan busur 0.5



Revcloud dengan busur 1

Klik toolbar Revcloud

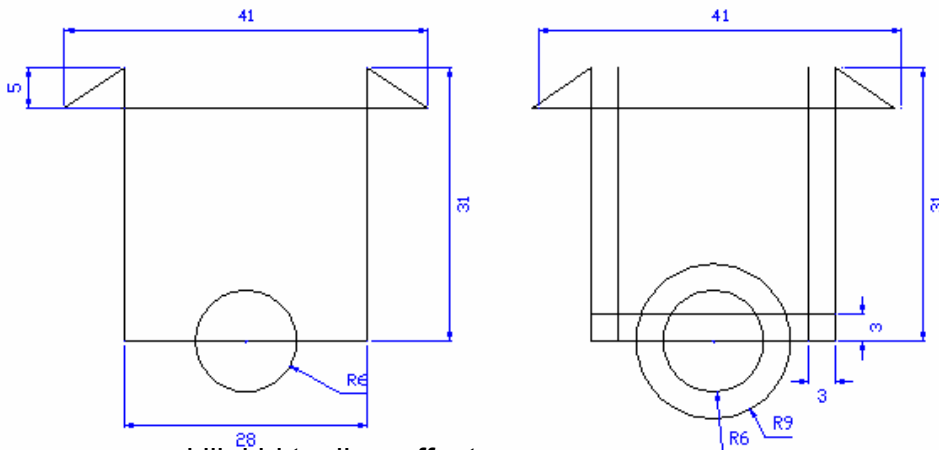
```
Command: _revcloud
Minimum arc length: 0.5000 Maximum arc length: 1.0000
Specify start point or [Arc length/Object] <Object>: a
Specify minimum length of arc <0.5000>:
Specify maximum length of arc <1.0000>: 0.5
Specify start point or [Object] <Object>:
Guide crosshairs along cloud path...
Revision cloud finished.
```

8. Perintah Offset (O)

Perintah untuk membuat atau menggandakan suatu garis, lingkaran, busur dan polyline secara paralel dengan jarak yang telah ditentukan

Toolbar : 

Contoh: buat gambar seperti gambar dibawah (gb1)



- klik kiri toolbar offset
- Specify offset distance or [Through] <3.0000>: ketik 3
(jarak)

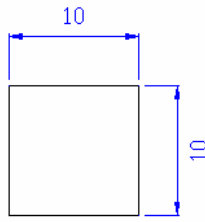
Select object to offset or <exit>:
pilih obyek yang akan di offset (klik kiri)


Specify point on side to offset:

klik kiri bagian dalam / luar atau kiri/ kanan obyek tersebut

9. Perintah Array (ar)

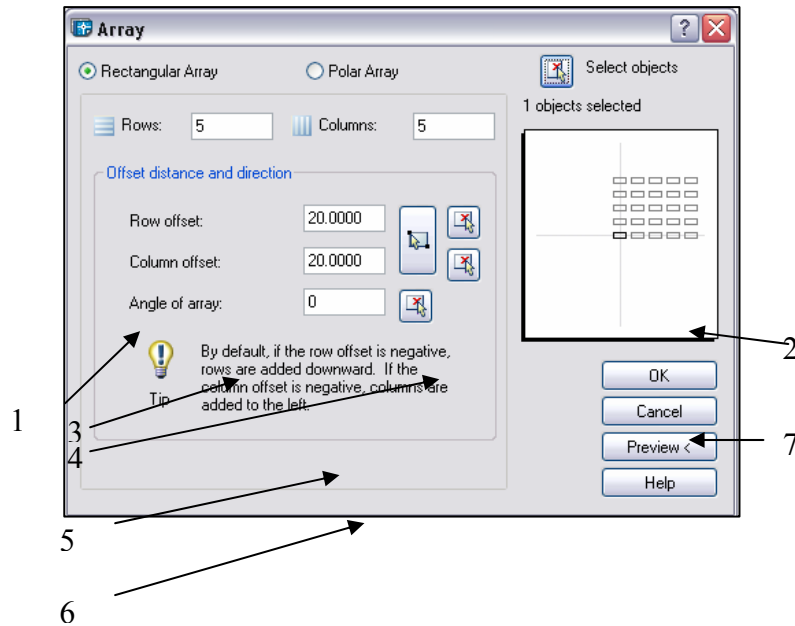
Perintah untuk membuat beberapa salinan obyek gambar yang dipilih dalam susunan polar atau rectangle



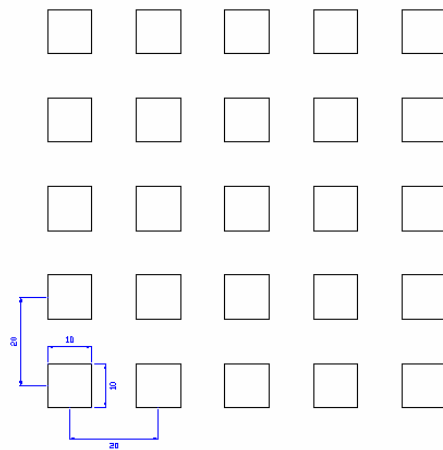
Toolbar : 

Contoh : buat gambar seperti di samping

- klik kiri toolbar array, maka akan tampil dialog box



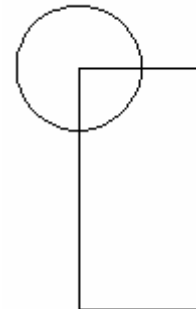
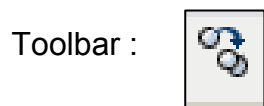
1. pilih model rectangular
2. klik kiri button select obyek, kemudian pilih obyek nya, klik kanan
3. ketik jumlah baris , misal: 5
4. ketik jumlah kolom, misal 5
5. ketik jarak baris, misal 20
6. ketik jarak kkolom , misal 20
7. klik preview untuk melihat hasil sementara, pilih accept bila sesuai



sekarang coba buat gambar lingkaran kemudian di array dengan menggunakan model polar

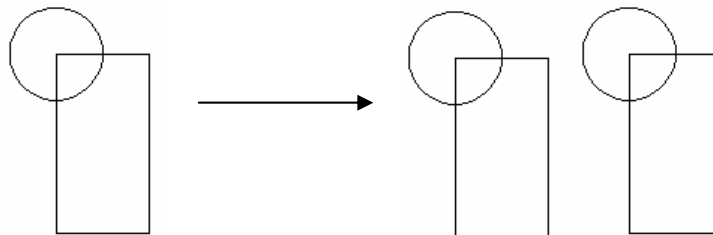
10. Perintah Copy (co)

Perintah untuk memperbanyak suatu obyek



Contoh : buat gambar seperti di samping

- klik toolbar copy
- blok obyek tersebut, klik kanan
- tentukan base point (titik acuan untuk memindah)
- tentukan letak obyek hasil copy



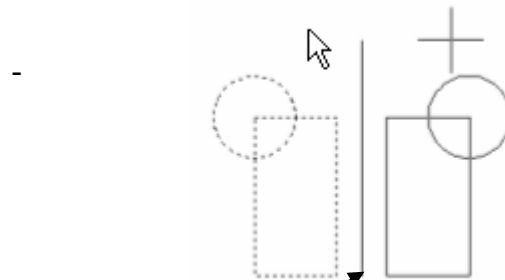
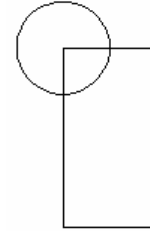
11. Perintah Mirror (mi)



Perintah untuk mencerminkan suatu obyek

Contoh : pada gambar yang sama di atas

- klik toolbar mirror
- blok obyek tersebut, klik kanan
- Specify first point of mirror line:
- tentukan garis cermin nya sumbu x / y



Garis cermin sumbu x

Delete source objects? [Yes/No] <N>:

Pada perintah ini bila

- di ketik N maka hasilnya obyek asli dan obyek hasil mirror
- di ketik Y maka hasilnya hanya obyek hasil mirror

12. Perintah Move (m)



Perintah untuk memindah suatu obyek

Contoh : Pada gambar yang sama diatas akan di pindah ke arah sumbu X sepanjang 30

- klik kiri toolbar move
- Select objects: pilih / blok obyek yang akan di pindah klik kiri, klik kanan untuk mengakhiri pilihan

- Specify base point or displacement: tentukan titik acuan untuk memindah obyek , umum yang dipakai pojok sebelah kiri bawah obyek

Specify second point of displacement or <use first point as displacement>:

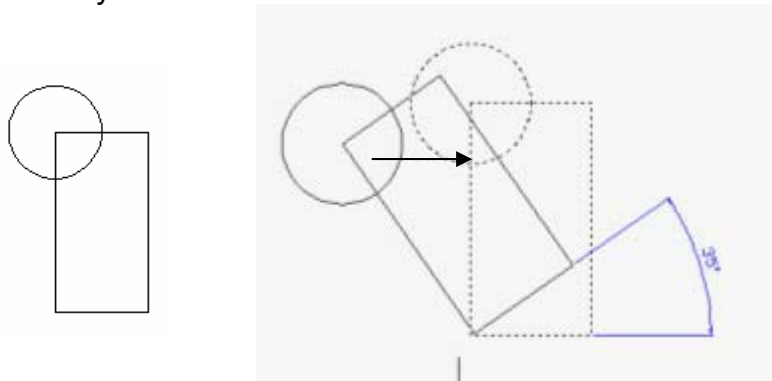
30,0 (enter)

13. Perintah Rotate (ro)



Perintah untuk memutar suatu obyek dengan sudut tertentu

Contoh: pada gambar di atas akan kita putar sebesar 35° dari asalnya



- klik toolbar rotate
- Select objects: pilih / blok obyek yang akan di putar, klik kiri, klik kanan
- Specify base point: Tentukan titik acuan untuk memutar obyek
- Specify rotation angle or [Reference]: ketik 35

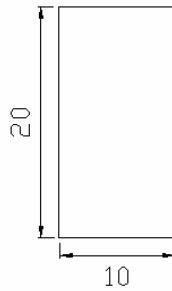
Dalam AutoCAD apabila kita memutar se arah dengan arah jarum jam maka nilainya negatif, dan apabila berlawanan dengan arah jarum jam nilainya positif

14. Perintah Scala (sc)



Perintah untuk memperbesar / mengecilkan suatu obyek beserta nilai dimensinya

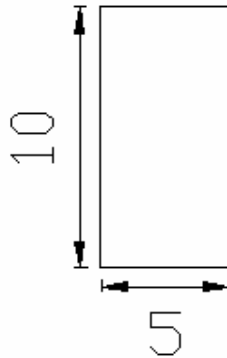
Contoh : gambarlah seperti dibawah ini



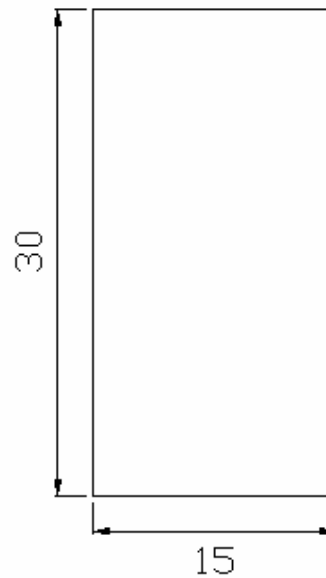
- klik toolbar scala
- Select objects: pilih obyek , klik kiri, klik kanan
- Specify base point: tentukan titik acuan
- Specify scale factor or [Reference]: 1.5 (enter)

Maka obyek akan membesar sebesar 1.5 x dari semula

- **jika ingin mengecil $\frac{1}{2}$ dari awal maka factor yang dipakai adalah : 0,5.**



Hasil Scala 0.5



Hasil Scala 1.5

15. Perintah Trim (tr)



Perintah untuk memotong sebuah , lingkaran, busur dimana dibatasi oleh suatu obyek, baik berupa garis, lingkaran atau busur.

Contoh : gambarlah seperti gb dibawah

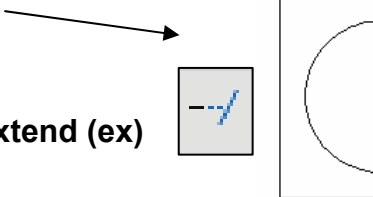
```
Current settings: Projection=UCS, Edge=None
Select cutting edges ...
Select objects:

- pilih obyek / block obyek. Klik
  kanan

Select object to trim or shift-select to extend or [Project/Edge/Undo]:

- klik kiri garis yang akan di
  potong
```

Hasil akhir

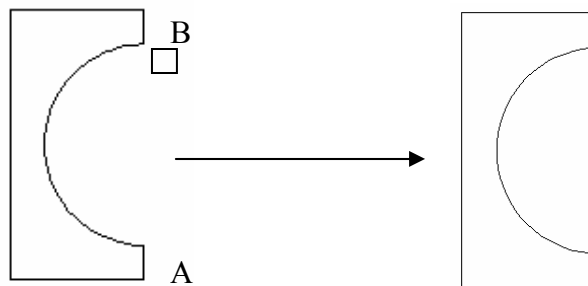


16. Perintah Extend (ex)



Perintah untuk memperpanjang suatu garis, busur sampai batas perpanjangan yang telah di pilih

Contoh : pada gambar diatas , untuk menyambung kembali garis yang terpotong





- klik kiri toolbar extend

```
Current settings: Projection=UCS, Edge=None
Select boundary edges ...
```

- Select objects:

- pilih obyek tujuan perpanjangan (*klik kiri bagian A*), klik kanan

-

```
Select object to extend or shift-select to trim or [Project/Edge/Undo]:
```

klik kiri bagian B

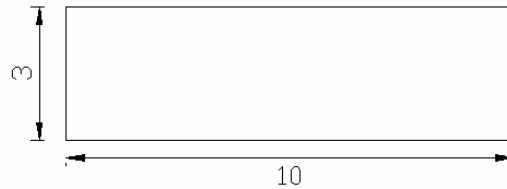
17. Perintah Chamfer (cha)



Perintah untuk memotong siku antara dua garis tegak lurus

Contoh :

Buat gambar dibawah ini sesuai ukuran



- klik kiri toolbar chamfer

```
Command: cha
CHAMFER
(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 0.0000, Dist2 = 0.0000
```

```
Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]:
```

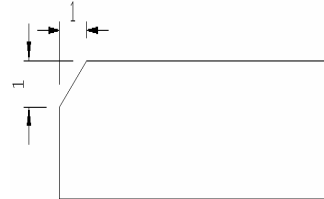
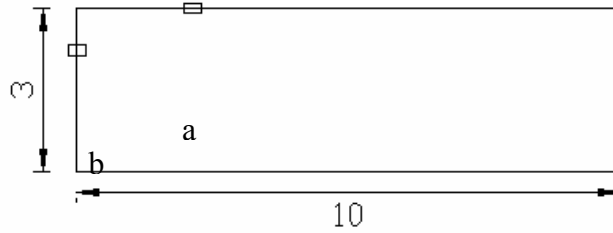
Ketik D (enter)

```
Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]: d
Specify first chamfer distance <0.0000>: 1
Specify second chamfer distance <1.0000>: 1
```

```
Select first line or [Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/mUltiple]:
```

- ***Ketik 1 (enter) panjang potong ke 1***
- ***Ketik 1 (enter).....panjang potong ke 2***
- ***Pilih bagian a (klik kiri)***

- **Pilih bagian b (klik kiri)**



18. Perintah Fillet (f)

Perintah untuk merubah sudut siku perpotongan garis lurus menjadi radius tertentu

Contoh: gambar lagi seperti di atas



- **klik kiri toolbar fillet**

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 0.0000

Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]:

- **ketik R (enter)**

Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]: r

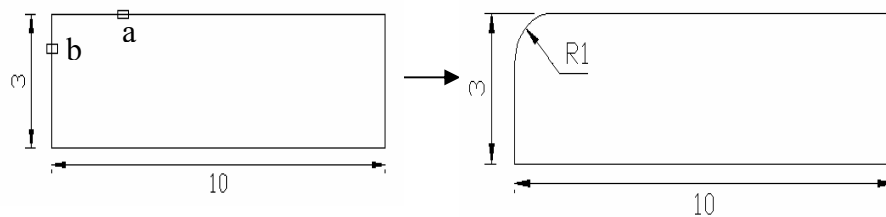
Specify fillet radius <0.0000>:

- **ketik / masukkan radius yang di inginkan, (ketik 1)**

Select first object or [Polyline/Radius/Trim/mUltiple]:

- **klik kiri bagian a**

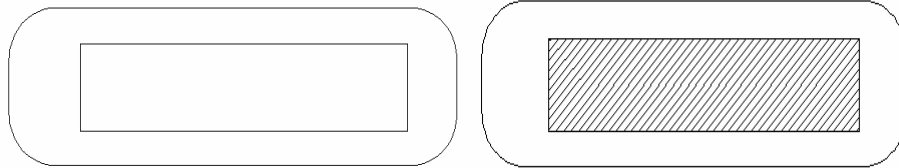
- **klik kiri bagian b**



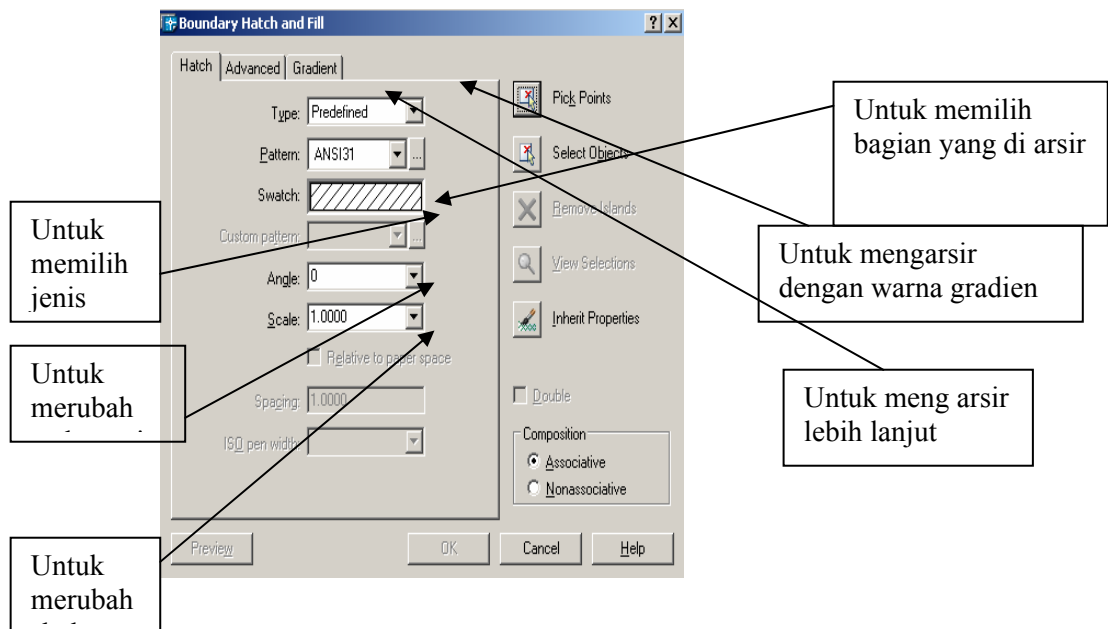
19. Perintah Hatch (h)



Perintah untuk mengarsir suatu bagian atau seluruh dari obyek
Contoh : pada gambar di bawah, kita akan mengarsir bagian dalam (persegi)



- klik toolbar hatch, maka akan tampil dialok box sbb:



- klik kiri bagian **swatch** untuk memilih jenis arsiran
- klik kiri bagian **pick points** untuk memilih bagian obyek yang akan di arsir(letakkan kursor di bagian dalam persegi),
- **enter**
- klik **OK** (kalau belum yakin bisa, di klik preview)
-

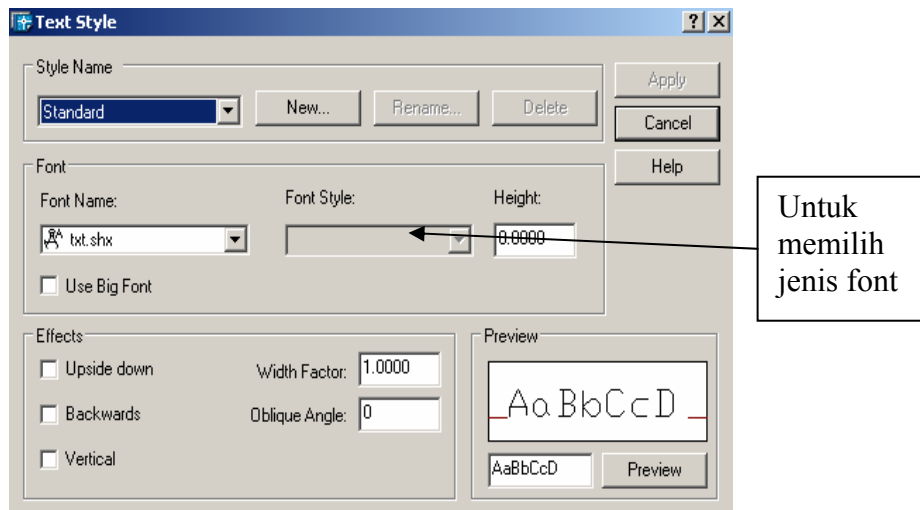
20. Perintah Text (t) A

Perintah untuk membuat text pada AutoCAD

Untuk mendapatkan jenis tulisan yang bermacam-macam , sebelum menggunakan perintah text , lebih baik mengatur dahulu jenis font yang akan digunakan

Caranya :

- klik format
- klik text style, maka akan keluar dialog box



- klik font name, pilih jenis font
- klik apply
- klik close

Cara menggunakan text

- klik kiri toolbar text

Command: `_mtext` Current text style: "Standard" Text height: 0.2000

Specify first corner:

- tentukan titik awal untuk mengetik, blok daerah untuk mengetik

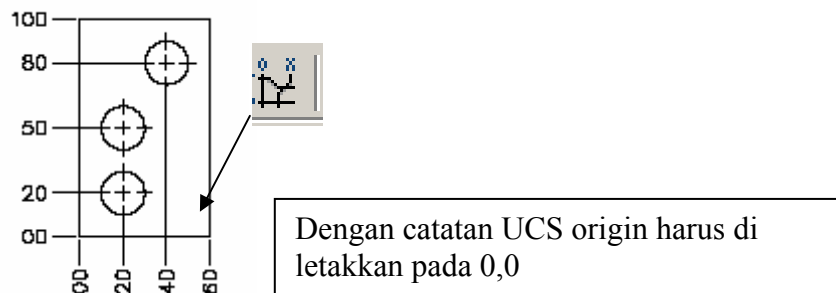
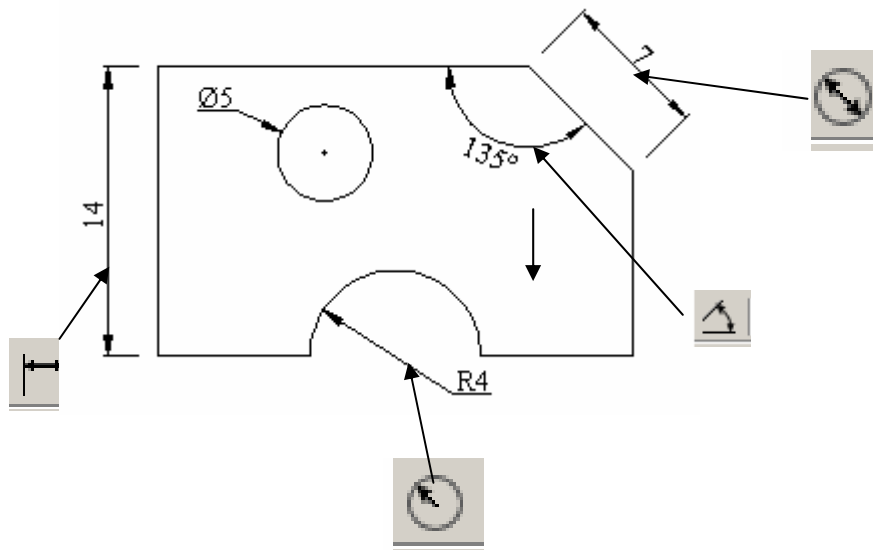


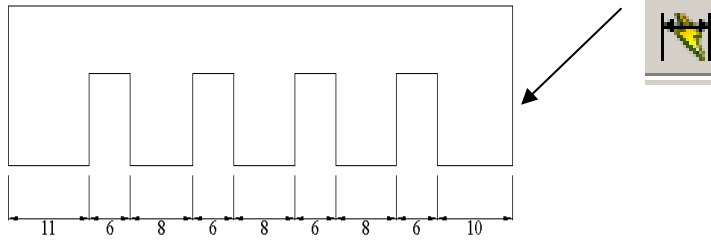
- tulislah text
- klik **ok**

21. Perintah Dimensi

Perintah untuk membuat dimensi / ukuran dari obyek yang telah di gambar

Ada beberapa jenis untuk dimensi yang sesuai dengan kegunaan

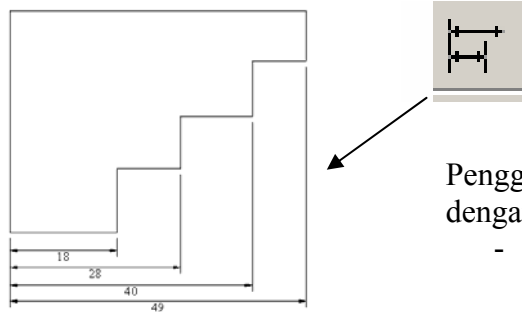




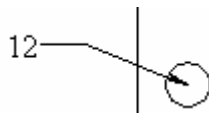
Penggunaan **quick dimension** dengan
 Cara: klik toolbar kemudian blok semua
 obyek yang akan di beri dimensi



Penggunaan continue dimation dengan
 cara: - buat dimensi untuk acuan
 - klik toolbar continue dimation
 - klik titik/ tempat yg akan di ukur



Penggunaan Base dimation
 dengan cara :
 - klik dimension linier dahulu
 sebagai base dimension nya



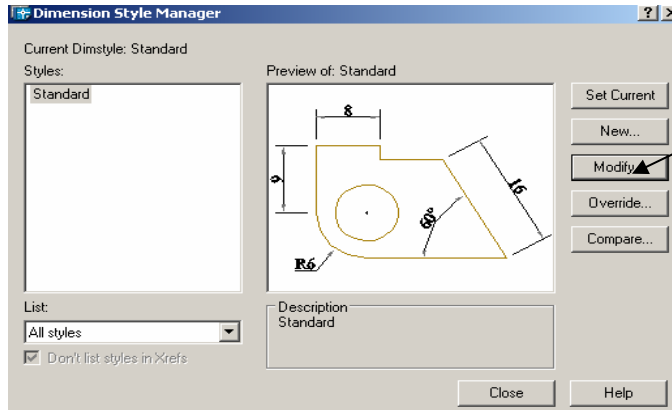
Quik leader

```

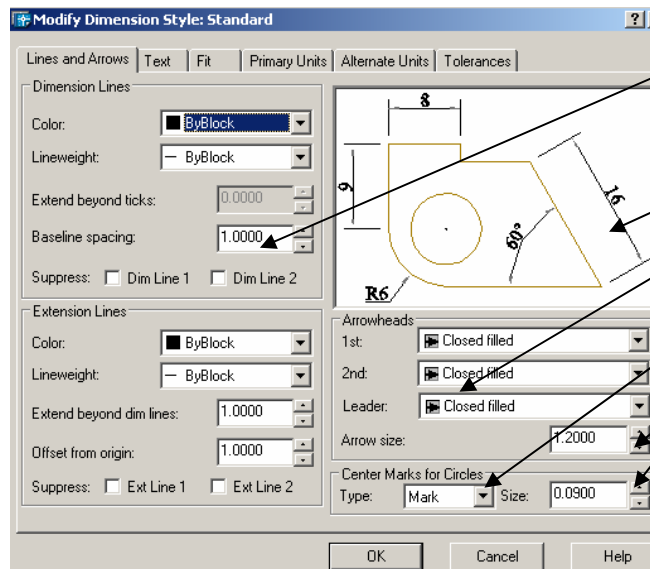
Command: _qlleader
Specify first leader point, or [Settings] <Settings>:
Specify next point: <Ortho off>
Specify next point: <Ortho on>
Specify text width <0.0000>:
Enter first line of annotation text <Mtext>: 12
Enter next line of annotation text:
Command:
  
```



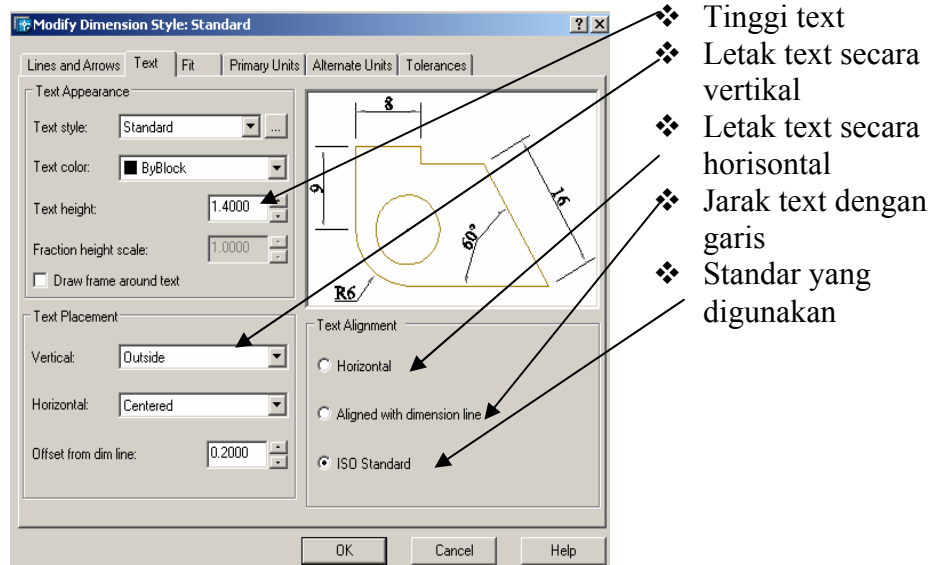
Untuk mengeluarkan dimension style, untuk menggunakan klik **Modify**



Klik **Modify** untuk memodify dimension

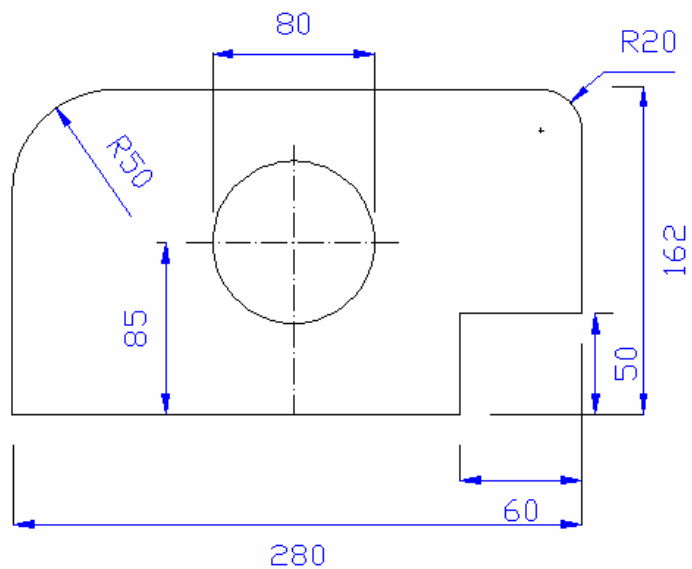


- ❖ Untuk jarak spasi pada base dimension
- ❖ Panjang garis setelah grs dimensi, diatas text
- ❖ Jarak dari obyek ke garis dimensi
- ❖ Ukuran dari panah

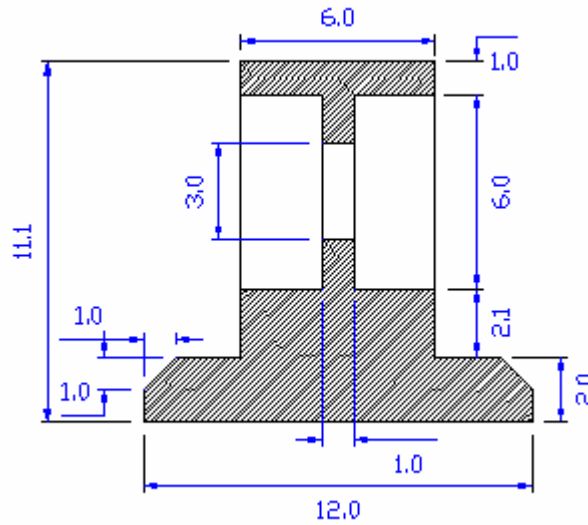


LATIHAN

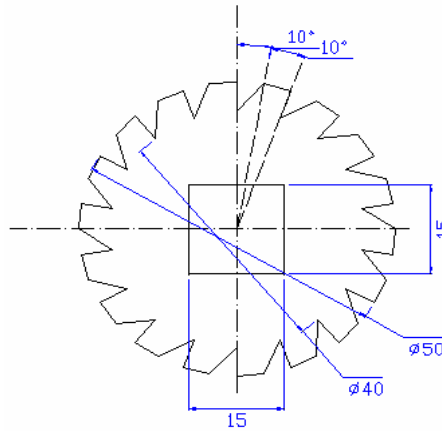
1. Buat Gambar dibawah, simpan dengan nama lat-1



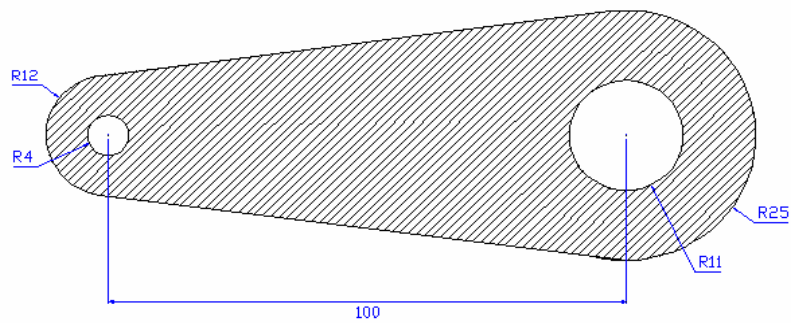
2. Buat Gambar dibawah, simpan dengan nama lat-2

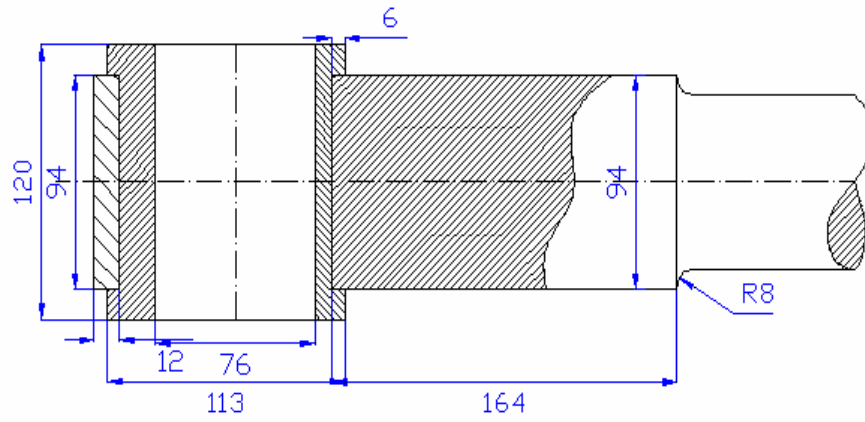


3. Buat Gambar dibawah, simpan dengan nama lat-3

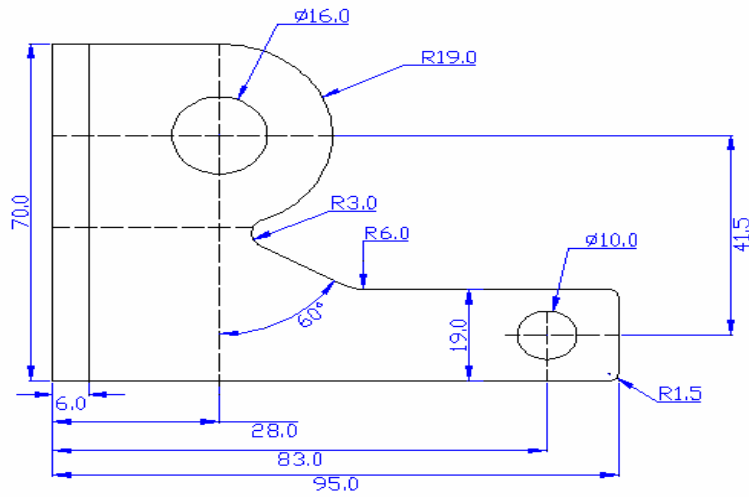


4. Buat Gambar dibawah, simpan dengan nama lat-3





5. Buat Gambar dibawah, simpan dengan nama lat-4



B. MENJALANKAN AUTOCAD 3D

1. Sistem Koordinat 3D

AutoCAD memberikan tiga kemungkinan untuk menentukan system koordinat sebuah titik dalam ruang yaitu dengan memperhatikan terhadap sumbu – sumbu X, Y, Z dan sudut yang terjadi. Ketiga koordinat tersebut adalah Cartesian, Cylendrcal dan Spherical

- **KOORDINAT CARTESIAN**

Koordinat Cartesian dengan cara menentukan koordinat sumbu – sumbu X, Y, dan Z Yaitu X, Y, Z.

Misalkan pada titik A yaitu (0, 42, 0.39, 0,82) dan titik B yaitu (0.5, 0.9, 0.0).

- **KOORDINAT CYLENDRICAL**

Koordinat Cylendrical dengan cara menggabungkan antara jarak, sudut, dan koordinat sumbu Z Yaitu @jarak<sudut,Z

Misalkan pada titik A yaitu (@0.57<43,0.82) dan titik B yaitu (@1.03<60.95,0.0).

- **KOORDINAT SPHERICAL**

Koordinat Spherical dengan cara menggabungkan antara jarak dan dua sudut pada masing – masing besaran yang dipisahkan dengan tanda < Yaitu @jarak<sudut<sudut atau @jarak<sudut daftar terhadap bidang XY<sudut tegak terhadap bidang XY.

Misalkan pada titik A yaitu (@1<43<55) dan titik B yaitu (@1.03<60.95<0.0)

2. World Coordinate System (WCS) dan User Coordinate System (UCS).

WCS atau Sistem Koordinat Dunia adalah koordinat yang posisi dan orientasinya tidak dapat dipindah – pindah. Lokasinya selalu tetap, berada ditempat yang sama dan bersifat absolute. Pada materi 2D digunakan system WCS jadi materi 3D yang akan kita bahas adalah Sistem UCS.

UCS atau Sistem Koordinat Pengguna adalah system koordinat yang dapat diubah – ubah (dipindahkan dan dirotasi) sesuai dengan keinginan pengguna.

Command : ues.

Current ues name : " NO NAME "
Enter an option
{ New/Move/orthoGraphic/ Prev/Restore/Save/Del/Apply/?/World }
<World> : n.
Specify origin of new UCS or
{ ZAxis/3 point/Object/Face/View/X/Y/Z

Command : ucs
Current ucs name : *NO NAME*
Enter an option
[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply?World<World>: n
Specify Origin of New UCS or [ZAxis/3point/Object/Face/View/X/Y/Z] <0,0,0>:3
Specify new origin point <0,0,0>:
Specify point on positive portion of X-axis <21.0000,-10.0000,0.0000>:
Specify point on positive-Y portion of the UCS XY plane_<19.0000,-
10.0000,0.0000>:

Keterangan :
3 poin => mendefinisikan UCS dengan menentukan tiga titik, yaitu titik original, sembarang titik pada sumbu X positif baru dan sembarang titik pada bidang XY baru. Sumbu Z yang terjadi adalah tegak lurus terhadap bidang XY, melewati titik original baru.

Command : ucs
Current ucs name: *NO NAME*
Enter an option
[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply?World<World>: n
Specify Origin of New UCS or [ZAxis/3point/Object/Face/View/X/Y/Z]
<0,0,0>:ob
Select object to align UCS :

Keterangan :
Object => mendefinisikan UCS berdasarkan obyek yang dipilih. Bidang XY dan sumbu Z yang terjadi akan disesuaikan dengan obyek yang ditunjuk.

Command : ucs
Current ucs name: *NO NAME*
Enter an option
[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply?World<World>: n
Specify Origin of New UCS or [ZAxis/3point/Object/Face/View/X/Y/Z] <0,0,0>:f
Select face of solid object :
Enter an option [Next/Xflip/Yflip] <a:cept>:

Keterangan :

Accept => setuju dengan lokasi UCS yang sedang ditandai Autocad

Next => Menempati UCS pada permukaan alternatif, selain dari yang sudah ditandai oleh Autocad

Maka permukaan alternatif akan ditandai dengan highlight.

Xflip => Merotasi UCS 180 derajat mengelilingi sumbu X

Yflip => Merotasi UCS 180 derajat mengelilingi sumbu Y

Command : ucs

Current ucs name: *NO NAME*

Eenter an option

[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply?World<World>: n

Specify Origin of New UCS or [ZAxis/3point/Object/Face/View/X/Y/Z] <0,0,0>:v

Keterangan :

View = mengubah orientasi UCS sehingga bidang XY sejajar dengan permukaan layar (tegak lurus

Terhadap arah pandangan), tanpa memindahkan titik original.

Command : ucs

Current ucs name: *NO NAME*

Eenter an option

[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply?World<World>: n

Specify Origin of New UCS or [ZAxis/3point/Object/Face/View/X/Y/Z] <0,0,0>:x

Specify rotation angle about X axis <90>:45 (yang diputar sb. Y)

Command : ucs

Current ucs name: *WORLD *

Eenter an option

[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply?World<World>: n

Specify Origin of New UCS or [ZAxis/3point/Object/Face/View/X/Y/Z] <0,0,0>:y

Specify rotation angle about X axis <90>:45

Command : ucs

Current ucs name: *WORLD *

Eenter an option

[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply?World<World>: n

Specify Origin of New UCS or [ZAxis/3point/Object/Face/View/X/Y/Z] <0,0,0>:z

Specify rotation angle about X axis <90>:45

Keterangan :

X / Y / Z => merotasi UCS mengelilingi sumbu yang dipilih (X atau Y atau Z)

Command : ucs
Current ucs name: *NO NAME*
Enter an option
[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply?World<World>: n
Specify New Origin or [Zdept] <0,0,0>:

Keterangan :
Zdepth => memindahkan titik original dengan cara menyebutkan jarak perpidahannya sepanjang sumbu Z

Command : ucs
Current ucs name: *NO NAME*
Enter an option
[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply?World<World>: g
Enter an option [Top/Bottom/Front/Back/Left/Right]<Top>:t

Keterangan :
Ortho Graphic => merotasi UCS sehingga sejajar dengan salah satu dari enam sisi orthogonal.

Command : ucs
Current ucs name: *TOP *
Enter an option
[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply?World<World>: g
Enter an option [Top/Bottom/Front/Back/Left/Right]<Top>:b

Command : ucs
Current ucs name: *BOTTOM *
Enter an option
[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply?World<World>: g
Enter an option [Top/Bottom/Front/Back/Left/Right]<Top>:f

Command : ucs
Current ucs name: *FRONT *
Enter an option
[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply?World<World>: g
Enter an option [Top/Bottom/Front/Back/Left/Right]<Top>:ba

Command : ucs
Current ucs name: *BACK *
Enter an option
[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply?World<World>: g
Enter an option [Top/Bottom/Front/Back/Left/Right]<Top>:l

Command : ucs

Current ucs name: *LEFT *
Enter an option
[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply?World<World>: g
Enter an option [Top/Bottom/Front/Back/Left/Right]<Top>:r

Command : ucs
Current ucs name: *NO NAME *
Enter an option
[New/Move/orthoGraphic/Prev/Restore/Save/Del/Apply?World<World>: p

Keterangan

Prev => mengembalikan ke UCS yang sebelumnya
Restore => mengaktifkan UCS yang telah disimpan dalam sebuah nama
Save => menyimpan UCS aktif dalam sebuah nama
Del => menghapus nama UCS yang telah disimpan sebelumnya dengan pilihan Save dan Autocad akan menanyakan nama UCS yang akan dihapus.
Apply => menerapkan UCS aktif pada viewport tertentu.
World => mengembalikan UCS pada WCS, sistem koordinat yang menjadi basis bagi sebagian besar sistem koordinat lainnya.

3). Region.

Region adalah perintah untuk mengkonversi sekumpulan obyek 2D berbentuk loop, menjadi region. Loop dapat merupakan kombinasi dari garis dan busur atau sekumpulan kurva yang saling terhubung pada ujung-ujungnya secara urut sehingga membentuk bangun tertutup. Dapat juga berupa lingkaran, polyline, spline tertutup, dan ellipse. Meskipun berbentuk loop, namun sekumpulan kurva ini seperti rangkaian kawat yang tidak memiliki permukaan tertutup di dalamnya. Dengan Region, Auto CAD akan menciptakan permukaan tertutup di dalam loop.

4). Elevasi (Elevation)

Elevasi (ketinggian) adalah ketinggian obyek dari permukaan tanah, yaitu jarak antara permukaan tanah dan obyek.

5). Thickness (ketebalan)

Thickness (ketebalan) adalah jarak antara permukaan bawah obyek dan permukaan atas obyek.

6). Extrude (Penebalan)

Extrude (Penebalan) adalah peristiwa terjadinya penebalan pada suhu obyek dari 2D ke 3D dengan cara meninggikan atau dengan bantuan obyek.

Command : revolve

Current wire frame density : ISOLINES = 4
Select objects: 1 found
Select objects:
Specify start point for axis of revolution or define axis by [Object/X (axis)/Y (Axis)]:
Specify endpoint of axis:
Specify angle of revolution <360>:90

Command : revolve
Current wire frame density : ISOLINES = 4
Select objects: 1 found
Select objects:
Specify start point for axis of revolution
define axis by [Object/X (axis)/Y (Axis)]:o
Select an object:
Specify angle of revolution <360>:90

Command : revolve
Current wire frame density : ISOLINES = 4
Select objects: 1 found
Select objects:
Specify start point for axis of revolution or define axis by [Object/X (axis)/Y (Axis)]:x
Specify angle of revolution <360>:180

Command : revolve
Current wire frame density : ISOLINES = 4
Select objects: 1 found
Select objects:
Specify start point for axis of revolution or define axis by [Object/X (axis)/Y (Axis)]:y
Specify angle of revolution <360>:180

- **REVSURF (REVOLVED SURFACE)**

Revsurf adalah perintah untuk merevolusi kurva 2D mengelilingi sumbu tertentu, sehingga terbentuknya permukaan 3 D.

Contoh :

Command: revsurf

Current wire frame density: SURFTAB1=6 SURFTAB2=6

Select object to revolve: (pilih obyek yang akan diputar)

Select object that defines the axis of revolution: (pilih obyek sebagai sumbunya)

Specify start angle <0>:

Specify included angle (+=ccw, -=cw) <360>:

- **RULESURF (RULED SURFACE)**

Rulesurf adalah perintah untuk menghubungkan dua obyek dengan mesh berbentuk garis-garis lurus.

Contoh : rulesurf

Current wire frame density: SURFTAB1=6

Select first defining curve : (pilih object Are)

Select second defining curve: (pilih object garis)

- **TABSURF (TABULATED SURFACE)**

Tabsurf adalah perintah untuk mengekstrusi obyek 2 D dengan arah dan jarak yang ditentukan oleh vector yang ditunjuk.

Contoh:

Command: tabsurf

Select object for path curve: (pilih obyek yang akan diekstrusi/arc)

Select object for direction vector: (pilih arah vector/line)

- **EDGESURF (EDGE SURFACE)**

Command: EDGESURF

Current wire frame density: SURFTAB1=6 SURFTAB2=6

Select object 1 for surface edge :

Select object 2 for surface edge :

Select object 3 for surface edge :

Select object 4 for surface edge :

- **BOX**

Box digunakan untuk membuat balok dengan cara menentukan sudut pertama balok dan sisi-sisi balok tersebut (panjang, lebar dan tinggi).

Contoh:

Command : box (enter)

Specify corner of box or [CEnter] <0,0,0>: (diisi) (enter)

Specify corner or [Cube/Length]: 1

Specify length: (diisi) (enter)

Specify width: (diisi) (enter)

Specify height: (diisi) (enter)

Command: ai_box (enter)

Specify corner point of box: (diisi) (enter)

Specify length of box: (diisi) (enter)

Specify width of box or [Cube]: (diisi) (enter)

Specify height of box: (diisi) (enter)

Specify rotation angle of box about the Z axiz or [Reference]:(diisi) (enter)

- **CONE**

Cone digunakan untuk membuat kerucut

Contoh:

Command: cone (enter)

Current wire frame density: ISOLINES=4

Specify center point for base of cone or [Elliptical] <0,0,0>:(diisi) (enter)

Specify radius for base of cone or [Diameter]: (diisi) (enter)

Specify height of cone or [Apex]: (diisi) (enter)

Enter new value for ISOLINES <4>: 10

Command: ai_cone (enter)
Initializing... 3D Objects loaded.
Specify center point for base of cone: (diisi) (enter)
Specify radius for base of cone or [Diameter]: (diisi) (enter)
Specify radius for top of cone or [Diameter] <0>:(diisi) (enter)
Specify height of cone: (diisi) (enter)
Enter number of segments for surface of cone <16>: (enter)

- **SPHERE**

Sphere, Dish dan Dome adalah obyek 3D yang mempunyai kemiripan bentuk. Sphere akan menghasilkan bolah penuh.

Contoh :

Command: sphere (enter)
Current wire frame density: ISOLINES=4
Specify center of sphere <0,0,0>: (diisi) (enter)
Specify radius of sphere or [Diameter] (diisi) (enter)
Command: ai_sphere (enter)
Specify center point of sphere:
Specify radius of sphere or [Diameter]: (diisi) (enter)
Enter number of longitudinal segments for surface of sphere <16>: (enter)
Enter number of latitudinal segments for surface of sphere <16>: (enter)

- **DISH**

Dish menghasilkan setengah bola sebelah Bawah (terbuka ke atas).

Contoh:

Command: ai_dish (enter)
Specify center point of dish: (diisi) (enter)
Specify radius of dish or [Diameter]: (diisi) (enter)
Enter number of longitudinal segments for surface of dish <16>:(enter)
Enter number of latitudinal segments for surface of dome <8>:(enter)

- **MESH**

Mesh merupakan permukaan datar yang terdiri atas sekumpulan polygon, yang dibatasi oleh empat garis yang saling berhubungan pada ujung-ujungnya.

Contoh:

```
Command: ai_mesh (enter)
Specify first corner point of mesh: (diisi) (enter)
Specify second corner point of mesh: (diisi) (enter)
Specify third corner point of mesh: (diisi) (enter)
Specify fourth corner point of mesh: (diisi) (enter)
Enter mesh size in the M direction: 5 (enter)
Enter mesh size in the N direction: 3 (enter)
```

- **TORUS**

Torus adalah kumpulan mesh polygon berbentuk donat 3 D. Di sini Anda harus menentukan titik pusat Torus, diameter Torus, diameter pipa Torus serta jumlah Segmen di permukaan torus.

```
Command: torus
Current wire frame density: 'SOLINES=4
Specify center of torus <0,0,0>:
Specify radius of torus or [Diameter]: 10
Specify radius of tube or [Diameter]: 20
Command :ai_torus (enter)
Center of torus : (diisi) (enter)
Diameter/<radius>of torus : 1 (enter)
Diameter/<radius>of tube : 0,2 (enter)
Segment around tube circumference <16> : (enter)
Segment around torus circumference <16> : (enter)
```

- **WEDGE**

Wedge adalah mesh polygon yang berbentuk baji (balok dibelah dua pada sisi diagonal). Prompt yang diberikan sama dengan pilihan Box, dimana Anda harus menentukan Ujung pertama Wedge, lalu panjang, lebar dan tinggi Wedge tersebut.

Contoh:

```
Command: ai_wedge (enter)
Initalizing... 3D Objects loaded
Specify corner point of wedge: (diisi) (enter)
Specify length of wedge: (diisi) (enter)
Specify width of wedge: (diisi)(enter)
Specify height of wedge: (diisi) (enter)
Specify rotation angle of wedge about the Z axis: (diisi) (enter)
Command: wedge (enter)
Specify first corner of wedge or [CEnter] <0,0,0>: (diisi) (enter)
Specify corner or [Cube/Length] : L
Specify length: (diisi) (enter)
Specify width: (diisi) (enter)
Specify height: (diisi) (enter)
```

- **PYRAMID**

Pyramid digunakan untuk membuat piramida dengan beberapa pilihan bentuk atau model. Anda dapat membuat piramida dengan 4 sisi dan 3 sisi.

Piramida 4 sisi.

Jika tadi Anda memasukkan titik 4 (fourth corner point), maka prompt berikutnya yang akan muncul adalah untuk menentukan model piramida.

Ridge – Pilihlah ini jika Anda ingin menentukan dua titik pada puncak piramida.

Prompt berikutnya yang akan ditanyakan kepada Anda adalah:

Setelah itu, AutoCAD akan menghubungkan empat titik pada dasar piramida dengan dua titik pada puncak piramida.

Top – Pilihlah ini jika Anda ingin menentukan empat titik pada puncak piramida. Anda harus menentukan keempat titik tersebut pada pertanyaan yang muncul berikutnya, Yaitu:

Specify second corner point for base or pyramid:

Specify third corner point for base of pyramid:

Specify fourth corner point for base of pyramid or [Tetrahedron]:

Specify apex point of pyramid or [Ridge/Top]:

Command: ai_pyramid

Specify first corner point for base of pyramid:

Specify second corner point for base of pyramid:

Specify third corner point for base of pyramid:

Specify fourth corner point for base of pyramid or [Tetrahedron]:

Specify apex point of pyramid or [Ridge/Top]: r

Specify first ridge end point of pyramid:

Specify second ridge end point pyramid:

Specify first corner point for base of pyramid:

Specify second corner point for base of pyramid:

Specify third corner point for base of pyramid:

Specify fourth corner point for base of pyramid or [Tetrahedron]:

Specify apex point of pyramid or [Ridge/Top]: t

Specify first corner point for top of pyramid:

Specify second corner point for top of pyramid:

Specify third corner point for top of pyramid:

Specify fourth corner point for top of pyramid:

Piramida 3 sisi

Jika pada pertanyaan, Specify Fourth corner point for base of pyramid or (Tetrahe dron)

Tadi, Anda memilih Tetrahedron, maka piramida akan memiliki 3 sisi. Pilihlah Top jika Anda ingin menentukan tiga titik pada puncak piramida. AutoCAD akan menanyakan tiga titik yang dimaksud yaitu:

Command: ai_pyramid

Specify first corner point for base of pyramid:

Specify second corner point for base of pyramid:

Specify third corner point for base of pyramid:

Specify fourth corner point for base of pyramid or [Tetrahedron]: t

Specify apex point of tetrahedron or [Top]:

- **SOLID KOMPOSIT**

Solid komposit adalah solid 3D yang berasal dari dua atau lebih solid 3D yang dikombinasikan menjadi satu melalui suatu operasi Boolean. Ada tiga perintah yang tergabung dalam operasi Boolean, yaitu Subtract (pengurangan), Union (penggabungan) dan Intersect (Irisan).

- **SUBTRACT**

SUBTRACT adalah perintah untuk menciptakan solid 3D komposit atau region komposit dengan cara mengurangkan satu atau beberapa obyek dengan beberapa obyek lainnya.

Command: _subtract

Select solids and regions to subtract from ..

Select objects: 1 found

Select objects:

Select solid and regions to subtract ..

Select objects: 1 found

Select objects:

- **UNION**

UNION adalah perintah untuk menciptakan solid 3D komposit dengan cara menggabungkan beberapa obyek menjadi satu.

Command: `_union`

Select objects: 1 found (pilih obyek A)

Select objects: 1 found, 2 total (pilih obyek B)

Select objects: (enter)

- **INTERSECT**

INTERSECT adalah perintah untuk menciptakan solid 3D komposit atau region komposit dengan cara mempertahankan volume obyek-obyek yang saling beririsan, dan membuang volume selebihnya yang tidak saling beririsan.

Command: `_intersect`

Select objects: 1 found (pilih obyek A)

Select objects: 1 found, 2 total (pilih obyek B)

Select objects: (enter)

- **SOLIDEDIT**

SOLIDEDIT adalah perintah untuk mengedit komponen-komponen solid 3D dengan cara mengekstrusi, memindahkan, meng-offset, men-teper, mengkopi dan mewarnai permukaan, tepi-tepi maupun body solid 3D.

Extrude Faces

Pilihan ini akan mengekstrusi satu permukaan solid 3D pada ketinggian tertentu atau mengekstrusi satu permukaan solid 3D menggunakan path.

Select Faces or (Undo/Remove) Pada pertanyaan ini, pilihlah permukaan planar solid 3D yang akan diekstrusi. Anda dapat memilihnya dengan cara

mengklik pada tepi permukaan, dapat pula di dalam areal permukaan. Permukaan yang Anda pilih disebut juga dengan Profil.

Select faces er (Undo/Remove/ALL) Pertanyaan ini meminta Anda untuk memilih permukaan berikutnya yang diekstrusi, dengan catatan harus merupakan obyek yang sama dengan permukaan yang Anda pilih pertama kali.

Moves Faces

Pilihan yang digunakan untuk memindahkan permukaan solid 3D dengan jarak tertentu. Anda dapat memudahkan beberapa sekaligus dengan jarak perpindahan yang sama.

Pilihan ini untuk meng-offset permukaan solid 3D dengan jarak ... memperbesar ukuran permukaan solid 3D, nilai negative akan memperkecil ukuran permukaan solid 3D.

Delete Face

Pilihan ini digunakan untuk menghapus permukaan tertentu pada solid 3D.

Rotate Face

Pilihan ini untuk merotasi satu atau beberapa permukaan solid 3D, mengelilingi sumbu tertentu.

Object- Mendefinisikan garis sumbu berdasarkan obyek yang dipilih. View- Garis sumbu adalah sejajar denaan arah penglihatan mata (tegak lurus terhadap permukaan layar), melalui titik tertentu. Anda akan ditanya lokasi titik yang akan dilalui oleh garis sumbu.

X Axis/Y Axis/Z Axis- Garis sumbu adalah sejajar dengan sumbu X atau sumbu Y atau sumbu Z. Setelah menentukan sumbu X/Y/Z, prompt yang akan muncul berikutnya adalah posisi sumbu tersebut.

Taper Faces

Pilihan ini untuk men-taper permukaan dengan susut tertentu. Arah tapering ditentukan oleh dua titik yang Anda tentukan, yaitu titik pertama sebagai base point dan titik kedua sebagai another point.

Color Faces

Pilihan ini diambil jika Anda ingin mengubah warna permukaan tertentu dari Solid 3D.

Copy Faces

Pilihan ini untuk mengkopi permukaan tertentu pada solid 3D. Jika permukaan yang Anda pilih merupakan permukaan planar, maka hasil penyalinan berupa obyek region, jika berupa kurva dalam ruang 3D, maka hasil penyalinan berupa obyek dan region.

Copy Edge

Pilihan ini berfungsi untuk mengkop, tepi-tepi solid 3D. Obyek hasil penyalinan berupa line, are, circle, ellipse, atau spline.

Color Edges

Pilihan ini untuk mengubah warna tepi solid 3D.

Imprint

Pilihan ini digunakan untuk mencetak / menggambar profil pada permukaan solid 3D. Profil yang akan di-imprint haruslah berpotongan atau terletak tepat pada permukaan solid 3D yang dipilih.

Clean

Pilihan ini merupakan kebalikan dari pilihan imprint, yaitu untuk menghapus semua profil tercetak pada permukaan solid 3D.

Pilihan ini untuk memisahkan atau memecah kumpulan solid 3D yang telah dijadikan satu obyek menjadi beberapa solid 3D yang terpisah-pisah (independent), dengan catatan, volume kumpulan solid 3D tersebut tidak saling beririsan alias pertumpang tindih.

Shell

Pilihan ini digunakan untuk membuat dinding sejajar dari permukaan-permukaan solid 3D dengan ketebalan tertentu. Anda dapat membuat

dinding untuk semua permukaan suatu solid 3D, dapat pula menyeleksi permukaan-permukaan tertentu yang tidak dibuatkan dinding.

Check

Pilihan ini digunakan untuk memeriksa validitas suatu obyek solid 3D, apakah merupakan solid ACIS yang abash atau tidak.

- **SLICE**

SLICE adalah perintah untuk mengiris/memotong solid 3D pada bidang tertentu. Fungsinya mirip dengan perintah TRIM yang barang kali telah Anda kenal pada pengeditan 2D. Anda akan ditanya bidang yang akan dijadikan sebagai pemotong solid tersebut. Specify first point on slicing plane by (Obyect/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3 points) 3 points.

Tentukan metode bidang potong yang diinginkan. Berikut ini keterangan masing-masing pilihan.

3 Point- Metode ini dilakukan dengan cara menentukan tiga titik sembarang yang terletak pada bidang potong.

Object- Pilihan ini digunakan jika Anda ingin menggunakan suatu obyek sebagai bidang potong. Obyek yang dapat dijadikan bidang potong adalah lingkaran, elps, busur, spline 2D dan polyline 2D.

Zaxis- Pilihan ini digunakan jika bidang potong ditentukan dengan cara menentukan dua titik yang arahnya tegak lurus terhadap bidang potong yang diinginkan. Titik pertama menentukan lokasi bidang potong. Titik kedua menentukan orientasi bidang potong, dimana bidang potong akan tegak lurus terhadap dua titik yang telah Anda tentukan.

View- Pilihan ini akan menciptakan bidang potong yang orientasinya sejajar dengan permukaan layar sekarang.

XY/YZ/ZX – Pilihan ini digunakan jika orientasi bidang potong sejajar dengan bidang XY, YZ, atau ZX dari UCS aktif.

Specify appoint on desired of the plane or [keep Both sides]

Pertanyaan ini untuk menentukan sisi mana yang harus dipertahankan setelah terjadi pemotongan. Kliklah sembarang titik pada sisi yang ingin dipertahankan. Bagian solid 3D yang ada di sisi satu lagi akan dihapus. Jika ingin mempertahankan kedua sisinya, maka ketiklah B (keep Both sides). Autocad akan mengiris obyek menjadi dua bagian, tanpa menghapus satupun dari keduanya.

- **SECTION**

SECTION adalah perintah untuk menciptakan penampang (cross section) dari benda solid 3D dengan menentukan lokasi dan orientasi bidang section dengan beberapa cara.

Bidang section yang beririsan dengan volume solid 3D itulah yang akan menentukan bentuk cross section yang akan terjadi. Perintah ini akan menghasilkan obyek baru berupa region dan akan ditempatkan dilapisan aktif.

- **INTERFERE**

INTERFERE adalah perintah untuk menciptakan solid komposit pada perpotongan dari beberapa solid 3D, perintah ini mirip dengan perintah INTERSECT tetapi bedanya adalah kalau INTERSECT solid 3D aslinya akan dihapus sedangkan INTERFERE solid 3D aslinya akan tetap dipertahankan berhimpit dengan komposit yang baru tercipta.

Keterangan:

Select the first set of solids => pilihlah beberapa obyek solid yang akan dicari perpotongannya.

Select the first second of solids => pilihlah obyek-obyek solid yang lain.
Create interference solids? <N> => apakah ingin membuat solid komposit yang merupakan hasil irisan dari sekumpulan solid 3D.

Highlight pairs of interfering solids? <N> => apakah pasangan solid 3D yang bertumpang tindih akan diperlihatkan dengan tanda highlight atau tidak.

Enter an option [Next pair/exit] <Next> => pertanyaan ini akan muncul jika memilih lebih dari satu set solid 3D dan mengaktifkan highlight pada pertanyaan sebelumnya.

Fillet pada solid 3D berfungsi untuk membulatkan tepi yang telah ditunjuk/ditentukan.

- **CHAMFER**

Chamfer pada solid 3D berfungsi untuk membentuk kemiringan tertentu pada tepi-tepi yang ditunjuk / ditentukan..

Keterangan:

Select first line – Pada pertanyaan ini, kliklah salah satu tepi solid 3D. Tepi yang pilih bukan menentukan tepi yang akan di-chamfer, tetapi permukaan yang akan dijadikan basis chamfer. Yang dimaksud dengan permukaan basis adalah permukaan solid yang tepi-tepinya akan di-chamfer.

AutoCAD akan memberikan tanda highlight pada permukaan pertama yang berbatasan dengan tepi yang dipilih. Setuju atau tidaknya dengan permukaan yang sedang di-highlight, harus di jawab pada pertanyaan berikutnya.

Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>- Apakah setuju bahwa permukaan yang sedang di-highlight merupakan basis chamfer. Jika ya, tekanlah ENTER untuk menuju pertanyaan berikutnya. Jika tidak, pilihlah Next. Maka highlight akan berpindah ke permukaan berikutnya yang berbatasan dengan tepi yang dipilih, dan pertanyaan ini akan diulang lagi.

Specify base surface chamfer distance- Masukkanlah jarak chamfer yang terjadi di sepanjang permukaan basis.

Pertanyaan berikut ini.

Select an edge or [Loop]- Kliklah tepi solid 3D yang akan di-chamfer atau pilih Loop. Tepi yang Nada tunjuk haruslah tepi yang berada di sekeliling permukaan basis. Jika memilih tepi yang tidak bersinggungan dengan permukaan basis, AutoCAD akan memberikan pesan kesalahan “*Edge must belong to base face*”.

Pilihlah Loop pada pertanyaan ini digunakan untuk memilih tepi-tepi yang berurutan dan saling bersinggungan pada permukaan basis dalam satu kali tunjuk. AutoCAD akan mengajukan pertanyaan “*Select an edge loop or [Edge]*.” Pertanyaan ini akan terus diulang sampai Anda menekan ENTER.

- **ROTATE 3D**

Perintah ROTATE 3D digunakan untuk memutar objek terhadap berbagai sumbu 3D.

Command	:	ROTATE3D (enter)
Select object	:	(pilih objek)
Axis by Entity/Last/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis/<2 point>	:	(pilih sesuai dengan kebutuhan)
<Rotate angle> / Reference	:	(sesuai kebutuhan)

- **MIRROR 3D**

Perintah MIRROR3D digunakan untuk mencerminkan objek terhadap berbagai bidang tertentu dalam ruang 3D tanpa harus merubah system koordinat (UCS).

Command : MIRROR3D (enter)
Select object : (pilih objek)
Plan by Entity/Last/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/ <3 point>:(pilih sesuai dengan kebutuhan)
Delete old object <N> : (enter)

- **ARRAY 3D**

3 Darray merupakan aplikasi Autolisp untuk membagi segi empat (rectangular) 3D atau putaran 3D. Jika anda menggunakan perintah 3Darray anda harus menentukan baris (row), kolom (column) dan level dari 3 Darray untuk 3D persegi panjang dan sumbu untuk membentuk polar.

Contoh:

Command : 3DARRAY
Select object : (pilih objek)
Rectangular or Polar array (R/P) : R (enter)
Number of rows (---) <1> : 2 (enter)
Number of column (|||) <1> : 4 (enter)
Number of levels (...) <1> : 2 (enter)
Distance between row (---) : 2 (enter)
Distance between columns (|||) : 3 (enter)
Distance between levels (...) : 2 (enter)

- **ALIGN**

Perintah untuk memindah object dalam ruang tiga dimensi (3D). perpindahannya didefinisikan oleh tiga sumber dan tiga titik tujuan.

Command	: ALIGN (enter)
Select object	: (pilih objek)
Specify first source point	: s1
Specify first destination point	: d1
Specify second source point	: s2
Specify second destination point	: d2
Specify third source point	: s3
Specify third destination point	: d3

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, *Rules for the Classification and Construction of Seagoing Steel Ship*. Biro Klasifikasi Indonesia, Jakarta : PT. Bina Cakrawala Utama, 2004.
- Dopatka, Perepczko, *Das Buch vom Schiff*, Stuttgart : Motorbuch Verlag.
- Pusseck, H.J. *Merchant Ship Construction*, Sixth Edition, Glasgow : Brown, son and Ferguson, Ltd, Nautical Publisher, 1975.
- Taggart, Robert. *Ship Design and Construction*. The Society of Naval Architect and Marine Engineers, 1980.
- Taylor, DA. *Merchant Ship Construction*. London, Boston : Butterworths, 1985.
- Soegiono dkk. *Kamus Istilah Teknik Kapal*. Surabaya : Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi 10 November Surabaya, 1984.
- Harsono Wiryo Sumarto, To shie Okumura. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta : Pradnya Paramita, 1991.
- Ir. Muhammad Bakri, *Teknologi Bangunan Kapal*.
Buku “*Sistem Instalasi Pipa* “ dari PT. PAL Surabaya.
Sistem dan Perlengkapan kapal Penerbit ITS.
Groot DC.R, *Dredging pipe Lines and Pumps*.
Haynes, *Material Handling Applications*.
Douglas, *Ship Production*.
DJ.J. Eryres, *Ship Construction*” Fifth Edition, M.Sc FRINA (Formerly lecture in Naval Architecture).

Glosarium

Balas air (*water balast*) bahan pemberat (air) yang diletakkan pada tangki, untuk menjaga stabilitas trim dan sarat kapal.

Bagian depan (*fore body*) bagian badan kapal yang terletak di depan bidang penampang tengah kapal.

Bagian belakang (*after body*) bagian dari badan kapal yang terletak di belakang bidang penampang tengah kapal.

Bagian tengah (*middle body*) bagian badan kapal yang berdekatan dengan penampang tengah kapal.

Bak rantai (*chain locker*) ruang yang menyimpan rantai jangkar yang terletak di haluan kapal, di bawah mesin jangkar.

Baling – baling (*propeller*) alat yang digunakan sebagai penggerak kapal.

Bidang simetri (*centre line*) bidang yang melalui garis tegak depan dan garis tegak belakang.

Bilah hadap (*face plate*) bilah yang ditempelkan tegak lurus dan simetri pada ujung bebas penegar atau gading yang juga terbuat dari pelat bilah, sehingga penampangnya seperti huruf T yang dimaksudkan untuk menambah kekakuan dan kekuatan.

BKI (*Indonesia Classification Society*), Biro Klasifikasi Indonesia, badan pemerintah (BUMN) yang didirikan pada tahun 1964. Badan ini bertugas mengelompokkan kapal yang berbendera Indonesia menurut kelas masing–masing dan dapat memberikan sertifikat laik laut bagi kapal yang beroperasi di Indonesia maupun perwakilan dari klasifikasi negara yang bekerja sama dengannya.

Bobot mati (*deadweight*) berat dalam ton metrik dari muatan, perbekalan, bahan bakar air tawar, penumpang, dan awak kapal yang diangkut kapal sampai garis air muat musim panas.

Bolder (*mooring bitt*) tonggak yang dibuat dari baja tuang atau pelat baja yang dipasang pada geladak kapal atau dermaga dan di pergunakan untuk pengikatan tali tambat.

Buritan (*Stern*) bagian belakang kapal atau perahu.

Celaga kemudi (*rudder tiller*) lengan atau batang yang salah satu ujungnya berlubang dan di pasang pada tongkat kemudi, sedangkan ujung yang lain dihubungkan dengan alat penggerak untuk memutar kemudi.

Ceruk buritan (*after peak*) ruangan antara sekat lintang kedap air yang paling belakang dan gading linggi buritan. Biasa dipergunakan untuk tangki balas atau untuk tangki air tawar.

Ceruk haluan (*fore peak*) ruangan yang terletak antara sekat tubrukan dengan linggi haluan, biasa dipergunakan untuk tangki balas.

Dasar ganda (*double bottom*) ruangan pada dasar kapal yang terletak di antara pelat kulit dan alas dalam, yang dipergunakan untuk air balas, bahan bakar, air tawar, dan lain – lain.

Dasar tunggal (*single bottom*) dasar kapal yang tidak mempunyai alas dalam sehingga kalau terjadi kebocoran pada pelat alas, air akan langsung masuk kedalam kapal.

Derek muat (*cargo derrick*) alat angkat yang terdiri atas sebuah batang dan tiang dengan tali dan blok yang dihubungkan pada lir geladak untuk mengangkat dan menurunkan beban.

Displasemen (*displacement*) jumlah air dalam ton yang dipindahkan oleh kapal yang terapung.

Dok (*dock*) sarana dengan segala peralatan dan perlengkapan, tempat badan kapal dapat duduk diatasnya dalam keadaan kering.

Ferosemen (*ferrocement*) beton bertulang yang terbuat dari campuran semen air dan pasir serta pembesian jalan (kawat ayam atau kawat jala), yang mempunyai sifat mudah dibentuk dan dikerjakan serta memiliki kekuatan tarik dan tekan yang tinggi.

Gading (*frame*) salah satu anggota kerangka melintang kapal berupa profil baja yang dipasang pada sisi kapal mulai dari bilga sampai geladak atau dari geladak sampai geladak di atasnya.

Gading besar (*web frame*) bentuknya seperti gading, tetapi mempunyai ukuran yang paling besar.

Gambar rencana (*garis lines plan*) gambar yang menunjukkan bentuk – bentuk penampang bujur dan penampang lintang dari kapal.

Garis air muat (*load line, load water line*) garis air pada sarat kapal maksimum yang diperkenankan untuk dimuati sesuai dengan peraturan lambung timbul.

Garis tegak haluan (*fore perpendicular*) garis tegak yang melalui perpotongan garis muat dengan sisi depan linggi haluan.

Garis tegak buritan (*after perpendicular*) garis tegak yang dibentuk melalui sumbu poros kemudi.

Geladak (*deck*) permukaan datar atau hampir datar yang menutupi sisi atas dari ruang di kapal.

Gelas serat (*fibre glass*) bahan yang dibuat dari serat gelas dan di pergunakan sebagai bahan untuk pembuatan kapal, perlengkapan rumah tangga, dan lain – lain.

Haluan (*bow*) bagian depan kapal atau perahu.

Haluan bola (*bulbous bow*) haluan kapal di bawah permukaan air yang di bentuk menggebung seperti bola, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi tahanan gelombang kapal.

Jangkar (*anchor*) suatu benda tempa atau cor yang terdiri atas sebuah batang yang mempunyai ring atau segel di salah satu ujungnya

dan mempunyai lengan di ujung yang lain. Dibuat sedemikian rupa, sehingga kalau diturunkan ke dasar laut dengan bantuan rantai atau tali dapat mencekeram dasar laut.

Jarak gading (*frame spacing*) jarak antara gading – gading yang bersebelahan. Diukur dari sisi belakang ke sisi depan pada arah membujur kapal.

Jari – jari bilga (*bilga radius*) jari – jari lingkaran pada bidang tengah kapal yang menyinggung alas dan sisi kapal serta membentuk lengkungan bilga.

Kantilever (*cantilever*) konstruksi batang (balok) salah satu ujungnya dijepit, sedangkan ujung yang lain tidak (bebas).

Kapal palet (*pallet ship*) kapal yang dipergunakan untuk mengangkut muatan umum yang sejenis, yang diletakkan di atas papan – papan palet.

Kapal ro-ro (*ro-ro vessel*) kapal yang dirancang untuk mengangkut kendaraan, dimana kendaraan yang dimuat dapat langsung berjalan dengan rodanya sendiri melalui rampa yang dipasang pada haluan, buritan atau sisi kapal.

Kapal pendingin (*refrigerated vessel*) kapal yang khusus di rencanakan dan dilengkapi dengan instalasi pendingin untuk seluruh ruang muatannya, dan di pergunakan untuk pengangkutan bahan makanan, misal : daging, ikan, dan buah – buahan.

Kapal peti kemas (*container ship kapal*) yang di pergunakan untuk mengangkut peti kemas, baik di dalam palka maupun di atas geladak.

Kapstan (*capstan*) alat di buritan kapal yang di pergunakan untuk menambatkan kapal di dermaga

Karat (*rust*) hasil korosi yang terdiri atas oksida besi yang berwarna cokelat kemerah – merahan dan terbentuk pada permukaan besi atau baja.

Kemudi (*rudder*) alat untuk mengolah gerak dan mengemudikan kapal.

Kemiringan alas (*rise floor*) kemiringan dalam arah melintang dari dasar kapal, mulai dari lunas sampai bilga.

Kimbul (*poop*) bangunan atas pendek yang terletak di bagian belakang.

Knot (*knot*) satuan kecepatan dalam mil laut per jam untuk kapal dan arus, 1 mil laut internasional = 1.852 meter.

Koferdam (*cofferdam*) ruangan kosong di antara dua dinding yang memisahkan dua ruangan yang berdampingan. Hal ini untuk menjaga supaya cairan dari ruang sebelah tidak merembes ke lain ruang kalau terjadi kebocoran.

Korosi (*corrosion*) kerusakan logam secara bertahap yang disebabkan oleh oksidasi (karat) atau oleh suatu proses kimia.

Kran (*Crane*) suatu alat yang digunakan untuk menurunkan dan menaikkan barang dari atau kesuatu tempat

Kubu-kubu (*bulwark*) pelat yang digunakan pelat baja atau batang yang dipasang sepanjang kedua sisi geladak cuaca untuk mencegah air tidak membasahi geladak dan menjaga barang atau orang tidak tercebur kelaut

Laik laut (*seaworthiness*) kesempurnaan kapal ditinjau dari segi bahan, konstruksi , mesin, perlengkapan dan peralatan serta awak kapal dalam pelayaran.

Lajur biga (*bilga strake*) lajur pelat kulit yang membujur kapal dan terletak pada lengkungan bilga .

Lajur lunas (*keel strake*) lajur pelat baja pada alas kapal yang membujur pada garis paruh sepanjang kapal

Lajur pelat (*plate strake*) lembaran pelat baja yang dipasang membujur untuk pelat kulit kapal

Lajur sisi atas (*sheer strake*) lajur pelat sisi yang paling atas yang di hubungkan dengan pelat sisi geladak dari geladak kekuatan atau geladak utama kapal.

Lajur sisi geladak (*deck stringer plate*) lajur pelat geladak kekuatan atau geladak utama kapal.

Las sumbat (*slot weld, plug weld*) pengelasan untuk sambungan pelat tumpang, tempat pelat sebelah atas di lubangi untuk memasukkan logam pengisi las.

Lengkungan gunung (*hogging*) keadaan sebuah kapal yang mengalami gaya tekan air keatas pada daerah tengah kapal lebih besar daripada beratnya, sedangkan pada ujung haluan dan buritan gaya tekan air keatas lebih kecil dari berat kapal, sehingga kapal condong untuk melengkung ke atas pada daerah tengah kapal.

Lengkungan lembah (*sagging*) kecenderungan melenturnya badan kapal yang mengakibatkan bagian tengah lebih rendah daripada bagian haluan dan buritan, sebagai akibat dari distribusi berat sepanjang kapal dan gaya tekan air keatas.

Lengkung lintang geladak (*camber*) lengkungan melintang dari geladak kapal yang berbentuk potongan dari sebuah lingkaran atau bagian dari sebuah parabola.

Linggi baling – baling (*propeller post*) bagian depan linggi buritan yang berdiri tegak. Pada kapal berbaling – baling tunggal, linggi berfungsi untuk menyangga tabung buritan atau poros baling – baling.

Linggi buritan (*stern frame, stren post*) suatu kerangka konstruksi yang membentuk ujung buritan kapal dan menyangga kemudi serba poros baling – baling.

Linggi kemudi (*rudder post*) kerangka konstruksi berbentuk batang yang tegak lurus pada sepatu kemudi dan merupakan satu – kesatuan dengan linggi buritan, tempat pada batang tersebut pena – pena kemudi bertumpu.

Lubang orang (*man hole*) lubang yang berbentuk bulat atau bulat telur pada tangki alas ganda, tangki – tangki, ketel, dan lain – lain, untuk keluar masuk orang. Lubang ini mempunyai penutup yang kedap minyak dan uap.

Lubang peringan (*lightening hole*) lubang pada konstruksi pelat. Lubang ini untuk mengurangi berat konstruksi tersebut.

Lunas (*keel*) bagian konstruksi utama pada kapal yang membentang sepanjang garis tengah kapal dari depan sampai belakang.

Lutut (*knee, bracket*) komponen konstruksi berupa pelat baja berbentuk segitiga, tanpa atau dengan flens. Lutut di pergunakan untuk menghubungkan profil dengan profil atau profil dengan pelat baja dan lain – lain.

Mesin jangkar (*windlass*) yang khusus direncanakan untuk mengangkat jangkar kapal dan menambatkan kapal di dermaga.

Mesin Bantu (*auxiliary machinery*) mesin yang bukan merupakan motor penggerak utama kapal. Sebagai contoh pompa – pompa dan separator.

Mesin utama (*main engine*) mesin yang digunakan sebagai motor penggerak utama kapal.

Modulus penampang (*sectional modulus*) harga perbandingan antara momen kelembaban suatu penampang terhadap sumbu yang melalui titik berat penampang dengan jarak terjauh dari ujung penampang ketitik berat

Muatan cair (*liquid cargo*) segala cairan yang dapat diangkut dalam bentuk curah. Misalnya, minyak dan minyak sawit

Muatan curah (*bulk cargo*) muatan homogen yng diangkut dalam bentuk curah didalam ruang muat dan dalam keadaan terbungkus kemasan seperti kotak, peti karung, dan lain-lain.

Oleng (*rolling*) gerakan kapal dengan sumbu putar pada arah membujur kapal.

Pakal (*caulk*) bahan yang dipergunakan untuk mengisi dan menutup sambungan antara papan dengan papan pada geladak

Pallet (*pallet*) papan kayu berbentuk segi empat berukuran sekitar 6 kaki x 4 kaki, yang dipergunakan untuk mengangkut muatan homogen

Palka (*hold*) nama umum untuk ruangan dibawah geladak yang dipakai untuk menyimpan muatan

Panjang antara garis tegak (*leng between perpendicular*) jarak antara garis tegak depan dengan garis tegak belakang.

Pelat bilah (*flat bar*) batang baja berbentuk bilah yang mempunyai berbagai ragam ukuran dan bentuk.

Pembujur (*longitudinal*) profil penguat yang dipasang membujur dan menempel pada sisi bawah pelat geladak, sisi dalam pelat lambung, dan sisi atas pelat alas, pada setiap jarak tertentu. Dijumpai pada kapal dengan konstruksi memanjang.

Pena kemudi (*rudder pintle*) pena pada tepi depan rangka kemudi. Dengan pena tersebut kemudi duduk atau menggantung pada linggi kemudi dan berputar.

Pendorong haluan (*bow Thruster*) baling – baling yang dipasang pada daerah kapal untuk menghasilkan gaya dorong melintang kapal, sehingga mempermudah olah gerak kapal waktu merapat atau meninggalkan dermaga.

Penegar (*stiffener*) baja profil yang dilas pada permukaan pelat baja. Hal ini untuk menambah ketegaran pelat. Contoh, penegar dinding sekat.

Penyangga baling – baling (*fropeller bracket*) kerangka konstruksi yang menempel pada kedua sisi buritan kapal berbaling – baling ganda, yang di pergunakan untuk menyangga poros baling – baling.

Rampa (*ramp*) jembatan yang dapat diangkat dan dimasukkan kedalam kapal, yang menghubungkan kapal dengan dermaga.

Sarat (*draught draft*) jarak tegak dari titik terbawah lunas sampai kepermukaan air.

Sekat (*bulkhead dinding*) tegak baik melintang maupun membujur yang memisahkan antara ruang satu dengan yang lain.

Selokan (*gutterway*) saluran air yang dipakai untuk air pembuangan.

Senta sisi (*side stringer*) penumpu bujur yang terbuat dari profil baja atau pelat bilah dan pelat bilah dan pelat hadap, yang dipasang pada kedua sisi kapal sebelah dalam diatas bilga.

Sirip keseimbangan (*stabilizer fin sirip*) atau sayap yang dipasang tegak lurus pada kedua sisi lambung kapal dekat bilga yang dipergunakan untuk mengurangi gerakan oleng kapal. Sayap ini ada yang dapat dimasukkan ke dalam badan ada pula yang tidak.

Skalop (*scallop*) lubang pada komponen – komponen konstruksi yang dimaksudkan agar sambungan las yang melalui komponen – komponen tersebut dapat menerus.

Tengah kapal (*midship*) titik tengah antara panjang dari dua garis tegak kapal.

Tangki sayap (*wing tank*) tangki yang salah satu sisinya adalah pelat sisi kapal, sedangkan sisi yang lain merupakan seka membujur kapal yang bukan pada bidang paruh kapal.

Tiang muat (*derrick mast*) tiang dikapal yang dipergunakan untuk keperluan bongkar muat.

Trim (*trim*) keadaan yang dialami oleh suatu kapal, ketika sarat depan dan sarat belakang berbeda tingginya.

Tupai – tupai palka (*hatch cleat*) penjepit yang dipasang pada sisi luar ambang palka untuk menjepit terpal penutup palka supaya tidak lepas.

Ventilasi (*ventilation*) penggantian udara kotor yang ada di dalam suatu ruangan kapal dengan udara segar dari luar.

Wrang (*floor*) pelat tegak melintang dari bilga ke bilga kapal, baik yang berlubang maupu tidak, yang dipasang di atas pelat alas pada setiap jarak gading.

Lampiran 1: Perhitungan Lambung Timbul

Tabel Panjang Timbul Untuk Kapal – Kapal Type “ A “

L = Panjang Kapal (M).

F = Lambung Timbul Minimum (MM).

L	F	L	F	L	F	L	F	L	F
24	200	92	1014	160	2126	228	2857	297	3250
25	208	93	1029	161	2141	229	2865	298	3254
26	217	94	1044	162	2155	230	2872	299	3258
27	225	95	1059	163	2169	231	2880	300	3262
28	233	96	1074	164	2184	232	2888	301	3266
29	242	97	1089	165	2198	233	2895	302	3270
30	250	98	1105	166	2212	234	2903	303	3274
31	258	99	1120	167	2226	235	2910	304	3278
32	267	100	1135	168	2240	236	2918	305	3281
33	275	101	1151	169	2254	237	2625	306	3285
34	283	102	1166	170	2268	238	2882	307	3288
35	292	103	1181	171	2281	239	2939	308	3292
36	300	104	1196	172	2294	240	2946	309	3295
37	308	105	1212	173	2307	241	2953	310	3298
38	316	106	1228	174	2320	242	2959	311	3302
39	325	107	1244	175	2332	243	2966	312	3305
40	334	108	1260	176	2345	244	2945	313	3308
41	344	109	1276	177	2357	245	2979	314	3312
42	354	110	1293	178	2369	246	2986	315	3315
43	364	111	1309	179	2381	247	2993	316	3318
44	374	112	1326	180	2392	248	3000	317	3322
45	385	113	1342	181	2405	249	3006	318	3325
46	396	114	1359	182	2416	250	3012	319	3328
47	408	115	1376	183	2428	251	3018	320	3331
48	420	116	1392	184	2440	252	3024	321	3334
49	432	117	1409	185	2451	253	3030	322	3337
50	443	118	1426	186	2463	254	3036	323	3339
51	455	119	1442	187	2474	255	3012	324	3342
52	467	120	1459	189	2486	256	3018	325	3345
53	478	121	1476	190	2497	257	3054	326	3347

L	F	L	F	L	F	L	F	L	F
51	490	122	1494	190	2509	258	3060	327	3350
55	503	123	1511	191	2519	259	3066	328	3355
56	516	124	1528	192	2530	260	3072	329	3355
57	530	125	1516	193	2541	261	3078	330	3358
58	544	126	1563	194	2552	262	3084	331	3361
59	559	127	1580	195	2562	263	3089	332	3363
60	573	128	1598	196	2572	264	3095	333	3366
61	587	129	1615	197	2582	265	3101	334	3368
62	600	130	1632	198	2592	266	3106	335	3371
63	613	131	1650	199	2602	267	3112	336	3373
64	626	132	1667	200	2612	268	3117	337	3375
65	639	133	1684	201	2622	269	3123	338	3378
66	653	134	1702	202	2632	270	3128	339	3380
67	666	135	1719	203	2641	271	3133	340	3382
68	680	136	1736	204	2650	272	3138	341	3385
69	693	137	1733	205	2659	273	3143	342	3387
70	706	138	1770	206	2669	274	3148	343	3389
71	720	139	1787	207	2678	275	3153	344	3392
72	733	140	1803	208	2687	276	3158	345	3394
73	746	141	1820	209	2696	277	3163	346	3396
74	760	142	1837	210	2705	278	3167	347	3399
75	773	143	1853	211	2714	279	3174	348	3401
76	786	144	1870	212	2723	280	3176	349	3403
77	800	145	1887	213	2732	281	3181	350	3406
78	614	146	1903	214	2741	282	3185	351	3408
79	628	147	1919	215	2749	283	3189	352	3410
80	641	148	1935	216	2758	284	3194	353	3412
81	855	149	1952	217	2767	285	3198	354	3414
82	869	150	1968	218	2775	286	3202	355	3416
83	883	151	1984	219	2784	287	3207	356	3418
84	897	152	2000	220	2792	288	3211	357	3420
85	911	153	2016	221	2801	289	3215	358	3422
86	926	154	2032	222	2809	290	3220	359	3423
87	940	155	2048	223	2817	291	3224	360	3425
88	955	156	2064	224	2825	292	3228	361	3427
89	969	157	2080	225	2833	293	3233	362	3428
90	984	158	2096	226	2841	294	3237	363	3430
91	999	159	2111	227	2849	295	3241	364	3432
						296	3246	365	3433

Tabel Lambung Timbul Untuk Kapal – Kapal Type “ B “.

L = Panjang Kapal (M).

P = Lambung Timbul minimum (MM).

L	F	L	F	L	F	L	F	L	F
24	200	92	1116	160	2520	228	3705	297	4393
25	208	93	1135	161	2540	229	3729	298	4607
26	217	94	1154	162	2560	230	3735	299	4618
27	225	95	1172	163	2580	231	3750	300	4630
28	233	96	1190	164	2600	232	3765	301	4642
29	233	97	1209	165	2620	233	3780	302	4651
30	250	98	1229	166	2640	234	3795	303	4665
31	258	99	1250	167	2660	235	3808	304	4676
32	267	100	1271	168	2680	236	3821	305	4686
33	275	101	1293	169	2698	237	3835	306	4695
34	283	102	1315	170	2716	238	3849	307	4804
35	292	103	1337	171	2735	239	3864	308	4714
36	300	104	1359	172	2754	240	3880	309	4725
37	308	105	1380	173	2774	241	3893	310	4736
38	309	106	1401	174	2795	242	3906	311	4748
39	325	107	1421	175	2815	243	3920	312	4757
40	334	108	1440	176	2835	245	393	313	4768
41	344	109	1459	177	2855	246	3949	314	4779
42	354	110	1479	178	2875	247	3965	315	4790
43	364	111	1500	179	2895	248	3978	316	4801
44	374	112	1521	180	2915	249	3780	317	4812
45	385	113	1543	181	2933	250	3795	318	4823
46	396	114	1565	182	2952	251	3808	319	4834
47	408	115	1587	183	2970	252	3821	320	4844
48	420	116	1605	184	2988	253	3835	321	4855
49	432	117	1630	185	3007	254	3058	322	4866
50	443	118	1651	186	3025	255	4072	323	4878
51	455	119	1671	187	3044	256	4085	324	4890
52	467	120	1690	188	3062	257	4098	325	4899
53	476	121	1709	189	3080	258	4112	326	4090

L	F	L	F	L	F	L	F	L	F
54	493	122	1729	190	3098	258	4125	327	4920
55	503	123	1750	191	3116	259	4139	328	4931
56	516	124	1771	192	3134	260	4152	329	4943
57	530	125	1793	193	3151	261	4165	330	4955
58	544	126	1815	194	3167	262	4177	331	4965
59	559	127	1837	195	3186	263	4189	332	4975
60	573	128	1859	196	3202	264	4201	333	4985
61	587	129	1880	197	3219	265	4214	334	4995
62	601	130	1901	198	3235	266	4227	335	5005
63	615	131	1921	199	3249	267	4240	336	5015
64	629	132	1940	200	3264	268	4252	337	5025
65	644	133	1959	201	3280	269	4264	338	5035
66	659	134	1979	202	3296	270	4276	339	5045
67	674	135	2000	203	3313	271	4289	340	5055
68	689	136	2021	204	3330	272	4302	341	5066
69	705	137	2043	205	3347	273	4315	342	5075
70	721	138	2065	206	3363	274	4327	343	5086
71	738	139	2087	207	3380	275	4339	344	5097
72	754	140	2109	208	3397	276	4350	345	5097
73	769	141	2130	209	3413	277	4362	346	5119
74	784	142	2151	210	3430	278	4373	347	5130
75	800	143	2171	211	3445	279	4385	348	5140
76	816	144	2190	212	3460	280	4397	349	5150
77	833	145	2209	213	3475	281	4408	350	5160
78	850	146	2229	214	3490	282	4420	351	5170
79	868	147	2250	215	3505	283	4432	352	5180
80	887	148	2271	216	3520	284	4443	353	5190
81	905	149	2293	217	3237	285	4455	354	5200
82	926	150	2315	218	3554	286	4467	355	5210
83	942	151	2334	219	3570	287	4478	356	5220
84	960	152	2354	220	3586	288	4490	357	5230
85	978	153	2375	221	3601	29	4502	358	5240
86	996	154	2396	222	3615	290	4513	359	5250
87	1015	155	2448	223	3630	291	4525	360	5260
88	1034	156	2440	224	3645	292	4537	361	5264
89	1054	157	2460	225	3660	293	4538	362	5276
90	1075	158	2480	226	3675	294	4560	363	5285
91	1096	159	2500	227	3690	295	4572	364	5294
						296	4583	365	5303

Untuk panjang kapal yang terletak diantara harga – harga pada tabel diatas, besarnya lambung timbul didapat dengan interpolasi linier.
Untuk kapal – kapal dengan panjang diatas 365 meter harus mendapat persetujuan dari pihak klasifikasi.

L	F	L	F	L	F	L	F
108	50	131	131	154	244	177	306
109	52	132	136	247	247	178	308
110	55	133	142	156	251	179	311
111	57	134	147	157	254	180	313
112	59	135	153	158	258	181	315
113	62	136	159	159	261	182	318
114	64	137	164	160	264	183	320
115	68	138	170	161	267	184	322
116	70	139	175	162	270	185	325
117	73	140	181	163	273	186	327
118	76	141	186	164	275	187	329
119	80	142	191	165	278	188	332
120	84	143	196	166	280	189	334
121	87	144	201	167	283	190	336
122	91	145	206	168	285	191	339
123	95	146	210	169	287	192	341
124	99	147	215	170	290	193	343
125	103	148	219	171	292	194	346
126	108	149	224	172	294	195	348
127	112	150	228	173	297	196	350
128	116	151	232	174	299	197	353
129	121	152	236	175	301	198	355
130	126	153	240	176	304	199	357
						200	358

Untuk panjang kapal yang terletak diantara harga – harga pada tabel diatas besarnya lambung timbul didapat dengan interpolasi linier.

Untuk kapal – kapal dengan panjang diatas 200 meter harus mendapat persetujuan dari pihak yang berwenang.

Perhitungan Lambung Timbul

Sesuai dengan penjelasan diatas, maka Lambung Timbul ini minimum didapat dari Tabel A kita kapal sudah jelas termasuk type A atau dan tabel B dengan variasi – variasinya.

1. Penentuan lambung timbul minimum (F_s) dari kapal yang dihitung :

Type A (lihat Tabel A)	$F_s = (A) = \dots\dots\dots\text{mm}$
Type B 100 (lihat tabel B)	$F_s = (B) = \dots\dots\dots\text{mm}$
Type B (lihat Tabel A,B)	$F_s = 0,6(A)+0,4(B) = \dots\text{mm}$
Type B(lihat tabel A)	$F_s = (A) = \dots\dots\dots\text{mm}$
Type B + (lihat Tabel B,B)	$F_s = (B) + \Delta (B) = \dots\dots\text{mm}$

2. Koreksi lambung timbul kapal type B dengan panjang lebih kecil dari 100 m

$$L < 100 \text{ m}$$

$$E/L < 0,35$$

Penambahan Lambung Timbul

$$\Delta F_s = 7,5 (100 - L) (0,35 - E/L) = \dots\dots\text{mm}$$

3. Koreksi untuk koefisien Block

Untuk $C_b > 0,68$ maka :

Penambahan lambung timbul

$$(F_s + \Delta F_s) \times \frac{C_b - 0,68}{136} = \dots\dots\dots\text{mm}$$

4. Koreksi untuk Depth

- a. Bila $D < L/15$ maka lambung timbul ditambah dengan $(D-L/15) R = \dots\dots\dots\text{mm}$
Dimana : $R = L/0,48 \dots\dots$ untuk $L < 120 \text{ m}$
 $R = 250 \dots\dots\dots$ untuk $L \geq 120 \text{ m}$
- b. Bila $D < L/15$ tidak diadakan reduksi (pengurangan) kecuali kapal memiliki bangunan atas tertutup sepanjang $0,6L$ ditengah atau trunk yang menyeluruh dan jika $h \geq h_n$ lambung timbul dikurangi = $(D-L/15) R = \dots\dots\dots\text{mm}$, jika $h < h_n$ lambung timbul dikurangi = $(D-L/15) R \cdot h/h_n = \dots\dots\dots\text{mm}$

5. Koreksi untuk bangunan atas dan trunk.

- a. Bila $E/L = 0,1$, maka reduksi adalah sebagai berikut :
 $L = 24 \text{ m}$, maka reduksi = 350 mm
 $L = 85 \text{ m}$, maka reduksi = 860 mm
 $L \geq 122 \text{ m}$, maka reduksi = 4070 mm

Untuk panjang L, diantara harga diatas reduksi (pengurangan) diambil dengan interpolasi.

- b. Bila $E/L < 1,0$ maka reduksi diambil sebagai prosentase dari tabel berikut :

Type	Lajur	Precentage reduksi untuk bangunan atas											
		E/L	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
B	I	Kapal dengan forecastic tanpa brige	0	5	10	15	23,5	32	46	63	75,3	87,7	100
	II	Kapal dengan fore castle dan bridge	0	6,3	12,7	19	27,5	33	46	63	75,3	87,7	100
		Kapal pengangkut kayu	20	32	42	53	64	70	75	82	88	94	100
A	Kapal tangki		0	7	14	21	31	41	52	63	75,5	87,7	100

Untuk E/L diantara harga batas tersebut, maka persentase reduksi diambil dengan interpolasi linier.

Untuk Type B

1. Bila panjang efektif dari bridge $< 0,2 L$ maka presentase di dapat dengan interpolasi linier dari lajur 1 dan 2.
2. Bila panjang efektif dari forecastle $> 0,4 L$ maka presentase harus diperoleh dari lajur 2.
3. Bila panjang efektif dari forecastle $< 0,07 L$ maka presentase yang dibuat dari tabel harus dikurangi lagi dengan :

$$E_f = \frac{5 \times (0,07 L - E_f)}{0,07 L}$$

Dimana : E_f = Panjang efektif dari forecastle.

6. Koreksi untuk sheer.

Koreksi untuk sheer adalah kekurangan (difficiency) atau kelebihan (excess) dikalikan dengan faktor.

$$0,75 - \frac{S}{2L}$$

Dimana : S = panjang total dari bangunan atas tutup.

- a. Bila sheer kurang dari standard ($\theta = \text{negatif}$), maka koreksi merupakan penambahan.

$$\text{Penambahan Lambung Timbul} = \theta / (0,75 - \frac{S}{2L}) = + \dots \text{ mm.}$$

- b. Bila sheer kelebihan maka :

1. Bila letak bangunan atas tutup mencakup 0,1 L dibelakang Dan 0,1 L didepan tengah kapal ($\theta < 0$), maka koreksi Merupakan pengurangan :

$$\text{Pengurangan Lambung Timbul} = - \theta (0,75 - \frac{S}{2L})$$

2. Bila bangunan atas tertutup tidak mencakup tengah kapal ($\theta > 0$), maka pengurangan (reduksi) tidak ada.

3. Bila bangunan atas tertutup mencakup kurang dari 0,1 L Dibelakang dan 0,1 L didepan tengah kapal (θ), maka Pengurangan didapat dengan interpolasi.

$$\begin{aligned} \text{Pengurangan Lambung Timbul} &= - \theta (0,75 - \frac{S}{2L}) \times \frac{S'}{0,21} \\ &= \dots \text{ mm.} \end{aligned}$$

Dimana S' = Panjang Bangunan atas antara 0,1 L Dibelakang dan 0,1 L didepan tengah kapal, jadi $S' < 0,2 L$.

4. Pengurangan lambung timbul untuk sheer kelebihan, maximum = $1,25 L = \dots \text{ mm}$ (L dalam meter).

7. Lambung Timbul untuk Summer Free Boara.

Didapat dari lambung timbul minimum sesuai Tabel A, B, dengan variasi – variasinya ditambah atau dikurangi dengan Koreksi – koreksinya.

Ikhtiar sebagai berikut :

- | | | | |
|--|---|----------------------------------|-------------|
| a. F_s | = |mm. | |
| b. ΔF_s | = | <u>.....mm.</u> | |
| $F_s + \Delta F_s$ | = |mm. | = mm. |
| c. Koreksi untuk koefisien block (C_b) | = | +mm. | |
| d. Koreksi untuk Depth | = | \pmmm. | |
| e. Koreksi untuk bangunan atas | = | -mm. | |
| f. Koreksi untuk sheer | = | <u>\pmmm.</u> | |
| Summer Free Board (F_{so}) | = | mm. | |

Koreksi untuk F_{so} .

Koreksi untuk tinggi haluan maximum (minimum how height). Tinggi haluan adalah jarak vertikal digaris tegak depan antara garis air dari mer Summer Free board sampai sisi atas dari geladak terbuka disisi kapal.

Minimum dari tinggi haluan adalah :

Untuk $L < 250$ meter :

$$H_{min} = 56 L \left(1 - \frac{L}{500} \right) \times \frac{1,36}{C_b + 0,68} \text{ mm.}$$

Untuk $L \geq 250$ meter :

$$H_{min} = 7000 \times \frac{1,36}{C_b + 0,68} \text{ mm.}$$

Besarnya H_{min} yang didapat dari rumus diatas harus dibandingkan dengan tinggi bahan kapal yang didapat dari F_{so} .

- Sheer didepan 1FB.
- Tinggi bangunan atas hFH dengan syarat panjang forecasle $\geq 0,07 L$ dari garis tegak depan.

$$\text{Jadi } H = F_{so} + t_{FH} + t_{FH}.$$

1. Bila $H \geq H_{min}$

Summer Freeboard tetap F_{so} .

2. Bila $H < H_{min}$

$$F_{s'} = F_{so} + H_{min} - H.0$$

B. Pemeriksaan/koreksi terhadap daya apung kapal setelah tulbrukan Khusus untuk type A, type B, type C harus diadakan pemeriksaan sebagai berikut :

Apakah syarat air d yang didapat dari $D - F_{so}$ atau $D_{fs'}$ sesuai dengan syarat air D_o dari perhitungan kebocoran kapal. Bila tidak sesuai maka Summer Freeboard harus ditambah sehingga sesuai dengan hasil perhitungan kebocoran kapal.

Jadi sebagai ikhtisar dapat disimpulkan bahwa Summer Freeboard bisa diambil :

$$F_{s'} = F_{so} \text{ atau}$$

$$F_{s'} = F_{s'} \text{ atau}$$

$$F_{s'} = F_{s'} \text{ sesuai dengan penjelasan diatas, bila ada koreksi/pemeriksaan}$$

C. Koreksi untuk posisi dari garis geladak (deck line). Bila tinggi, Yang sebenarnya diukur sampai sisi atas dan garis geladak tidak Sama dengan D , maka bila :

$$D = D_r \text{ sampai } S = F_s.$$

$$D > D_r \text{ sampai } S = D_r - (D - F_s).$$

Dimana :

D = Tinggi (depth) sampai sisi atas garis geladak.

S = Lambung timbul minimum pada Summer Freeboard
Sesudah di koreksi semuanya.

D. Lambung timbul minimum untuk S dan T adalah 50 mm.

9. Sarat maximum
 $d = D_r - S$ atau $d = D - S$ bila $D_r = D$
10. Lambung timbul untuk T dan W.
 $T = S - \frac{1}{48} \times D.$
 $W = S + \frac{1}{48} \times D.$
 Khusus untuk kapal pengangkut kayu :
 $T = S - \frac{1}{36} \times D.$
 $W = S + \frac{1}{36} \times D.$
11. Lambung timbul untuk WNA :
 Untuk $L < 100$ m sampai $WNA = W + 50.$
 Untuk $L > 100$ m sampai $WNA = W.$
12. Lambung timbul di air tawar (Freshwater).
 $TF = T - \frac{\Delta}{40 \text{ TPC.}}$
 $F = S - \frac{\Delta}{40 \text{ TPC.}}$

Dimana :

Δ = Displacement di air laut pada garis air musim panas (ton)

TPC = Tons per centimeter immersion di air laut.

Bila Δ tidak dapat ditetapkan maka faktor diatas diganti

Dengan $\frac{1}{48} \times D.$

B. CONTOH PERHITUNGAN

KAPAL TANGKI :

Data – data :

Panjang = 174 ,39 m (sesuai 1 – 1)

Lebar = 23,47 m (sesuai 1 – 4)

Tinggi = 13,03 m (sesuai 1 – 5)

Δ pada 0,85 H = 36,330 ton.

1. Lambung timbul minimum untuk kapal tangki Dari Tabel A untuk

$L = 174,39$ m

$F_s = 2324,7$ mm (sesudah di interpolasi).

2. Koreksi Untuk koefisien block (C_b)

$D^1 = 0,85 H = 0,85 \times 13,030 = 11,076$ m

Δ pada 0,85 H = 36.330 ton

$C_b = \frac{\Delta}{L \cdot B \cdot d^1 \cdot 1,025} = \frac{36.330}{174,39 \cdot 23,47 \cdot 11,076 \cdot 1,025}$

$C_b = 0,07819 > 0,68$

$$\text{Jadi koreksi untuk } C_b = F_s \times \frac{C_b - 0,86}{1,36} = 2324,7 \times \frac{0,1019}{1,36} = + 174,1 \text{ mm.}$$

3. Koreksi untuk tinggi (depth)

Tinggi untuk lambung timbul (D)

$$\text{Monlded depth} = 13030 \text{ mm}$$

$$\text{Deck stringer} = 35 \text{ mm}$$

$$\text{Lapisan geladak} = - \text{ mm}$$

$$C^1 = \frac{T(L - S)}{T} = 0 \text{ mm}$$

$$D = H + c + c^1 = 13065 \text{ mm}$$

$$1 \sqrt{15} = \frac{174,39}{15} = 11,625$$

Karena $D > 1 \sqrt{15}$ maka Koreksi = $(D - L/15) R$.

Dimana untuk $L = 174,39 > 120$, maka $R = 250$.

Jadi konstruksi tinggi = $(13,065 - 11,626) \times 250 = + 359,8 \text{ mm}$.

4. Koreksi untuk bangunan atas dan trunk.

Forecastle	Panjang rata-rata	Tinggi sebenarnya	Tinggi standard	Panjang efektif E
	20,175	2,286	2,300	20,052
	35,048	2,286	2,300	34,834
	S = 55,223			54,886

$$\frac{S}{2L} = \frac{55,223}{2 \times 174,39} = 0,1583 \quad \frac{E}{L} = \frac{54,886}{174,39} = 0,3147$$

Reduksi untuk :

$$E/L = 1 \quad R = - 1070 \text{ mm.}$$

$$E/L = 0,3 \quad \text{Presentase reduksi} = 21\%.$$

$$E/L = 0,4 \quad \text{Presentase reduksi} = 31\%$$

$$E/L = 0,3147, \text{ maka presentase reduksi} = 22,74\% \times 1070 = - 240,4 \text{ mm.}$$

5. Koreksi untuk sheer.

$$T_{AH} = \frac{\sum AH - \sum_a AH}{8} = \frac{- 3279}{8} = - 409,9 \text{ mm.}$$

$$T_{FH} = \frac{\sum FH - \sum_o FH}{8} = \frac{- 7403}{8} = - 925,4 \text{ mm.}$$

Karena :

$$T_{AH} < 0 \text{ dan } T_{FH} < 0$$

$$\text{Maka : } 0 = \frac{T_{AH} + T_{FH}}{2} = \frac{- 409,9 - 925,4}{9} = - 667,7 \text{ mm.}$$

Jadi koreksi sheer =

$$667,7 (0,75 - S/21) =$$

$$667,7 (0,75 - 0,1583) = 667,7 \times 0,5917 = + 395,1 \text{ mm.}$$

6. Lambung timbul minimum pada musim panas (Summer Freeboard).

a. F_s = 2324,7 mm
 b. Koreksi C_b = 174,1 mm
 c. Koreksi tinggi..... = 359,8 mm
 d. Koreksi bangunan atas..... = 240,4 mm
 e. Koreksi Sheer..... = 359,1 mm
 $F_s^o = 3013,3 \text{ mm}$

7. Koreksi untuk minimum tinggi haluan.

Untuk $L < 250 \text{ m}$.

$$H_{\min} = 56 L (1 - L/500) \frac{1,36}{C_b + 0,68}$$

$$H_{\min} = 56 \times 174,39 (1 - 0,3488) \frac{1,36}{0,7819 + 0,68} = 5916 \text{ mm.}$$

F_{so} = 3013,3 mm
 Sheer di depan..... = 1685 mm
 Tinggi bangunan atas didepan = 2286 mm
 $H = 6984,3 \text{ mm}$

Karena $H > H_{\min}$

Jadi tetap diambil $F_{so} = 3013,3 \text{ mm}$.

8. Pemeriksaan mengenai daya apung setelah kebocoran.
 Kapal ini telah memenuhi syarat dari kapal tangki dimana masih Dapat mengatasi bila 1 kompartemen kurang mengalami Kebocoran. Jadi F_{so} tetap = 3013,3 mm.

9. Koreksi untuk posisi garis geladak.

Tidak ada, karena :

$$D^2 = D \text{ Jadi } S = F_s^1.$$

10. Sarat air maximum untuk musim panas (Summer).

$$d - D - S = 13,065 - 3,013 = 10,052 \text{ mm.}$$

11. Letak tanda lambung timbul untuk T, W, dan WNA, F dan TF.

$$T = S - \frac{1}{48} d = 3013,3 - 209 = 2804,3 \text{ mm.}$$

$$W = S + \frac{1}{48} d = 3013,3 + 209 = 3222,3 \text{ mm.}$$

Karena $L > 100 \text{ m}$, maka $WNA = W$.

Displacement $\Delta = 34000 \text{ ton}$ pada Summer.

TPC = 37,77 ton/cm.

$$F = S - \frac{\Delta}{40 \text{ TPC}} = 3013,3 - 225 = 2788,3 \text{ mm.}$$

$$TF = T - \frac{\Delta}{40 \text{ TPC}} = 2804,3 - 225 = 2579,3 \text{ mm.}$$

Hasil :

$$S = 3013 \text{ mm.}$$

$$T = 2804 \text{ mm.}$$

$$W = 3222 \text{ mm.}$$

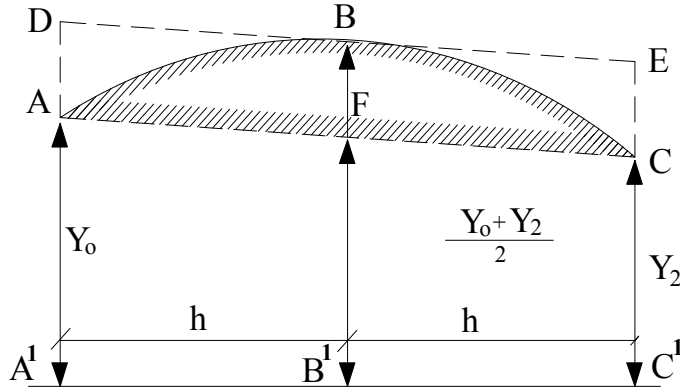
$$WNA = 3222 \text{ mm.}$$

$$F = 2788 \text{ mm.}$$

$$TF = 2579 \text{ mm.}$$

Lampiran 2 : Pembuktian Cara Simpson

1. Cara Simpson I



Bidang Lengkung ABCC'A' terdiri dari :
 Luas trapesium ACC'A' dan Luas tembereng parabola ABCF.
 Luas trapesium ACC'A' adalah :

$$\begin{aligned} \text{Luas ACC'A'} &= \frac{1}{2} \cdot 2h (y_0 + y_2) \\ &= h (y_0 + y_2) \dots \dots \dots (I) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas ABCF} &= \frac{2}{3} \text{ luas jajaran genjang ADEC} \\ &= \frac{2}{3} \text{ ECA'C'} \\ &= \frac{2}{3} \text{ BF} \cdot 2h \\ &= \frac{4}{3} h (\text{BB}' - \text{FB}') \\ &= \frac{4}{3} h (y_1 - \frac{1}{2} (y_0 + y_2)) \\ &= \frac{4}{3} h (y_1 - \frac{1}{2} y_0 - \frac{1}{2} y_2) \dots \dots \dots (II) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{I. Luas ACC'A'} &= h (y_0 + y_2) \\ &= \frac{1}{3} h (3y_0 + 3y_2) \end{aligned}$$

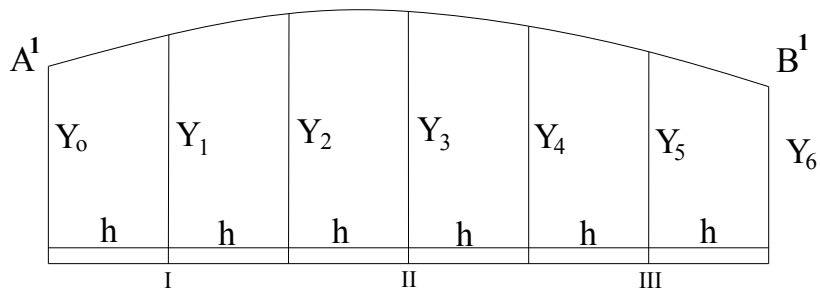
$$\begin{aligned} \text{II. Luas ABCF} &= \frac{4}{3} h (y_1 - \frac{1}{2} y_0 - \frac{1}{2} y_2) \\ &= \frac{1}{3} h (4y_1 - 2y_0 - 2y_2) + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas ABCC'A} &= \frac{1}{3} h (3y_0 - 2y_0 + 4y_1 + 3y_2 - 2y_2) \\ \text{Jadi Luas ABCC'A'} &= \frac{1}{3} h (y_0 + 4y_1 + y_2) \end{aligned}$$

Angka didepan tiap-tiap ordinat disebut juga faktor luas (FL). Angka didepan h disebut angka perkalian (k), maka faktor luas untuk 2 bagian tadi menurut Simpson I :

$$\text{FL Simpson I} = 1 \ 4 \ 1$$

$$k = 1/3 \text{ (Menurut Simpson I)}$$



Berdasarkan pendapat diatas, maka untuk menghitung luas sebuah bidang lengkung adalah sebagai berikut :

- Bagilah panjang bidang menjadi beberapa bagian yang jumlahnya genap, masing-masing sepanjang h (Lihat gambar diatas).
- Ambilah dua dari kiri dan pada tiap-tiap 2 bagian berilah nomor secara berurutan dimulai dari kiri kekanan yaitu nomor I, II, III dan seterusnya.
- Untuk tiap 2 bagian masukkan rumus pokok dari simpson I.yaitu : $1/3k (1, 4, 1)$
- Jumlahkan semua rumus pokok sebagai berikut :

$$\text{I.} = \frac{1}{3}h (y_0 + 4y_1 + y_2)$$

$$\text{II.} = \frac{1}{3}h (y_2 + 4y_3 + y_4)$$

$$\text{III.} = \frac{1}{3}h (y_4 + 4y_5 + y_6)$$

$$\text{Luas Simpson I} = \frac{1}{3}h (y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + 4y_5 + y_6)$$

Dengan demikian terbukti bahwa faktor luas untuk rumus simpson adalah :

$$\text{FL simpson I} = 1,4,2,4,2,4,1$$

Pada umumnya rumus simpson I juga dilaksanakan dalam daftar perhitungan. Adapun cara menyusunnya adalah sebagai berikut :

$$\text{FL I} = 1 \ 4 \ 1$$

$$\text{FL II} = \quad 1 \ 4 \ 1$$

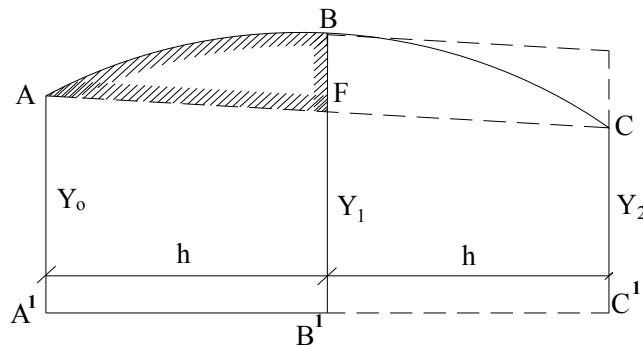
$$\text{FL III} = \quad \quad 1 \ 4 \ 1$$

$$\text{FL} = 1 \ 4 \ 2 \ 4 \ 2 \ 4 \ 1$$

Maka Rumus dari Simpson I adalah

Luas simpson I = $k.h.\Sigma$, dimana $k = 1/3$ dan semua angka yang dipakai dalam perhitungan hendaklah dibuat desimal.

2. Cara Simpson III.



Sebuah bidang lengkung seperti pada gambar diatas, dimana bagian bidang sebelah kiri dapat dihitung dengan menggunakan rumus simpson III (delapan lima kurang satu).

Untuk ini maka bidang lengkung tadi dibagi menjadi sebuah trapesium dan sebuah parabola.

$$\begin{aligned} \text{Luas AFB'A'} &= \frac{1}{2} h (y_0 + FB) \\ &= \frac{1}{2} h (y_0 + \frac{1}{2} y_0 + \frac{1}{2} y_2) \\ &= \frac{1}{12} h (6y_0 + 3y_0 + 3y_2) \\ &= \frac{1}{12} h (9y_0 + 3y_2) \dots\dots\dots (I) \end{aligned}$$

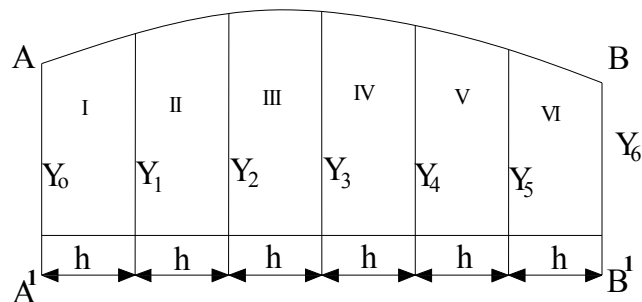
$$\begin{aligned} \text{Luas ABF} &= \frac{2}{3} h .BF \\ &= \frac{2}{3} h (y_1 - B'F) \\ &= \frac{2}{3} h (y_1 - \frac{1}{2} (y_0 + y_2)) \\ &= \frac{2}{3} h (y_1 - \frac{1}{2} y_0 - \frac{1}{2} y_2) \\ &= \frac{1}{3} h .2 (y_1 - \frac{1}{2} y_0 - \frac{1}{2} y_2) \\ &= \underline{\underline{\frac{1}{12}h (8y_1 - 4y_0 - 4y_2) \dots\dots\dots (II)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas I + II} &= \text{luas ABB'A'} = \frac{1}{12} h (5y_0 + 8y_1 - y_2) \\ \text{Maka faktor luas dari rumus ini adalah :} \end{aligned}$$

$$\text{FL Simpson III} = 5 + 8 - 1 \quad \text{Sedangkan } k = 1/12.$$

Dengan demikian tadi ternyata bahwa rumus ini mampu menulis luas suatu bidang lengkung tanpa mengadakan pembagian. Sebaliknya diperlukan ordinat bantuan (y_2) yang jaraknya juga sejauh dari ordinat akhirnya (y_1). Tanpa adanya bantuan dari ordinat yang lain itu, rumus tadi tidak dapat digunakan.

3. Cara Simpson II



Rumus simpsons II merupakan gabungan dari rumus Simpsons I dan Simpson III sehingga dapat diuraikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas I} &= \frac{1}{12} h (5y_0 + 8y_1 - y_2 \dots \dots \dots (I) . \\
 \text{Luas I + II} &= \frac{1}{3} h (y_0 + 4y_1 + y_2) . \\
 &= \frac{1}{12} h (4y_0 + 16y_1 + 4y_2 \dots \dots \dots (II) . \\
 \text{Luas II + III} &= \frac{1}{3} h (y_1 + 4y_2 + y_3) . \\
 &= \frac{1}{12} h (4y_1 + 16y_2 + 4y_3 \dots \dots \dots (III) . \\
 \text{Luas III} &= \frac{1}{12} h (5y_3 + 8y_2 - y_1 \dots \dots \dots (IV) . + \\
 \hline
 \text{(I + II + III)} &= \frac{1}{12} h (9y_0 + 27y_1 + 27y_2 + 9y_3) \\
 &= \frac{9}{12} h (y_0 + 3y_1 + 3y_2 + y_3) . \\
 &= \frac{3}{4} h (y_0 + 3y_1 + 3y_2 + y_3) .
 \end{aligned}$$

Maka :

$$\text{Luas I + II + III} = \frac{\frac{3}{4} h (y_0 + 3y_1 + 3y_2 + y_3)}{2}$$

$$\text{Jadi luas I + II + III} = \frac{3}{8} h (y_0 + 3y_1 + 3y_2 + y_3) .$$

Disini ternyata bahwa : $F_{I \text{ simpson II}} = 1 \ 3 \ 3 \ 1$.

Sedangkan angka perbanyakannya adalah $k = 3/8$.

Dengan kenyataan seperti diatas dapatlah dihitung luas seluruh bidang lengkung ABBA yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas I + II + III} &= \frac{3}{8} (y_0 + 3y_1 + 3y_2 + y_3) . \\
 \text{Luas IV + V + VI} &= \frac{3}{8} (y_3 + 3y_4 + 3y_5 + y_6) . +
 \end{aligned}$$

Luas ABBA = $\frac{3}{8} h (y_0 + 3y_1 + 3y_2 + 2y_3 + 3y_4 + 3y_5 + y_6)$.
 Dengan demikian bahwa faktor luas dari rumus Simpsons II adalah :
 FI simpson II = 1 3 3 2 3 3 2.....3 3 1.

Pada umumnya untuk melaksanakan rumus ini juga dipakai sebuah daftar perhitungan yang bentuknya serupa dengan daftar perhitungan dari Trapesium, dengan catatan sebagai berikut :

- a. Bagilah seluruh panjang dari bidang lengkung menjadi beberapa bagian masing – masing sepanjang H dan jumlahnya merupakan kelipatan dari 3.
- b. Berilah pada tiap – tiap tiga (3) bagian nomor romawi yang urut yang dimulai dari kiri. Jadi I, II, III, IV, V, dan seterusnya.
- c. Tentukan dulu susunan faktor luasnya, berdasarkan : 1, 3, 3,1.

Lampiran 3 : Pengendalian Mutu pada Teknik Konstruksi Kapal

BAGIAN		BAHAN		Unit :mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	KETERANGAN	
Cacat Permukaan	Lubang	Tingkat cacat lubang	<p>1. Kelas A ialah dengan pertimbangan hanya cacat kecil sehingga tidak diperlukan perbaikan. Kelas B ialah cacat menengah dan harus diperbaiki jika diperlukan. Kelas C ialah yang sama sekali tidak teratur dan memerlukan beberapa kali perbaikan</p> <p>2. Batas alur kelas B terhadap kelas A termasuk kelas A. Batas alur kelas B terhadap kelas C termasuk kelas C.</p> <p>3. Rasio kelulusan adalah prosentase dari jumlah luasan lubang dimana tampak permukaannya tidak memuaskan untuk digunakan.</p> <p>Untuk pelat kulit</p> $\text{Rasio luasan} = \frac{\text{jumlah luasan lubang}}{\text{luas pelat}}$ <p>4. Cara memperbaiki cacat permukaan adalah sbb:</p> <p>$d < 0,07 t$...digerinda (tidak berlaku untuk $d \leq 3\text{mm}$)</p> <p>$0,07 t \leq d \leq 0,2 t$... digerinda dulu kemudian dilas.</p> <p>Dimana : d = kedalaman cacat T = tebal pelat</p>	

	Jonjot /serpilh	Tingkat cacat jonjot/serpilh	<p>1. Kelas A ialah dengan pertimbangan hanya cacat kecil sehingga tidak diperlukan perbaikan. Kelas B ialah cacat menengah dan harus diperbaiki jika diperlukan. Kelas C ialah yang sama sekali tidak teratur dan memerlukan beberapa perbaikan .</p> <p>2. Batas alur kelas B terhadap kelas A termasuk Kelas A Batas alur kelas B terhadap kelas C termasuk kelas C.</p> <p>3. Cara memperbaiki cacat permukaan adalah sebagai berikut :</p> <p>$d < 0,07 t \dots$ digerinda (tidak berlaku untuk $d \leq 3\text{mm}$)</p> <p>$0,07 t \leq d \leq 0,2 t \dots$ digerinda dulu kemudian dilas.</p> <p>Dimana : d = kedalaman cacat T = tebal pelat</p>
Baja Tuang	Cacat pada Baja tuang	Bila cacat lebih dari 20 % tebalnya, atau kedalamannya lebih dari 25 mm dan panjangnya lebih dari 150 mm.	Bila retak kapitasi dan cacat lain yang merugikan didapatkan, setelah cacat-cacat dihilangkan kemudian diperiksa oleh dye penetrant (DP), magnet penetrant (MPI) atau ultrasonic dan selanjutnya diperbaiki dengan cara yang memadai.

BAGIAN		BAHAN		Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	KETERANGAN	
Laminasi	Laminasi Lokal		(a)	Bilamana luasan laminasi terbatas, dapat dihilangkan dan diisi dengan las seperti gambar (a). Juga laminasi yang dekat dengan permukaan pelat baik diisi las seperti gambar (b)
			(b)	Dan ini harus diperiksa secara seksama apakah prosedurnya disetujui atau tidak dalam hal dimana tingkat laminasi bertambah besar dan meluas.
	Laminasi yang membesar perlu penggantian setempat pada pelat tersebut			<p>Disarankan untuk mengganti setempat pada pelat tersebut, dimana luasan laminasinya terus bertambah. Standar minimum lebar pelat yang harus diganti :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pelat kulit dan geladak kekuatan Dibawah beban besar.....1600 mm Tidak dibawah beban besar 800mm Untuk struktur lain...300mm <p>Seluruh pelat harus diganti apabila tingkat laminasinya sangat besar dan cepat meluas.</p>

BAGIAN		PENANDAAN			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN
Garis potong dan garis pemasangan dibandingkan dengan salah satu yang benar	Umum	Ukuran dan bentuk, dibandingkan dengan salah satu yang benar	± 2	± 3	
			$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	Khususnya untuk tinggi lantai dan pembujur pada dasar ganda
		Sudut pojok, dibandingkan dengan salah satu yang benar	$\pm 1,5$	± 2	
		Lengkungan	± 1	$\pm 1,5$	
		Lokasi dari bagian dan tanda untuk pemasangan. Dibandingkan dengan salah satu yang benar	± 2	± 3	
		Penandaan blok (blok panel). Dibandingkan dengan salah satu yang benar	$\pm 2,5$	$\pm 3,5$	
		Lokasi dari bagian untuk pemasangan pada blok. Dibandingkan dengan salah satu yang benar.	$\pm 2,5$	$\pm 3,5$	

BAGIAN		PEMOTONGAN DENGAN GAS			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN
Kekasaran	Ujung bebas	Bagian kekuatan : - Di bengkel - Di lapangan	100 μ (klas 2) 150 μ (klas 3)	200 μ (klas 3) 300 μ (diluar klas)	Tanda klas yang tertera di dalam kurung sesuai dengan definisi yang diterbitkan oleh Welding Engineering Standart (WES)
		Lain-lain : - Di bengkel - Di lapangan	100 μ (klas 2) 500 μ (diluar klas)	200 μ (klas 3) 1000 μ (diluar klas)	< 50 μklas 1 50 μ - 100 μ ...klas 2 100 μ - 200 μ ..klas 3 > 200 μ .di luar klas
	Kampuh las	Bagian kekuatan : - Di bengkel - Di lapangan	100 μ (klas 2) 400 μ (diluar klas)	200 μ (klas 3) 800 μ (diluar klas)	- Tindakan pencegahan khusus, diperlukan dalam hal mana penghalusan (grinding) atau perlakuan lain dikehendaki
		Lain-lain : - Di bengkel - Di lapangan	100 μ (klas 2) 800 μ (diluar klas)	1500 μ (diluar klas) 1500 μ (diluar klas)	Untuk sudut pemotongan sama halnya dengan pekerjaan lapangan .

Takik	Ujung bebas	1. Ujung atas pelat lajur. 2. Geladak kekuatan 0,6 L dan ujung bebas dari bukaan pelat kulit 3. Bagian kekuatan membujur utama.			0	Dalam hal mana takikan diperhalus dengan gerinda, maka harus dilas kembali. (hati-hati, hindari pembentukan manik sesaat)	
		Bagian kekuatan melintang dan membujur			Cekungan \leq 1		
		Lain-lain			Cekungan \leq 3		
	Kampuh Las	Las rata (butt weld)	Pelat kulit dan geladak antara 0,6 L			Cekungan \leq 2	Takikan diperbaiki dengan gerinda atau pahat. (Hati-hati, hindari kerusakan pengelasan)
			Lain-lain			Cekungan \leq 3	
		Las sudut (Fillet weld)			Cekungan \leq 3		
	Cekungan dianggap takik, dalam hal mana kedalamannya lebih dari tiga kali batas toleransi kekasarannya.						

BAGIAN		PEMOTONGAN DENGAN GAS			Unit :
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN
Ukuran	Kelurusan Ujung pelat	Las busur rendah pada kedua sisinya	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	

		Las manual Las semi otomatis	$\pm 0,1$	$\pm 2,5$	
	Kedalaman kempuh		$\pm 1,5$	$\pm 2,0$	
	Sudut kempuh		$\pm 2^{\circ}$	$\pm 4^{\circ}$	
	Panjang kemiringan kempuh	ℓ dibandingkan dengan ukuran yang benar.	$\pm 0,5d$	$\pm 1,0d$	
	Ukuran bagian	Umum. Dibandingkan dengan ukuran yang benar	$\pm 3,5$	$\pm 5,0$	
		Khusus untuk tinggi lantai dan pembujur pada dasar ganda (double bottom). Dibandingkan dengan ukuran yang benar	$\pm 2,5$	$\pm 4,0$	
		Lebar permukaan pelat hadap. Dibandingkan dengan ukuran yang benar.	$\pm 2,0$	-3,0 - +4,0	

	Sudut karpuk	Las otomatis	+ 2°	+ 4°	
		Las semi otomatis dan las tangan	± 2°	± 4°	

BAGIAN		FABRIKASI			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN
Flensa membujur	Lebar Flensa	Dibandingkan dengan ukuran yang benar.	± 3,0	± 5,0	
	Tinggi bilah		± 3,0	± 5,0	
		Dibandingkan dengan ukuran yang benar.	± 2,0	± 3,0	Dalam hal mana kekuatan khusus dikehendaki. Misalnya: pembujur dsb.
	Sudut antara sarang dan flensa	Dibandingkan dengan template pada lebar flensa 100 mm	± 2,5	± 4,5	
	Lengkungan atau kelurusan pada bidang datar flensa		± 10	± 25	

Per 10 m panjang

	Lengkungan atau kelurusan pada bidang datar sarang	Per 10 m panjang	± 10	± 25	
Flensa Sudut	Lebar flensa	Dibandingkan dengan ukuran yang benar	$\pm 3,0$	$\pm 5,0$	
	Sudut antara sarang dan flensa	Dibandingkan dengan lebar template pada lebar flensa per 100 mm.	$\pm 3,0$	$\pm 5,0$	

BAGIAN		FABRIKASI			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN
Mal untuk lengkungan (bidang datar atau kotak)	Mal berbentuk kotak	Kedudukan ujung pelat, dibandingkan dengan salah satu yang benar	$\pm 2,0$	$\pm 4,0$	
		Bentuk permukaan lengkungan, dibandingkan dengan salah satu yang benar	$\pm 2,0$	$\pm 4,0$	Untuk yang besar $\pm 5,0$

	Penampang mal	Kedudukan garis periksa untuk kelurusan dengan cara penglihatan, dibandingkan dengan salah satu yang benar (untuk melintang)	$\pm 1,5$	$\pm 3,0$	
		(untuk membujur)	$\pm 1,5$	$\pm 1,5$	
		Bentuk dibandingkan dengan salah satu yang benar	$\pm 1,5$	$\pm 3,0$	
	Mal lain	Bentuk, dibandingkan dengan salah satu yang benar	$\pm 1,5$	$\pm 3,0$	
	Sudut senta	Sudut	$\pm 1,5$	$\pm 2,0$	
		Dibandingkan dengan mal.			
	Gading-gading dan pembujur	Lengkungan	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	
		Dibandingkan dengan mal.			
	Gading-gading dan pembujur	Lengkungan, dibandingkan dengan mal atau garis periksa setiap 10m panjang	$\pm 2,0$	$\pm 4,0$	
		Penyimpangan dari bentuk yang benar.	3,0	5,0	
		Bentuk yang benar			

		Penyimpangan sudut flensa	$\pm 1,5$	$\pm 3,0$	
		Dibandingkan dengan mal			
		Penyimpangan pelat hadap			

BAGIAN		FABRIKASI			Unit : mm		
SEKSI	SUB SEKSI	HAL		Standar	Toleransi	KETERANGAN	
Pelat	Sekat gelombang	Tinggi gelombang (T)		$\pm 3,0$	$\pm 6,0$		
		Lebar gelombang dibandingkan dengan salah satu yang benar		A	$\pm 3,0$	$\pm 6,0$	
				B	$\pm 3,0$	$\pm 6,0$	
	Dinding gelombang	Dibandingkan dengan salah satu yang benar	Jarak antara titik tengah gelombang		$\pm 6,0$	$\pm 9,0$	Kalau tidak digabungkan dengan yang lain.
					$\pm 2,5$	$\pm 3,0$	Kalau digabungkan dengan yang lain
			Tinggi		$\pm 2,5$	$\pm 5,0$	
	Bangun silindris (tiang agung, dsb)	Diameter		$\pm \frac{D}{200}$ tetapi maks. $\pm 5,0$	$\pm \frac{D}{150}$		

tetapi
maks.
 $\pm 7,5$

	Lengkungan pelat kulit	Dalam hal garis periksa (untuk membujur)		$\pm 2,5$	$\pm 5,0$	
		(Untuk melintang)		$\pm 2,5$	$\pm 5,0$	
		Jarak antara pelat kulit dengan penampang mal		$\pm 2,5$	$\pm 5,0$	
Temperatur pemanasan maksimum pada permukaan	.50HT .TMCP	Pendingin air dengan air	dibawah 650°C			50HT = 50Kg classingher tensile stell
	tipe 50HT (ceq.>0, 38%)	Pendinginan dengan udara kemudian dengan air setelah pemanasan	dibawah 900°C			TMCP = Thermo-Mechanical Control Process

		.TMCP tipe 50HT (ceq.≤0,38%) AH~DH	Pendinginan dengan air sesaat setelah pemanasan atau pendinginan dengan udara	dibawah 1000°C		Ceq. Didefinisikan oleh IACS
		.TMCP tipe 50HT (ceq.≤0,38%) EH	Pendinginan dengan air sesaat setelah pemanasan atau pendinginan dengan Udara	dibawah 900°C		
BAGIAN		PRAKTIK AWAL			Unit : mm	
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN	
Ketelitian dari ukuran	Perakitan pelat datar	Lebar perakitan awal	± 4	± 6	Potong, apabila terlalu panjang	
		Panjang perakitan awal	± 4	± 6	Potong, apabila terlalu panjang	
		Bentuk kesegitupatan perakitan awal	4	8	Ukurlah perbedaan panjang diagonal pada penandaan	

					garis akhir. Apabila perbedaannya melebihi garis akhir tersebut.
		Distorsi perakitan awal	10	29	Ukurlah permukaan gading besar atau penumpu
		Penyimpangan konstruksi bagian dalam dari pemasangan pelat kulit	± 5	± 10	Kecuali apabila konstruksi bagian dalam dihubungkan dengan cara sambungan tumpang.
		Lebar perakitan awal	± 4	± 8	Ukurlah sepanjang lengkungannya a. Potong, apabila terlalu panjang.
		Panjang perakitan awal	± 4	± 8	Potong apabila terlalu panjang
			10	20	Ukurlah permukaan sarang penumpu. Apabila perbedaannya melebihi batas, betulkanlah penandaan garis akhir tersebut.
		Kesegi-empatan dari perakitan awal	10	15	Perbedaan garis dasar untuk penandaan

					Atau perbedaan panjang diagonal pada penandaan
		Penyimpangan konstruksi bagian dalam dari pemasangan pelat kulit	Sama seperti untuk awal [erakitan		
	Perakitan awal pelat blok	Lebar setiap panel. Panjang dari setiap panel. Kesegi-empatan setiap panel. Distorsi setiap panel. Distorsi bagian dalam dari pelat kulit	Sama seperti untuk perakitan awal pelat datar		
BAGIAN		PRAKTIK AWAL			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN

Ketelitian dari ukuran	Perakitan awal blok pelat rata	Puntiran pada perakitan awal	10	20	Diukur sebagai berikut : Titik A,B,C diletakkan pada suatu bidang, kemudian ukurlah penyimpangan dari titik D pada bidang tersebut. Apabila penyimpangan melalui batas, dapat dirakit ulang sebagian.
		Penyimpangan bagian atas/bawah panel terhadap C.L atau B.L	5	10	
		Penyimpangan bagian atas/bawah panel dari garis gading/Fr.L.	5	10	
	Perakitan awal pelat lengkung	Lebar setiap panel	Sama seperti untuk perakitan awal pelat rata		
		Panjang setiap panel			
		Distorsi setiap panel			
		Penyimpangan pada konstruksi bagian dalam pelat kulit			
Puntiran perakitan awal	15	25	Sama seperti untuk		

					perakitan awal pelat rat
		Penyimpangan bagian atas/bawah panel dari C.L atau B.L	7	15	Rakit ulang sebagian, apabila penyimpangan melampaui batas
		Penyimpangan bagian atas/bawah panel dari garis gading/Fr.L	7	15	
	Perakitan awal blok meliputi kerangka butiran	Jarak antara bagian atas dan bawah dari kokot (gudgeon)(a)	± 5	± 10	

BAGIAN		PRAKTIK AWAL			Unit : mm		
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN		
Ketelitian ukuran	Perakitan awal khusus	Perakitan awal termasuk kerangka buetian	Jarak antara ujung belakang dari boss dan sekat buritan	± 5	± 10	(c) puntiran dari bidang termasuk garis tengah kapal (C.L)	
			Puntiran dari perakitan awal (c)	5	10		
			Penyimpangan dari daun kemudi terhadap as poros (d)	4	8		
		Lain – lain	Sama seperti perakitan awal blok pelat lengkung				
		Daun kemudi	Puntiran dari pelat daun kemudi	6	10		Perbaiki atau rakit ulang sebagian
			Lain-lain	Sama seperti perakitan awal blok pelat lengkung			
		Pondasi mesin induk	Keretaan dari pelat atas pondasi mesin induk	5	10		
			Lebar dan panjang dari pelat atas mesin induk	± 4	± 6		
			Lain - lain	Sama seperti perakitan awal blok pelat lengkung			

BAGIAN		KETELITIAN BENTUK LAMBUNG			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN
Ukuran Pokok	Panjang	Panjang antara garis tegak	± 50 per 100m	Tidak didefinisikan	Digunakan untuk kapal dengan panjang 100 meter atau lebih. Untuk memudahkan pengukuran panjang titik dimana lunas dihubungkan ke lengkung dari stem dapat dipakai sebagai garis tegak depan pada pengukuran penjang.
		Panjang antara tepi boss dan mesin utama	± 25	Tidak didefinisikan	Untuk ketelitian, dalam hubungannya dengan panjang as
	Lebar	Lebar dalam (moulded) pada bagian tengah kapal	± 15	Tidak didefinisikan	Digunakan untuk lebar kapal 15m atau lebih. Diukur pada geladak atas (upper deck)
	Tinggi	Tinggi dalam (moulded) pada bagian tengah kapal	± 10	Tidak didefinisikan	Digunakan untuk tinggi kapal 10m atau lebih

BAGIAN		KETELITIAN BENTUK LAMBUNG			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	Standar	Toleransi	KETERANGAN
Perubahan bentuk lambung	Kerataan lunas	Perubahan bentuk	± 25	Tidak didefinisikan	Atas (-) dan bawah (+) terhadap garis periksa tampak lunas
		Perubahan bentuk ukuran jarak antara dua buah sekat yang berdekatan	± 15	Tidak didefinisikan	Pemeriksaan dengan terus menerus atau sesekali Ketidak rataan setempat, lihat pada "Bagian perubahan bentuk"
	ketegakan	Ketegakan lambung depan	± 30	Tidak didefinisikan	Atas (-) dan bawah (+) terhadap garis periksa lunas pada gading haluan dibagian lunas datar.

	Kenaikan dari lantai	Ketegakan lambung belakang	± 20	Tidak didefinisikan	Atas (-) dan bawah (+) terhadap garis periksa lunas pada garis tegak buritan
		Rise of floor pada bagian tengah kapal	± 15	Tidak didefinisikan	Tinggi rendah dari bilga, dibandingkan dengan tinggi perencanaan. Ukurlah pada bagian datar menerus melalui permukaan terluar dari pelat lunas.

BAGIAN	PENGELASAN			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	TOLERANSI	KETERANGAN
BENTUK MANIK	Tinggi Lebar manik Sudut rusuk		h= tidak didefinisikan B= tidak didefinisikan $\Theta \leq 90^0$	Dalam hal $\Theta > 90^0$ harus diperbaiki dengan gerinda atau pengelasan agar $\Theta \leq 90^0$

	Under cut (Las isi)	Pelat kulit dan pelat hadap antara 0,6L	>90 mm menerus $d \leq 0,5$	Harus diperbaiki dengan menggunakan elektroda yang tepat. (hati-hati, hindari pembentukan manik sesaat untuk baja tegangan tinggi)
		Lain-lain	$d \leq 0,8$	
	Under cut (las sudut)			
	Panjang kaki	Dibandingkan dengan salah satu yang benar (L,I)	L = Panjang kaki I = Tinggi kaki $\geq 0,9 L$ $\geq 0,9 I$	Dalam hal kaki las melebihi batas toleransi, las kembali disekitarnya. (hati-hati, hindari pembentukan manik sesaat untuk baja tegangan tinggi)
Distorsi dari penyambungan las	Distorsi sudut dari penyambungan las	Pelat kulit antara 0,6L	Jarak antara gading atau balok geladak $W \leq 6$	Dalam hal ini, apabila melebihi batas toleransinya harus diperbaiki dengan pemanasan garis atau dilas ulang setelah pemotongan dan pemasangan kembali
		Pelat kulit bagian depan dan buritan kapal serta bagian dari kekuatan melintang	$W \leq 7$	

		Lain-lain	$W \leq 8$	
--	--	-----------	------------	--

BAGIAN	PENGELASAN			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	TOLERANSI	KETERANGAN
Manik Sesaat	Manik pengelasan cantum Perbaikan dari goresan	- 50 HT - Baja tuang/cast steel - TMCP tipe 50 HT (ceq.>0,36%)	≥ 50	Dalam hal pembentukan manik sesaat tidak dapat dihindari, pemanasan awal sebaiknya dilakukan pada 100 ± 25^0 C
		Baja lunak kelas E	≥ 30	Apabila pembentukan manik sesaat menjadikan salah, hilangkan manik sesaat tersebut dengan gerinda, dan dilas melebihi toleransi panjang bead setelah pemeriksaan crack.
		TMCP tipe 50 HT (Ce _q ≤ 0,36 %)	≥ 10	
	Perbaikan Manik Las	- 50 HT - Baja tuang/cast steel - TMCP tipe 50 HT (ceq.>0,36%)	≥ 50	≥ 30

Baja lunak kelas E

		TMCP tipe 50 HT (Ceq. \leq 0,36 %)	≥ 30	
Pemantik busur		<ul style="list-style-type: none"> - 50 HT - Baja tuang/cast steel - Baja lunak kelas E - TMCP tipe 50 HT 	Tidak diijinkan	Dalam hal pemantik busur yang dibuat dengan salah, hilangkan bagian yang mengeras dengan gerinda dan las kembali melebihi toleransi panjang dari manik sesaat pada pemantik busur.
Pemanasan awal	Temperatur yang diperlukan untuk pemanasan awal	TMCP tipe 50 HT (Ceq. \leq 0,36 %)	$T \leq 0^{\circ} \text{C}$	Dalam hal ceq. Pada masing-masing pelat berbeda pada penyambungan, maka toleransi ceq. Yang lebih besar yang digunakan
		<ul style="list-style-type: none"> - 50 HT - Baja tuang/cast steel - TMCP tipe 50 HT (ceq. $>$0,36%) 	$T \leq 5^{\circ} \text{C}$	
		Baja lunak	$T \leq -5^{\circ} \text{C}$	

BAGIAN	KELURUSAN DAN PENYELESAIAN AKHIR			Unit : mm	
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	TOLERANSI	KETERANGAN	
Jarak minimum antara pengelasan terhadap pengelasan di dekatnya	Jarak antara las dan isi		$a \geq 30$	Konstruksi detail ditetapkan pada lantai pola atau pada seksi gambar kerja, apabila ini tidak digambarkan pada rencana (gambar umum) yang disetujui Angka-angka pada bagian ini menunjukkan keadaan akhir	
			$a \geq 0$		
	Jarak antara las isi terhadap las sudut	Konstruksi utama		$a \geq 10$	Dalam hal manik-manik paralel
				$a \geq 0$	
		Konstruksi lain		$a \geq 5$	
				$a \geq 0$	

Jarak antara bagian	Jarak antara pelat dan penegar	<p>Penegar yang dipasang tegak lurus terhadap pelat</p> <p>Apabila $C > 3$, beberapa perlakuan berikut ini dapat digunakan</p>	$C \leq 3$	Jarak antara pelat dan penegar harus kurang dari 3 mm, apabila terjadi kesukaran/ memungkinkan untuk membuat rata permukaan pelat.
		Penegar dipasang miring terhadap pelat (tanpa persiapan kampuh)	$B \leq 3$	

BAGIAN	KELURUSAN DAN PENYELESAIAN AKHIR				Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	STANDAR	TOLERAN SI	KETERANGAN
Jarak antara bagian	Konstruksi menerus dan pelat mengendap			$C1 \leq 3$	
Ketelitian pemasangan	Kelurusan sambungan sudut	Bagian kekuatan		$a \leq 1/3 t2$	$a \leq 1/2 t2$ pasang ulang
	a = Perbedaan t = Ketebalan $t1 \geq 12$	Lain-lain	$a \leq 1/3 t2$	$a \leq 1/2 t2$	$a \leq 1/2 t2$ pasang ulang
	Jarak antara balok geladak dan gading	a = perbedaan	$a \leq 3$	$a \leq 5$	Angka-angka toleransi menunjukkan bahwa bagian/konstruksi dapat dilas dengan tarikan

	Jarak sebelum pengelasan	Las sudut	$a \leq 2$	$a \leq 3$	<p> $13 < a \leq 5$ Penambahan kaki las : Peraturan kaki las + (a-2) $25 < a \leq 16$ Persiapan pengelasan dengan kampuh miring atau perlakuan lamak. </p> <p> <u>Persiapan dengan kampuh miring</u> </p> <p> Buat kemiringan ujung sorong 30°-40°. Lekatkan pada pelat penahan belakang dan setelah pengelasan, lepas penahan tersebut. Kemudian las sisi lawannya. </p> <p> <u>Perlakuan dengan lamak</u> </p> <p> $3 a > 16$ Dengan perlakuan lamak atau sebagian diperbarui </p>
--	--------------------------------	-----------	------------	------------	---

BAGIAN	KELURUSAN DAN PENYELESAIAN AKHIR				Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	STANDAR	TOLERAN SI	KETERANGAN
Ketelitian Pemasangan	Jarak sebelum pengelasan	Las isi (las tangan)	$2 \leq a \leq 3,5$	$a \leq 5$	<p>1 $5 < a \leq 16$</p> <p>Setelah dilakukan pengelasan dengan pelat penahan, lepaslah pelat penahan tersebut kemudian sempurnakanlah pengelasan tersebut</p> <p>2 $16 < a < 25$ Las kembali dengan persiapan kampuh atau diperbarui sebagian</p> <p>3 $a > 25$ Diperbarui sebagian</p>
		<p>Las isi (las otomatis)</p> <p>1. Pengelasan busur rendah pada kedua sisinya.</p>	$0 \leq a \leq 0,8$	$a \leq 5$	Dalam hal mana ini diperkirakan dibakar menerus, harus dibuat lapisan manik

		2. Pengelasan busur rendah dengan las tangan atau CO ₂ .	$0 \leq a \leq 3,5$	$a \leq 5$	Dalam hal mana $a > 5$ mm, lihat "Las tangan"
		3. Pengelasan busur rendah pada salah satu sisinya dengan alas bawah flux tembaga atau flux	$0 \leq a \leq 1,0$	$a \leq 3$	Dalam hal mana ini diperkirakan dibakar terus menerus, harus dibuat lapisan manik
		4. Pengelasan busur rendah pada salah satu sisinya dengan alas bawah serat asbes	$0 \leq a \leq 4$	$a \leq 7$	Dalam hal mana ini diperkirakan dibakar menerus, ini harus diseduai dengan serbuk metal atau dibuat lapisan manik

BAGIAN	KELURUSAN DAN PENYELESAIAN AKHIR				Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	STANDAR	TOLERAN SI	KETERANGAN
Ketelitian Pemasangan	Jarak sebelum pengelasan	5. Pengisian CO2 satu sisi. (dengan pelat penahan)	$2 \leq a \leq 8$	$a \leq 16$	$16 < a$ Sama seperti las tangan
		6. Pengelasan elektro gas	$9 \leq a \leq 16$	$a \leq 16$	$22 < a$ Las kembali dengan persiapan kampuh atau diperbarui sebagian
		7. Pengelasan elektro gas sederhana	$2 \leq a \leq 8$	$a \leq 10$	$10 < a$ Las kembali dengan persiapan kampuh atau diperbarui sebagian
		Las tumpang Atau	$\leq a \leq 2$	$a \leq 3$	$13 < a \leq 5$ Penambahan kaki las : Peraturan kaki las + a $2a > 5$ Pasang ulang

	Kelurusan sambungan las isi	Bagian kekuatan		$a \leq 0,15t$ (maks 3)	$a > 0,15t$ atau $a > 3$ Pasang ulang
	a : perbedaan t : ketebalan (pelat yang paling tipis)	Lain-lain		$a \leq 0,2t$ (maks 3)	$a > 0,2t$ atau $a > 3$ Pasang ulang

BAGIAN	KELURUSAN DAN PENYELESAIAN AKHIR				Unit : mm	
SEKSI	SUB SEKSI	HAL		STANDAR	TOLERANSI	KETERANGAN
Penyelesaian akhir bekas pengerjaan sementara	Bagian yang harus bagus penampakan nya	Permukaan luar dari pelat kulit. Gelagak terbuka. Bangunan atas yang terbuka.		Digerinda		
	Bagian yang tak perlu berpenampakan bagus	Bagian dalam tangki. Bagian dalam langit-langit. Deck yang diberi lapisan dengan komposit geladak dsb		Digerinda hanya pada bagian yang kelihatan nyata pada waktu penyelesaian akhir.		
	Goresan	Kedalaman (d)	$10 < l$	$d \leq 0,8$		$1 d < 0,07t$ (maks 3) Digerinda atau dilas $2 0,07t \leq d$ dilas
		Panjang (l)	$l < 10$	$d \leq 1,0$		

	BAGIAN	KELURUSAN DAN PENYELESAIAN AKHIR	
SEKSI	SUB SEKSI	Penyangga dan plat mata untuk angkat yang harus dihilangkan	KETERANGAN
Penyangga	Dalam tangki	Tidak perlu dihilangkan	<ul style="list-style-type: none"> - Pelat mata untuk angkat yang diperkirakan akan mengalami kelelahan (fatigue strength) harus dihilangkan. - Cara menghilangkan : <ol style="list-style-type: none"> 1. Bagian-bagian yang mengganggu pandangan lorong-lorong diratakan terhadap pelat dasar. 2. Yang lain harus dikerjakan dengan gas potong pada daerah yang diisyaratkan
	Dalam ruang mesin	Bagian yang tampak mengganggu pandangan dan lorong-lorong.	
	Dalam ruang muat	Bagian bawah ruang muat dan ambang palkah	
	Bagian yang terbuka dari pelat kulit, geladak, dsb.	Dihilangkan	
Pelat mata angkat	Dalam tangki	Tidak perlu dihilangkan kecuali yang mengganggu lorong	Tetapi bagian yang secara khusus mementingkan kekuatan harus dikerjakan dengan menambah kaki las.
	Dalam ruang mesin	Bagian yang mengganggu pandangan dan lorong-lorong.	
	Dalam ruang muat	Dihilangkan kecuali dibalik geladak.	
	Bagian yang terbuka dari pelat kulit, geladak, dsb.	Dihilangkan	

BAGIAN	KELURUSAN DAN PENYELESAIAN AKHIR			Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	TOLERANSI	KETERANGAN
Perlakuan terhadap kesalahan pembuatan lubang	D < 200	Bagian kekuatan pada pelat kulit	A	Bukaan lubang lebih dari Ø 75mm
			Atau B	Bukaan lubang lebih dari Ø 200mm
		Lain - lain	B, C atau D	Untuk B, buka lubang dari Ø 200mm
	D ≥ 200	Bagian kekuatan pada kulit	B	Metode perlakuan A : Tambah pasak
		Lain - lain	B atau C	
	Gerigi, skalop, slot.		B atau C	

BAGIAN	PERUBAHAN BENTUK			Unit : mm	
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	STANDAR	TOLERAN SI	KETERANGAN
Kelurusan pelat diantara gading	Pelat kulit	Pelat sisi yang paralel	4	6	
		Pelat dasar yang paralel	4	6	
		Pelat haluan dan pelat buritan	5	7	
	Pelat atas tangki dasar ganda		4	6	
	Sekat	Sekat membujur Sekat melintang Sekat cambung	6	8	
	Geladak kekuatan	Bagian yang paralel (antara 0,6L)	4	6	
		Haluan dan buritan	6	9	
		Bagian tertutup	6	9	
	Geladak kedua	Bagian yang terbuka	6	8	
		Bagian yang tertutup	7	9	
	Geladak anjungan dan buritan	Bagian yang terbuka	4	6	
		Bagian yang tertutup	7	9	
	Geladak bangunan atas	Bagian yang terbuka	4	6	
		Bagian yang tertutup	7	9	
	Geladak silang		5	7	
	Dinding ruang	Dinding luar	4	6	
		Dinding dalam	4	6	
		Bagian tertutup	7	9	
	Kontruksi bagian dalam	Penumpu lintang	5	7	
	Lantai dan penumpu dari dasar ganda		6	8	

BAGIAN	PERUBAHAN BENTUK				Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	STANDAR	TOLERAN SI	KETERANGAN
Penyimpangan gading	Pelat kulit	Pelat sisi yang paralel	$\pm 2\ell/1000$	$\pm 3\ell/1000$	harus diukur setiap satu jarak pelintang. (Min. $\ell=3$ M) Pengukuran panjang sekitar 5M untuk sekat, dinding luar, dsb.
		Pelat haluan dan buritan	$\pm 3\ell/1000$	$\pm 4\ell/1000$	
	Pelat atas tangki dasar ganda		$\pm 3\ell/1000$	$\pm 4\ell/1000$	
	Sekat		$\pm 4\ell/1000$	$\pm 5\ell/1000$	
	Akomodasi	Geladak	$\pm 3\ell/1000$	$\pm 4\ell/1000$	
		Diluar dinding	$\pm 2\ell/1000$	$\pm 3\ell/1000$	
	Lain - lain		$\pm 5\ell/1000$	$\pm 26/1000$	
Konstruksi lainnya	Distorsi girder dan transver. (Pada bagian ujung atas flensa)	Panjang rentangan	5	8	
	Distorsi dari : - Kontruksi membujur - Gading-gading, balok geladak melintang - Penegar (pada bagian flensa)	$\ell \leq 1000$	5	8	
		$1000 < \ell$	$3+2\ell/1000$ (maks. 10)	$6+2\ell/1000$ (maks. 13)	
	Distorsi pilar H antara geladak		4	6	
	Distorsi penguat silang	Distorsi arah belakang.	6	10	

		δ_1 (hanya penguat silang)			
		Distorsi arah belakang. δ_2 (penguat silang + serang melintang)	12	16	
	Distorsi penyangga jungkir dan penegar kecil	Distorsi pada bagian ujung bebas		t ~	
	Distorsi pelat hadap		$a=2+b/100$	$a=5+b/100$	

BAGIAN	LAIN - LAIN				Unit : mm
SEKSI	SUB SEKSI	HAL	STANDAR	TOLERAN SI	KETERANGAN
pengecatan sambungan las pada test kekedapan atau inspeksi pembangunan	Sambungan las perakitan awal dan perakitan		Dicat setelah blok konstriksi diinspeksi	Tidak didefinisikan	Cat dasar (shop primer) dapat dipakai.
	Sambungan las pada ereksi		<p>Pengecatan setelah test kekedapan.</p> <p>Las isi pada kulit dicat lapisan dasar (wash primer) sebelum inspeksi konstruksi final/ terakhir.</p> <p>Pengecatan dilakukan sebelum test kekedapan apabila tangki diberi cat perlindungan khusus ditest secara hidrolik.</p>	Las isi pada pelat kulit dicat setelah inspeksi konstruksi akhir dan sebelum test kebocoran	
Tanda sarat	Menurut mal (pola)		± 1,0	± 2,0	

Tanda lambung timbul	Menurut mal (pola)		± 0,5	± 0,5	
----------------------	--------------------	--	-------	-------	--

ISBN 978-979-060-078-2
ISBN 978-979-060-080-5

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 22.946,00