

MODUL PEMBELAJARAN
PERANCANGAN PERMESINAN
PERKAPALAN



Disusun oleh:
MOHAMMAD DANIL ARIFIN ST. MT



PROGRAM STUDI TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
JAKARTA
2020

EDISI

1

KATA PENGANTAR

Penyusunan Modul Pembelajaran Perancangan Permesinan Perkapalan ini merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari upaya untuk mewujudkan *Student Centered Learning* yang aktif dan kreatif serta dalam rangka meningkatkan kompetensi lulusan Teknik Sistem Perkapalan.

Modul pembelajaran ini dapat terselesaikan dengan baik tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Sehubungan dengan itu, maka melalui kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan sebesar besarnya khususnya kepada Fakultas Teknologi Kelautan dan Universitas Darma Persada pada umumnya.

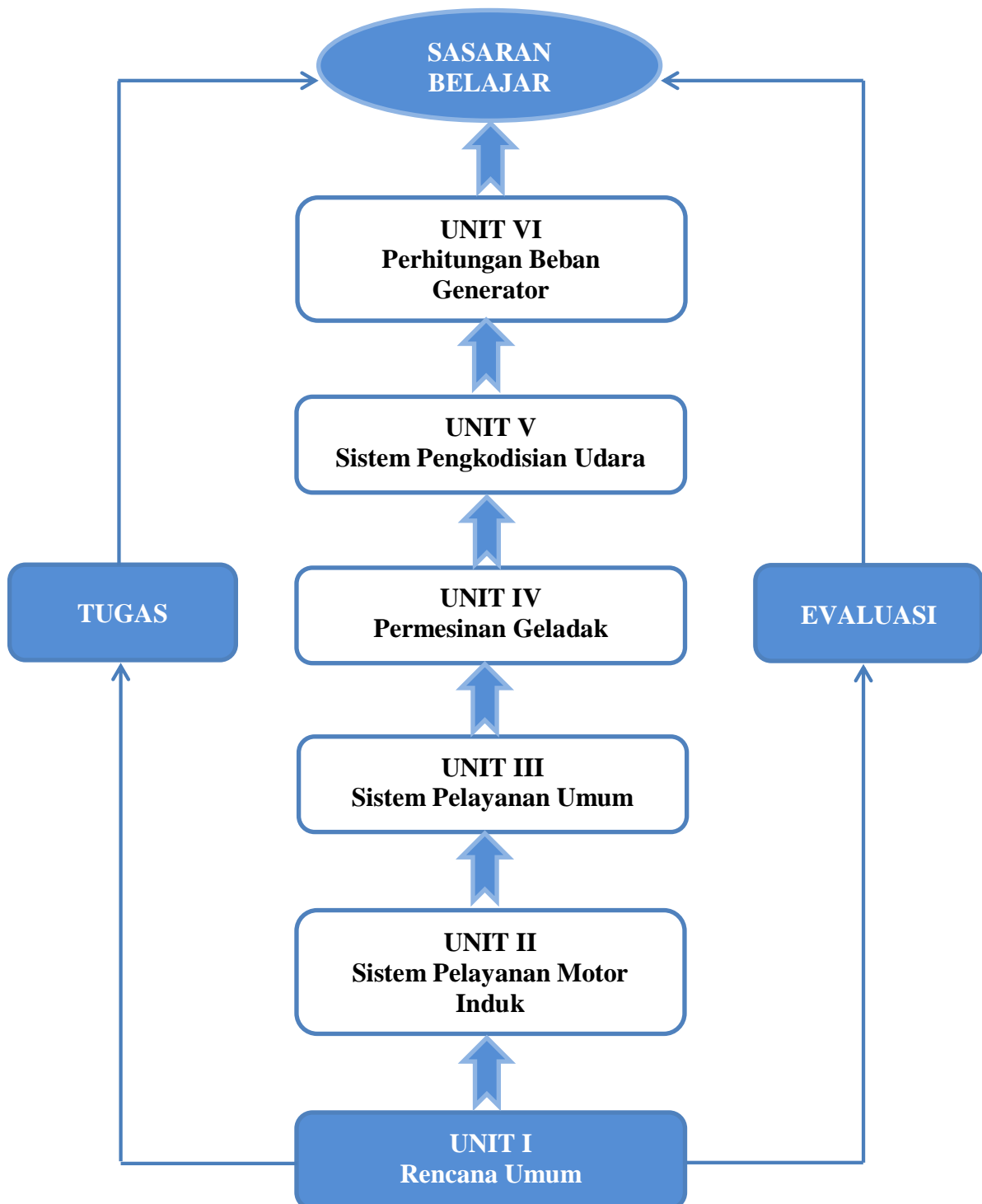
Penulis sepenuhnya menyadari bahwa modul pembelajaran ini belum sempurna. Saran-saran yang bersifat konstruktif dari berbagai pihak, tetap penulis nantikan. Semoga modul pembelajaran ini dapat memberi kontribusi yang bermakna bagi peningkatan efektivitas proses dan optimalisasi hasil pembelajaran dalam lingkup Universitas Darma Persada, dan khususnya dalam lingkup Fakultas Teknologi Kelautan pada masa mendatang.

Jakarta, 20 Agustus 2020

Penulis Modul

Mohammad Danil Arifin ST. MT

PETA KEDUDUKAN MODUL
Mata Kuliah Perancangan Permesinan Perkapalan



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
PETA KEDUDUKAN MODUL.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
PENDAHULUAN.....	iv
RENCANA PEMBELAJARAN BERBASIS KOMPETENSI.....	vi
SASARAN BELAJAR.....	vii
UNIT I. RENCANA UMUM.....	1-15
UNIT II. SISTEM PELAYANAN MOTOR INDUK.....	1-25
UNIT III. SISTEM PELAYANAN UMUM.....	1-14
UNIT IV. PERMESINAN GELADAK	1-13
UNIT V. SISTEM PENGKONDISIAN UDARA.....	1-14
UNIT VI. BEBAN GENERATOR.....	1-12
DAFTAR PUSTAKA.....	1-2

PENDAHULUAN

Dalam mempersiapkan sumber daya manusia yang kompeten dan ahli di bidangnya, maka kita sebagai pendidik dalam suatu institusi pendidikan mempunyai tanggung jawab dalam membentuk jiwa dan semangat mahasiswa sebagai sumber daya manusia yang siap pakai nantinya, untuk berkreasi dan berinovasi didalam setiap bidang kehidupan.

Guna membantu dan mengarahkan sumber daya manusia yang kompeten, dalam hal ini mahasiswa teknik sistem perkapalan. Maka perlu adanya pedoman atau modul yang nantinya dapat dijadikan pedoman serta pegangan didalam menyusun dan merancang sistem-sistem pendukung serta mesin utama suatu kapal. Mengingat begitu banyaknya rancangan yang akan dibuat, dengan berbagai perhitungan yang cukup kompleks, diharapkan dengan adanya modul ini akan memberikan banyak manfaat. Salah satunya adalah meningkatkan jumlah lulusan yang mampu menyelesaikan kuliah dengan tepat waktu. Mengingat masih banyaknya mahasiswa yang terganjal dengan Tugas Merancang Kapal, di Fakultas Teknologi Kelautan umumnya dan mahasiswa di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan khususnya.

Oleh karena, dalam kesempatan ini diharapkan modul Perancangan Permesinan Perkapalan dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa dengan sebaik-baiknya dan menjadi pedoman didalam menyelesaikan tugas merancang yang telah ditetapkan dengan baik dan benar sesuai dengan tata cara dan aturan yang berlaku. Dengan demikian, maka akan dihasilkan suatu lulusan yang memang benar-benar kompeten secara intelektual dan unggul di bidang Teknologi Sistem Perkapalan.

A. Penjelasan Modul

1. Modul ini disusun untuk satuan satu semester yaitu diperuntukkan untuk mahasiswa semester 7.
2. Modul ini dibuat berdasarkan atas kompetensi yang tertuang dalam Kompetensi Berbasis Kompetensi (Kompetensi Utama, Kompetensi Pendukung dan Kompetensi Lainnya), dimana modul ini telah disusun menjadi beberapa sub pembelajaran.
3. Setiap pembelajaran terbagi lagi menjadi sub-sub pembelajaran sesuai dengan SAP.
4. Struktur setiap sub pembelajaran terdiri dari penjelasan umum, ruang lingkup isi pembelajaran, sasaran pembelajaran, waktu pelaksanaan disertai tugas-tugas.

B. Petunjuk Pengerjaan Modul

1. Setiap mahasiswa wajib mengikuti dan mempelajari modul ini dalam kegiatan tatap muka kurang lebih 90% dan mengerjakan tugas-tugas mandiri 90%.
2. Modul ini disajikan sebagai bahan pembelajaran secara mandiri yang bisa dilakukan oleh setiap mahasiswa secara individual.
3. Setiap sasaran belajar berdasarkan tabel sasaran pembelajaran harus dicapai oleh para mahasiswa setelah mempelajari dan mengerjakan tugas-tugas mandiri.
4. Bagian materi pembelajaran harus dipelajari dengan seksama dan bagian kegiatan pembelajaran harus diikuti dan dilaksanakan para mahasiswa.
5. Bagian tugas-tugas harus dikerjakan dengan sebaik mungkin dan dikerjakan sesuai dengan petunjuk pengerjaan.
6. Setelah selesai mengerjakan tugas-tugas maka harus diserahkan kepada dosen yang bersangkutan untuk mendapatkan penilaian dan evaluasi.
7. Setiap mahasiswa akan diberikan penilaian pengerjaan tugas-tugas dosen yang bersangkutan, apakah mahasiswa tersebut sudah layak untuk mengikuti ujian perancangan atau belum tergantung dari hasil penilaian dan evaluasi yang diberikan oleh dosen pengampu matakuliah.

RENCANA PEMBELAJARAN BERBASIS KOMPETENSI
MATA KULIAH: PERANCANGAN PERMESINAN PERKAPALAN

Kompetensi Utama

- | | | |
|-----|---|-------------------|
| 1.1 | Mampu merancang sistem penggerak, propulsi kapal dan sistem permesinan secara efektif dan efisien. | Kompetensi TSP U1 |
| 1.2 | Mampu dan terampil merancang sistem instalasi perpipaan dan instrumentasi di kapal dan bangunan laut lainnya yang ramah lingkungan. | Kompetensi TSP U2 |
| 1.3 | Mampu merencanakan dan merancang sistem kelistrikan dan kontrol di kapal. | Kompetensi TSP U6 |

Kompetensi Pendukung

- | | | |
|-----|---|-------------------|
| 2.1 | Mempunyai kemampuan pengaplikasian teori dalam hal perancangan permesinan, survey dan reparasi kapal serta perencanaan transportasi laut. | Kompetensi TSP P1 |
| 2.2 | Mampu menganalisa dan merancang sistem permesinan, kelistrikan dan perpipaan di bidang industri. | Kompetensi TSP P3 |
| 2.3 | Mampu menguasai, memanfaatkan perkembangan IT, aplikasi dan software. | Kompetensi TSP P5 |

Kompetensi Lainnya

- | | | |
|-----|---|-------------------|
| 3.1 | Mampu dan terampil menangani aplikasi statistik dalam pemecahan masalah analisis data dari suatu penelitian | Kompetensi TSP L2 |
| 3.2 | Mampu memahami dan peka terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terkini dan peka terhadap isu K3 | Kompetensi TSP L4 |

SASARAN BELAJAR

Mampu dan terampil dalam perancangan mesin kapal terutama merancang sistem instalasi permesinan dan sistem penggerak kapal.

Minggu	Sasaran Pembelajaran	Materi Pembelajaran	Strategi Pembelajaran	Unit Tugas Mahasiswa	Kriteria Penilaian (Indikator)
1 - 2	Mampu merancang Rencana Umum (<i>General Arrangement</i>) <i>Kompetensi</i> MK No. 1.1, 1.2, 2.1, 2.3 dan 3.2	a. Perhitungan tinggi dasar ganda, jumlah sekat sesuai jenis kapal menurut klas b. Penentuan jumlah ABK untuk kapal yang dirancang c. Pembagian ruang berdasarkan kebutuhan di kapal d. Penentuan lokasi tangki, perhitungan volume tangki menurut keperluan	Kuliah Diskusi	Merancang dan mendesain rencana umum	Keaktifan Individu Ketepatan hasil kerja
3 - 5	Mampu menyusun sistem pelayanan motor induk. <i>Kompetensi</i> MK No. 1.1, 1.2, 2.1, 2.3 dan 3.2	a. Pengertian, perhitungan peralatan system start mesin dan perancangan system start. b. Pengertian sistem bahan bakar, perhitungan daya pompa bahan bakar, pilihan bahan bakar, perencanaan system bahan bakar	Kuliah Diskusi	Menyusun sistem pelayanan motor induk.	Keaktifan Individu Ketepatan hasil kerja

Minggu	Sasaran Pembelajaran	Materi Pembelajaran	Strategi Pembelajaran	Unit Tugas Mahasiswa	Kriteria Penilaian (Indikator)
Lanjutan dari halaman sebelumnya					
		<p>c. Penjelasan mengenai system pelumasan yang digunakan, jenis pelumas, perhitungan pompa pelumas, perencanaan system pelumasan.</p> <p>d. Perhitungan pompa pendingin, kapasitas air pendingin, perencanaan system pendingin.</p>			
6 - 8	Mampu menyusun sistem pelayanan umum <i>Kompetensi</i> MK No. 1.1, 1.2, 2.1, 2.3 dan 3.2	<p>a. Fungsi ballas, perhitungan kapasistas ballas, pompa ballas, diameter pipa utama, perancangan system ballas.</p> <p>b. Fungsi bilga, perhitungan pompa bilga, OWS, perencanaan system bilga.</p> <p>c. Jenis pemadam yang direncanakan, kapasitas pompa pemadam.</p> <p>d. Perhitungan pompa air laut, pompa air tawar, system pemanas (bila -</p>	Kuliah Diskusi	Menyusun sistem pelayanan umum	Keaktifan Individu Ketepatan hasil kerja

Minggu	Sasaran Pembelajaran	Materi Pembelajaran	Strategi Pembelajaran	Unit Tugas Mahasiswa	Kriteria Penilaian (Indikator)
Lanjutan dari halaman sebelumnya					
		menggunakan), perencanaan system air laut dan air tawar. e. penjelasan mengenai sewage dan discharge system			
9 - 10	Mampu menyusun permesinan geladak Kompetensi MK No. 1.1, 2.3 dan 3.2	a. Penjelasan steering gear, pemilihan daun kemudi dan perhitungan motor penggerak daun kemudi. b. Penjelasan mengenai sekoci dan penentuan spesifikasi sekoci c. Penjelasan sistem jangkar, sistem tambat, penentuan jumlah jangkar, perhitungan mesin jangkar. dan perhitungan mesin tambat d. Penjelasan <i>cargo gear system</i> (<i>crain, cargo pump</i> dll)	Kuliah Diskusi	Melakukan perhitungan dan pemilihan permesinan geladak	Keaktifan Individu Ketepatan hasil kerja
11 - 12	Mampu menyusun sistem pengkodisian udara	a. Penjelasan system pengkondisian udara, perhitungan nilai kalor yang timbul,	Kuliah Diskusi	Melakukan perhitungan dan menyusun sistem	Keaktifan Individu Ketepatan hasil kerja

Minggu	Sasaran Pembelajaran	Materi Pembelajaran	Strategi Pembelajaran	Unit Tugas Mahasiswa	Kriteria Penilaian (Indikator)
Lanjutan dari halaman sebelumnya					
	Kompetensi MK No. 1.1, 2.3 dan 3.2	b. Perhitungan beban pendinginan di kapal, dan perhitungan ducting system		pengkondisian udara	
13 - 14	Mampu menyusun perhitungan beban generator Kompetensi MK No. 2.2, 2.3 dan 3.2	a. Lampu navigasi, penerangan bongkar muat, penerangan akomodasi b. Menghitung total kebutuhan listrik di kapal, pemilihan genset	Kuliah Diskusi	Melakukan perhitungan dan menyusun sistem pengkondisian udara	Keaktifan Individu Ketepatan hasil kerja

UNIT I

RENCANA UMUM (*GENERAL ARRANGEMENT*)

A. Umum

Didalam mendesain sebuah kapal, terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan salah satunya adalah menyusun rencana umum (*general arrangement*) kapal. Yaitu merencanakan desain kapal yang isinya antara lain: menentukan dari ruangan–ruangan untuk segala kegiatan ABK, menentukan jumlah ABK berdasarkan fungsi kapal, dan penentuan lokasi tangki- tangki dll.

Tahapan penggambaran ini merupakan tahapan yang sangat menentukan apakah nantinya kapal yang kita desain tersebut sesuai dengan aturan atau tidak. Sehubungan dengan itu, maka diperlukan adanya pengetahuan aturan-aturan yang mendasar yang berkaitan dengan rencana umum di kapal. Unit I ini berisi pembahasan secara ringkas tentang aturan-aturan seperti yang telah dikemukakan di atas.

B. Ruang Lingkup Isi

Isi dari unit I ini secara garis besar antara lain meliputi hal-hal sebagai berikut: (1) Jarak gading, (2) Tinggi dasar ganda dan pembagian letak sekat, (3) Jumlah ABK, (4) Ruang Akomodasi, dan (5) Tangki-tangki.

C. Sasaran Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, mahasiswa diharapkan dapat memiliki kompetensi yang diindikasikan oleh kemampuan dalam menjelaskan dan mengaplikasikan aturan-aturan klas mengenai penentuan: (1) Jarak gading, (2) Tinggi dasar ganda dan pembagian letak sekat, (3) Jumlah ABK, (4) Ruang Akomodasi, dan (5) Tangki-tangki.

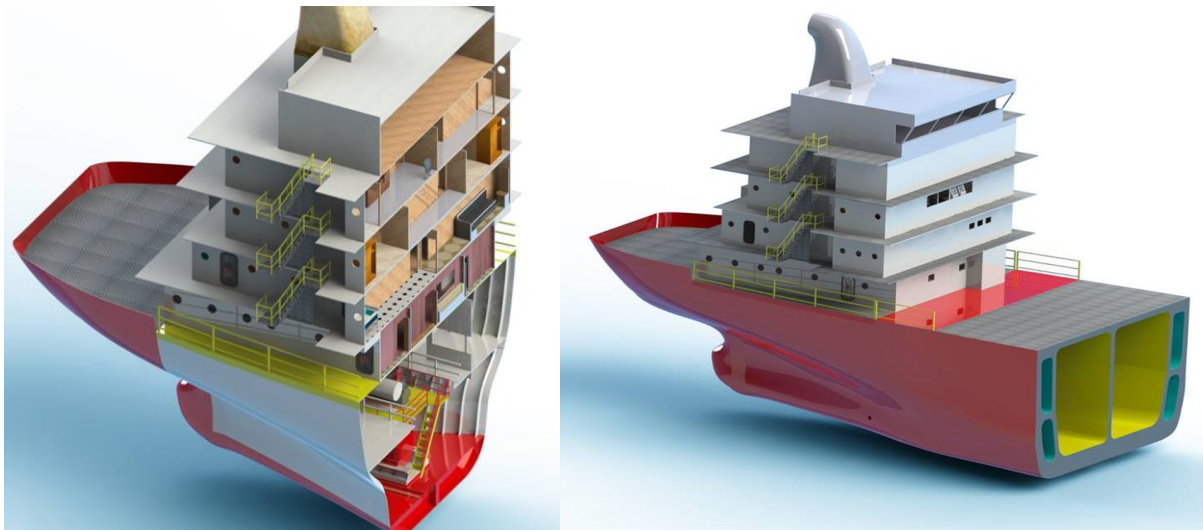
D. Waktu Pelaksanaan

2x pertemuan, minggu 1 dan minggu ke-2

MATERI PEMBELAJARAN

UNIT I

Rencana Umum (*General Arrangement*) dari sebuah kapal dapat didefinisikan sebagai perancangan didalam penentuan atau penandaan dari semua ruangan yang dibutuhkan, ruangan yang dimaksud seperti ruang muat dan ruang kamar mesin dan akomodasi, dalam hal ini disebut *superstructure* (bangunan atas). Disamping itu juga direncanakan penempatan peralatan-peralatan dan letak jalan-jalan dan beberapa sistem dan perlengkapan lainnya.



Gambar 1.1 Gambaran umum ruang akomodasi di kapal

Dalam pembuatan sebuah kapal meliputi beberapa pekerjaan yang secara garis besar dibedakan menjadi dua kelompok pengerjaan yakni kelompok pertama adalah perancangan dan pembangunan badan kapal sedangkan yang kedua adalah perancangan dan pemasangan permesinan kapal. Pengerjaan atau pembangunan kapal yang terpenting adalah perencanaan untuk mendapatkan sebuah kapal yang dapat bekerja dengan baik harus diawali dengan perencanaan yang baik pula.

Dalam perencanaan Rencana Umum terdapat beberapa hal yang perlu dijadikan pertimbangan yakni:

- a. Ruang muat merupakan sumber pendapatan, sehingga diusahakan volume ruang muat besar.
- b. Pengaturan sistem yang seanggih dan seoptimal mungkin agar mempermudah dalam pengoperasian, pemeliharaan, perbaikan, pemakaian ruangan yang kecil dan mempersingkat waktu kapal dipelabuhan saat sedang bongkar muat.

- c. Penentuan jumlah ABK seefisien dan seefektif mungkin dengan kinerja yang optimal pada kapal agar kebutuhan ruangan akomodasi dan keperluan lain dapat ditekan.
- d. Dalam pemilihan mesin bongkar muat dilakukan dengan mempertimbangkan mengenai berat konstruksi dan harga mesin.
- e. Ruang Akomodasi dan ruangan lain termasuk kamar mesin dilakukan dengan seefisien dan seefektif mungkin dengan hasil yang optimal.

Rencana umum adalah suatu proses yang berangsur-angsur disusun dan ini dari percobaan, penelitian, dan masukan dari data-data kapal yang sudah ada (pembanding).

Informasi yang mendukung pembuatan rencana umum:

- a. Penentuan jarak gading, dasar ganda dan pembagian sekat.
- b. Penentuan tangki-tangki terutama perhitungan volume seperti tangki untuk minyak, ballast, dan pelumas mesin.
- c. Penentuan volume ruangan akomodasi jumlah crew, penumpang dan standar akomodasi.

General arrangement umumnya dibuat berdasarkan peraturan dari klas. Ada banyak klas didalam dunia perkapalan. Berikut adalah macam-macam klasifikasi:

- a. *Lyod's Register of Shipping* (L.R.)
- b. *Bureau Veritas* (B.V.)
- c. *Registro Italiano, Navale ed Aeronautica* (R.I.)
- d. *American Bureau of Shipping* (A.B.S.)
- e. *Det Norske Veritas* (D.N.V.)
- f. *Germanischer Lloyd* (G.L.)
- g. *The British Corporation Register of Shipping and Air Craft* (B.C.)
- h. *Nippon Kaiji Kyokai* (NK)
- i. Biro Klasifikasi Indonesia (B.K.I.)

A. Penentuan jarak gading

Konstruksi kerangka gading-gading melintang merupakan penegar-penegar tegak yang dipasang pada pelat lambung dan berfungsi untuk memperkuat pelat lambung dari tekanan air diluar kapal.

Jarak gading melintang di lambung bervariasi dan sangat bergantung pada ukuran panjang kapal. BKI menentukan jarak gading standar a_0 dari sekat ceruk buritan hingga 0,2 L dari garis tegak haluan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$a_0 = \frac{L}{500} + 0,48 \text{ (m)}$$

Jarak gading di depan sekat tubrukan dan di belakang sekat ceruk buritan menurut BKI vol II section 9 A.1.1.2, jarak antara 2 gading yang terdapat di belakang sekat ceruk buritan dan di depan sekat tubrukan tidak boleh melebihi 600 mm.

B. Tinggi dasar ganda dan pembagian letak sekat

o Dasar Ganda

Pada kapal kargo *double bottom* dipasang sepanjang dari sekat tubrukan ke sekat buritan, dimana secara teknis pemasangan dari *double bottom* ini harus disesuaikan dengan desain kapal. Untuk kapal penumpang lihat section 29, untuk kapal tanker lihat section 24 serta untuk kapal bulk carier lihat section 23 dari BKI 2006.

Menurut BKI vol II section 24 A 3.3, tinggi *double bottom* pada kapal tanker adalah sebagai berikut:

1. Kapal tanker dengan ukuran 5000 tdw atau lebih

$$h = \frac{B}{15} \text{ (m) atau 2,0 m} \quad \implies \text{dimana } h_{\min} = 1,0 \text{ m}$$

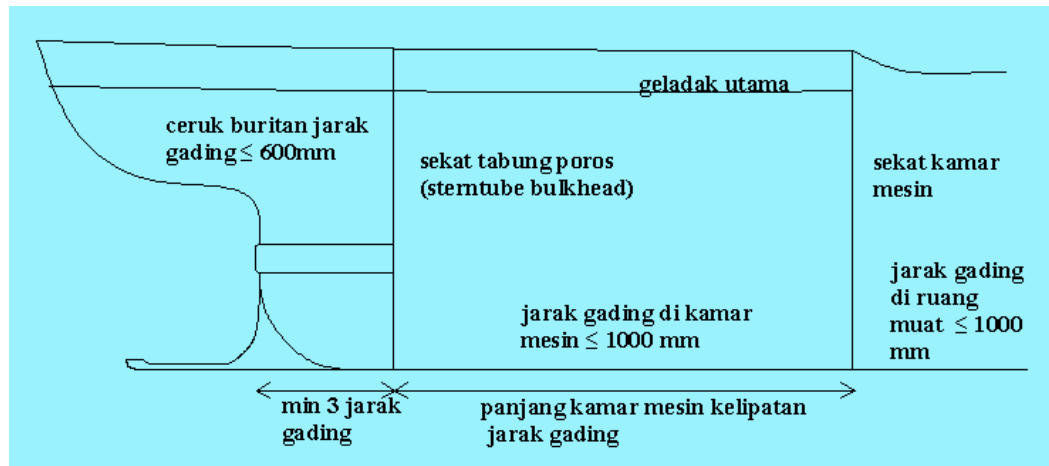
2. Kapal tanker dengan ukuran kurang dari 5000 tdw

$$h = \frac{B}{15} \text{ (m) atau 2,0 m} \quad \implies \text{dimana } h_{\min} = 0.76 \text{ m}$$

o Pembagian letak sekat

1. Sekat kedap tabung poros/ sekat buritan

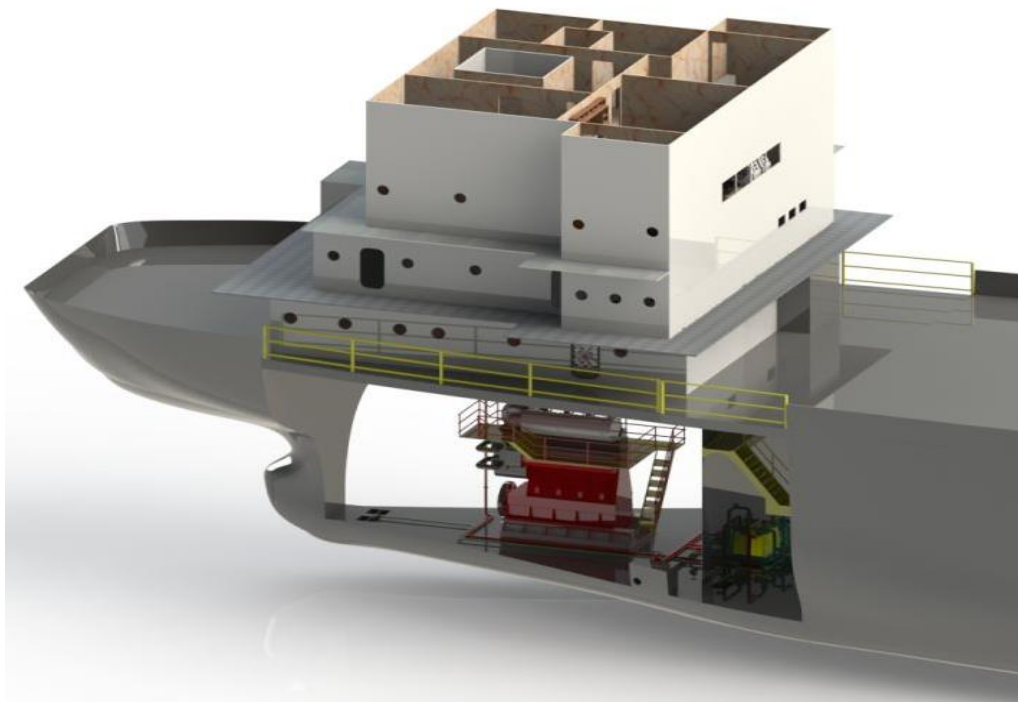
Sekat ceruk buritan sekurang-kurangnya adalah berjarak 3 jarak gading. Dalam merencanakan jarak sekat ceruk buritan harus memperhatikan kecukupan ruang dalam memasang poros antara di buritan kamar mesin.



Gambar 1.2 sketsa letak sekat buritan

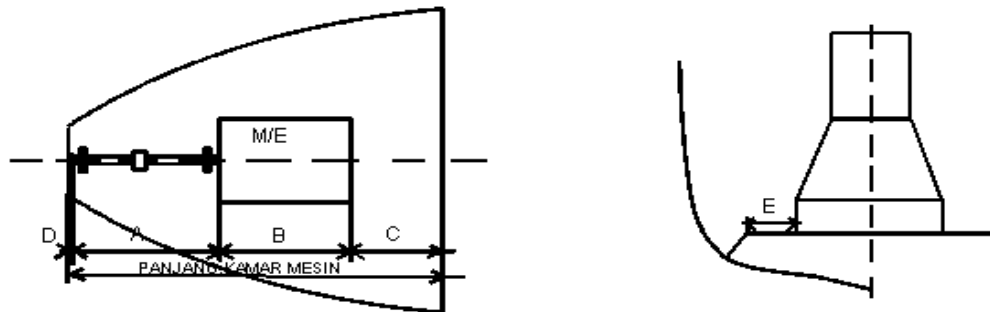
2. Sekat kamar mesin

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.



Gambar 1.3 Ruang kamar mesin kapal

Panjang kamar mesin didapat dari penjumlahan komponen panjang berikut:



Gambar 1.4. sketsa letak sekat kamar mesin

Keterangan:

A = panjang poros antara (panjang poros propeller plus 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 sistem pipanya.

Tempat yang diperlukan di ujung belakang mesin induk "E" harus cukup untuk lewat dan untuk meletakkan pipa-pipa di bawah pelat floor. Untuk mendapatkan tempat yang cukup pada keadaan tertentu letak mesin induk harus digeser. Dengan demikian panjang kamar mesin juga ikut berubah. Dalam hal ini panjang kamar mesin diusahakan seminimal mungkin sesuai dimensi permesinan yang ada agar ruang muat menjadi maksimal. Semakin kecil ruang kamar mesin maka akan semakin menguntungkan bagi owner.

3. Sekat ruang muat

Jumlah sekat kedap air bergantung dari panjang kapal. Berdasarkan aturan klasifikasi BKI volume II section 11 sedangkan untuk kapal tanker adalah

D. Pembagin ruang akomodasi

Ada beberapa ketentuan yang harus diperhatikan sehubungan dengan perencanaan ruang akomodasi di dalam kapal berdasarkan *General Arrangement*, diantaranya adalah:

1. *Sleeping room*

- ❑ Letak sleeping room haruslah di atas garis muatan penuh
- ❑ Luas lantai kamar minimum adalah 4,75 m² /ABK
- ❑ Khusus untuk kapten, chief officer dan chief enginer masing-masing kamar tidur untuk 1 orang dilengkapi dengan kamar mandi dan wc.
- ❑ Untuk perwira lain, 1 ruang tidur untuk 1 orang atau kalau tidak mungkin, maximum untuk 2 orang.
- ❑ Sleeping room untuk perwira lebih di atas jika dibandingkan dengan anak buah kapal lainnya kecuali radio operator.

2. *Mess room*

- ❑ Setiap kapal dilengkapi dengan mess room yang direncanakan untuk seluruh ABK, sedangkan untuk perwira mess roomnya harus terpisah dengan mess room lainnya.
- ❑ Mess room harus dilengkapi dengan meja, kursi, dan perlengkapan yang bisa menunjang ABK dalam waktu yang bersamaan.
- ❑ Sedapat mungkin letak mess room didekatkan dengan galley dan pantry atau akan lebih baik lagi jika susunannya vertical dalam 1 garis.
- ❑ Cooker dan boys menggunakan mess room yang sama dengan kru lainnya tapi pada waktu yang berlainan.

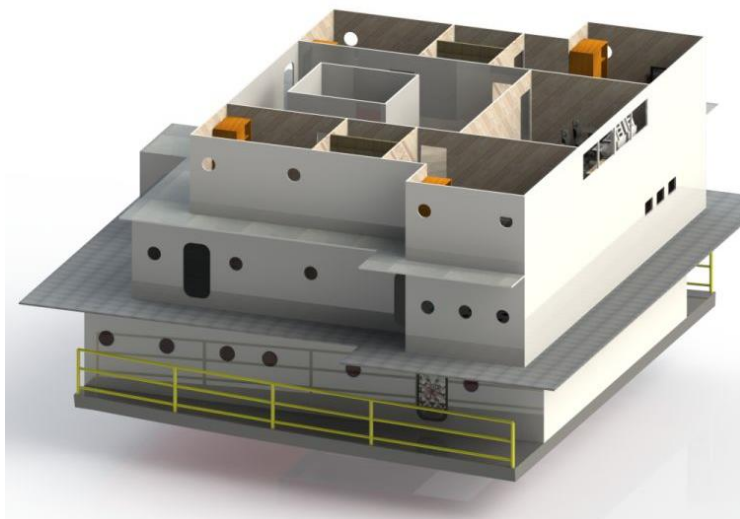
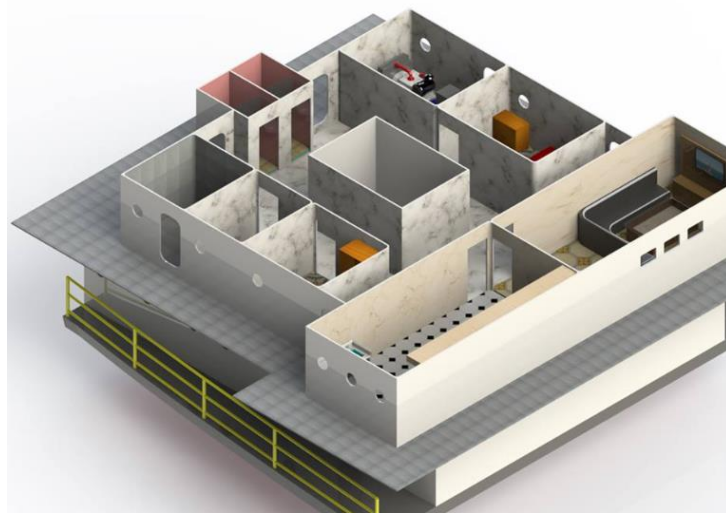
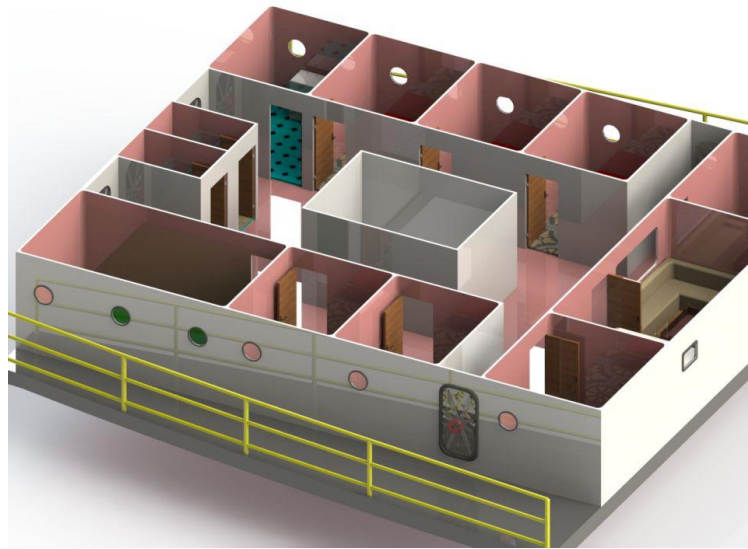
3. *Sanitary accommodation*

- ❑ Setiap kapal harus dilengkapi dengan sanitary accommodation termasuk di dalamnya wash basin, shower, dan toilet di mana pemakaiannya disesuaikan dengan kebutuhan.
- ❑ Fasilitas sanitary umum:
 - 1 tube dan shower maksimum untuk 8 orang.
 - 1 wash basin maksimum untuk 6 orang.
 - 1 WC maksimum untuk 8 orang.

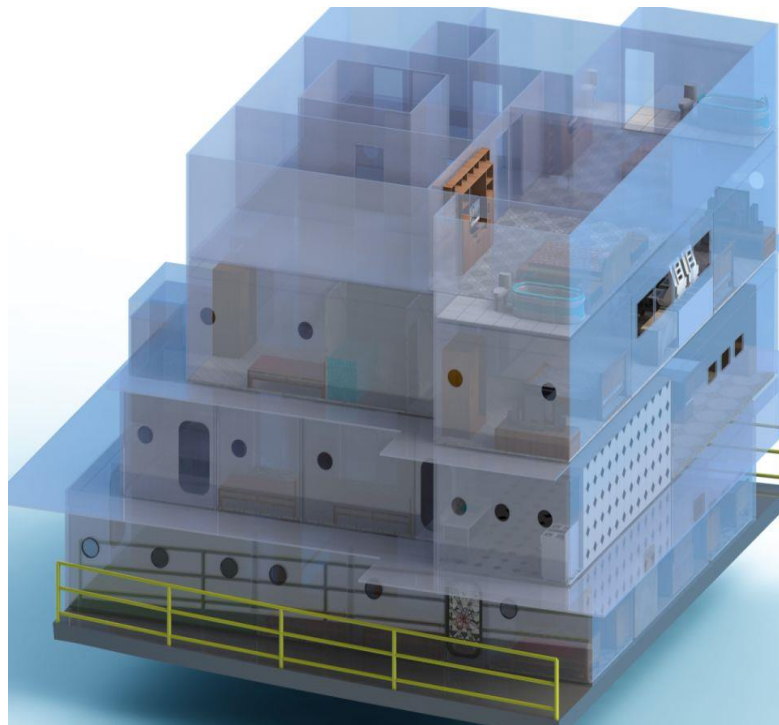
4. *Clinic*

- ❑ Untuk kapal dengan crew lebih dari 15 orang harus memiliki klinik khusus untuk pelayanan kesehatan ABK.

- ❑ Sedapat mungkin clinic dekat dengan ruangan-ruangan lainnya di kapal (mudah dijangkau).
 - ❑ Sirkulasi udara di hospital harus dijamin baik dan lancar.
5. *Gudang*
- ❑ *Dry provision store* atau gudang tempat penyimpanan makanan kering harus diletakkan dekat dengan galley ataupun pantry.
 - ❑ *Cold provision store* dan gudang untuk penyimpanan vegetable dan fruit harus mampu menampung kapasitas selama pelayaran untuk kebutuhan seluruh ABK.
 - ❑ *Vegetable room* didinginkan pada temperatur antara 4 sampai 10 derajat.
6. *Chart room*
- ❑ Terletak di belakang wheel house
 - ❑ Harus dilengkapi dengan meja peta dengan ukuran 1,8 x 1,2 m.
7. *Galley*
- ❑ Galley letaknya harus dekat dengan mess room, bila berjauhan harus ada pantry yang berdekatan dengan mess room.
 - ❑ Galley harus dilengkapi dengan exhaust fan.
8. *Wheel house*
- ❑ Wheel house harus diletakkan pada deck teratas dan memiliki ketinggian sedemikian rupa, sehingga pandangan ke arah samping dan depan tidak terganggu.
 - ❑ Flying bridge dibuat pada sisi samping wheel house sehingga pandangan ke arah belakang, depan, dan samping harus bebas.
 - ❑ Pintu samping kanan dan kiri wheel house pada umumnya menggunakan pintu geser.
9. *Radio room*
- ❑ Terletak setinggi mungkin pada geladak yang paling tinggi dan terlindung dari air dan gangguan cuaca.
10. *ESEP room (Emergency Source of Electrical Power)*
- ❑ ESEP room diletakkan pada deck yang paling atas dan harus mampu menyuplai listrik selama 3 jam dalam keadaan darurat.



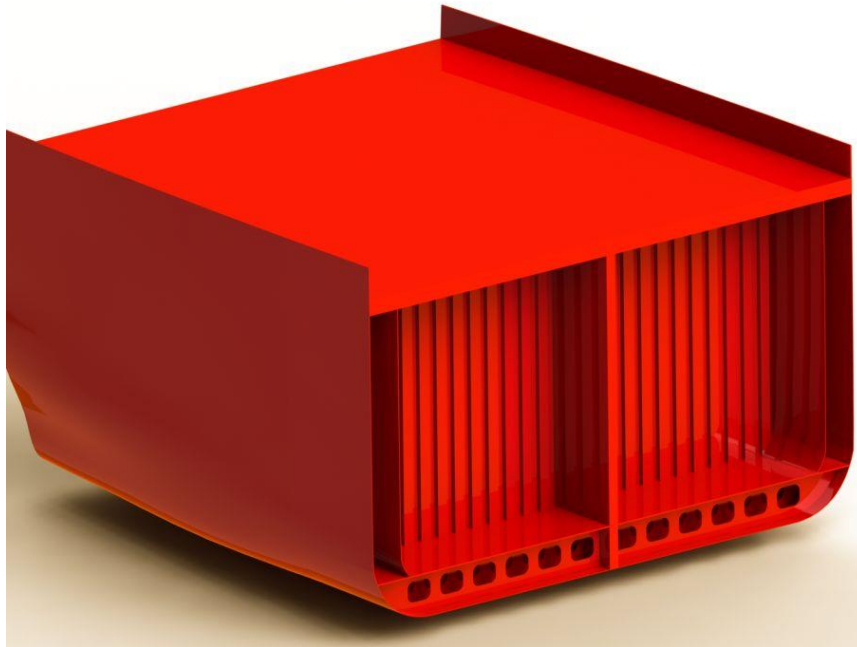
Gambar 1.6. Contoh pembagian ruang akomodasi tiap deck



Gambar 1.7. Contoh desain ruang akomodasi di kapal

E. Penentuan tangki-tangki

Tangki diartikan sebagai tempat untuk menyimpan fluida cair kecuali air laut. Kompartemen-kompartemen *double bottom*, ceruk haluan, dan ceruk buritan pada kapal dimanfaatkan sebagai tangki-tangki, dalam hal ini dilakukan perencanaan kapasitas dan ukuran tangki serta kemungkinan pemakaian dari tangki-tangki tersebut.



Gambar 1.8. Cargo tank pada kapal tanker

Penamaan tangki-tangki tersebut tergantung dari isi atau konten dari fluida yang ditampung didalam tangki dan juga tergantung pada lokasi penempatan tangki tersebut.

Berdasarkan fluida yang ditampung oleh tangki bisa dibedakan menjadi:

1. tangki bahan bakar (*fuel oil tank*),
2. tangki pelumas (*lubricating oil tank*),
3. tangki air tawar (*fresh water tank*),
4. tangki air balast (*ballast tank*) dll.

Sedangkan berdasarkan lokasi dari penempatan tangki bisa dibagi menjadi:

1. tangki double bottom (*double bottom tank*) terletak di double bottom
2. tangki haluan (*forepeak tank*) terletak di haluan kapal
3. tangki buritan (*afterpeak tank*) terletak di buritan

➤ **Tangki air tawar**

Tangki air tawar sebaiknya tidak diletakkan di double bottom walaupun tidak ada ketentuan yang mengatur tentang hal tersebut. Untuk kapal-kapal modern, kebutuhan terhadap air tawar tidak lagi penting karena adanya mesin pembuat air tawar dengan proses desalinasi. Oleh karena itu, pihak kapal tidak perlu takut kehabisan air tawar di tengah laut, akan tetapi butuh biaya yang sangat besar untuk

meng-install mesin tersebut. Air tawar dibawa oleh kapal untuk 3 tujuan utama, yaitu: untuk masak dan minum, untuk mencuci dan untuk pendingin mesin

➤ **Tangki bahan bakar MDO**

MDO digunakan untuk memenuhi kebutuhan mesin bantu berupa generator set. Genset menyuplai energi listrik diantaranya untuk menggerakkan pompa-pompa (termasuk pompa *unloading*), motor windlass, motor capstan, energi listrik untuk penerangan, dan lain sebagainya. Dalam laporan tugas rencana umum ini telah diketahui besarnya daya listrik yang dibutuhkan untuk motor windlass, motor capstan, dan pompa loading, sedangkan kebutuhan energi listrik lainnya seperti penerangan belum diketahui, oleh karena itu diasumsikan daya motor genset sebesar 20 % dari daya motor induk.

➤ **Tangki bahan bakar HFO**

Tangki HFO biasanya ditempatkan di double-bottom, jika jarak double bottom pada kapal tersebut relatif kecil dan sulit untuk akses keluar masuk, tidak dapat dimanfaatkan untuk menyimpan muatan dan jika ditempatkan fluida tertentu maka tidak akan terlalu mempengaruhi kestabilan kapal.

Normalnya, jika tangki digunakan untuk menampung fuel oil maka akan ada sedikit masalah dengan korosi. Oleh karena itu, tangki membutuhkan pembersihan secara teratur untuk mengeluarkan lumpur dan diadakan perbaikan jika perlu.

➤ **Tangki minyak pelumas**

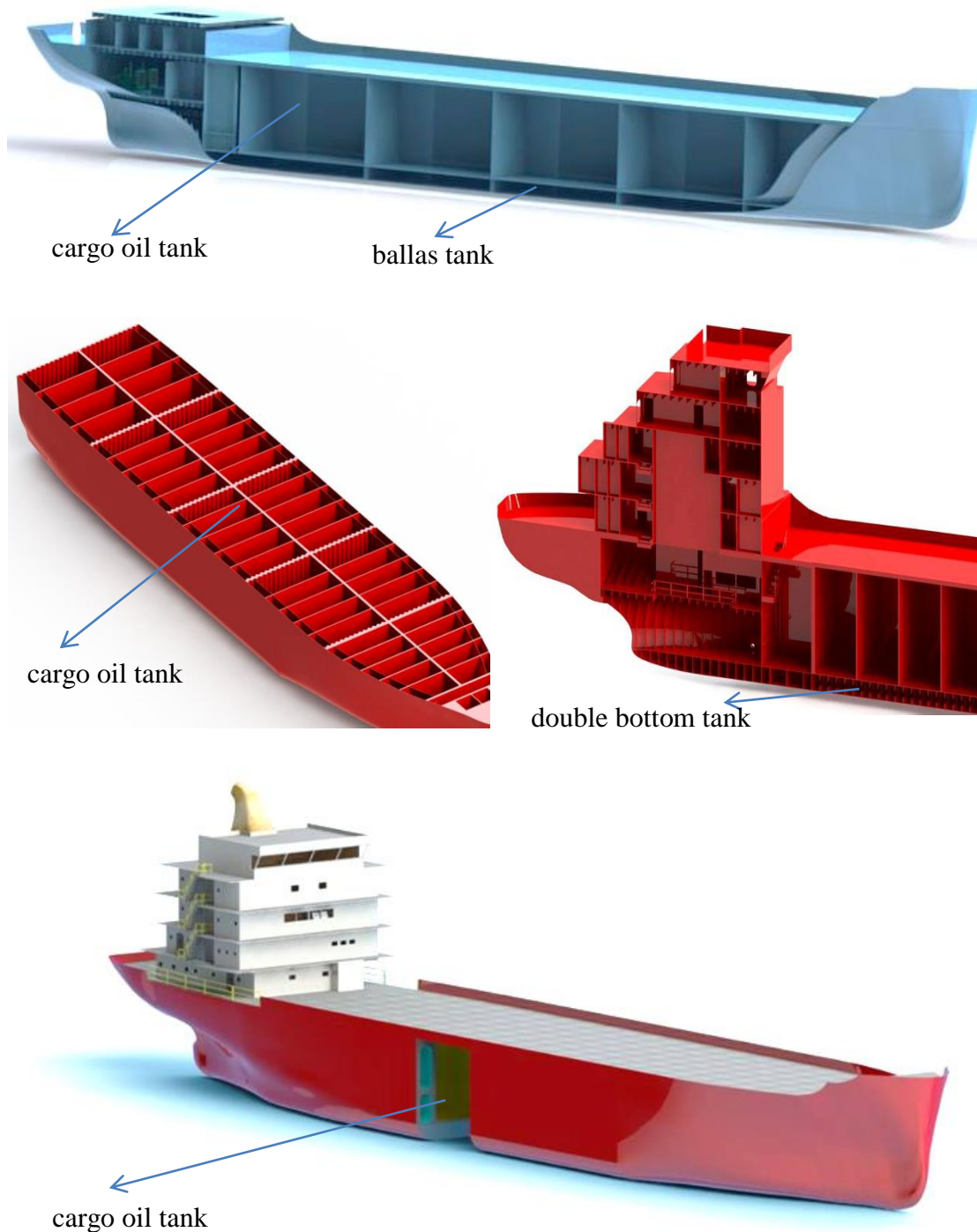
Pada dasar ganda di bagian belakang mesin induk harus dibuat tangki penampungan (*sump tank*) untuk menampung L.O. dari mesin induk. Pada beberapa kasus di bagian depan dibuat tangki L.O. cadangan.

Dua jarak gading pada tank top dibelakang mesin induk harus dikosongkan untuk memasang perlengkapan tangki, sedangkan tangki cadangan didepan hanya memerlukan satu jarak gading.

➤ **Tangki air ballast**

Sistem Ballast adalah salah satu system pelayanan dikapal yang mengangkat dan mengisi air ballast. Sistem pompa ballast ditujukan untuk menyesuaikan tingkat kemiringan dan draft kapal, sebagai akibat dari perubahan muatan kapal sehingga stabilitas kapal dapat dipertahankan. Pipa balast dipasang di tangki ceruk depan dan tangki ceruk belakang (*after and forepeak tank*), *double bottom tank*, *deep tank* dan tanki samping (*side tank*). Ballast yang ditempatkan di tangki ceruk depan dan belakang ini untuk melayani kondisi trim kapal yang dikehendaki. Double bottom

ballast tank dan deep tank diisi ballast untuk memperoleh sarat air yang layak, tangki ballas samping untuk memperoleh penyesuaian sarat air dalam stabilitas kapal ketika kapal bermuatan. Tangki ballas diisi dan dikosongkan dengan saluran pipa yang sama, jika stop valve dipasang pada system ini. Jumlah berat ballast yang dibutuhkan untuk kapal rata-rata 10% sampai 15% dari displacement kapal.



Gambar 1.9. Contoh macam-macam tangki di kapal tanker

TUGAS UNIT I

RENCANA UMUM (*GENERAL ARRANGEMENT*)

Petunjuk Pengerjaan:

1. Tugas dikerjakan oleh mahasiswa secara mandiri.
2. Jawaban tugas mandiri diketik rapi dengan menggunakan kertas A4 termasuk gambar desain yang nantinya akan dibuat.
3. Semua tugas harus dikerjakan dan diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, paling lambat adalah satu hari sebelum mata kuliah pada minggu selanjutnya dimulai.

Tugas Minggu 1

1. Hitunglah berapa tinggi dasar ganda dari kapal yang anda miliki kemudian sesuaikan dengan aturan yang digunakan.
2. Hitunglah jumlah sekat pada kapal yang anda gunakan dan sesuaikan dengan aturan klas yang anda gunakan
3. Gambarkan desain 2D tinggi dasar ganda dan pembagian sekat dari kapal yang anda gunakan menggunakan AUTOCAD sesuai dengan ukuran dari kapal pembanding yang anda gunakan

Tugas Minggu 2

1. Tentukanlah jumlah ABK pada kapal anda kemudian jelaskan masing-masing tanggung jawab dari masing-masing ABK tersebut
2. Tentukan dan rencanakan pembagian ruangan akomodasi di kapal berdasarkan kebutuhan di kapal
3. Tentukan dan rencanakan lokasi dari tangki-tangki yang ada di kapal anda
4. Hitunglah volume tangki-tangki yang ada sesuai dengan kebutuhan di kapal
5. Gambarkan desain 2D ruang akomodasi dan lokasi tangki-tangki menggunakan AUTOCAD sesuai dengan hasil perhitungan yang sudah anda dapatkan

UNIT II

SISTEM PELAYANAN MOTOR INDUK

A. Umum

Motor induk di kapal atau yang biasa disebut sebagai main engine di kapal merupakan nyawa untuk kapal terutama sewaktu kapal beroperasi. Dalam operasinya, motor induk di kapal didukung oleh beberapa sistem yang saling mendukung sama lain yakni sistem pelayan motor induk. Sistem pelayan motor induk ini berfungsi sebagai penyokong utama didalam operasi motor induk. Sistem pelayan motor induk di kapal meliputi sistem udara bertekanan (*compressed air system*), sistem bahan bakar (*fuel oil system*), sistem pelumasan minyak (*lubricating oil system*), and sistem pendingin (*cooling system*).

Pada unit dua (II) ini, mahasiswa akan diajak untuk mempelajari bagaimana cara mendesain dan menentukan sistem penunjang motor induk di kapal. Bagaimana menghitung kebutuhan akan bahan bakar, perhitungan daya pompa, serta perencanaan dari sistem yang akan dibuat dan diinstal di kapal.

B. Ruang Lingkup Isi

Isi dari unit II ini secara garis besar antara lain meliputi hal-hal sebagai berikut: (1) *compressed air system*, (2) *fuel oil system*, (3) *lubricating oil system*, (4) and *cooling system*

C. Sasaran Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, mahasiswa diharapkan dapat memiliki kompetensi yang diindikasikan oleh kemampuan dalam menjelaskan dan merancang mengenai: sistem udara start (*compressed air system*), (2) sistem bahan bakar (*fuel oil system*), (3) sistem pelumasan minyak (*lubricating oil system*), (4) and sistem pendingin (*cooling system*).

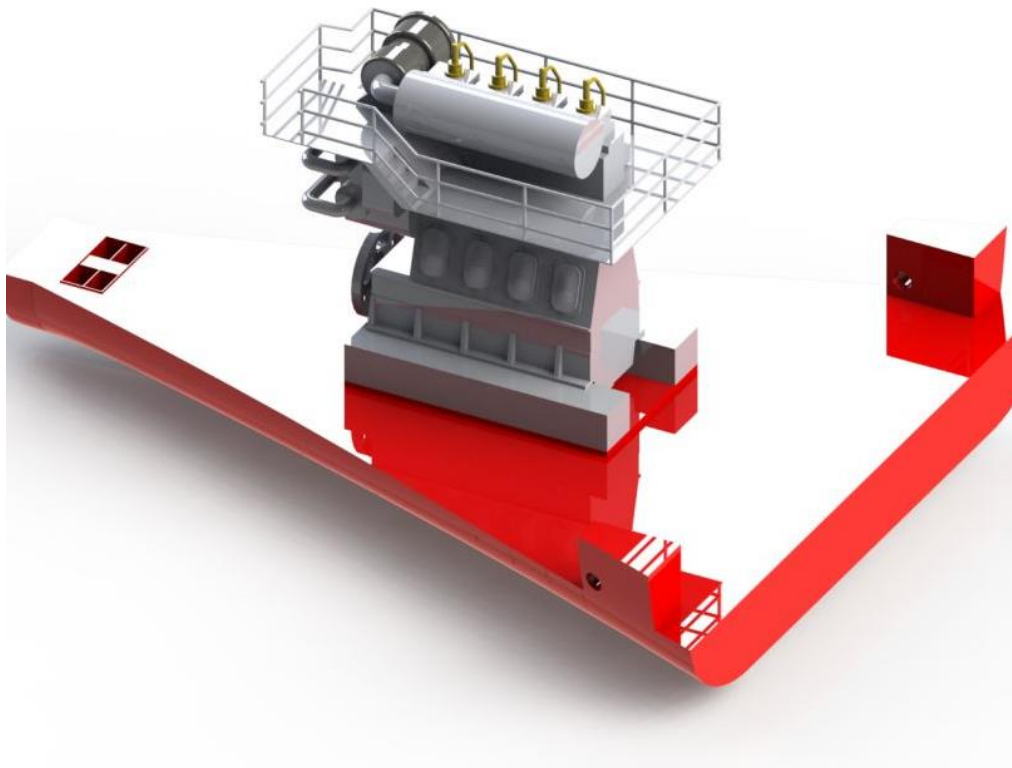
D. Waktu Pelaksanaan

3x pertemuan, minggu ke-3 hingga minggu ke-5

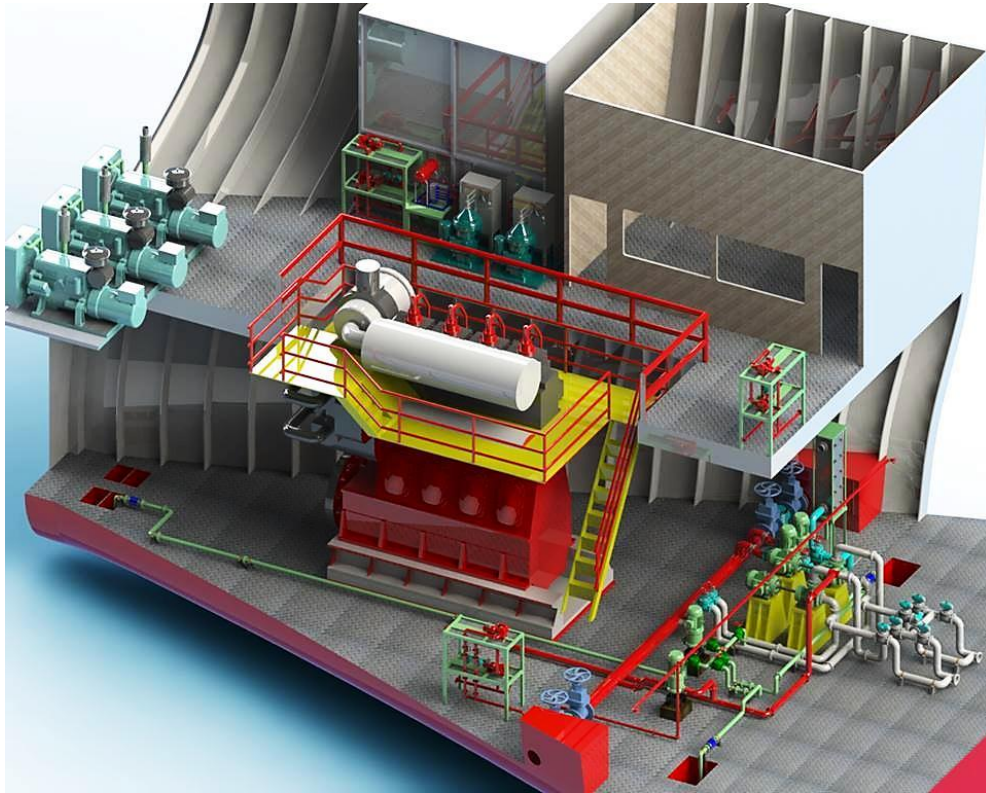
MATERI PEMBELAJARAN

UNIT II

Agar dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya mesin diesel yang terpasang di kapal didukung oleh sistem penunjang atau sistem yang melayani kebutuhan akan motor induk yaitu *compressed air system*, *fuel oil system*, *lubricating oil system*, and *cooling system*. Semua sistem tersebut memiliki fungsi serta peran yang sangat penting bagi operasional motor induk, hal ini dikarenakan apabila terjadi kerusakan pada salah satu sistem penunjangnya, motor induk pasti akan mengalami masalah dan mungkin motor induk tidak dapat beroperasi dengan baik. Sebagai contoh apabila *fuel oil system* mengalami masalah yaitu belum terpenuhinya suhu pembakaran, serta kompresi menjadi rendah maka akhirnya flash point dari bahan bakar tidak tercapai. Begitu juga apabila *Starting Air System* terjadi masalah maka *starting system* pada motor induk tersebut akan terganggu.



Gambar. 2.1 Motor induk di kapal



Gambar. 2.2 Contoh desain 3D pelayanan motor induk di kapal

A. SISTEM UDARA START (*COMPRESSED AIR SYSTEM*)

1. Umum

Sistem starting yang digunakan pada main engine di kapal sering menggunakan media udara bertekanan yang disuplai kedalam silinder. Peng-injeksian udara bertekanan ini dilakukan dengan urutan yang sesuai untuk arah putaran yang disyaratkan. Suplai udara bertekanan di simpan dalam tabung udara (*bottles*) yang siap digunakan setiap saat. Sistem starting umumnya dilengkapi dengan katup pembalik (*interlocks valve*) untuk mencegah start jika segala sesuatunya tidak dalam kondisi kerja. Udara bertekanan di produksi oleh kompresor dan disimpan pada tabung (*air receiver*). Udara bertekanan lalu di suplai oleh pipa menuju *automatic valve* dan kemudian ke katup udara start silinder.

Pembukaan katup start akan memberikan udara bertekanan ke dalam silinder. Pembukaan katup silinder dan *automatic valve* dikontrol oleh pilot air system. Pilot air ini diberi dari pipa besar dan menerus ke katup pengontrol yang dioperasikan dengan lengan udara start pada engine. Jika lengan ini dioperasikan, suplai pilot air

mampu membuka *automatic valve*. Pilot air untuk arah operasi yang sesuai juga disuplai ke distributor udara. Alat ini umumnya digerakkan dengan camshaft dan memberi pilot air ke silinder kontrol dari katup start. Pilot air lalu disuplai dalam urutan yang sesuai dengan operasi engine. Katup udara start dipertahankan tertutup oleh pegas jika tidak digunakan dan dibuka oleh pilot air yang langsung memberi udara bertekanan ke dalam silinder. Sebuah interlock didalam *automatic valve* yang menghentikan pembukaan katup jika turning gear engine menempel. Katup ini mencegah udara balik yang telah dikompresikan oleh engine kedalam sistem.

2. Rules dan rekomendasi yang digunakan

a. Starting dengan udara bertekanan

- Main engine yang distart dengan udara bertekanan dilengkapi dengan paling tidak dua kompresor. Satu diantaranya berpengerak independen dari main engine, dan harus mampu mensuplai 50% dari total kapasitas yang diperlukan.
- Kapasitas total udara start dalam tabung harus dapat diisi dari tekanan atmosfer sampai tekanan kerja 30 bar dalam waktu 1 jam.
- Tabung udara disediakan dua dengan ukuran yang sama dan dapat digunakan secara independen.
- Kapasitas total tabung harus memperhatikan paling tidak dapat digunakan start 12x baik maju atau mundur untuk engine yang reversibel dan tidak kurang dari 6x start untuk engine non-reversibel. Jumlah start berdasar pada engine saat dingin dan kondisi siap start.
- Jika sistem udara start digunakan untuk starting auxiliary engine, mensuplai peralatan pneumatic, peralatan manoeuvring, atau tyfon semuanya disuplai dari tabung udara maka harus dipertimbangkan dalam perhitungan kapasitas tabung udara.

b. Starting dengan listrik

- Jika main engine distart dengan listrik maka harus tersedia dua battery yang independen. Rangkaian battery ini direncanakan tidak dapat dihubungkan paralel antara satu dengan yang lainnya karena masing - masing Battery harus mampu untuk starting main engine dalam kondisi dingin. Total kapasitas battery harus cukup untuk operasi selama 30 menit tanpa pengisian.

- Jika dua atau lebih *auxiliary engine* di start dengan listrik paling tidak tersedia dua battery yang independen. Kapasitas battery harus cukup paling tidak 3x operasi start-up untuk setiap engine. Jika hanya satu *auxiliary engine* distart dengan listrik, satu battery cukup.
- Battery start hanya boleh digunakan untuk starting (pemanas mula jika perlu) dan untuk memonitor peralatan yang ada pada engine.

c. Jalur udara bertekanan

- Jalur tekanan yang terhubung ke kompresor dipasang dengan non-RV pada outlet kompresor.
- Jalur udara start tidak boleh digunakan sebagai jalur pengisian untuk tabung udara.
- Hanya slang/pipa dengan material yang sudah dites yang dapat dipasang pada jalur starting diesel engine dimana tetap terjaga tekanannya.
- Jalur udara start untuk setiap engine dilengkapi dengan non return valve dan penguras (drain).
- Jalur udara start disambungkan pada dua tabung udara.
- Sebuah safety valve harus dipasang dibelakang pad setiap katup penurunan tekanan (reducing valve).
- Tekanan tangki air dan tangki lainnya yang dihubungkan ke sistem udara bertekanan dipertimbangkan sebagai tabung tekan dan harus sesuai persyaratan standart.

3. Perhitungan Instalasi

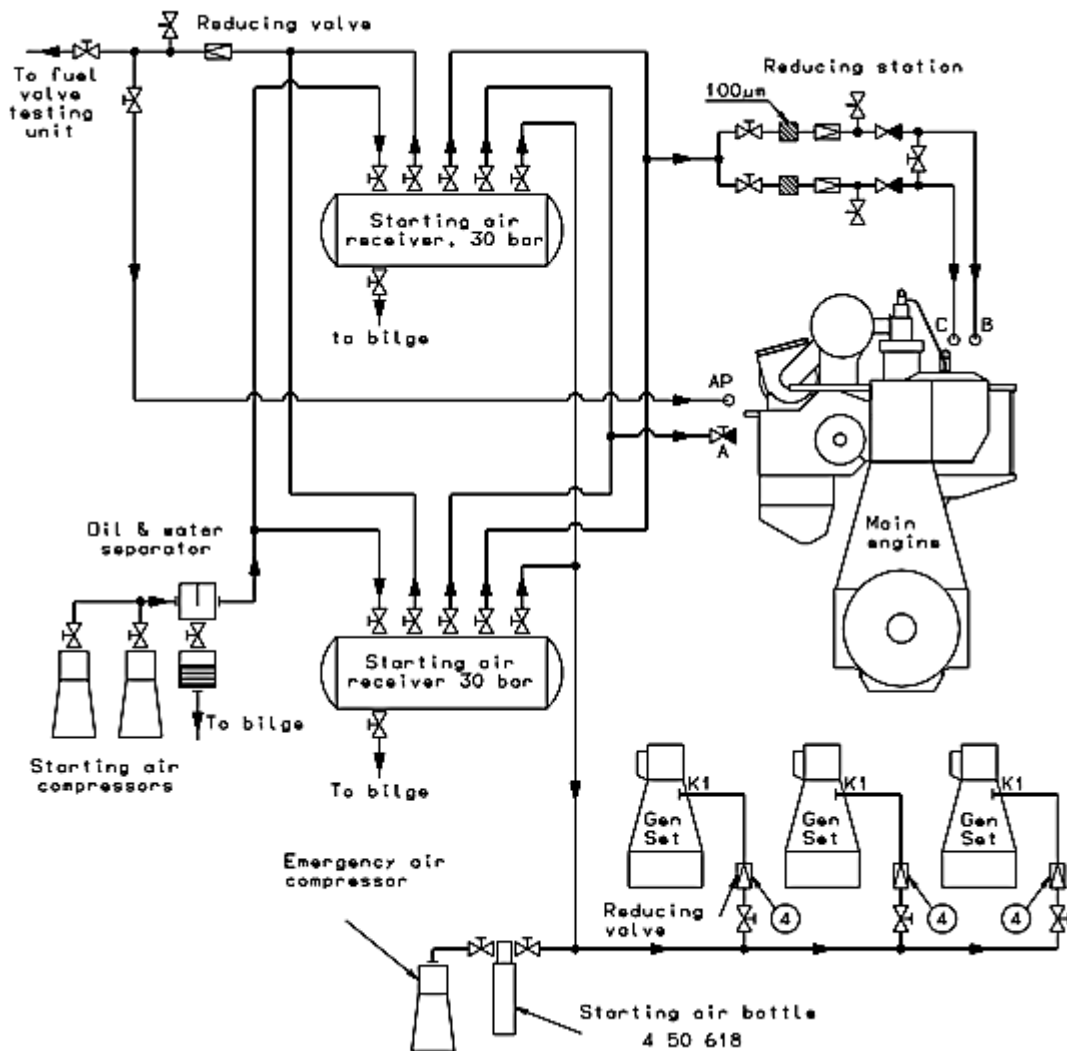
a. Perhitungan Botol Angin

Botol angin berfungsi sebagai penampung udara yang dikompresi dari kompresor dengan tekanan 30 bar sehingga selain dilengkapi indikator tekanan (*pressure indicator*), main air *receiver* juga dilengkapi dengan *safety valve* yang berfungsi secara otomatis melepaskan udara yang tekanannya melebihi tekanan yang telah ditetapkan. Kapasitas botol angin dapat dihitung dengan menggunakan rumusan berikut ini:

$$J = b \times \left(\frac{H}{D}\right)^{1/3} \times \{Z + b \times Pme \times nA + 0.9\} \times Vh \times c$$

Keterangan:

- J = Total kapasitas tabung udara
- D = Diameter silinder Engine
- H = Langkah torak
- V_h = Volume langkah torak untuk satu silinder
- Z = Jumlah Silinder
- P_{me} = Tekanan rata-rata dalam silinder
- a = 0.4714 (untuk motor 4 langkah)
- b = 0.059 (untuk motor 2 langkah)
- c = 1 (Untuk tekanan kerja 30 Kg/cm²)
- n = RPM Motor = rpm
- n_A = 0,06 n + 14



Gambar. 2.3 Contoh desain compressed air system MAN BW

B. Sistem Bahan Bakar (*Fuel Oil System*)

1. Umum

Sistem bahan bakar pada kapal bermacam-macam ada yang menggunakan 1 jenis bahan bakar, bahkan ada yang menggunakan dua jenis bahan bakar yaitu heavy fuel oil (HFO) dan Diesel Oil (DO). Pada sistem HFO, HFO dipompa dengan pompa yang digerakkan dengan electric motor menuju settling tank, pompa ini disebut dengan HFO transfer pump. Dari settling tank HFO di pompa dengan HFO feed pump menuju HFO service tank melalui centrifuge yang dipasang paralel untuk memisahkan antara bahan bakar dengan endapan yang terjadi dan juga air. Pada feed pump terdapat filter dan juga heater, heater ini berfungsi sebagai pemanas sebelum bahan bakar masuk ke sentrifuge. Untuk sistem DO, DO disimpan di DO storage tank kemudian dipompa dengan DO feed pump melalui sebuah centrifuge yang memisahkan DO dengan endapan dan juga air menuju ke DO service Tank.

Dari service tank bahan bakar didorong dengan supply pump yang digerakkan secara elektrik dengan menjaga tekanannya pada sekitar 4bar – 6bar sebelum masuk ke circulating pump, tekanan circulating pump berkisar antara 8bar – 10bar. Bahan bakar kemudian didorong masuk ke main engine melalui heater dan full flow filter, dan perlu dipastikan kapasitas circulating pump harus melebihi jumlah yang dibutuhkan oleh main engine sehingga kelebihan bahan bakar yang disuplai akan kembali ke service tank melalui venting box dan de aerating valve yang mana pada valve tersebut akan melepaskan gas dan membiarkan bahan bakar masuk kembali ke pipa circulating pump. Tekanan terukur pada main engine sekitar 7-8 bar tekanan ini ekuivalen dengan tekanan pada circulating pump yaitu 10 bar.

2. Jenis Bahan Bakar

Penentuan dari jenis bahan bakar yang digunakan oleh kapal tergantung dari mesin atau motor induk yang digunakan. 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 diesel oil dan heavy fuel yaitu pembentukan campuran yang tidak sempurna selama

penggantian bahan bakar. Oleh karena itu tidak disarankan menggunakan diesel oil untuk operasi engine pada semua beban kerja.

Ada 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 :

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

3. Komponen Sistem Bahan Bakar

a. *Storage tank*

Adalah tangki yang dipergunakan untuk tempat penimbunan bahan bakar yang terletak pada engine room dan untuk pengisian dilakukan dari geladak cuaca.

b. *Transfer pump*

Adalah pompa yang digunakan untuk memindahkan fluida (Fuel Oil) dari tangki penimbun ke tangki pengendapan

c. *Settling tank*

Adalah tangki yang digunakan untuk mengendapkan bahan bakar yang telah di pindahkan oleh transfer pump dari tangki penimbun. Lama waktu yang diperlukan untuk mengendapkan bahan bakar ini minimal adalah 24 jam.

d. *Heater*

digunakan untuk memanaskah bahan bakar. Heater dibutuhkan terutama apabila menggunakan bahan bakar jenis HFO, karena HFO memiliki karakteristik mudah membeku sehingga diperlukan adanya heater untuk menjaga viskositas bahan bakar.

e. *Feed pump*

Adalah pompa yang digunakan untuk memindahkan fluida (Fuel Oil) dari tangki penimbun (settling tank) ke tangki harian (service tank)

f. *Suplly pump*

Adalah pompa yang digunakan untuk memindahkan fluida (Fuel Oil) dari tangki harian ke pompa injeksi, dapat mempertahankan tekanan suction

g. *Service tank*

Merupakan tangki yang digunakan untuk melayani kebutuhan bahan bakar pada mesin induk. Bahan bakar dialirkan dari service tank melalui sebuah saringan (strainer) ke pompa penyalur bahan bakar yang pompa tersebut digerakkan oleh mesin itu sendiri. Bahan bakar dikeluarkan dari pompa dan mengalir dengan melalui sebuah filter dan kadang-kadang juga melalui filter tahap akhir sebelum ke pompa injeksi bahan bakar.

4. Algoritma Perhitungan

a. Perhitungan berat bahan bakar

$$W_{fo} = T \times SFOC \times MCR (kWh) \times fG \times 10^{-6}$$

Keterangan:

W_{fo} = berat bahan bakar (ton)

T = waktu pelayaran (jam)

$SFOC$ = specific fuel oil consumption (g/kWh)

MCR = maksimum continuous rating (kW)

fG = koreksi cadangan (1.3 – 1.5)

b. Perhitungan volume storage tank

$$V_{fo} = \frac{W_{fo}}{\rho_{fo}}$$

Dilakukan koreksi volume bahan bakar sebesar 4% karena konstruksi dasar ganda dan ekspansi oleh temperatur (*Ship Design and Construction*)

$$V_{fo} = (1 + 0.04) \times W_{fo}$$

Keterangan:

W_{fo} = berat bahan bakar (ton)

V_{fo} = volume bahan bakar (jam)

ρ = berat jenis (ton/m³)

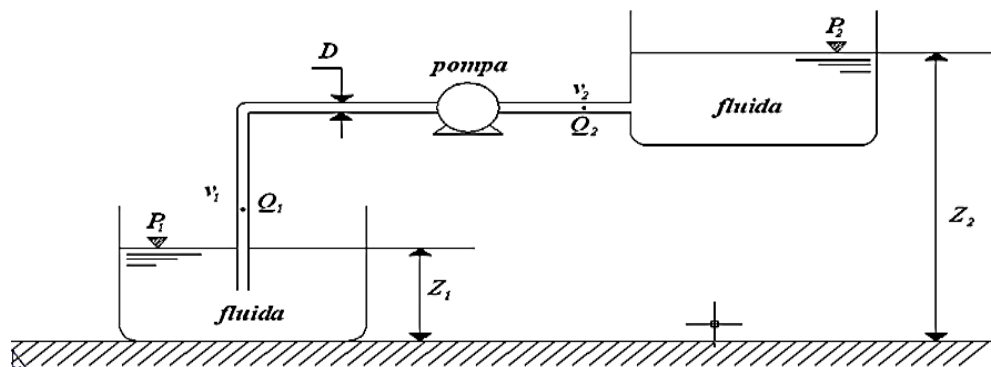
c. Penentuan daya pompa

Dalam menentukan daya pompa yang akan digunakan, yang harus dilakukan pertama kali adalah menghitung besarnya head. Head adalah kemampuan dari pompa yang diperlukan untuk mengalirkan fluida dari inlet pompa ke outlet pompa yang biasanya satuannya dalam meter (m). Terdapat empat komponen yang berpengaruh pada head yaitu: (1). head static, (2) head pressure, (3) head velocity, dan (4) head loss.

Head total pompa

Head total pompa adalah yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dengan kapasitas yang telah ditentukan dapat ditentukan dari kondisi insatalsi pompa yang akan dilayani. Pada gambar diatas head total pompa dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H_{TOTAL} = \Delta H_z + \Delta H_p + \Delta H_v + \Delta H_l$$



Gambar 2.4 sketsa perhitungan head

Keterangan:

ΔH_z = total head statis ($Z_2 - Z_1$), (m)

ΔH_p = total head pressure $\left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma}\right)$, (m)

ΔH_v = total head velocity $\left(\frac{(V_2 - V_1)^2}{2g}\right)$, (m)

ΔH_l = total head loss $\frac{L}{D} \frac{(v)^2}{2g} + \sum k \frac{(v)^2}{2g}$, (m)

f = faktor gesekan

L = panjang pipa

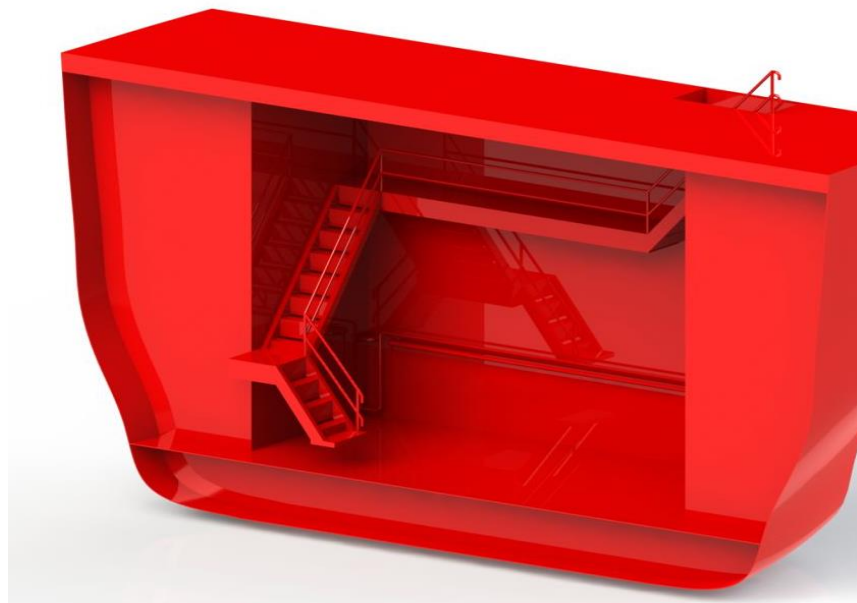
D	= diameter dalam pipa
g	= percepatan gravitasi
z	= ketinggian (m)
p	= tekanan
v	= kecepatan zat cair pada saluran isap
k	= koefisien gesekan

Berikut koefisien rugi untuk beberapa komponen yang biasa digunakan di dalam sistem perpipaan dan tabung.

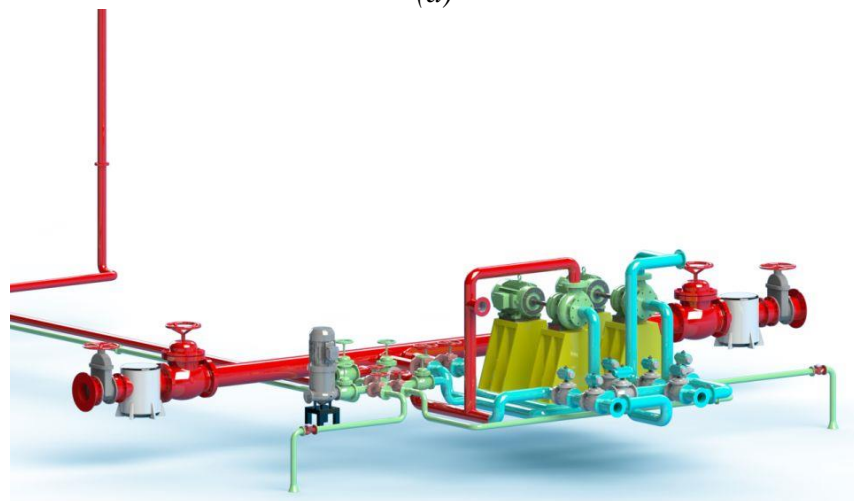
<i>Type of Component or Fitting</i>	<i>Minor loss coef</i>
	- ξ -
<i>Tee, Flanged, Line Flow</i>	0.2
<i>Tee, Threaded, Line Flow</i>	0.9
<i>Tee, Flanged, Branched Flow</i>	1
<i>Tee, Threaded, Branch Flow</i>	2
<i>Union, Threaded</i>	0.08
<i>Elbow, Flanged Regular 90°</i>	0.3
<i>Elbow, Threaded Regular 90°</i>	1.5
<i>Elbow, Threaded Regular 45°</i>	0.4
<i>Elbow, Flanged Long Radius 90°</i>	0.2
<i>Elbow, Threaded Long Radius 90°</i>	0.7
<i>Elbow, Flanged Long Radius 45°</i>	0.2
<i>Return Bend, Flanged 180°</i>	0.2
<i>Return Bend, Threaded 180°</i>	1.5
<i>Globe Valve, Fully Open</i>	10
<i>Angle Valve, Fully Open</i>	2
<i>Gate Valve, Fully Open</i>	0.15
<i>Gate Valve, 1/4 Closed</i>	0.26
<i>Gate Valve, 1/2 Closed</i>	2.1
<i>Gate Valve, 3/4 Closed</i>	17
<i>Swing Check Valve, Forward Flow</i>	2
<i>Ball Valve, Fully Open</i>	0.05
<i>Ball Valve, 1/3 Closed</i>	5.5

Daya Pompa

Penentuan daya pompa dapat dilakukan dengan menggunakan informasi yang sudah didapatkan sebelumnya, yakni dengan mengetahui data kapasitas fluida yang dialirkan (Q) dengan satuan m^3/h dan jumlah head total (H_T) dengan satuan m. Setelah parameter tersebut diketahui maka langkah selanjutnya adalah mencari spec yang dibutuhkan sesuai dengan spesifikasi pompa yang sudah beredar di pasaran. Penentuan daya pompa diatas juga berlaku untuk perhitungan semua sistem penunjang motor induk di kapal, begitu juga untuk sistem pelayanan umum di kapal.



(a)

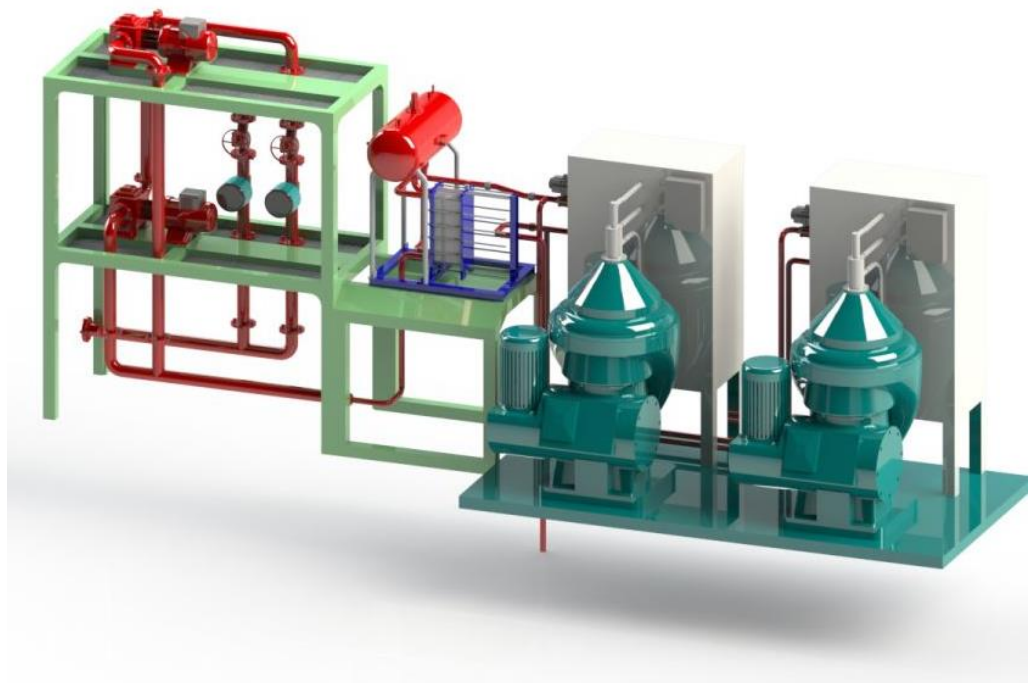


(b)

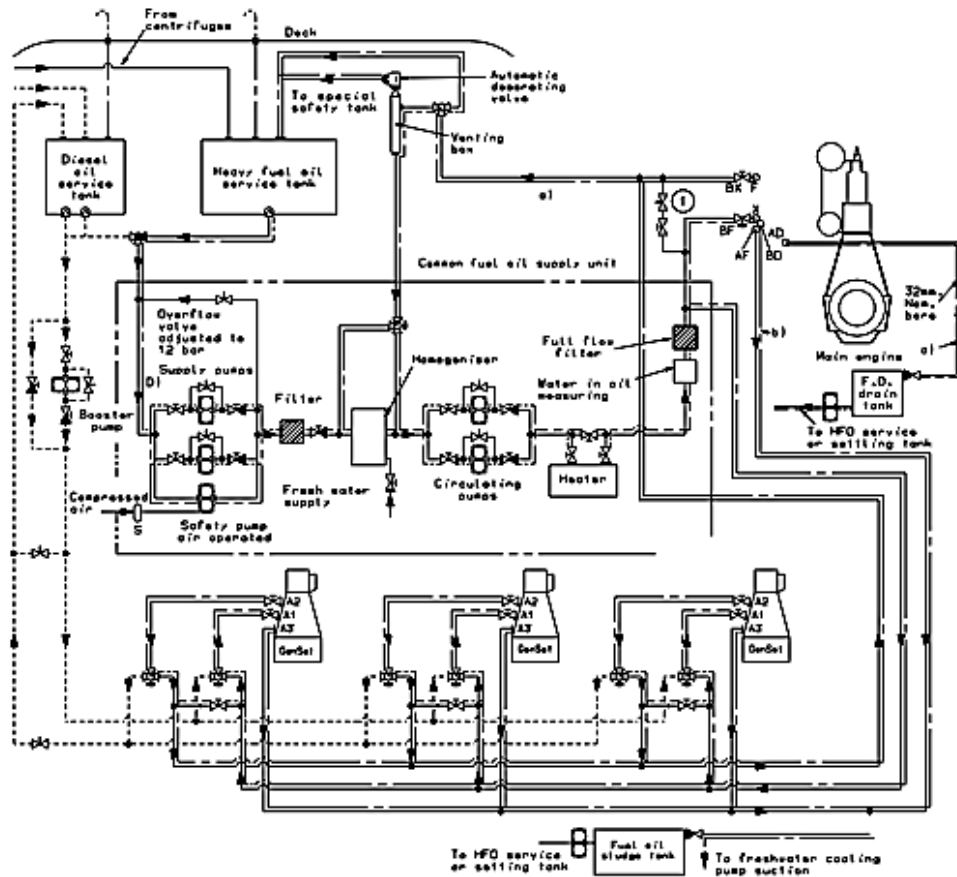


(c)

Gambar. 2.5 (a). pump room (b). dan (c). layout pemasangan pompa



Gambar. 2.6 komponen sistem bahan bakar (*centrifuge*)



Gambar. 2.7 Contoh desain fuel oil system MAN BW

C. Sistem Pelumasan (*Lubricating Oil System*)

1. Umum

Minyak pelumas pada suatu sistem permesinan berfungsi untuk memperkecil gesekan-gesekan pada permukaan komponen-komponen yang bergerak dan bersinggungan. Selain itu minyak pelumas juga berfungsi sebagai fluida pendinginan pada beberapa motor. Karena dalam hal ini motor diesel yang digunakan termasuk dalam jenis motor dengan kapasitas pelumasan yang besar, maka system pelumasan untuk bagian-bagian atau mekanis motor dibantu dengan pompa pelumas. Sistem ini digunakan untuk mendinginkan dan melumasi engine bearing dan mendinginkan piston.

2. Regulasi sistem pelumasan

Pada marine engine lubrication oil system dipengaruhi oleh beberapa kondisi operasi kapal seperti trim, roll & pitching serta list. Acuan regulasi untuk sistem pelumas sama dengan system bahan bakar yaitu section 11 rules volume 3.

Dimana hal-hal yang harus diperhatikan antara lain :

- a. Jika diperlukan pompa dengan self priming harus dipakai (section 11 H.1.3)
- b. Filter pelumas diletakkan pada discharge pompa (section 11 H.2.3.1)
- c. Filter utama aliran harus disediakan system control untuk memonitor perbedaan tekanan (section 11.H.2.3.1)
- d. Pompa utama dan independent stand by harus disediakan (section 11 H.2.3.5)

Lubrication oil system didesain untuk menjamin keandalan pelumasan pada over range speed dan selama engine berhenti, dan menjamin perpindahan panas yang berlangsung. Tangki gravitasi minyak lumas dilengkapi dengan overflow pipe menuju drain tank. Lubrication oil filter dirancang di dalam pressure lines pada pompa, ukuran dan kemampuan pompa disesuaikan dengan keperluan engine. Filter harus dapat dibersihkan tanpa menghentika mesin. Untuk itu dapat digunakan filter dupleks atau automatic back flushing filter. Mesin dengan output lebih dari 150 kw dimana suplai pelumas dari engine sump tank dilengkapi dengan simpleks filter dengan alarm pressure dirancang dibelakang filter dan filter dapat dibersihkan selama operasi, untuk keperluan ini sebuah shutt off valve by-pass dengan manual operasi.

Suatu sistem pelumasan mesin yang ideal harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Memelihara film minyak yang baik pada dinding silinder sehingga mencegah keausan berlebihan pada lapisan silinder, torak dan cincin torak.
- b. Mencegah pelekatan cincin torak.
- c. Merapatkan kompresi dalam silinder.
- d. Tidak meninggalkan endapan carbon pada mahkota dan bagian atas dari torak dan dalam lubang buang serta lubang bilas.
- e. Tidak melapiskan lak pada permukaan torak atau silinder.
- f. Mencegah keausan bantalan dan mencuci bagian dalam mesin
- g. Tidak membentuk lumpur, menyumbat saluran minyak, tapisan dan saringan, atau meninggalkan endapan dalam pendingin minyak
- h. Dapat digunakan dengan sembarang jenis saringan
- i. Hemat dalam penggunaan.
- j. Memungkinkan selang waktu yang relatif lama antara penggantian.
- k. Memiliki sifat yang bagus pada start dingin.

3. Macam-macam minyak pelumas

Untuk mempertahankan keadaan piston dan crankcase bersih dari deposit, maka minyak perlu kandungan deterjen dan dispersion yang cukup. Beberapa merk minyak pelumas yang dapat dipakai adalah sebagai berikut:

Company	Circulating oil SAE 30/TBN 5-10
Elf-Lub.	Atlanta Marine D3005
Castrol	Marine CDX-30
Chevron	Veritas 800 Marine
Exxon	Exxmar XA
Fina	Alcano 308
Mobil	Mobilgard 300
Shell	Melina 30/30S
Texaco	Doro AR 30
BP	Energol OE-HT-30

Pelumas Silinder umumnya digunakan pelumas dengan grade viskositas SAE 50. Karena untuk mesin dua langkah memiliki permintaan tersendiri pada kandungan deterjen pada pelumas silindernya. Dimana direkomendasikan memiliki kandungan deterjen dan TBN yang tinggi. Yaitu dengan kandungan TBN 70. Beberapa merk minyak pelumas yang direkomendasikan pada project guide adalah sebagai berikut ini:

Company	Cylinder oil SAE 50/TBN 70
Elf-Lub.	Talusia HR 70
Castrol	S/DZ70 cyl.
Chevron	Delo Cyloil Special
Exxon	Exxmar X 70
Fina	Vegano 570
Mobil	Mobilgard 570
Shell	Alexia 50
Texaco	Taro special
BP	CLO 50-M

4. Prinsip kerja

Minyak pelumas dihisap dari lub oil sump tank oleh pompa bertipe screw atau sentrifugal melalui suction filter dan dialirkan menuju main diesel engine melalui second filter dan lubricating oil cooler. Temperatur oil keluar dari cooler secara otomatis dikontrol pada level konstan yang ditentukan untuk memperoleh viskositas yang sesuai dengan yang diinginkan pada inlet main diesel engine. Kemudian lubricating oil dialirkan ke main engine bearing dan juga dialirkan kembali ke lubricating oil sump tank.

5. Komponen sistem pelumasan

a. Uni Lubricating Oil System

- *Storage/Service tank*

Service tank merupakan tangki yang digunakan untuk melayani kebutuhan pelumas selama pelayaran.

- *Sump tank*

Sump tank digunakan untuk menampung pelumas yang keluar dari main engine, serta dapat digunakan sebagai tangki sirkulasi.

- *Filter*

Filter digunakan sebagai penyaring fluida dari kotoran-kotoran yang dapat mengganggu aliran fluida dan kinerja mesin.

- *Lub Oil Cooler*

Lub oil cooler dalam perencanaan ini digunakan untuk mendinginkan temperature pelumas yang akan masuk ke main engine. Temperature masuk pelumas ke main engine harus dijamin 45° C.

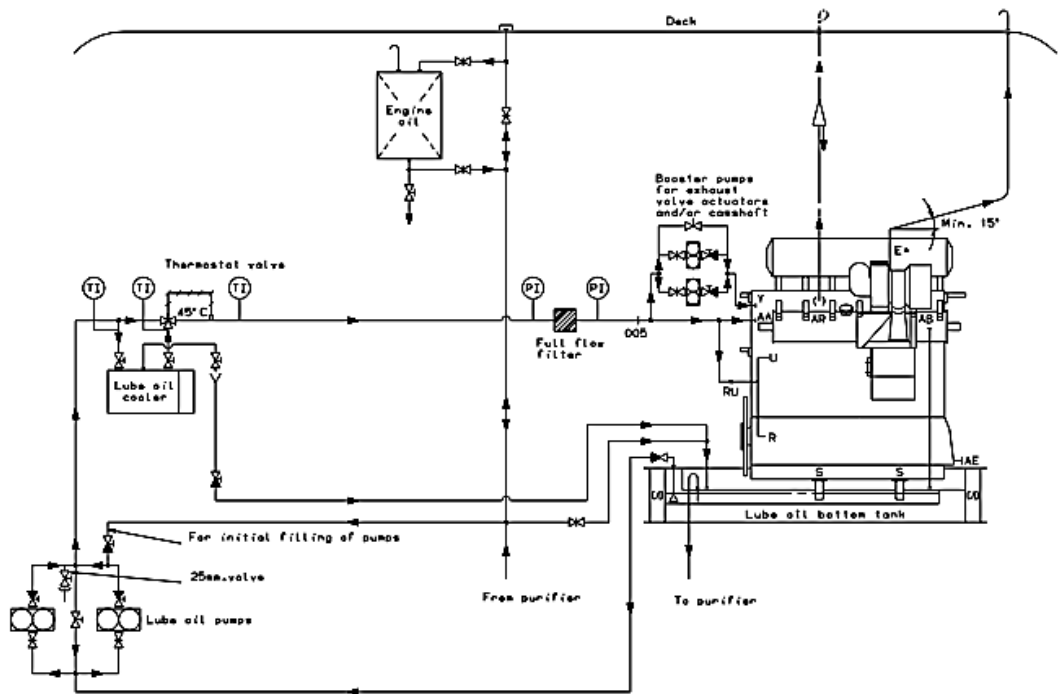
b. Cylinder Lubricating Oil System

- *Cylinder lub oil storage tank*

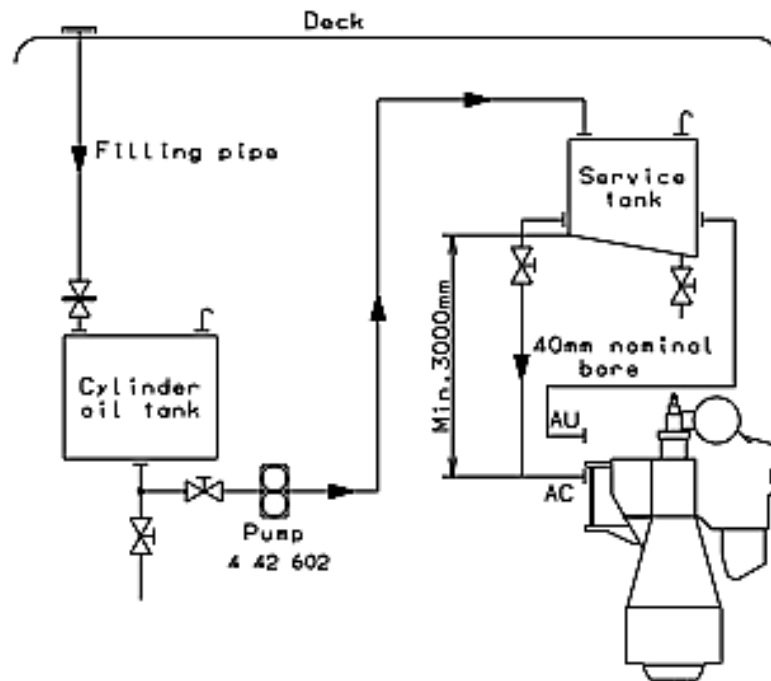
Cylinder lubricating oil storage tank digunakan untuk menampung semua kebutuhan cylinder lubricating oil selama pelayaran.

- *Cylinder lub oil service tank*

Cylinder lubricating oil service tank digunakan melayani kebutuhan pelumas silinder.



Gambar 2.8 Contoh desain uni lubricating oil system MAN BW



Gambar 2.9 Contoh desain cylinder lubricating oil system MAN BW

D. SISTEM PENDINGIN (*COOLING SYSTEM*)

1. Umum

Sistem pendinginan mesin secara prinsipnya ada dua jenis, yaitu sistem pendinginan terbuka dan sistem pendinginan tertutup.

a. Sistem pendinginan terbuka

Merupakan sistem pendinginan yang menggunakan fluida, yang mana fluida tersebut langsung berhubungan dengan udara. Sistem pendinginan ini maksudnya adalah air pendingin yang digunakan untuk mendinginkan mesin diambil dari katub pemasukan, kemudian mengerjakan tugas mendinginkan mesin, lalu secara langsung dibuang ke lingkungan. Sehingga dapat dikatakan bahwa air pendingin berhubungan langsung dengan udara.

b. Sistem pendinginan tertutup

Merupakan sistem pendinginan yang air pendinginnya tidak secara langsung berhubungan dengan udara. Maksudnya adalah air pendingin yang mendinginkan mesin didinginkan oleh fluida lain yang dapat secara teratur digantikan.

2. Macam-macam sistem pendingin

a. Sistem Pendingin air laut (*Sea Water Cooling System*)

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 memerlukan material komponen yang tahan korosi, biaya maintenance lebih besar, bila terjadi salah satu komponen mengalami kerusakan akan menyebabkan komponen yang lainnya terganggu fungsinya. Kelebihan sistem jenis ini maintenance lebih mudah dan biaya awal lebih murah.

Sea water cooling system digunakan untuk mendinginkan main engine lubricating cooler, jaket water cooler dan scavenge air cooler. Sistem pendingin air laut digunakan untuk mendinginkan pendingin oli main engine, jacket water cooler, dan juga scavenge air cooler. Kapasitas dari sea water pump didasarkan pada temperatur keluaran dari air laut yaitu 500C setelah melewati pendingin dengan temperatur masukan 320C (pada kondisi tropis), dari temperatur tersebut temperatur dapat naik sebesar 180C.

Air laut diambil melalui sea chest dan disirkulasikan oleh sea water pump. Air laut yang keluar dari sea water pump disirkulasikan menuju lubricating oil cooler dan sebagian dari air laut yang disirkulasikan diarahkan pada scavenge air cooler pada engine. Fluida yang melalui lubricating oil cooler menyerap panas dari lubricating oil kemudian diteruskan untuk mendinginkan jacket water cooler. Setelah keluar dari jacket water cooler, sea water dapat dibuang melalui over board atau disirkulasikan kembali dalam system.

Berikut ini adalah beberapa keuntungan dan kerugian dalam pemilihan sea water cooling system:

Keuntungan:

- a. Hanya menggunakan 2 set cooling water pump
- b. Instalasinya simple dan hanya menggunakan sedikit system pipa

Kerugian:

- a. Membutuhkan maintenance sangat banyak dan mahal
- b. Pipa untuk seawater yang tahan terhadap korosi sangat mahal seperti misalnya pipa Cu-Ni.

b. Sistem Pendinginan Terpusat (*Central Cooling System*)

Sistem pendingin ini didesain dengan hanya mempunyai satu heat exchanger yang didinginkan dengan air laut, sedangkan untuk cooler yang lain termasuk jacket water, minyak pelumas, udara bilas, 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 central 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 melalui over board.
2. *Fresh water sirkuit*, dibagi lagi menjadi 2 yaitu:
 - o 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.

- Low temperature circuit, digunakan untuk mendinginkan Lube oil cooler dimana temperatur inletnya sebesar 36°C dan outletnya 43°C , mendinginkan scavenging (udara bilas).

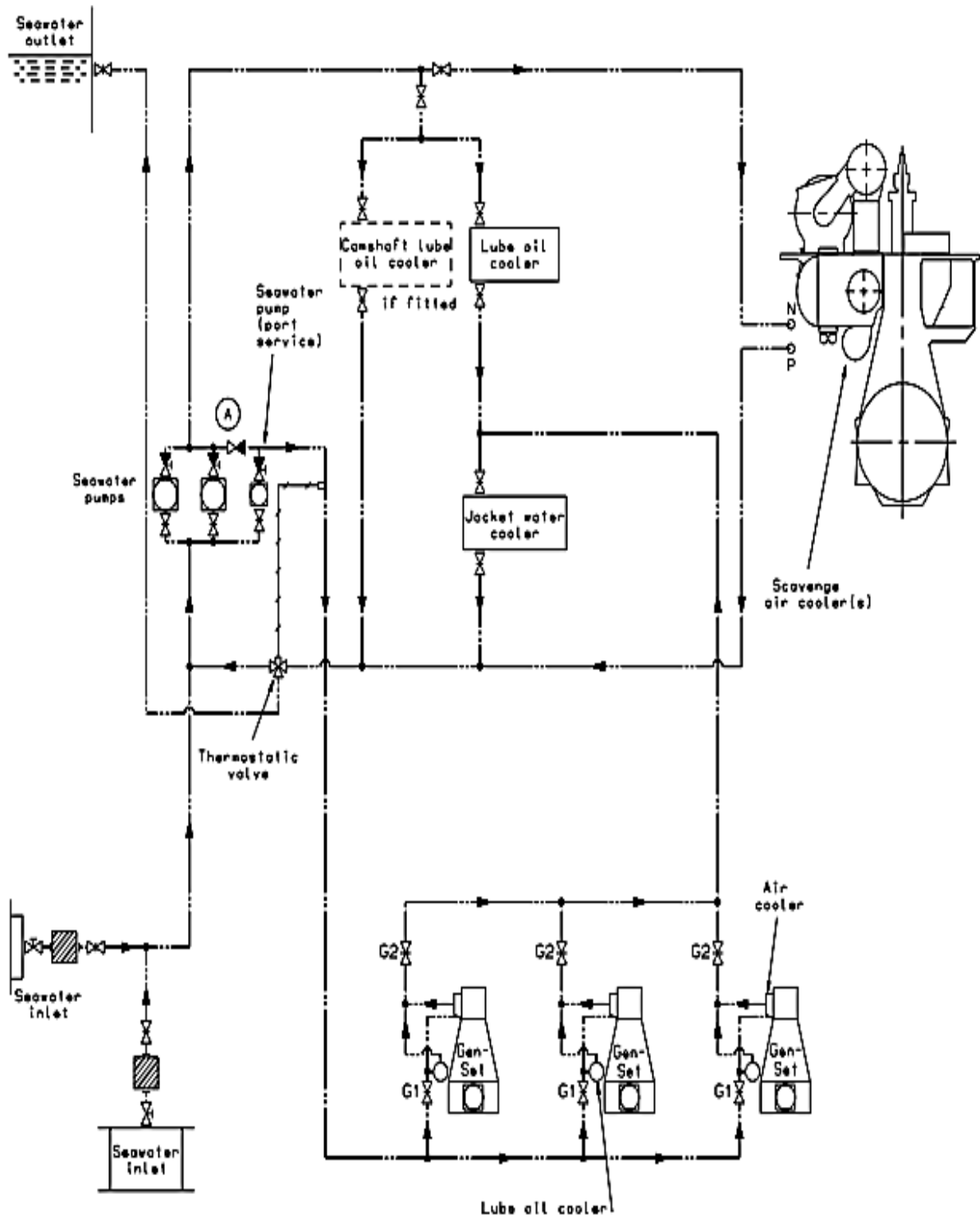
Berikut ini adalah beberapa keuntungan dan kerugian dalam pemilihan sea water cooling system:

Keuntungan :

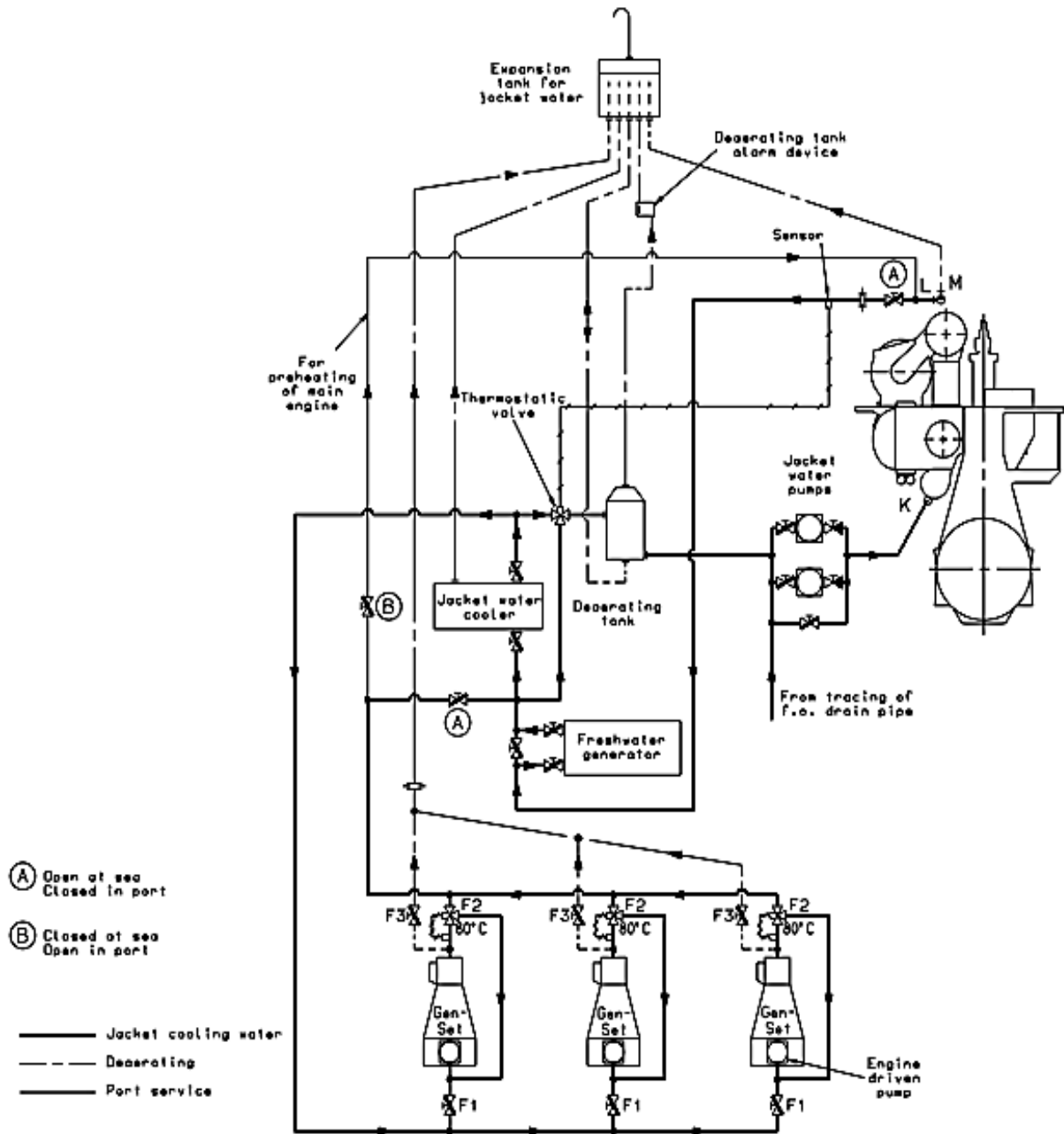
- a. Hanya satu heat exchanger yang didinginkan oleh seawater dan hanya satu heat exchanger yang dioverhaul.
- b. Seluruh heat exchanger didinginkan oleh fresh water dan material yang digunakan lebih murah.
- c. Hanya sedikit pipa yang korosif pada instalasi
- d. Mengurangi maintenance untuk komponen pendingin
- e. Penambahan utilitas alat

Kerugian :

- a. Ada 3 set cooling water pump (seawater, freshwater low temperature, dan jacket water temperature)
- b. Membutuhkan biaya awal yang mahal.



Gambar 2.9 Contoh desain sea water cooling system MAN BW



Gambar 2.10 Contoh desain central cooling system MAN BW

TUGAS UNIT II

SISTEM PELAYANAN MOTOR INDUK

Petunjuk Pengerjaan:

1. Tugas dikerjakan oleh mahasiswa secara mandiri.
2. Jawaban tugas mandiri diketik rapi dengan menggunakan kertas A4 termasuk gambar desain yang nantinya akan dibuat.
3. Semua tugas harus dikerjakan dan diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, paling lambat adalah satu hari sebelum mata kuliah pada minggu selanjutnya dimulai.

Tugas Minggu 3

a. Sistem udara start

1. Jelaskan secara detail cara kerja dan fungsi dari sistem udara start di kapal.
2. Hitunglah kapasitas botol angin dari sistem udara start yang akan digunakan pada rancangan kapal anda.
3. Tentukan kapasitas dan daya kompresor yang akan digunakan untuk memberikan tekanan kompresi pada sistem udara start anda.
4. Gambarkan desain 2D sistem udara start menggunakan AUTOCAD sesuai dengan hasil perhitungan yang sudah anda lakukan.

Tugas Minggu 4

b. Sistem bahan bakar

1. Jelaskan secara detail cara kerja dan fungsi dari sistem bahan bakar di kapal.
2. Tentukan jenis bahan bakar yang akan anda gunakan untuk mesin induk di kapal anda.
3. Hitunglah kebutuhan daya pompa-pompa (*transfer pump, supply pump, circulating pump* dll) yang dibutuhkan untuk sistem bahan bakar yang anda rencanakan.
4. Gambarkan desain 2D sistem bahan bakar menggunakan AUTOCAD sesuai dengan hasil perhitungan yang sudah anda lakukan.

Tugas Minggu 5**c. Sistem pelumasan**

1. Jelaskan secara detail cara kerja dan fungsi dari sistem pelumasan di kapal.
2. Tentukanlah jenis pelumas yang akan anda gunakan untuk melumasi mesin induk di kapal.
3. Hitunglah kebutuhan daya pompa-pompa yang dibutuhkan untuk sistem pelumasan yang anda rencanakan.
4. Gambarkan desain 2D sistem pelumasan menggunakan AUTOCAD sesuai dengan hasil perhitungan yang sudah anda lakukan.

d. Sistem pendingin

1. Jelaskan secara detail cara kerja dan fungsi dari sistem pendingin di kapal.
2. Tentukanlah jenis pendinginan yang akan anda gunakan untuk mendinginkan mesin induk di kapal.
3. Hitunglah kebutuhan daya pompa-pompa yang dibutuhkan untuk sistem pendinginan yang anda rencanakan.
4. Gambarkan desain 2D sistem pendinginan menggunakan AUTOCAD sesuai dengan hasil perhitungan yang sudah anda lakukan.

UNIT III

SISTEM PELAYANAN UMUM

A. Umum

Sistem pelayanan umum di kapal atau disebut dengan *general service system* terdiri dari beberapa sistem yang memiliki fungsi berbeda-beda dan turut mendukung operasi kapal. Sistem pelayanan umum di kapal ini antara lain sistem ballast, sistem bilga, sistem pemadam kebakaran, sistem air laut dan air tawar serta sewage sistem.

Pada unit tiga (III) ini, mahasiswa akan diajak untuk mempelajari bagaimana cara mendesain dan menentukan sistem pelayanan umum di kapal. Bagaimana menghitung kebutuhan daya pompa, serta perencanaan dari sistem yang akan dibuat dan diinstall di kapal.

B. Ruang Lingkup Isi

Isi dari unit III ini secara garis besar antara lain meliputi hal-hal sebagai berikut: (1) *ballast system*, (2) *bilge system*, (3) *fire fighting system*, (4) *sanitary and sewage system*.

C. Sasaran Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, mahasiswa diharapkan dapat memiliki kompetensi yang diindikasikan oleh kemampuan dalam menjelaskan dan merancang mengenai: sistem ballast (*ballast system*), (2) sistem bilga (*bilge system*), (3) sistem pemadam kebakaran (*fire fighting system*), (4) sistem air tawar dan air laut (*fresh and sea water system*) (5) *sanitary and sewage system*.

D. Waktu Pelaksanaan

3x pertemuan, minggu ke-6 hingga minggu ke-8

MATERI PEMBELAJARAN

UNIT III

A. SISTEM BALLAST (*BALLAST SYSTEM*)

1. Umum

Merupakan system yang digunakan untuk menjaga keseimbangan (stabilitas) kapal apabila terjadi trim atau list (oleng) terutama pada saat bongkar muat dipelabuhan. Untuk menjaga keseimbangan perlu dilakukan pengisian dan pembuangan air laut pada tangki-tangki ballast, sehingga dapat menjaga titik berat kapal serendah mungkin dan mempertahankan posisi kapal selalu dalam kondisi *even keel*. Pertimbangan untuk mendapatkan titik berat serendah mungkin maka tangki ballast diletakkan pada double bottom. Proses water ballast dibedakan menjadi dua yaitu *ballasting* (pengisian air ballast) dan *de-ballasting* (pembuangan air ballast). Prinsip kerja dari sistem ini sangat sederhana, dimana pompa digunakan sebagai pemindah air laut, dari sea chest dan dipindahkan kedalam tangki-tangki ballast atau mengosongkan air ballast pada tangki ke *overboard* (O/B). sistem ini menjadi rumit untuk didesain karena pompa yang berfungsi sebagai mesin fluida hanya dapat menyalurkan air laut dalam satu arah saja. Sehingga perancangan lebih lanjut yang terkait dengan pelayanan umum di kapal (*General Service System*) dilakukan secara interkoneksi dengan sistem lainnya.

Desain sistem ballast erat kaitannya dengan proses bongkar muat di pelabuhan terutama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan bongkar-muat, dan secara langsung juga berpengaruh terhadap perubahan displacement kapal. pada beberapa literatur disebutkan bahwa berat air ballast secara keseluruhan berkisar antara 10% – 17% dari displacement kapal

2. Komponen sistem ballast

Komponen-komponen penyusun sistem ballast terdiri dari:

a. *Sea Chest*,

merupakan lubang pada lambung kapal berfungsi sebagai pusat sumber air laut untuk semua kebutuhan kapal termasuk kebutuhan air ballast, jumlah dan ketinggiannya disesuaikan dengan kebutuhan, yang lebarnya dibatasi 1 (satu) jarak frame.

b. *Pipa utama dan pipa cabang,*

merupakan tempat air ballast dari dan keluar tangki ballast, untuk desain diameternya dapat ditentukan dari volume tangki ballast secara keseluruhan dan desain waktu pengisian yang disesuaikan dengan waktu bongkar muat di pelabuhan.

c. *Tangki ballast,*

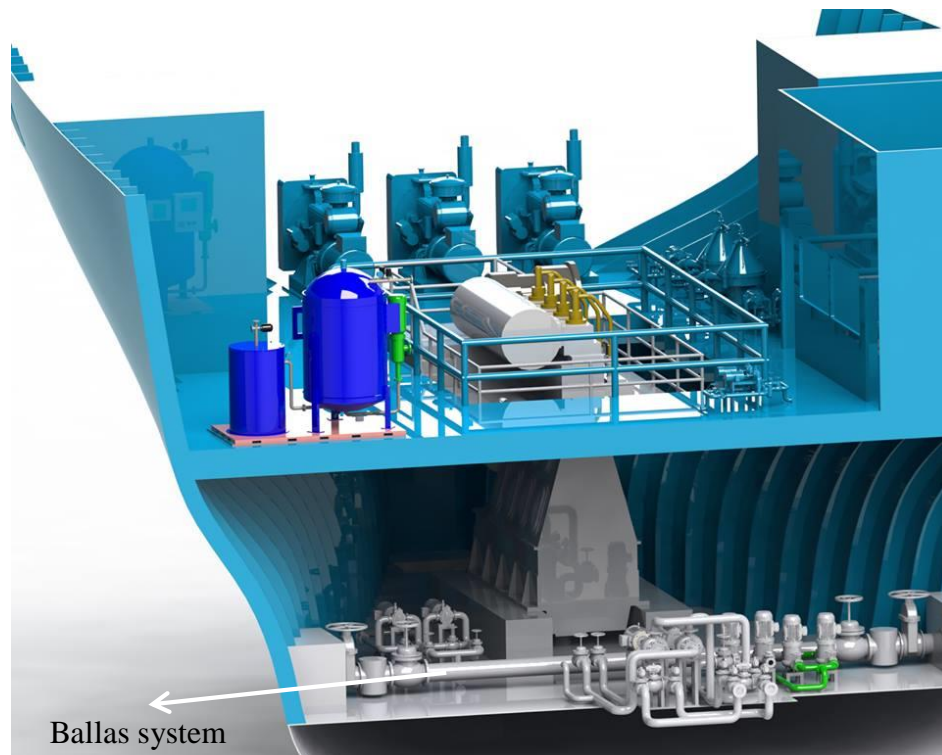
merupakan tempat untuk air ballast yang terletak pada double bottom tank dan sebagian pada tangki ceruk. Untuk tangki yang terletak pada double bottom dipisah menjadi 2 bagian yaitu bagian port dan starboard yang tiap sisinya terdiri dari empat buah tangki.

d. *Pompa ballast,*

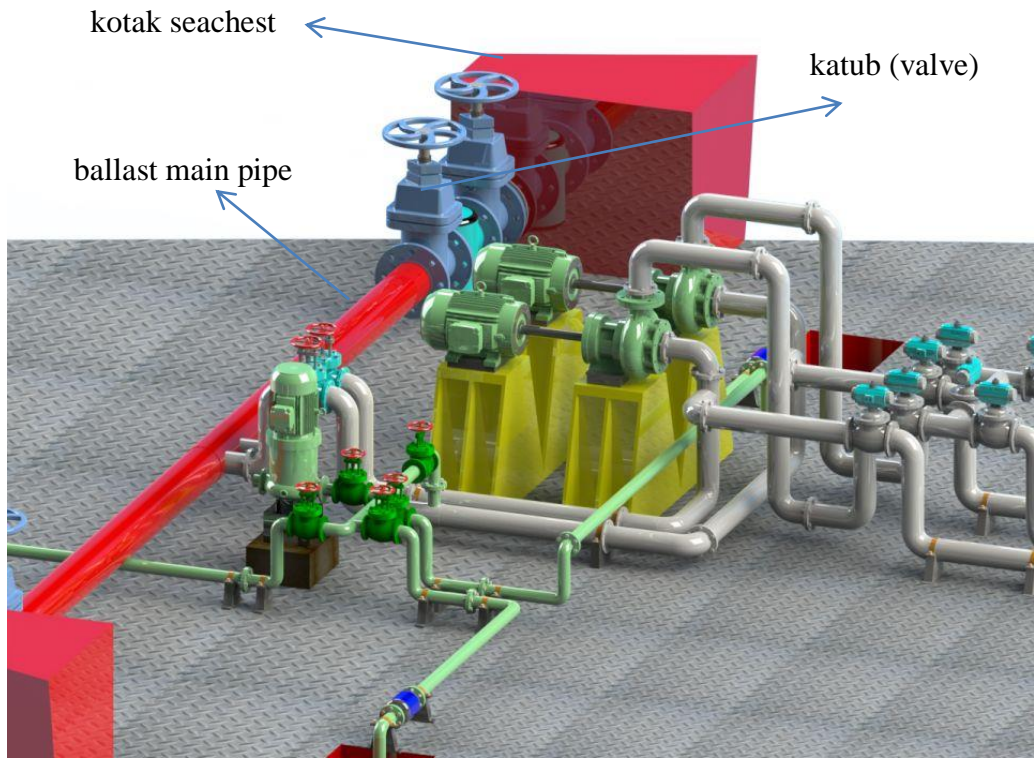
pompa yang digunakan merupakan jenis centrifugal dengan pertimbangan debit lebih diutamakan daripada headnya.

e. *Overboard,*

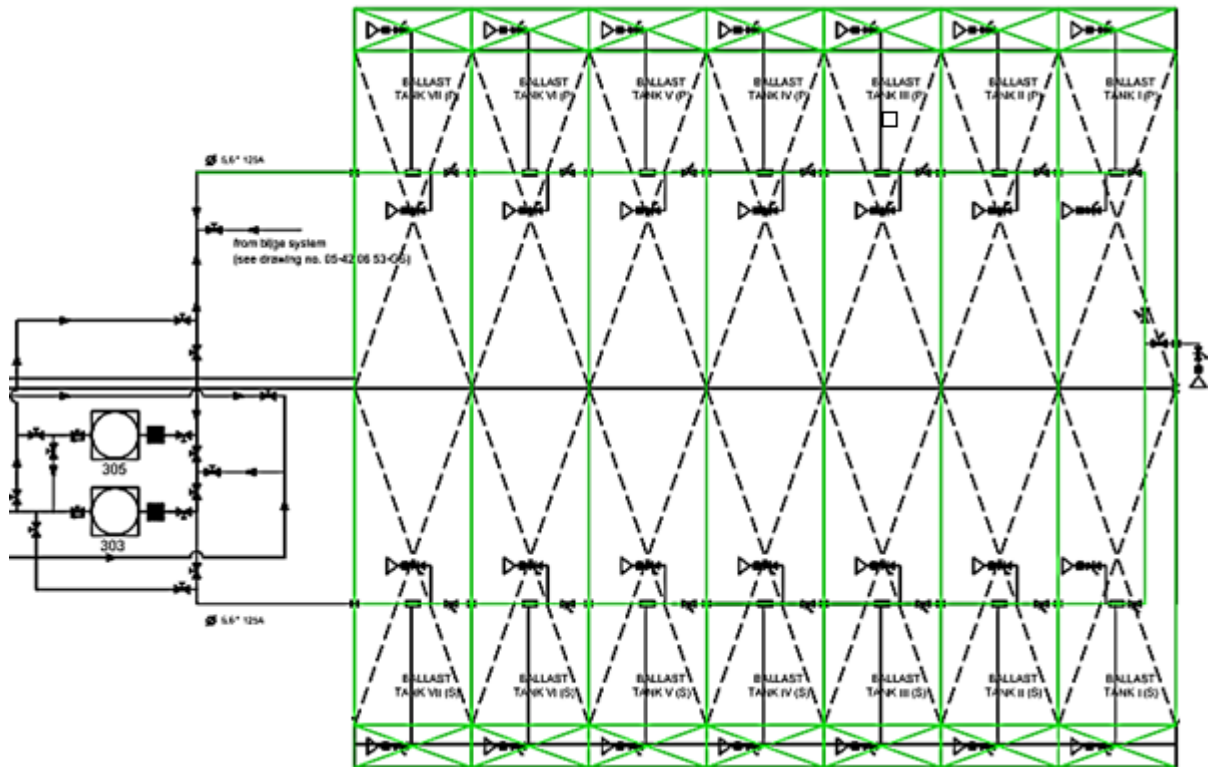
merupakan tempat yang digunakan untuk semua proses pembuangan air laut yang bersifat clean, yang terletak diatas garis air muat.



Gambar 3.1 Contoh sistem perpipaan ballast system



Gambar 3.2 komponen sistem ballast



Gambar 3.3 Contoh desain perpipaan sistem ballast

B. SISTEM BILGA (*BILGE SYSTEM*)

1. Umum

Didalam kapal sistem ini merupakan salah satu sistem yang digunakan untuk keselamatan kapal. sistem ini memiliki fungsi utama yaitu sebagai penguras (*drainage*) apabila terjadi kebocoran pada kapal yang disebabkan oleh *grounding* (*kandas*) atau *Collision*, sistem harus mampu memindahkan air dengan cepat dari bagian dalam keluar kapal. Dengan demikian hal ini akan menyebabkan kapasitas pompa menjadi semakin besar seiring dengan bertambah besarnya ruangan, sedangkan fungsi sampingnya yaitu sebagai penampungan air yang jumlahnya relative kecil yang terkumpul pada sumur bilga (*bilge well*) sekaligus sebagai pengurasannya. Pada kapal tanker air tersebut dapat berasal dari:

- a. Pengembunan air laut pada pelat
- b. Perembesan pada sambungan pelat sebagai akibat kurang baiknya sambungan tersebut (karena retak)
- c. kebocoran pada shaft tunnel

2. Macam-macam sistem bilga

Sistem bilga dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu :

- a. *Clean Bilge System*, merupakan sistem yang digunakan untuk mengatasi terjadinya kebocoran kapal khusus pada ruang muat untuk kapal cargo, sedangkan pada kapal tanker tidak ada.
- b. *Oily water Bilge System*, merupakan sistem yang digunakan untuk mengatasi kebocoran dan *drainage* air pendingin di kamar mesin, mengatasi pengembunan pada kamar pompa beserta kebocoran muatan minyak yang timbul saat unloading. Sistem ini terpisah dari sistem yang digunakan pada ruang muat karena jenis fluida yang ditangani berbeda, yaitu air yang bercampur minyak.

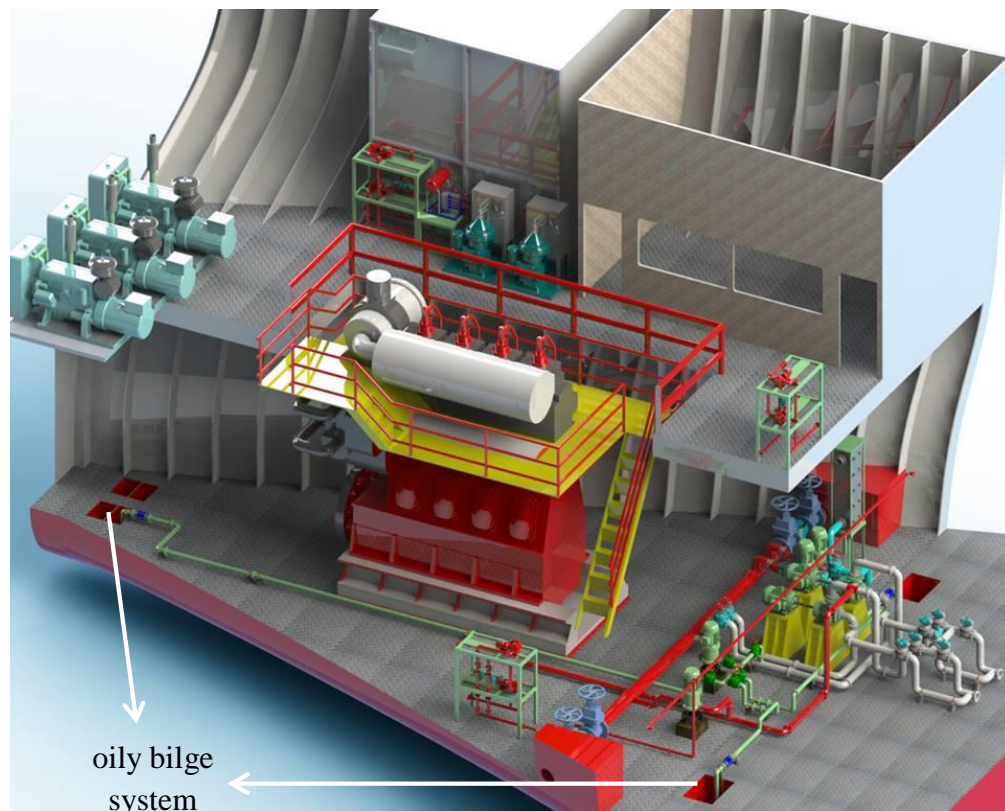
3. Komponen sistem bilga

Komponen-komponen sistem bilga terdiri dari:

- a. Well (sumur/penampungan) yang terletak pada plate bilge dibagian pinggir dan belakang kompartmen dan jumlahnya minimal 2, masing-masing pada port side dan starboard side. Volume well maximum $0,5 \text{ m}^3$ dan tidak boleh kurang dari 0.15 m^3 (*Rules Recommendation*) dengan kedalaman $< 0,5$ tinggi double bottom ($H_{d/b}$)

- b. Pipa utama yang digunakan untuk melayani dan mengatasi kebocoran pada kamar mesin dan ruang pompa, sehingga menurut klasifikasi diameter minimum (D_{\min}) yang diijinkan merupakan fungsi dari ukuran kapal.
- c. Pipa cabang yang digunakan untuk melayani dan mengatasi khusus pada compartment saja, sehingga menurut klasifikasi diameter minimum yang diijinkan merupakan fungsi ukuran compartment.

Konfigurasi instalasi perpipaannya terdiri dari Branch (satu cabang pipa untuk mengatasi satu bilge well, dengan buka tutup katup secara manual) dan O ring Type (satu pipa cabang melayani semua bilge well, dengan buka tutup katup dibantu oleh control pneumatik ataupun hidraulik). Pada perancangan sistem balast instalasi pipa cabang disarankan menggunakan type branch, dengan pertimbangan kemudahan operasi dan pemeliharaan dan pompa yang digunakan lebih baik adalah type *vertical gear pump* dengan tekanan (head) minimum mampu memindahkan fluida minimal sampai overboard (O/B).



Gambar 3.4 Contoh sistem perpipaan *system oily bilge*

C. SISTEM PEMADA KEBAKARAN (*FIRE FIGHTING SYSYTEM*)

1. Umum

Adalah sistem yang digunakan untuk mengatasi, mencegah dan menghentikan terjadinya kebakaran yang terjadi pada kapal, secara keseluruhan maupun per bagian. Kebakaran menjadi salah satu bahan pertimbangan yang penting dan tidak bisa diabaikan begitu saja, karena menyangkut keselamatan awak, muatan dan kelangsungan kapal itu sendiri. Walaupun kebakaran di atas kapal tidak terjadi secara periodik, namun semua komponen dan spesifikasinya telah diatur dengan baik di dalam klasifikasi maupun standart perancangan kapal. Kebakaran merupakan suatu peristiwa terjadinya nyala api sebagai akibat adanya reaksi antara material, sumber panas dan oksigen yang cukup. Secara umum senyawa dan unsur tersebut dinyatakan sebagai bentuk segitiga api: material, oksigen, sumber panas. Satu-satunya cara untuk mencegah terjadinya kebakaran adalah dengan menghilangkan atau memisahkan salah satu dari ketiga unsur tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan cara:

- a. Menurunkan suhu dibawah suhu pembakaran
- b. Menurunkan kadar oksigen
- c. Menjauhkan material yang mudah terbakar

2. Macam-macam kebakaran di kapal

Kebakaran yang mungkin terjadi pada kapal digolongkan menjadi 3 (tiga) bagian besar beserta penanggulangannya, yaitu sebagai berikut:

- a. Kebakaran material yang terjadi pada ruang muat (cargo tank) dapat dipadamkan dengan menggunakan air laut dan foam
- b. Kebakaran yang terjadi pada kamar mesin terutama yang disebabkan oleh minyak dapat dipadamkan dengan menggunakan foam dan CO₂.
- c. Kebakaran yang disebabkan oleh hubungan pendek arus listrik biasanya terjadi pada ruang kemudi (Wheel house) dan di engine control room, dapat dipadamkan dengan menggunakan portable extinguisher dan CO₂

Secara umum sistem pemadam kebakaran dikapal minimal harus tersusun atas beberapa sistem yang disesuaikan dengan jenis kebakaran yang mungkin terjadi.

a. *Sea Water Fire Fighting System*

Merupakan sistem pemadam kebakaran yang memanfaatkan air laut sebagai media pemadamannya yang diambil langsung melalui sea chest menggunakan

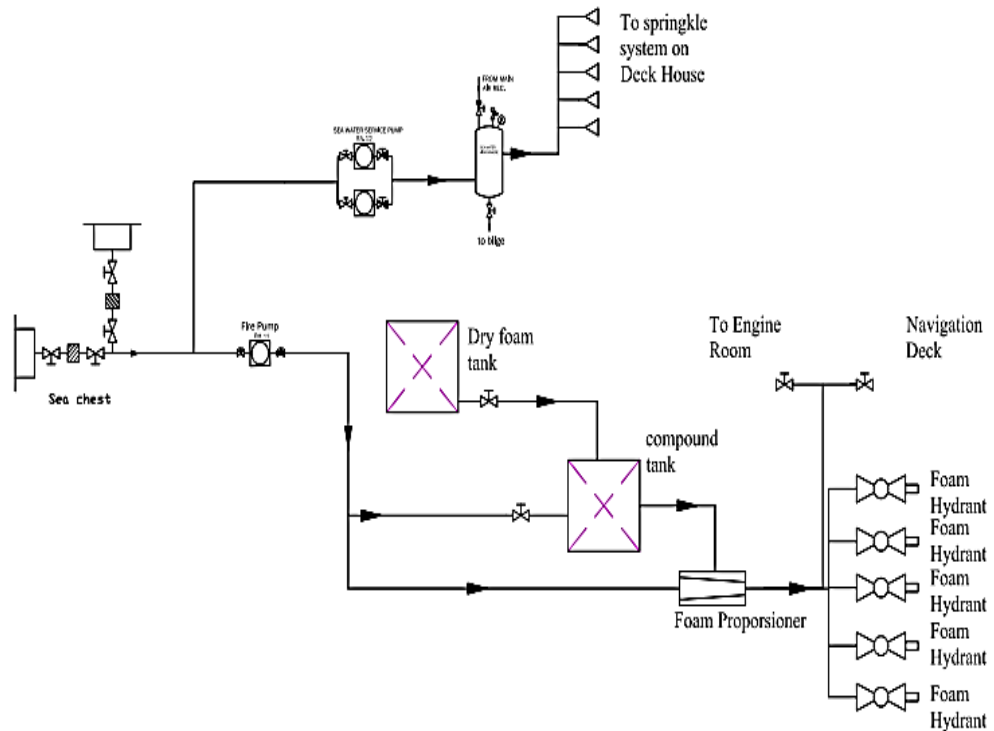
ballast pump dan juga general service pump sebagai fire pump kedua. Air laut tersebut disebarkan ke beberapa titik api yang kemungkinan terjadi melalui deck hydrant, baik di ruang muat ataupun di geladak akomodasi. Jalur pipa utama untuk pemadam kebakaran dipasang secara permanent pada main deck dan deck house. Khusus pada main deck jalur utamanya dipasang Hydrant yang dirancang dengan 2 (dua) hose outlet yang dapat digunakan untuk menyemburkan air secara simultan ke segala arah. Sedangkan pada deck house kecuali wheel house dipasang secara permanent suatu instalasi pemadam yang berupa water sprinkle dan smoke detector yang diinterkoneksi dengan sea water hydrophore sebagai pendistribusi aliran fluida. Komponen-komponen penyusun pada sistem ini adalah sebagai berikut:

- Sea chest, merupakan tempat masuk air laut yang berfungsi sebagai pasokan air laut yang digunakan untuk memadamkan api. Ketentuan, letak, dan jumlah sea chest sama dengan sub bab 3.2 pada system ballast.
- Pipa utama dan pipa cabang, yang berfungsi sebagai jalur air laut untuk memadamkan api yang disebarkan secara merata ke seluruh kapal.
- Hydrant, merupakan sumber distribusi air laut yang terletak pada main deck di sekitar geladak ruang muat dan akomodasi dengan peletakkannya pada gangway dimana intensitas ABK melewatinya cukup tinggi dengan pertimbangan kemudahan untuk dicapai oleh awak kapal.
- Fire hoses untuk ukuran standart 2,5 inchi inside diameter dengan panjang 60 feet dan dilengkapi dengan hoses nozzle yang dapat digunakan untuk mengatur jenis semprotan air.

b. *Foam Fire Fighting system*

Merupakan system pemadam kebakaran yang memanfaatkan ketebalan lapisan campuran foam kering dan air laut (busa) untuk menutupi (mengisolasi) permukaan material yang terbakar api dari udara dan sekaligus mendinginkannya, secara umum digunakan di kamar mesin dan di main deck (atas cargo hold). Foam tersedia sepanjang waktu dan kecil kemungkinannya untuk terbakar. Foam ini terbuat dari campuran antara dry powder foam dan

air laut yang direaksikan pada compound tank, yang hasilnya di busakan pada proporsioner (ejector).



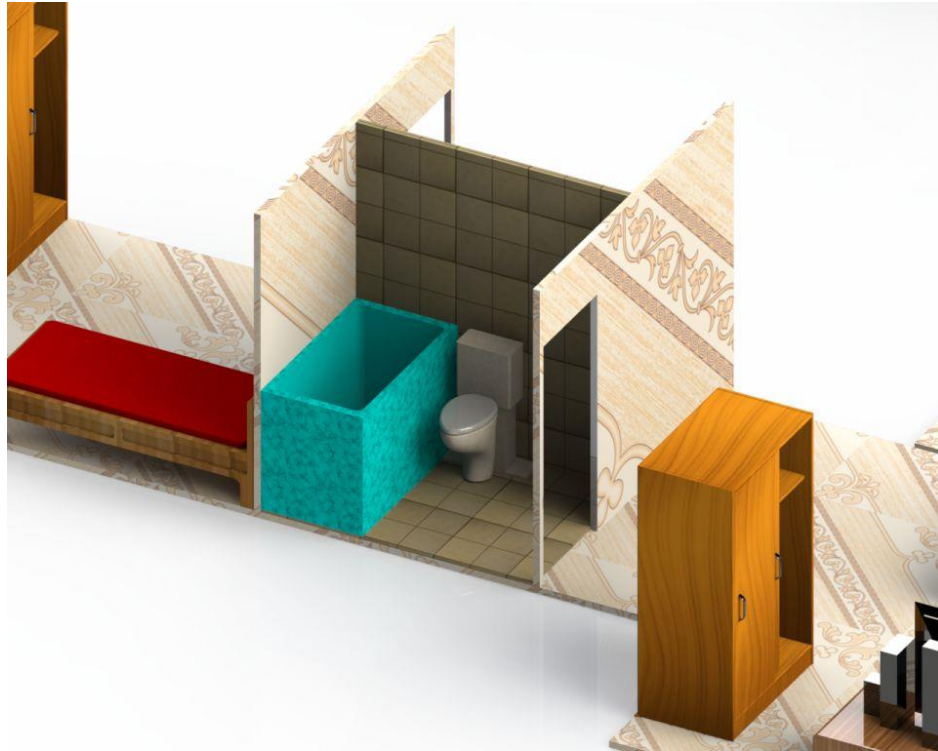
Gambar 3.5 Contoh desain fire fighting system

D. SISTEM SANITARI DAN PEMBUANGAN (SANITARY AND SEWAGE SYSTEM)

1. Umum

Sanitary dan sewage sytem merupakan sistem yang digunakan untuk pemenuhan air tawar (fresh water) dan air laut (sea water) untuk pemenuhan kebutuhan para ABK dan ruang akomodasi. Penggunaan tersebut antara lain pada ruang atau tempat sebagai berikut:

- a. tempat cuci/laundry
- b. dapur
- c. kamar mandi dan wc
- d. wastafel-wastafel di mess room, hospital dan di kamar mandi
- e. pencucian geladak

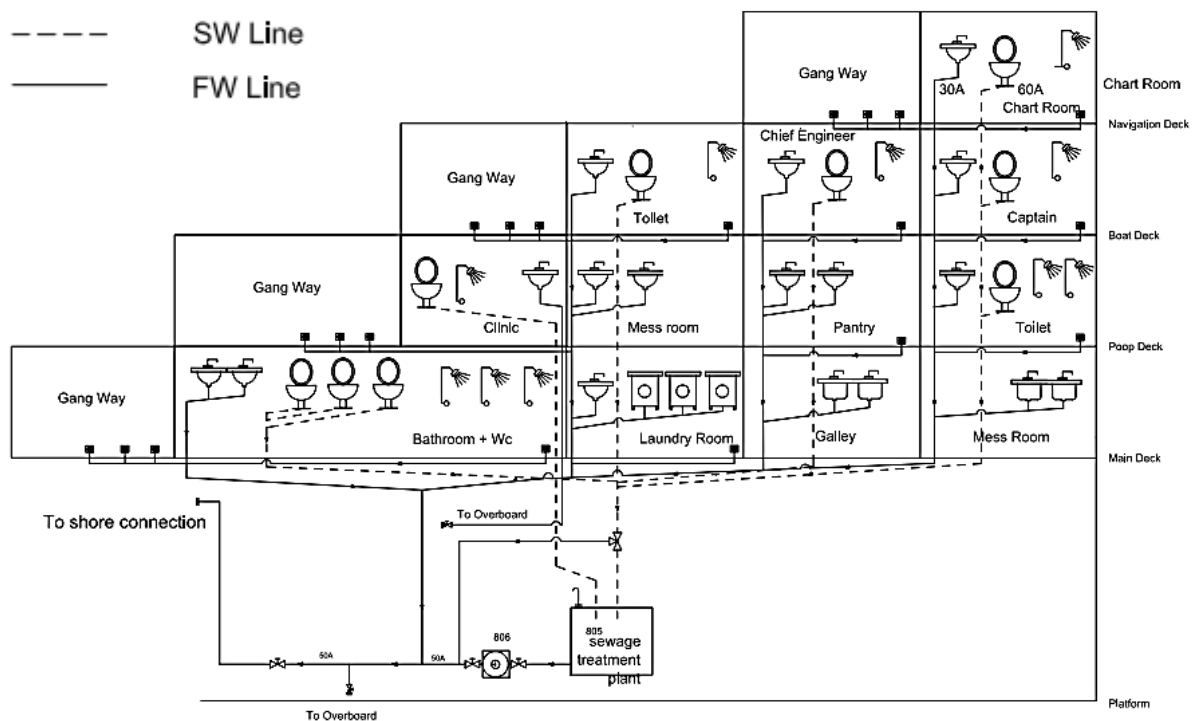


Gambar 3.6 Aplikasi sanitary dan discharge sistem

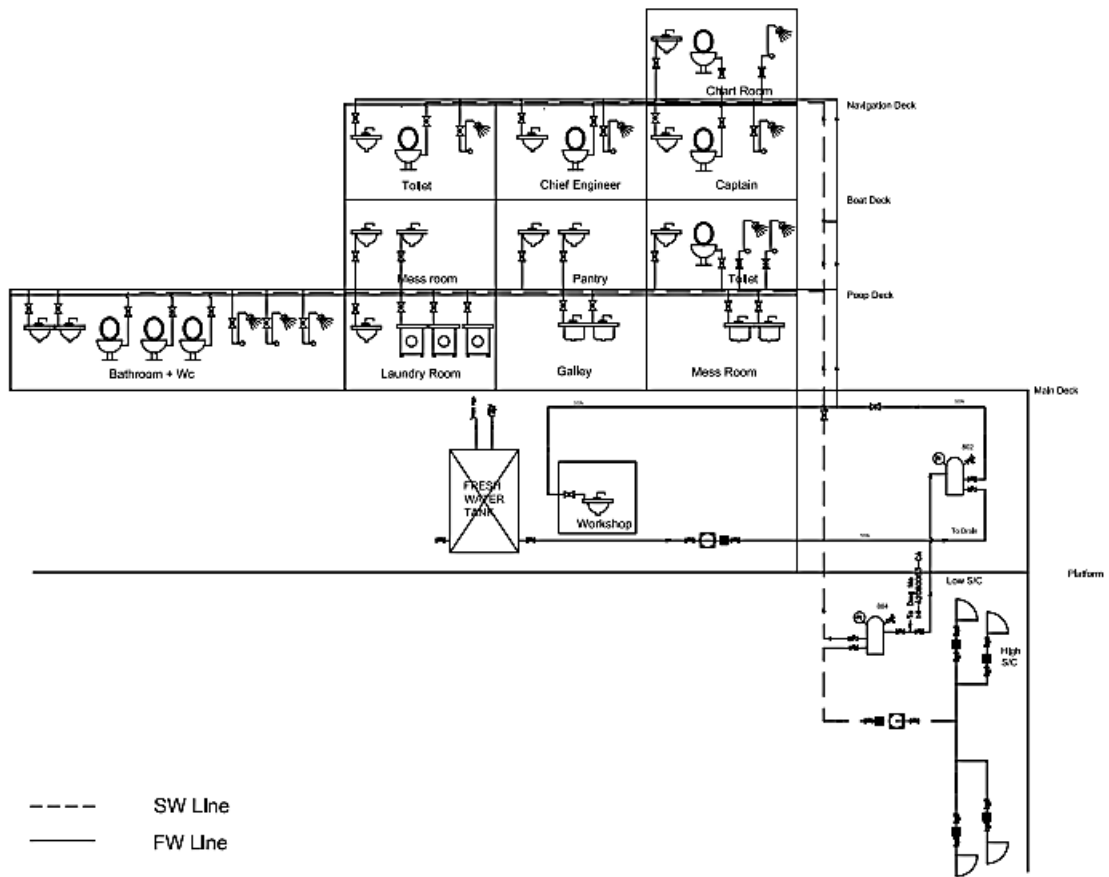
2. Rules dan rekomendasi

Acuan regulasi yang digunakan adalah

- a. Scuppers dan overboard discharges harus sesuai
- b. Untuk discharge diatas freeboard deck/bulkhead deck pipa berikut dapat digunakan:
 - o Pipa yang memiliki ketebalan lebih tipis dengan persetujuan klas
 - o Pipa tipe special dengan persetujuan klas.
- c. Jika sanitary discharge melewati ruang muat harus terlindungi dari benturan dari muatan.
- d. Sewage tank harus dipasang pipa udara menuju open deck.
- e. Sewage tank harus dipasangi dengan filling connection, rinsing connection dan level alarm.
- f. Pompa ballast dan bilga tidak boleh digunakan untuk mengosongkan tanki sewage.



Gambar 3.7 Contoh desain sanitary discharge system



Gambar 3.8 Contoh desain domestic fresh dan sea water system

TUGAS UNIT III

SISTEM PELAYANAN UMUM

Petunjuk Pengerjaan:

1. Tugas dikerjakan oleh mahasiswa secara mandiri.
2. Jawaban tugas mandiri diketik rapi dengan menggunakan kertas A4 termasuk gambar desain yang nantinya akan dibuat.
3. Semua tugas harus dikerjakan dan diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, paling lambat adalah satu hari sebelum mata kuliah pada minggu selanjutnya dimulai.

Tugas Minggu 6

a. Sistem ballast

1. Jelaskan secara detail cara kerja dan fungsi dari sistem ballas di kapal.
2. Hitunglah kebutuhan daya dari pompa yang akan digunakan untuk proses ballasting maupun de-ballasting
3. Tentukan jumlah dari pompa yang akan digunakan untuk proses ballasting maupun de-ballasting
4. Gambarkan desain 2D sistem ballast menggunakan AUTOCAD sesuai dengan hasil perhitungan yang sudah anda lakukan.

Tugas Minggu 7

b. Sistem bilga

1. Jelaskan secara detail cara kerja dan fungsi dari sistem bilga di kapal.
2. Hitunglah kebutuhan daya dari pompa yang anda gunakan, baik untuk *bilge system* maupun *oily bilge system*.
3. Tentukan jumlah dari pompa yang akan digunakan pada sistem bilga anda.
4. Gambarkan desain 2D sistem bilga anda menggunakan AUTOCAD sesuai dengan hasil perhitungan yang sudah anda lakukan.

Tugas Minggu 8

c. Sistem pelumasan

1. Jelaskan secara detail cara kerja dan fungsi dari sistem pemadam kebakaran di kapal.

2. Jelaskan macam-macam pemadam kebakaran di kapal serta aturan yang digunakan didalam merencanakan sistem pemadam kebakaran di kapal.
3. Hitunglah kebutuhan daya pompa-pompa yang dibutuhkan untuk sistem pemadam kebakaran yang anda rencanakan termasuk pompa emergensi (*emergency fire pump*).
4. Gambarkan desain 2D sistem pemadam kebakaran menggunakan AUTOCAD sesuai dengan hasil perhitungan yang sudah anda lakukan.

d. Sistem pendinginan

1. Jelaskan secara detail cara kerja dan fungsi dari sistem pemadam kebakaran di kapal.
2. Tentukanlah volume tangki sewage treatment tank yang akan anda gunakan
3. Hitunglah kebutuhan daya pompa yang dibutuhkan untuk sistem sanitari dan sewage
4. Gambarkan desain 2D sistem pendinginan menggunakan AUTOCAD sesuai dengan hasil perhitungan yang sudah anda lakukan.

UNIT IV

PERMESINAN GELADAK

A. Umum

Permesinan geladak atau *deck machinery* adalah peralatan – peralatan yang terletak pada geladak utama di kapal dan berfungsi untuk membantu dalam berolah gerak di pelabuhan ketika akan bersandar, berlabuh atau pada saat bongkar muat. Berbagai macam pertimbangan harus diperhatikan didalam menentukan jenis permesinan geladak, daya yang dipilih serta sistem yang akan digunakan, karena hal ini akan sangat berpengaruh terhadap kinerja kapal saat beroperasi. Hampir semua peralatan yang termasuk dalam permesinan geladak dalam desainnya membutuhkan teknik melebihi dari standar permesinan dan system kontrol praktis biasa. Operasi permesinan tersebut disesuaikan agar peralatan tersebut dapat bekerja dengan baik di lingkungan laut dan mampu bekerja pada berbagai kondisi unik yang sering ditemui di atas geladak kapal (laik laut)

Pada unit empat (IV) ini, mahasiswa akan diajak untuk mempelajari menentukan sistem permesinan geladak di kapal. Penjelasan mengenai berbagai sistem permesinan geladak, perhitungan sistem, serta perencanaan dari sistem yang akan diinstall di kapal.

B. Ruang Lingkup Isi

Isi dari unit IV ini secara garis besar antara lain meliputi hal-hal sebagai berikut: (1) *steering gear system*, (2) *lifeboat*, (3) *anchor system*, (4) *mooring system*, (5) *cargo gear system*

C. Sasaran Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, mahasiswa diharapkan dapat memiliki kompetensi yang diindikasikan oleh kemampuan dalam menjelaskan dan merancang mengenai: (1) sistem kemudi dan penggerak daun kemudi (*steering gear system*), (2) sekoci (*lifeboat*), (3) sistem jangkar (*anchor system*), (4) mesin tambat (*capstan-mooring system*), (5) sistem bongkar muat (*cargo gear system*).

D. Waktu Pelaksanaan

2x pertemuan, minggu ke-9 hingga minggu ke-10

MATERI PEMBELAJARAN

UNIT IV

A. SISTEM KEMUDI (*STEERING GEAR SYSTEM*)

1. Umum

Sistem kemudi adalah sistem yang digunakan untuk mengendalikan arah gerak dari kapal secara keseluruhan. Kemudi kapal dan instalasinya adalah suatu sistem didalam kapal yang memegang peranan penting didalam pelayaran dan menjamin kemampuan olah gerak kapal. Sehubungan dengan peran ini, sebaiknya sebuah kemudi dan instalasinya harus memenuhi ketentuan didalam keselamatan suatu pelayaran.

Sistem kemudi mencakup semua bagian alat-alat yang diperlukan untuk mengemudikan kapal, mulai dari kemudi, poros, dan instalasi penggerak sampai kemudinya sendiri. Instalasi penggerak kemudi terletak diruang mesin kemudi geladak utama dan peralatan untuk mengatur gerak kemudi diletakkan didalam ruang kemudi atau ruang navigasi

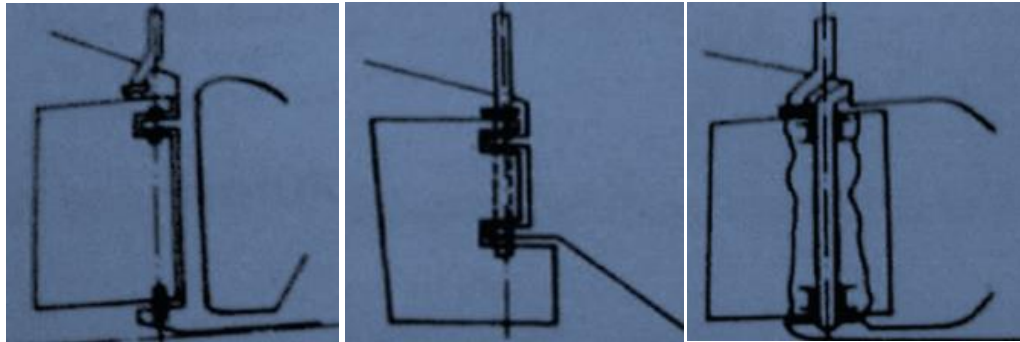
Untuk pemakaian steering system di kapal, system yang dipasang haruslah mempunyai tingkat efisiensi yang tinggi dan sesuai dengan tipe kapalnya, sebagai contoh pada kapal tanker yang membawa muatan yang mudah terbakar tentu dibutuhkan sebuah sistem yang memiliki perilaku yang tidak menimbulkan hal-hal yang dapat menyebabkan percikan api, panas, dan hal-hal lainnya yang dapat menyebabkan kebakaran, dalam hal ini sebuah system termasuk steering system yang meminimalkan resiko terjadinya kebakaran sangatlah penting dipilih, untuk keperluan tersebut dapat dipilih tipe *hydraulic steering gear*.

2. Macam-macam daun kemudi

- a. Ditinjau dari letak daun kemudi terhadap poros kemudi dapat dibedakan atas:
 - o Kemudi biasa.
Yaitu kemudi yang mempunyai luas daun kemudi yang terletak dibelakang.
 - o Kemudi balansir.
Yaitu jenis kemudi yang mempunyai luas daun yang terbagi atas dua bagian, yaitu didepan dan dibelakang sumbu putar kemudi.

- 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 suatu bagian



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.1 (a) kemudi biasa, (b) kemudi balansir dan (c) kemudi setengah balansir

- b. Ditinjau dari penempatannya daun kemudi dibagi menjadi 3 diantaranya:

- Kemudi melekat.

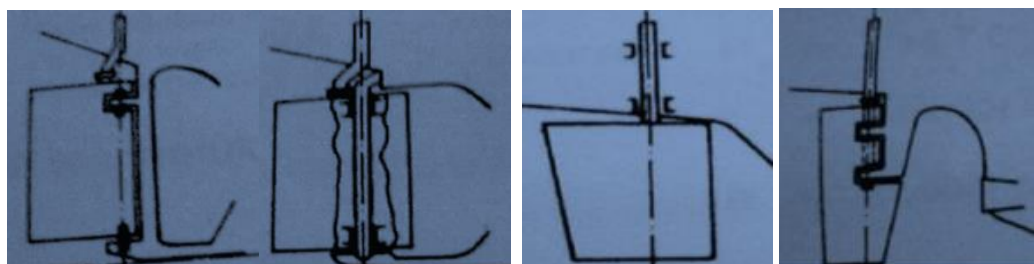
Yaitu kemudi yang sebagian besar bebannya ditumpu oleh sepatu kemudi

- Kemudi menggantung,

Yaitu kemudi yang sebagian besar bebannya disangga oleh bantalan-bantalan kemudi di geladak

- Kemudi setengah menggantung,

Yaitu kemudi yang bebannya disanga oleh bantalan-bantalan pada tanduk kemudi



(a)

(b)

(c)

Gambar 4.2 (a) kemudi melekat, (b) kemudi menggantung dan (c) kemudi setengah menggantung

3. Perhitungan daya mesin kemudi

Tahapan perhitungan daya mesin kemudi adalah sebagai berikut:

a. Perhitungan luas permukaan daun kemudi

$$A = \frac{(T \times L_{pp})}{100} \times \left\{ 1 + 25 \left(\frac{B}{L_{pp}} \right)^2 \right\}$$

Keterangan:

T	= sarat air (m)
L_{pp}	= panjang kapal (m)
B	= lebar kapal (m)
A	= luas permukaan daun kemudi (m ²)

b. Gaya pada daun kemudi

$$C_r = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot 132 \cdot A \cdot V_o^2 \cdot X_t$$

Keterangan:

C_r	= gaya pada daun kemudi (KN)
X_1	= koefisien yang tergantung pada nilai A (m)
X_2	= koefisien tipe kemudi
X_3	= koefisien letak kemudi dibelakang propeller
V_o^2	= kecepatan kapal (m/s)
X_t	= koefisien kondisi

c. Momen torsi pada daun kemudi

$$Q_r = C_r \cdot r$$

Keterangan:

C_r	= gaya pada daun kemudi (KN)
r	= $c(\alpha - K_b)$ (m), dimana c adalah lebar rata-rata daun kemudi, α = 0,33 dan K_b adalah faktor untuk tipe daun kemudi.
Q_r	= momen torsi pada daun kemudi (KNm)

d. Diameter tongkat kemudi

$$D_t = 4.2 \times \left(\frac{Q_r}{K_r} \right)^{1/3}$$

Keterangan:

- C_t = diameter tongkat kemudi (m)
 K_r = faktor material yang dipakai (N/mm)
 Q_r = momen torsi pada daun kemudi (Nm)

e. Perhitungan daya mesin kemudi

o Daya poros kemudi

$$Nrs = \frac{(Q_r \times 2 \times \alpha \times \pi)}{(t \times 180 \times 75)}$$

Keterangan:

- α = sudut putar kemudi = 35°
 t = waktu putar daun kemudi = 30 detik
 Q_r = momen torsi pada daun kemudi (Nm)
 Nrs = daya poros kemudi (kW)

o Daya motor penggerak kemudi

$$Nm = \frac{(Nrs)}{(\eta_{sg})}$$

Keterangan:

- Nm = daya motor penggerak kemudi (HP)
 η_{sg} = efisiensi steering gear (0.1-0.35 untuk peralatan kemudi dengan penggerak listrik),
 Nrs = daya poros kemudi (kW)

B. SEKOCI (*LIFEBOAT*)

1. Umum

Sekoci adalah sebagian dari perlengkapan pelayaran yang harus dipenuhi pada syarat-syarat pembuatan kapal termasuk konstruksi, mekanis beserta perlengkapannya untuk menurunkan dan mengangkat sekoci. Semua peraturan dan persyaratannya diatur di dalam hasil Konferensi Internasional tentang keselamatan jiwa dilaut yang diadakan di London pada tahun 1960 yang dikenal dengan SOLAS 1960 (*International Convention for the Safety of life at sea*, 1960).

Semua Anak Buah Kapal (ABK) maupun penumpang harus dapat terangkut oleh sekoci penyelamat pada satu sisi kapal saja, jadi pada masing-masing sisi kapal kapasitas sekoci adalah sejumlah ABK dan penumpang kapal. Maksudnya apabila kapal trim (miring) berlebih, dengan sendirinya sekoci pada salah satu sisi akan tidak bisa diturunkan; maka masih dapat menggunakan sekoci penyelamat pada sisi kapal yang lain.

2. Syarat sekoci penolong menurut SOLAS 1960

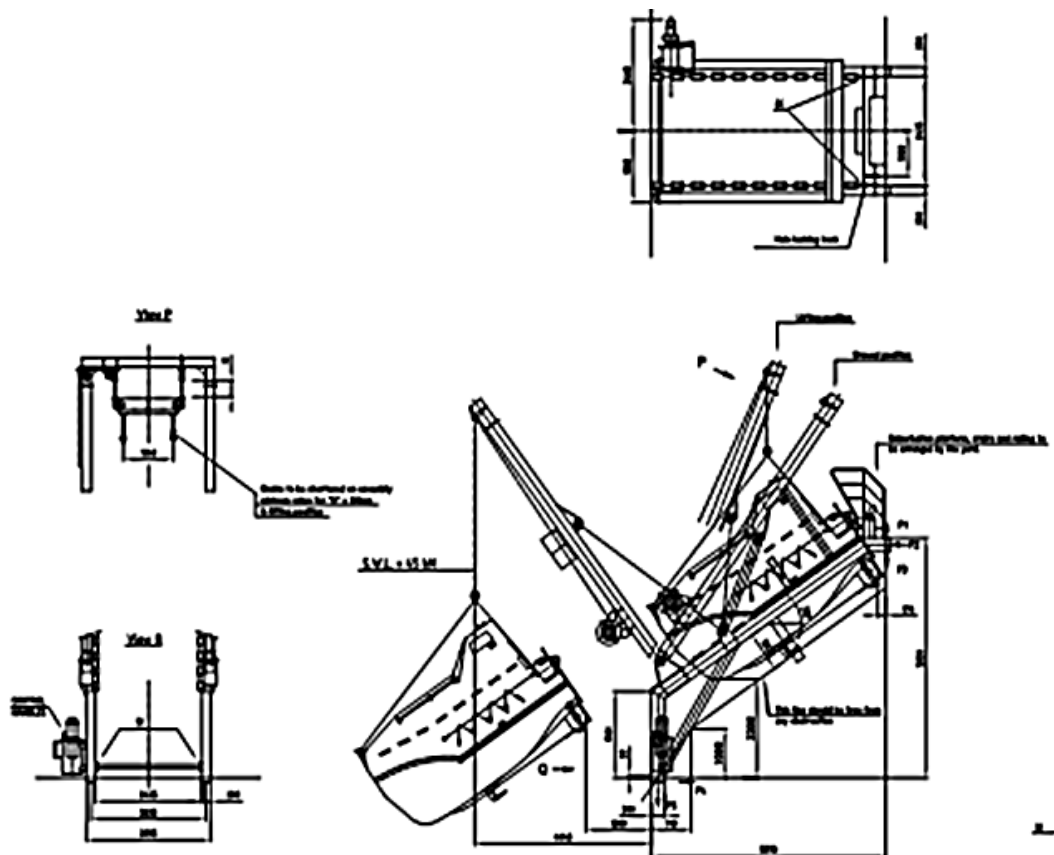
Didalam SOLAS 1960 ditentukan bahwa lifeboat atau sekoci penolong harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

- a. Harus cukup kuat diturunkan ke dalam air dengan aman jika dimuati penuh dengan penumpang yang diizinkan beserta perlengkapan yang diharuskan. Disamping itu harus mempunyai kekuatan sedemikian rupa jika dibebani dengan muatan 28% lebih banyak dari kapasitas sesungguhnya tidak mengakibatkan perubahan bentuk.
- b. Dilengkapi dengan tangki-tangki udara sebagai cadangan daya apung untuk menghindari tenggelam maupun sekoci dalam keadaan terbalik.
- c. Memiliki kelincahan atau kecepatan sedemikian rupa sehingga dapat menghindari dengan cepat terhadap kapal yang mendapat kecelakaan.
- d. Harus dapat diturunkan ke air dengan mudah dan cepat walaupun kapal dalam keadaan trim 15%.
- e. Dilengkapi dengan alat-alat yang memungkinkan penumpang yang berada dalam air dapat naik kedalam sekoci.
- f. Papan tempat duduk yang melintang dan bangku-bangku pinggir, harus ditempatkan serendah mungkin dalam sekoci.

- g. Dapat menjamin proviant dalam jangka waktu tertentu.
- h. Dilengkapi juga dengan alat-alat navigasi dan perlengkapan lainnya yang disyaratkan.
- i. 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.

3. Penentuan jumlah dan spesifikasi sekoci

Cara yang paling mudah didalam menentukan spesifikasi dari sekoci adalah dengan sesuai dengan jumlah ABK dan seluruh penumpang yang nantinya akan dievakuasi. Berbagai macam spesifikasi sekoci dan type sudah banyak di pasaran sehingga lebih memudahkan kita untuk menentukan sekoci dengan dimensi berapa dan kapasitas berapa yang akan kita gunakan nantinya.



Gambar 4.3 Contoh spesifikasi sekoci di pasaran

C. SISTEM JANGKAR & TAMBAT (*ANCHORING AND MOORING SYSTEM*)

1. Umum

Penjangkaran dan penambatan pada kapal merupakan salah satu kriteria dalam mendesain sebuah kapal apapun jenisnya, hal ini sudah diisyaratkan dalam peraturan dan badan klasifikasi kapal. Penjangkaran dan penambatan berfungsi untuk membuat kapal dalam keadaan stabil disaat berhenti. Penjangkaran dan penambatan direncanakan untuk melawan gaya-gaya eksternal kapal dan menahan kapal pada posisi yang tetap. Sebelum membahas lebih lanjut mengenai peralatan penjangkaran dan penambatan berikut ini adalah definisi / pengertian umumnya:

- a. Berlabuh adalah suatu keadaan dimana kapal menambatkan jangkar di laut (laut dangkal).
- b. Bersandar adalah suatu keadaan dimana kapal telah menambatkan tali ke dermaga/daratan

2. Perlengkapan jangkar dan alat-alat tambat

Peralatan penjangkaran dan penambatan antara lain adalah jangkar, rantai, dan towline serta tali-temali lainnya. Jumlah dan ukuran jangkar, rantai, towline maupun tali-temali adalah ditentukan oleh peraturan dan badan klasifikasi .Alat-alat yang digunakan untuk penjangkaran dan penambatan antara lain: jangkar, hawse pipe, chain pipe, chain controller, chain stopper, dan eye plate pada kedua sisi haluan kapal.

a. Jangkar (*anchor*)

adalah susunan yang kompleks dari bagian – bagian dan mekanismenya. Jangkar berfungsi untuk membatasi gerak kapal pada waktu berlabuh di luar 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.

b. Persyaratan jangkar

Ditinjau dan kegunaan, maka jangkar beserta perlengkapannya harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Jangkar-jangkar di atas kapal harus memenuhi persyaratan mengenai berat, jumlah dan kekuatannya.
- Panjang, berat dan kekuatan rantai jangkar harus cukup.

- Rantai jangkar harus diikat dengan baik dan ditempatkan sedemikian rupa sehingga dapat dilepaskan dan 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.

c. Perhitungan jumlah jangkar dan panjang rantai jangkar

- Menentukan harga karakteristik Z

Untuk menentukan jumlah jangkar dan panjang rantai dan tali jangkar dapat dipakai harga bilangan Z sebagai pembanding, dimana dirumuskan sebagai berikut ini:

$$Z = \Delta^{2/3} + 2 \times h \times B + \frac{A}{10}$$

Keterangan:

Δ = displacement kapal (ton)

h = tinggi efektif yang diukur dari garis muat sampai puncak teratas rumah geladak (m)

A = luas proyeksi lambung kapal bangunan atas rumah geladak diatas garis muat musim panas dalam batas L dan sampai tinggi h

B = lebar kapal (m)

- Menentukan karakteristik peralatan

Karakteristik peralatan jangkar dapat ditentukan atau dilihat berdasarkan harga Z pada table BKI volume II 2006 section 18-equipment (lampiran 6).

- Perhitungan volume chain locker

Dari buku “Practical Ship Building Vol. III B part 1”, Ing. J.P. De Haan, volume chain locker dapat dihitung dengan rumusan:

$$Sm = d^2$$

Keterangan:

Sm = ruang untuk menyimpan setiap 100 fathoms rantai m^3

d = diameter rantai jangkar (*inch*)

d. Perhitungan mesin tambat (*capstan*)

- **Gaya tarik pada capstan**

$$T_{wb} = \frac{Rbr}{6}$$

Keterangan:

T_{wb} = gaya tarik capstan (kg)

Rbr = beban putus tali tambat (kg)

- **Putaran pada poros penggulung capstan**

$$N_w = \frac{19,1 \times V_w}{D_w + d_w}$$

Keterangan:

N_w = putaran poros penggulung (rpm)

V_w = kecepatan tarik capstan (m/s)

D_w = diameter penggulung tali (m)

d_w = diameter tali tambat (m)

- **Momen torsi penggulung**

$$M_m = \frac{T_{wb} \times (D_w + d_w)}{2 \times i_w \times \eta_w}$$

Keterangan:

M_m = momen torsi penggulung (Kgm)

V_w = kecepatan tarik capstan (m/s)

i_w = putaran motor capstan (Nm): putaran poros penggulung (Nm)

η_w = efisiensi motor penggulung capstan

- **Daya motor capstan**

$$N_e = \frac{M_m \times N_m}{716.2}$$

Keterangan:

N_e = daya motor capstan (hp)

M_m = momen torsi penggulung (Kgm)

N_m = putaran motor capstan (rpm)

D. SISTEM BONGKAR MUAT (*CARGO GEAR SYSTEM*)

1. Umum

Alat bantu bongkar muat diartikan sebagai alat bantu yang dapat dipakai untuk kelancaran kegiatan membongkar barang dari kapal ke darat atau sebaliknya. Dengan pemakaian alat bantu bongkar muat yang sesuai dengan jenis barang yang akan dibongkar atau dimuat, maka kinerja akan lebih efektif dan efisien. Alat bantu bongkar muat dibagi dalam 2 (dua) kelompok, yaitu:

1.
 - a. Kelengkapan alat bantu bongkar muat pada kapal;
 - b. Kelengkapan alat bantu bongkar muat di pelabuhan.

Untuk mendukung operasi bongkar muat barang pada kapal barang maka perlu dilengkapi peralatan bongkar muat (*cargo handling*). Instalasi *cargo handling* terdiri dari beberapa peralatan yang saling mendukung. Pada kapal barang, sangat penting untuk menyediakan peralatan bongkar muat karena akan mempercepat proses bongkar muat barang dan akan mengurangi biaya tambat di pelabuhan. Alat angkat yang akan digunakan di kapal direncanakan berdasarkan beban yang akan diangkat guna menentukan SWL alat angkat yang akan direncanakan.

Setiap kapal barang memiliki ruang muat (*cargo hold*) yang dilengkapi dengan tutup palka. Konstruksi tutup palka ini harus dibuat kedap air untuk melindungi muatan yang ada di ruang muat. Sedangkan bentuk konstruksi tutup palka harus direncanakan dengan tidak membebani geladak dan tidak mengganggu operasi bongkar muat barang.

2. Peralatan bongkar muat (*cargo handling*)

Instalasi *cargo handling* adalah instalasi memuat dan membongkar muatan dikapal seperti muatan peti kemas, curah atau cair dan muatan yang dikemas dalam unit kecil. Komponen *cargo handling* meliputi:

a. *Derrick boom*

adalah salah satu instalasi *cargo handling* yang terdiri dari komponen tiang agung (*mast*), batang muat (*boom*) yang ujung-ujungnya dilengkapi pralatan yang disebut *heel fitting* dan *head fitting* yang digunakan untuk tempat menempelnya

batang muat dengan mast dan pada ujung lainnya untuk tempat pemasangan tali span dan tali muat.

b. Deck crane

merupakan instalasi bongkar muat dimana peralatan ini dapat melayani dua lubang palka. Peralatan ini mempunyai perbedaan dengan derrick boom yaitu tidak membutuhkan persiapan pemasangan perlengkapan bongkar muat karena perlengkapannya sudah menjadi satu kesatuan. Pengoperasiannya cukup dilakukan oleh seorang operator dan dapat berputar 360°.

c. Conveyor

Merupakan peralatan bongkar muat yang banyak dijumpai dipelabuhan sebagai fasilitas bongkar muat jenis muatan curah.

d. Pompa (Pump)

Pompa yang dapat melayani muatan curah kering dan cair misalnya semen curah dan muatan minyak. Pompa-pompa tersebut biasanya terletak di cargo pump room. Cargo Pump room umumnya terletak dibagian depan bawah superstructure terpisah dengan kamar mesin. Ruang ini digunakan khusus untuk cargo pump yang terpisah dengan pompa – pompa lainnya.

e. Pintu ramp

Alat ini umumnya terdapat pada kapal jenis RORO (Roll On Roll Out), merupakan jenis kapal yang diperuntukkan untuk mengangkut berbagai jenis kendaraan. Fungsi dari Ramp Door ini adalah sebagai jembatan penghubung antara dermaga dan kapal. Ramp door umumnya terletak pada haluan atau buritan kapal, saat merapat di dermaga ramp door akan membuka kebawah.

TUGAS UNIT IV

SISTEM PELAYANAN UMUM

Petunjuk Pengerjaan:

1. Tugas dikerjakan oleh mahasiswa secara mandiri.
2. Jawaban tugas mandiri diketik rapi dengan menggunakan kertas A4 termasuk gambar desain yang nantinya akan dibuat.
3. Semua tugas harus dikerjakan dan diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, paling lambat adalah satu hari sebelum mata kuliah pada minggu selanjutnya dimulai.

Tugas Minggu 9

a. Sistem kemudi

1. Jelaskan secara detail cara kerja dan fungsi dari sistem kemudi di kapal.
2. Tentukan tipe daun kemudi yang akan anda gunakan di kapal anda
3. Hitunglah kebutuhan daya mesin kemudi yang akan digunakan pada kapal anda.

b. Sekoci

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan sekoci dan syarat-syarat apa saja yang harus dipahami didalam pemilihan sekoci.
2. Tentukan spesifikasi dari sekoci yang akan digunakan dan disesuaikan dengan jumlah ABK di kapal anda.

Tugas Minggu 10

c. Sistem jangkar dan sistem tambat

1. Jelaskan cara kerja dan fungsi dari sistem jangkar dan tambat di kapal
2. Hitunglah jumlah jangkar dan panjang rantai jangkar anda sesuai aturan klas.
3. Hitunglah daya mesin tambat atau capstan yang akan digunakan.

d. Peralatan bongkar muat

1. Tentukan peralatan bongkar muat anda sesuai dengan jenis kapal rancangan anda.
2. Jelaskan cara kerja dan fungsi dari peralatan bongkar muat yang anda gunakan.
3. Gambar desain 2D dari peralatan bongkar muat anda menggunakan AUTOCAD.

UNIT V

SISTEM PENGKONDISIAN UDARA

A. Umum

Didalam perancangan suatu kapal harus di desain sesuai dengan aturan-aturan yang berlaku misalnya saja perencanaan system pendingin pada kapal. Dalam Kapal merupakan kumpulan berbagai sistem yang sangat kompleks. Perpaduan antara pertimbangan teknik dan pertimbangan manusia dalam perancangan suatu sistem dikapal akan menghasilkan suatu desain yang optimum yang sesuai dengan aturan - aturan yang ada dan juga tanpa meninggalkan segi artinya.

Dalam perencanaan sebuah sistem pendingin, hal terpenting yang harus diketahui terlebih dahulu adalah aturan dan ketentuan yang akan digunakan dan diikuti. Pada perencanaan kali ini mengikuti aturan ISO 7547 mengenai” *Ships and Marine Technology- Air Conditioning and Ventilation of Accomodation Spaces-Design Conditioning and Basis of Calculation*”

ada unit lima (V) ini, mahasiswa akan diajak untuk mempelajari menentukan sistem pengkondisian udara di kapal. Penjelasan system ventilasi, perhitungan nilai kalor yang timbul, pemilihan fan., serta perencanaan dari sistem yang akan diinstall di kapal.

B. Ruang Lingkup Isi

Isi dari unit V ini secara garis besar antara lain meliputi hal-hal sebagai berikut: perhitungan nilai kalor yang timbul, Perhitungan beban pendingin dan penentuan kompresor.

C. Sasaran Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, mahasiswa diharapkan dapat memiliki kompetensi yang diindikasikan oleh kemampuan dalam menjelaskan dan merancang sistem pengkondisian udara di kapal.

D. Waktu Pelaksanaan

2x pertemuan, minggu ke-11 hingga minggu ke-12

MATERI PEMBELAJARAN

UNIT V

A. SISTEM PENGKONDISIAN UDARA (*AIR CONDITIONING SYSTEM*)

1. Umum

Pada perencanaan sistem pendingin ada kapal harus mengikuti aturan-aturan yang berlaku misalnya dalam perencanaannya harus mengikuti aturan. Aturan yang biasa dipakai adalah ISO 7547 mengenai ” *Ships and Marine Technology- Air Conditioning and Ventilation of Accomodation Spaces-Design Conditioning and Basis of Calculation*”.

Sistem pendingin merupakan salah satu sistem yang bekerja dikapal. Sistem ini dirancang untuk kenyamanan dan kesehatan operator kapal dan juga untuk supply kebutuhan udara dikamar mesin. Sistem ini dibuat dengan berbagai pertimbangan antara lain: jumlah manusia yang ada di kapal, panas yang dikeluarkan oleh berbagai sistem permesinan yang lainnya, bagian kapal yang terkena secara langsung sinar matahari, asesibilitas untuk keperluan perawatan dan perbaikan.

Pemilihan AC Central yang digunakan sebagai mesin pendingin harus mampu memenuhi kebutuhan dalam kondisi apapun. Karena kerusakan suatu sistem dikapal akan mempengaruhi kerja sistem yang lainnya. Selain pertimbangan kebutuhan hal yang penting lainnya yang perlu dipertimbangkan adalah jenis refrigerant yang digunakan mengingat saat ini isu lingkungan merupakan isu yang sangat penting untuk dipertimbangkan. Pembatasan penggunaan freon sebagai salah satu refrigerant karena menyebabkan kerusakan ozon akan membatasi kebebasan designer untuk memilih jenis refrigerant yang ada. Ducting sebagai saluran yang menghubungkan antara AC central dengan berbagai ruangan yang ada di kapal juga harus diperhatikan asesibilitas dan juga rancangan menjamin bahwa aliran fluida refrigerant lancar sampai pada ruangan - ruangan. Karakteristik udara yang sejuk dan nyaman bagi manusia adalah sebagai berikut:

- Suhu Kering : 25⁰C.
- Suhu Basah : 18,3⁰C.
- Relatif Humidity : 50% – 60%.
- Aliran Udara : 15 – 20 ft/min.

2. Faktor desain pendingin

Dalam mendesain sistem pengkondisian udara maka diharapkan untuk mempertimbangkan faktor-faktor berikut ini:

a. *Performance*

Diartikan sebagai unjuk kerja atau performa dari sistem yang digunakan. Sistem pendingin yang digunakan harus mempunyai unjuk kerja yang bagus selama beroperasi. Mengingat pentingnya sistem ini didalam menjaga kondisi dan kualitas udara di kapal agar tetap nyaman dan layak.

b. *Safety*

Selain mempertimbangkan faktor performa atau unjuk kerja yang bagus, sistem pengkondisian udara juga harus mempertimbangkan faktor keamanan ketika beroperasi bahkan keamanan merupakan hal utama yang harus dipertimbangkan

c. *Environmental acceptability*

Semua peralatan yang digunakan dalam sistem pengkondisian udara harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan sekitar. Mengingat bahwa kapal selalu bergerak dan dinamis, maka semua peralatan yang terpasang harus mempunyai keandalan yang lebih tinggi dibandingkan dengan instalasi yang dipasang di darat.

d. *Low cost*

Dengan biaya yang rendah diharapkan mampu membuat sistem pengkondisian udara yang memiliki performa bagus, aman dan handal, ketika beroperasi.

3. Syarat desain sistem pendingin

Dalam desain engineer harus mengerti beberapa regulasi yang berlaku baik dikeluarkan oleh pemerintah atau badan yang yang mengurus regulasi. mengingat kapal melayani rute internasional. Berikut syarat dalam desain sistem pengkondisian udara:

- a. Sempit dan terbatasnya ruang permesinan sistem pendingin yang tersedia.
- b. Karena kapal selalu bergerak ke berbagai arah maka seluruh ruangan yang berada di atas garis air akan selalu terpengaruh oleh pemanasan dari sinar matahari. Berbeda dengan bangunan darat yang tidak mberubah-ubah terhadap pemanasan sinar matahari.
- c. Instalasi sistem AC harus tahan korosi karena berada di lautan, sehingga pemilihan material harus sesuai untuk kapal agar tidak mudah korosi.

- d. Peralatan harus selalu siap digunakan dengan kondisi kapal yang selalu bergerak dan tidak setenang bila dibanding dengan didarat.
- e. Sistem AC yang dipakai di kapal harus mempunyai kehandalan yang tinggi karena di kapal dipakai secara terus menerus dan selama berlayar peralatan perbaikan dan suku cadang terbatas.
- f. Kebisingan harus dipertimbangkan karena ruangan di kapal sempit dan terbuat dari baja.
- g. Desain sistem harus dapat mencegah air laut masuk kapal terutama pada cuaca buruk.
- h. Karena ruangan kapal yang unik maka maka lubang masuk dan keluar udara harus dipertimbangkan dengan baik.

4. Komponen beban ruangan

Beberapa komponen beban yang harus diperhitungkan didalam mendesain sistem pengkondisian udara diantaranya adalah:

a. Beban transmisi (*transmission load*)

Beban transmisi adalah aliran kalor sensibel yang melalui ruangan yang tergantung temperatur diferensial yang melewati permukaan-permukaan ruangan. Rugi kalor transmisi dihitung dengan rumus berikut ini:

$$Q = Ux A x \Delta T$$

Keterangan:

Q	= aliran kalor yang melewati ruangan (Btuh)
U	= koefisien heat transfer (Btuh per sq ft per °C)
A	= luasan ruangan (sq ft)
ΔT	= perbedaan temperatur yang melewati sekat ruangan (°C)

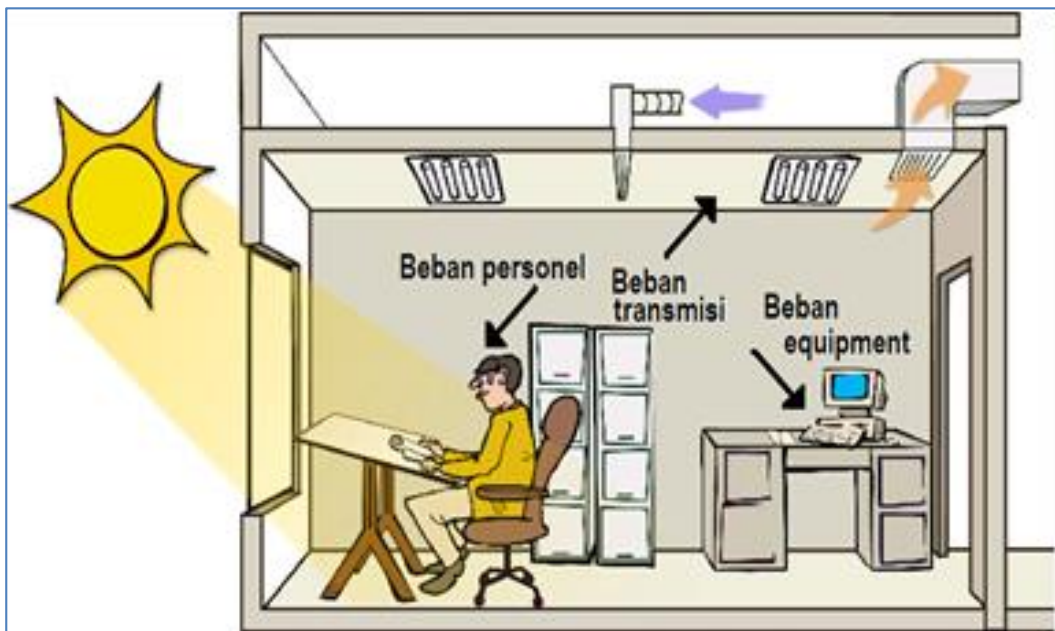
b. Beban sinar matahari (*Solar load*)

Ini adalah aliran kalor sensible yang melewati batas ruangan yang terbuka langsung terkena sinar matahari. Beban ini ditambahkan pada beban transmisi, Rugi beban dari solar adalah sebagai berikut:

$$\phi = \sum . A_V . K . \Delta T_r + \sum . A_g G_s$$

Keterangan:

ϕ	= Power (watts)
A_v	= Luasan yang terkena radiasi cahaya
K	= Total Heat Coefisien
ΔT_r	= ΔT_r : 120K jika posisi sinar matahari vertical terhadap area ΔT_r : 290K for vertical dark surface ΔT_r : 160K for horizontal light surface ΔT_r : 320K for horizontal dark surface
A_g	= Glass surface
G_s	= 350 W/m ² for clear glass surface 240 W/m ² for glass surface with interior shading



Gambar 5.1 Ilustrasi pembagian beban ruangan di kapal

c. **Beban penerangan (*Lighting load*)**

Beban pencahayaan adalah kalor sensible yang ditimbulkan oleh pencahayaan di dalam ruangan. Ketika instalasi sistem pencahayaan diketahui, rugi kalor haruslah dihitung sesuai dengan aturan pencahayaan ruangan normal yang diterapkan untuk seluruh pencahayaan yang dikontrol dengan switch pada tembok dan ruangan kontrol. Rumus untuk menghitung rugi ini adalah:

- Jika desain instalasi lampu diketahui maka beban yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$H = IW + FW \times BF \times 3.41$$

Keterangan:

H = beban pencahayaan (Btuh)

IW = daya bola lampu pijar

FW = daya bola lampu neon

BF = factor ballast 1.25

3.14 = factor konversi (Btuh per watt)

- Ketika instalasi pencahayaan tidak diketahui, beban pencahayaan dihitung menggunakan rumus:

$$H = A \times LC$$

Keterangan:

H = beban pencahayaan (Btuh)

A = luasan deck (sq ft)

LC = beban konstan (Btuh/sq ft)

Untuk harga L atau Load Constant sebagai berikut :

RUANGAN	BEBAN KONSTAN
Passenger staterooms	7
Captain & chief engineer staterooms	7
Officer staterooms	4
Crew staterooms	4
Mess rooms, lounges & public spaces	9
Offices	7
Other spaces	7

d. **Beban peralatan (*Equipment load*)**

Beban peralatan adalah kalor sensible dan laten yang ditimbulkan oleh peralatan yang terdapat di dalam ruangan. Ruangan yang dikenakan beban ruangan antara lain galley, pantry, laundry, radio room, wheelhouse, resistor house, deck machinery compartment, dan ruangan-ruangan khusus seperti computer room atau engine control room.

Rugi kalor peralatan harus berdasarkan data tentang kerugian (loses) yang actual. Antara lain yang terdapat pada “ASHRAE Handbook of Fundamental”. Tabel 3.4 menyajikan data kerugian untuk tipe “marine equipment”.

<i>EQUIPMENT</i>	<i>MAXIMUM q_{sd}</i>	<i>MAXIMUM q_{ld}</i>
<i>Clothes dryer, electric (vented to atmosphere)</i>	4400	-
<i>Clothes washer</i>	1300	-
<i>Coffee maker</i>	6500	2000
<i>Coffee warmer</i>	230	70
<i>Combination steam cooker/kettle, electric</i>	33500	17500
<i>Dishwasher</i>	1120	580
<i>Fry kettle</i>	electric	13500
<i>Garbage disposer</i>	1120	-
<i>Griddle, electric</i>	13500	6900
<i>Ice cuber</i>	1300	-
<i>Iron, electric</i>	3400	-
<i>Meat slicer, electric</i>	3400	-
<i>Mixer, electric</i>	1120	580
<i>Oven, electric</i>	13500	6900
<i>Range, electric</i>	24700	12700
<i>Refrigerator (up to 20 cu ft)</i>	1300	-
<i>Toaster</i>	2230	1970

Semua rugi peralatan yang diasumsikan harus dihitung ulang saat data rugi kalor yang actual diketahui. Yaitu dengan menggunakan rumus:

$$q_s = q_s \times UF \times HF$$

dan $q_i = q_h \times UF$

Keterangan:

q_s = beban kalor sensible peralatan (Btuh)

q_l = beban kalor laten peralatan (Btuh)

q_{sd} = rugi kalor sensible dari peralatan (Btuh)

q_{ld} = rugi kalor laten dari peralatan (Btuh)

UP = “use” faktor (lihat table 3.5)

HF = “hood” factor (gunakan nilai 0.5 untuk beban kalor sensible dimana sebuah “exhaust hood” ditempatkan di atas peralatan. Untuk “exhaust hood” pada beban kalor laten yang tidak diletakkan di atas peralatan bernilai 1.0)

SPACE	USE FACTOR
Cargo gear equipment room	0.5
Computer room	1.0
Engine control room	1.0
Fan rooms	1.0
Galley	0.5
Gyro equipment room	0.5
Pantry	0.5
Radar equipment room	0.5
Radio room	0.3
All other spaces	0.3

e. **Beban personel (*Personal load*)**

Beban personel adalah kalor sensible dan laten yang ditimbulkan oleh penghuni ruangan. Rugi beban personel dapat dihitung menggunakan rumus:

$$q_s = HD_s \times Pda$$

dan $q_l = HD_l \times P$

Keterangan:

q_s = rugi kalor sensible (Btuh)

q_l = rugi kalor laten (Btuh)

HD_s = factor rugi kalor sensible (Btuh)

HD_l = factor rugi kalor laten (Btuh)

P = jumlah penghuni ruangan

B. SISTEM DUCTING (*DUCTING SYSSYTEM*)

1. Umum

Setelah perencanaan system pendingin selesai yang didapatkan nilai seberapa besar beban pendingin yang di butuhkan maka langkah selanjutnya adalah perencanaan system ducting, dimana ducting digunakan untuk menyalurkan udara yang sudah di dinginkan oleh mesin pendingin ke ruangan yang telah direncanakan sebelumnya. Beberapa hal yang harus diperhatikan selama mendesain sistem penyaluran antara lain:

- Perhitungan penurunan tekanan udara yang mengalir melalui saluran-saluran dan sambungan-sambungan (fittings)
- Perhitungan penurunan tekanan untuk merancang sistem saluran udara.
- Pemahaman terhadap sifat-sifat kipas dan yang dipasang pada sistem saluran udara.
- Perancangan distribusi udara pada ruangan yang akan dikondisikan.

2. Perhitungan sistem ducting

Losses ducting (P_t) merupakan penjumlahan antara tekanan statik dengan tekanan dinamis. Atau dapat dirumuskan sebagai

$$P_t = \Delta P_f + \Delta P_d + \Delta P_v$$

Keterangan:

- ΔP_f = kerugian tekanan karena adanya tahanan gesek pada pipa lurus.
 ΔP_d = kerugian tekanan karena adanya tahanan aliran lokal.
 ΔP_v = kerugian tekanan karena adanya perubahan kecepatan aliran

- Kerugian tekanan karena adanya tahanan gesek pada pipa lurus (ΔP_f)

Kerugian gesek dari pipa lurus dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta P_f = \lambda \times \frac{l}{D_e} \times \frac{\gamma}{2g} \times V^2$$

dimana,

$$\lambda = 0.0055 \left[1 + \left\{ 2000 \frac{\epsilon}{d} + \frac{10}{R_e} \right\}^{1/3} \right]$$

Keterangan:

λ = koefisien gesek dari pipa

l = panjang pipa

ε = kekasaran absolut

γ = berat jenis udara (kg/m³) 1,2 kg/m³

$Re = \frac{Vd}{\nu}$, merupakan bilangan reynold number

V = kecepatan rata-rata dalam saluran (m/s)

d = diameter (m)

ν = viskositas dinamis udara (15°C)

b. Kerugian tekanan karena adanya tahanan aliran lokal (ΔP_d)

Besar kerugian tekanan karena tahanan aliran lokal dapat dinyatakan sebagai berikut:

- o Untuk sambungan siku segi empat

$$\Delta P_d = \lambda \times \frac{le}{De} \times \frac{\gamma}{2g} \times V^2$$

Keterangan:

le = panjang ekuivalen dari pipa

- o Untuk sambungan T, sambungan silang, penurunan aliran, pembesaran aliran

$$\Delta P_d = \xi \times \frac{\gamma}{2g} \times V^2$$

Keterangan:

ξ = koefisien tahanan lokal pipa.

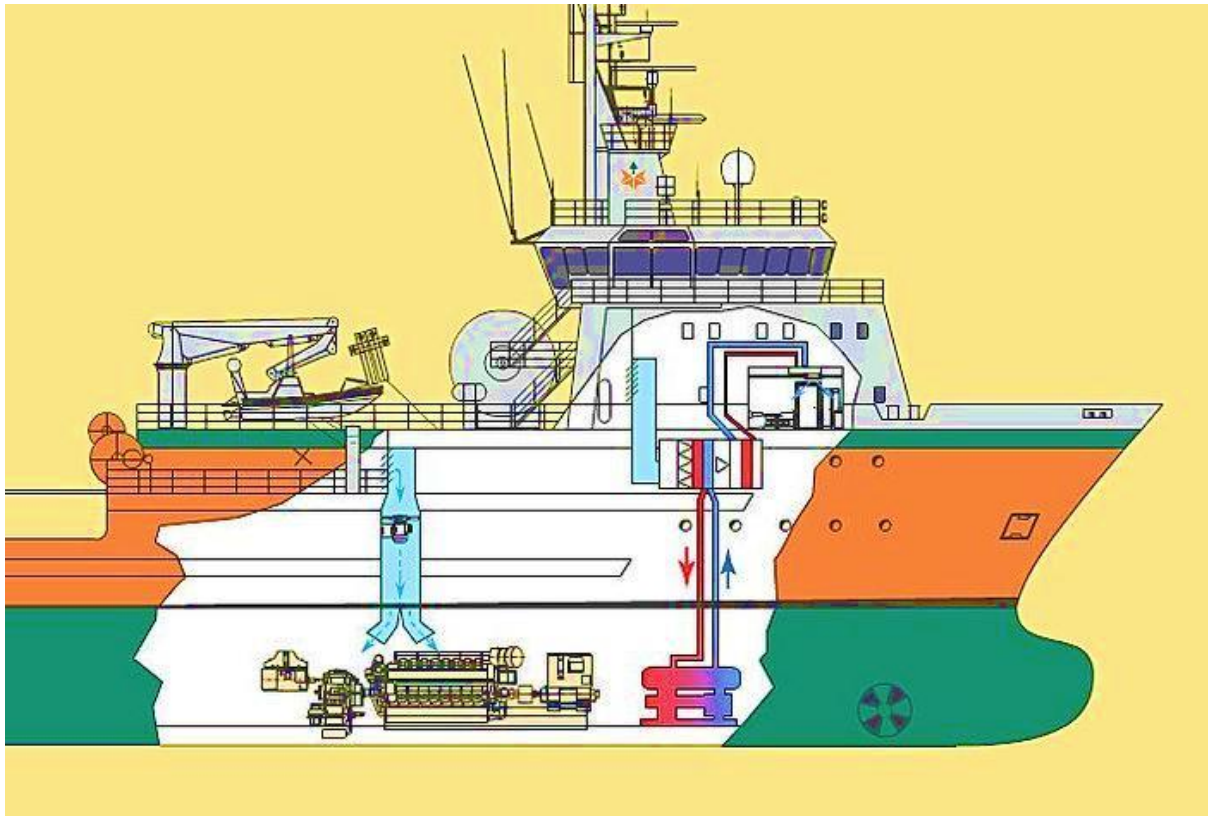
- o Perumusan yang digunakan untuk menghitung kerugian ini adalah:

$$\Delta P_v = \frac{V^2}{2g} \times \gamma$$

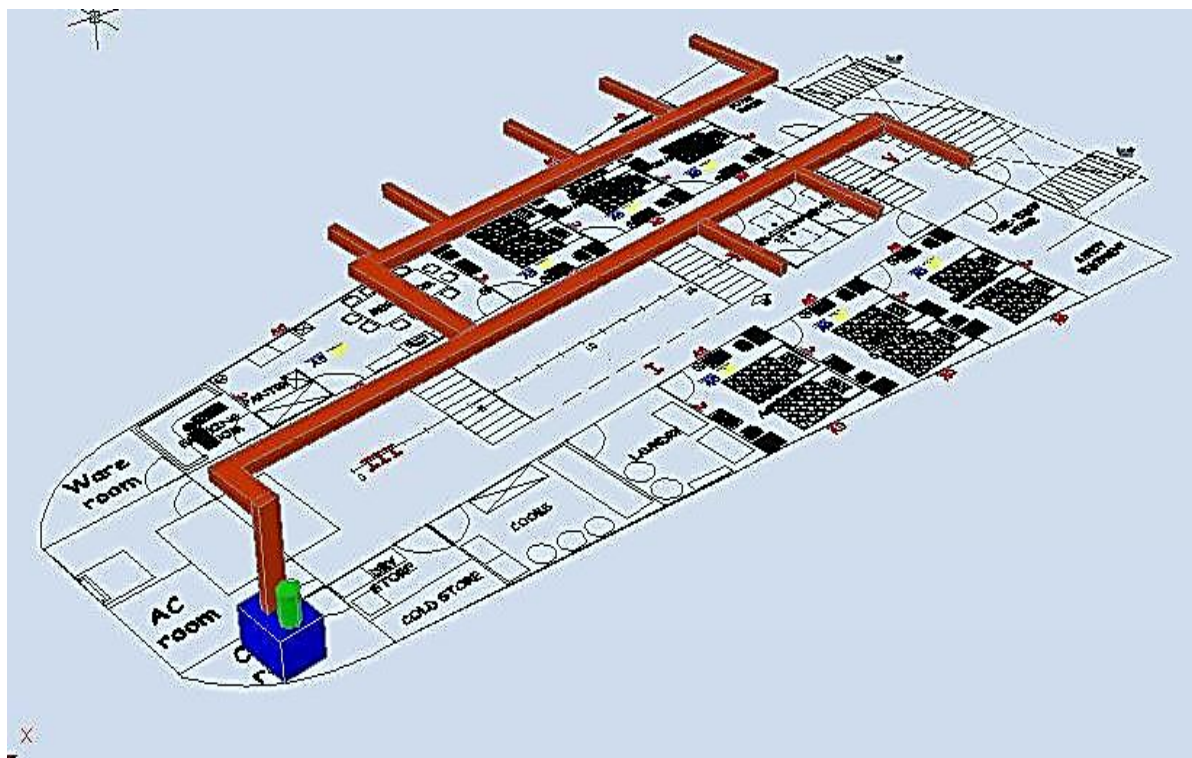
Keterangan:

V = kecepatan rata-rata dalam saluran (m/s)

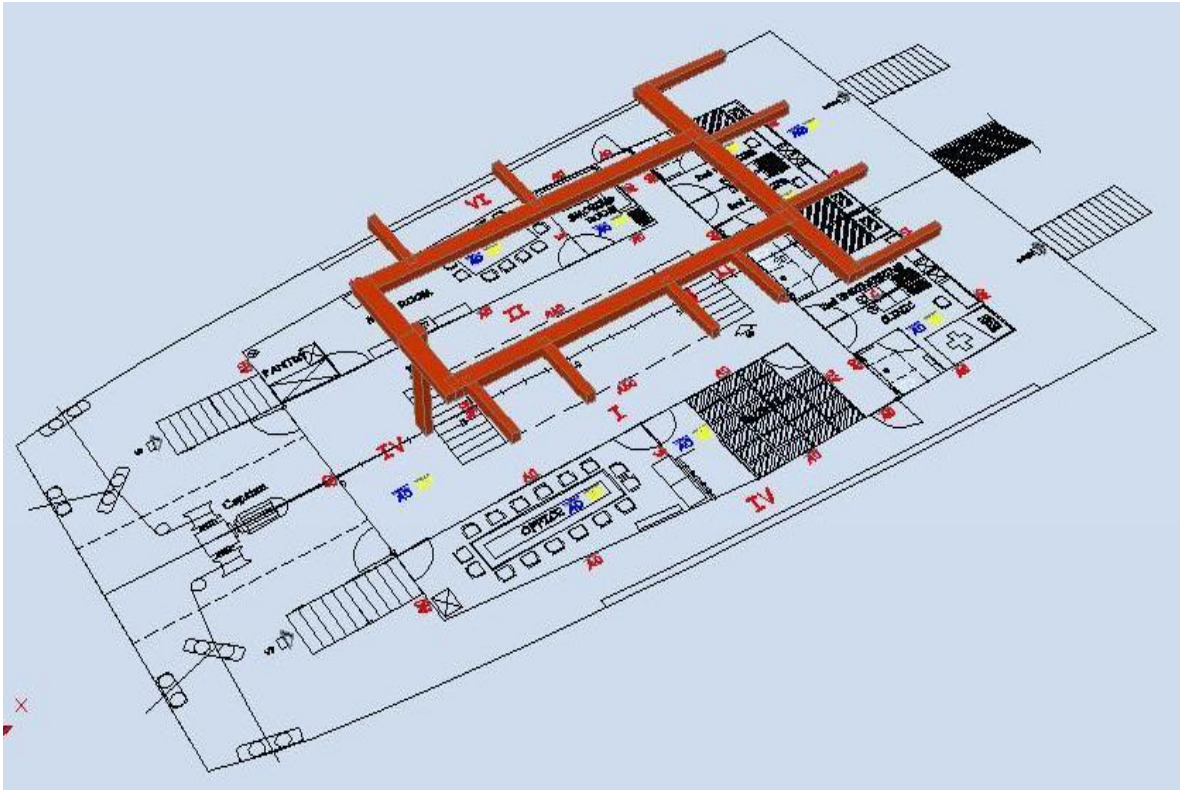
γ = berat jenis udara (kg/m³) 1,2 kg/m³



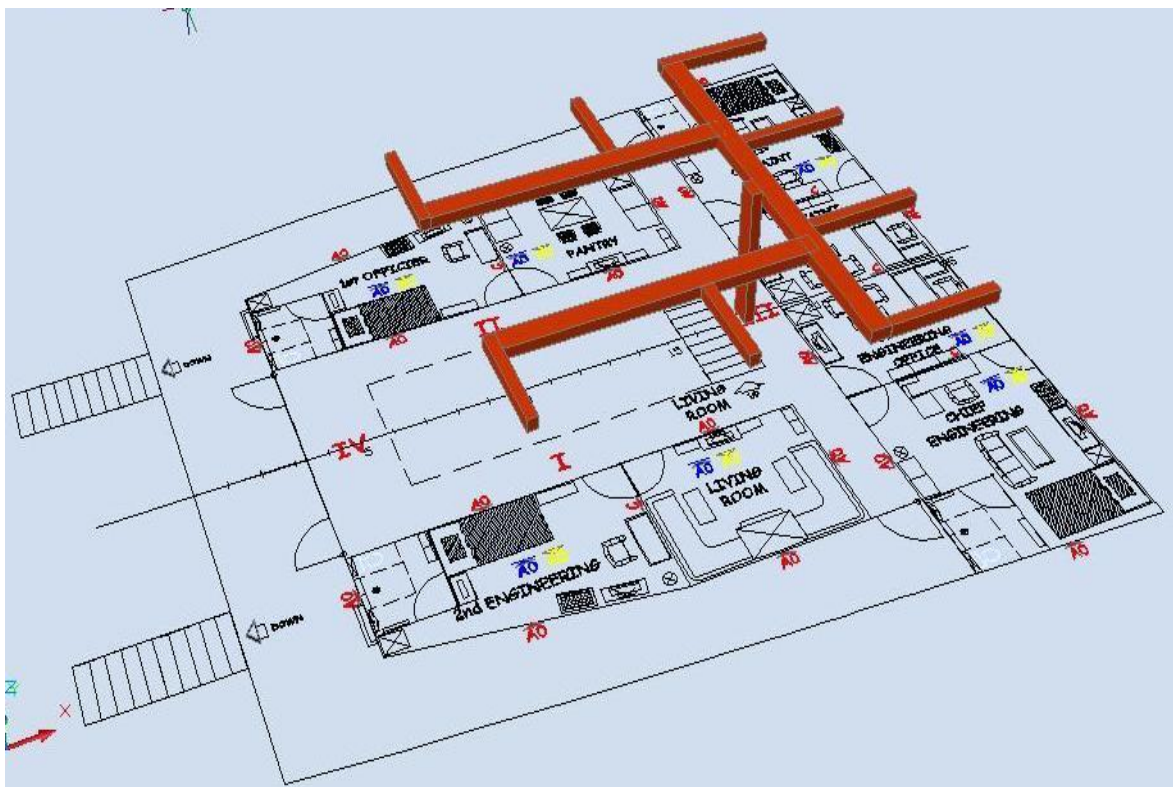
Gambar 5.2 Heating, Ventilation dan Air Conditioning (HVAC) sistem di kapal



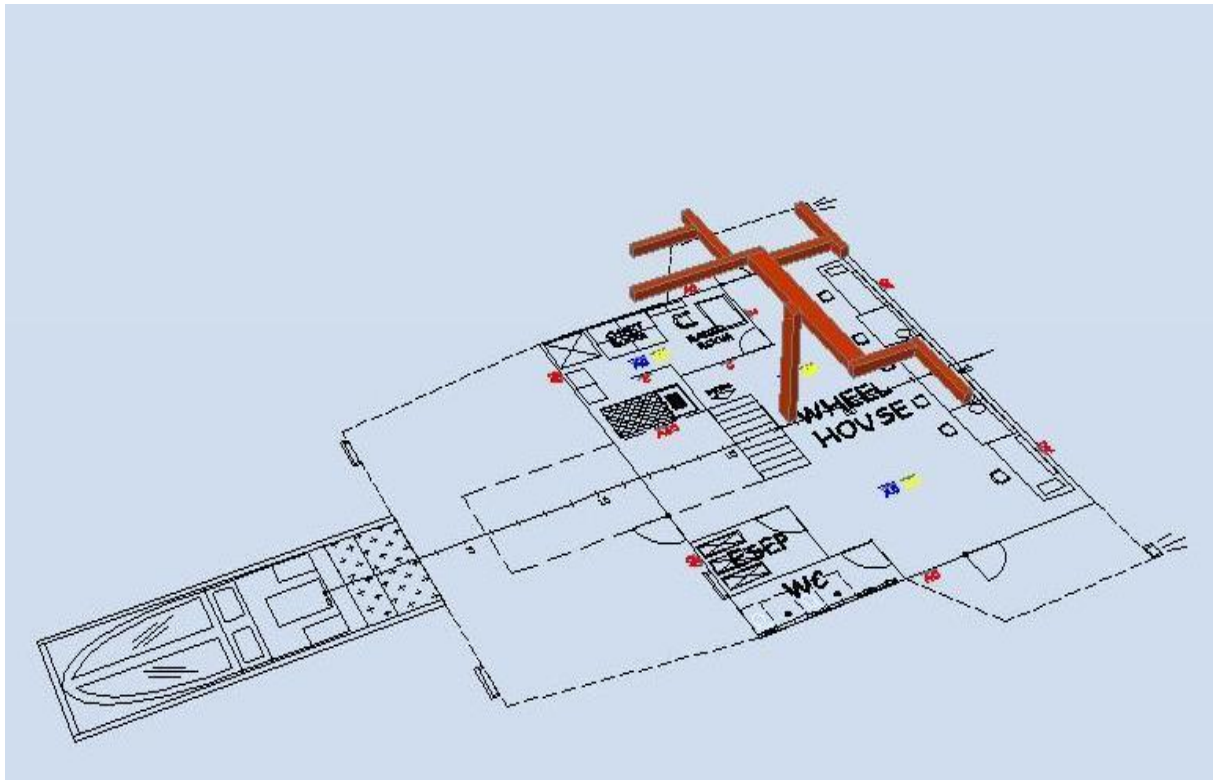
Gambar 5.3 Contoh instalasi sistem ducting di main deck



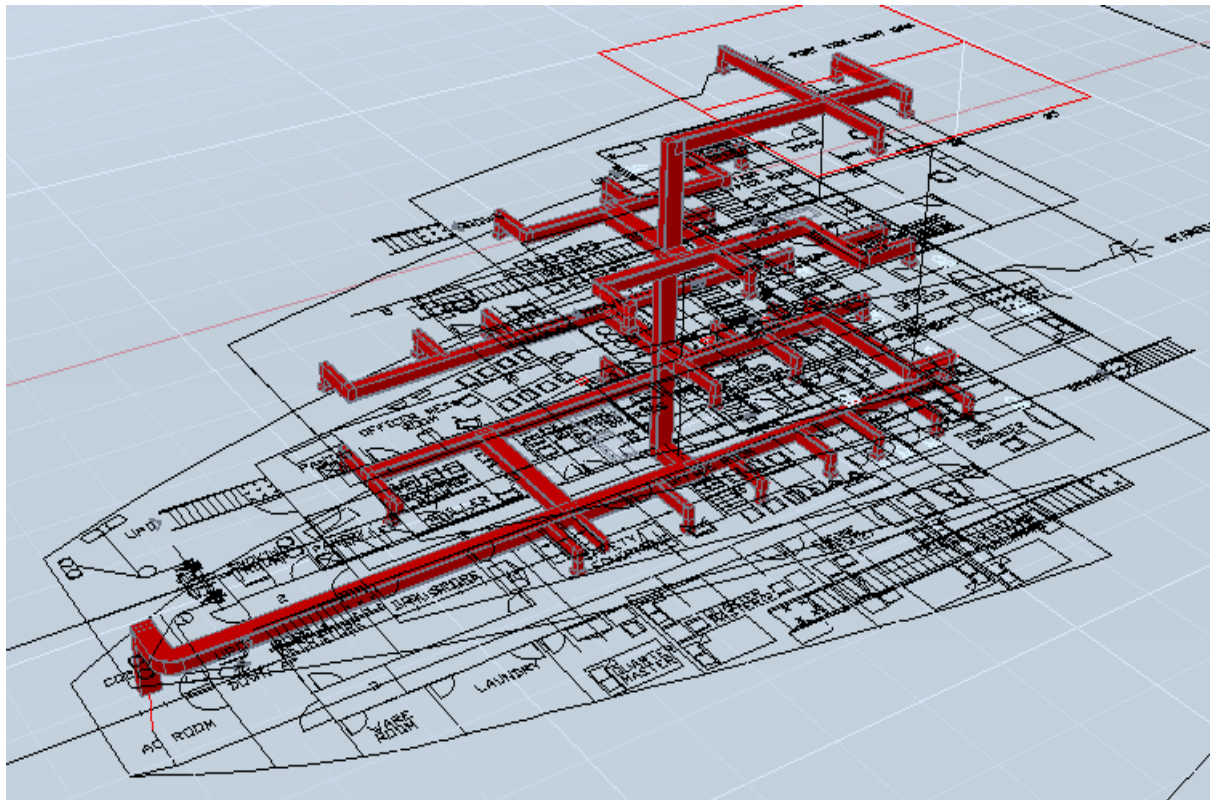
Gambar 5.4 Contoh instalasi sistem ducting di poop deck



Gambar 5.5 Contoh instalasi sistem ducting di brige deck



Gambar 5.6 Contoh instalasi sistem ducting di wheel house



Gambar 5.7 Contoh instalasi sistem ducting seluruh deck.

TUGAS UNIT V

SISTEM PENGKONDISIAN UDARA

Petunjuk Pengerjaan:

1. Tugas dikerjakan oleh mahasiswa secara mandiri.
2. Jawaban tugas mandiri diketik rapi dengan menggunakan kertas A4 termasuk gambar desain yang nantinya akan dibuat.
3. Semua tugas harus dikerjakan dan diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, paling lambat adalah satu hari sebelum mata kuliah pada minggu selanjutnya dimulai.

Tugas Minggu 11

1. Jelaskan secara detail cara kerja dan fungsi dari sistem sistem pengkondisian udara di kapal.
2. Hitunglah komponen-komponen beban ruangan seperti beban transmisi, beban sinar matahari, beban penerangan, beban peralatan dan beban personel.
3. Hitunglah sistem penyaluran (*ducting system*) yang akan anda gunakan.

Tugas Minggu 12

1. Gambar desain 2D sistem penyaluran (*ducting system*) pada kapal anda menggunakan AUTOCAD untuk tiap-tiap deck dikapal meliputi:
 - a. *main deck*
 - b. *poop deck*
 - c. *brige deck*
 - d. *wheel house*

UNIT VI

BEBAN GENERATOR

A. Umum

Kebutuhan listrik di kapal telah disediakan oleh generator dan besarnya daya yang tersedia sangatlah tergantung pada operasional kapal tersebut. Dimana hal ini tergantung pada jenis atau type kapal. Setiap perhitungan kapasitas generator mempunyai pandangan yang berbeda mengenai kondisi operasi kapal antara lain :

1. Dua kondisi : berlayar dan berlabuh
2. Empat kondisi : berlayar, meninggalkan pelabuhan, bongkar muat serta berlabuh di pelabuhan
3. Delapan kondisi : sama seperti pembagian dalam empat kondisi hanya dibagi lagi menjadi kondisi siang dan malam

Dengan demikian, pemilihan generator, baik jumlah maupun daya yang akan digunakan tergantung dari peralatan-peralatan yang nantinya beroperasi. Dalam penentuan kapasitas generator perlu diketahui jumlah beban pada beberapa kondisi operasi kapal, hal ini dilakukan dengan perhitungan analisa beban listrik yang berupa tabel dan biasanya disebut tabel kalkulasi keseimbangan beban listrik (*calculation of electric power baalance*) atau disebut juga *anticipated electric power consumption table*.

B. Ruang Lingkup Isi

Isi dari unit VI ini secara garis besar antara lain meliputi hal-hal sebagai berikut: (a) perhitungan sistem penerangan di kapal. (b) Menghitung total kebutuhan listrik di kapal, pemilihan genset

C. Sasaran Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, mahasiswa diharapkan dapat memiliki kompetensi yang diindikasikan oleh kemampuan dalam menjelaskan dan menghitung beban generator dan menentukan jumlah generator yang akan dipakai.

D. Waktu Pelaksanaan

2x pertemuan, minggu ke-13 hingga minggu ke-14

MATERI PEMBELAJARAN

UNIT VI

A. GENERATOR

1. Umum

Sekurang-kurangnya dua generator utama terpisah masing-masing harus disediakan untuk pemberian daya instalasi listrik. Daya keluarannya harus berukuran sedemikian hingga daya keluar generator masih bersisa dan cukup untuk menutup kebutuhan daya dalam kondisi berlayar.

Direkomendasikan bahwa paling sedikit satu generator terpisah dari sistem penggerak utama harus disediakan. Instalasi generator berpenggerak poros, yang generatornya digerakkan dengan mesin induk pada putaran yang bervariasi sebagai fungsi dari olah gerak yang dilakukan, tidak dianggap sebagai instalasi generator utama. Instalasi generator berpenggerak poros harus dilengkapi dengan elemen pengendali yang memertahankan tegangan dan bila perlu juga frekuensi didalam batas-batas yang diijinkan bila generator diputar dalam batas kecepatan yang direncanakan, untuk menjalankan instalasi generator berpenggerak poros pada daya keluar nominal yang sekurang-kurangnya masih mungkin pada 75%-100% dan waktu singkat sampai dengan 120 % dari putaran nominal mesin utama.

2. Perhitungan kapasitas generator

Dalam perhitungan kapasitas generator terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

a. Daya total lampu penerangan

Dalam melakukan perhitungan penerangan dikapal maka terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya adalah:

o Dimensi Ruang Kapal

Hal ini berkaitan dengan ukuran-ukuran setiap ruangan yang ada di dalam kapal yang memerlukan penerangan. Penerangan juga diberikan pada setiap jalan atau lorong baik itu di dalam kapal maupun yang ada di luar di atas deck. Ukuran-ukuran ini digunakan untuk menghitung luas setiap ruang tersebut dan menentukan besar daya yang dibutuhkan.

- Perhitungan Indeks Ruang

Untuk mendapatkan berapa harga efisiensi penerangan, kita harus mengetahui Indeks Ruang atau Indeks Bentuk (k). Menghitung indeks ruang (k) diperoleh dari rumus:

$$k = \frac{p \times l}{h(p+l)} \quad \text{dimana,} \quad h = t - T$$

Keterangan:

- k = indeks ruang
- p = panjang ruang (m)
- l = lebar ruang (m)
- h = tinggi permukaan bidang kerja terendah terhadap lampu (m)
- t = tinggi ruang (m)
- T = tinggi bidang kerja (m).

- Faktor Refleksi

Merupakan indeks dari warna dinding (wall), warna plafon (ceiling), dan lantai (floor) ruang. Indeks warna diatas berdasarkan data yang ada yaitu sebagai berikut:

- Warna putih dan warna sangat muda : 0.75
- Warna muda : 0.5
- Warna sedang : 0.3
- Warna gelap : 0.1

Dalam perancangan kali ini faktor refleksi diambil harga:

- Untuk ceiling (langit-langit) : 0.75
- Untuk wall (dinding) : 0.5
- Untuk floor (lantai) : 0.1

- Pemilihan Armatur atau Lampu

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan armature atau lampu adalah tipe lampu, daya lampu, dan jumlah lampu. Tipe lampu adalah model dari armature seperti yang terdapat pada tabel sehinggal kemudian dapat diperkirakan macam lampu yang akan dipakai apakah lampu TL atau pijar atau lainnya. Pada perencanaan ini dipakai lampu TL. Daya lampu berkaitan

dengan dimensi ruangan yang akan direncanakan untuk mendapat penerangan dan juga model yang diinginkan. Jumlah lampu dihitung berdasarkan standard penerangan yang ada dan perhitungan teoritis. Selain itu juga disesuaikan dengan kemungkinan pemasangan dengan melihat dimensi ruangan yang dipakai.

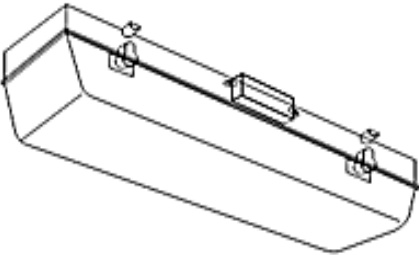
o Efisiensi Penerangan

Eisiensi penerangan merupakan tingkat penerangan yang sampai pada benda kerja yang dipengaruhi oleh bentuk armature yang dipakai. Fluks cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya tidak semuanya mencapai bidang kerja karena ada efisiensi penerangan. Sebagian fluks cahaya itu akan di pancarkan ke langit-langit, dinding, dan lantai. Karena itu sebelum menentukan fluks cahaya kita harus menghitung bagian fluks yang hilang menerangi ruangan atau diserap oleh dinding, langit-langit, maupun lantai.

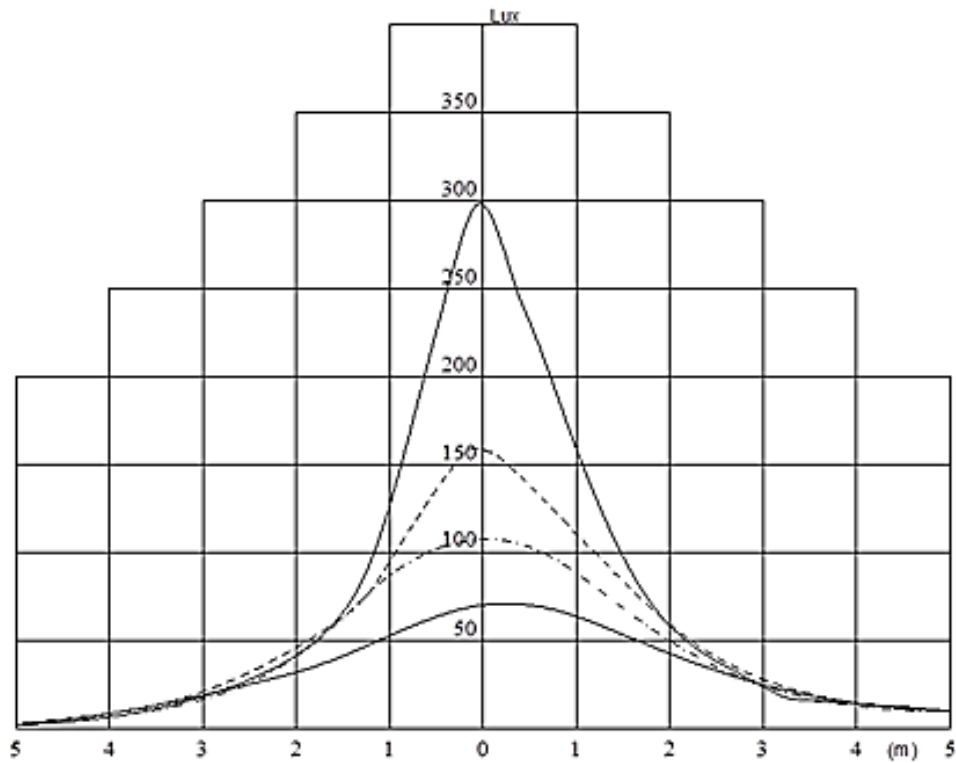
Menghitung efisiensi penerangan (η) yang didapatkan dengan interpolasi, dari tabel jenis armatur kita dapatkan harga η_1 dan η_2 yang merupakan efisiensi tabel, serta k_1 dan k_2 yang merupakan faktor refleksi dari tabel.

Maka efisiensi penerangan / illumination rate dari ruangan adalah :

$$\eta_r = k + \frac{(k_2 - \eta_1)}{(\eta_2 - \eta_1)}(k_2 - k_1)$$

Model	Jenis Armatur	d
	FL 15 w x l	0.7

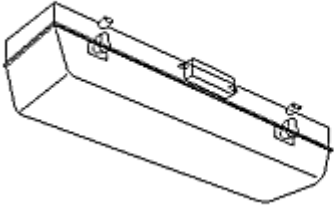
Gambar 6.1 Contoh gambar tipe lampu di kapal indeks 4



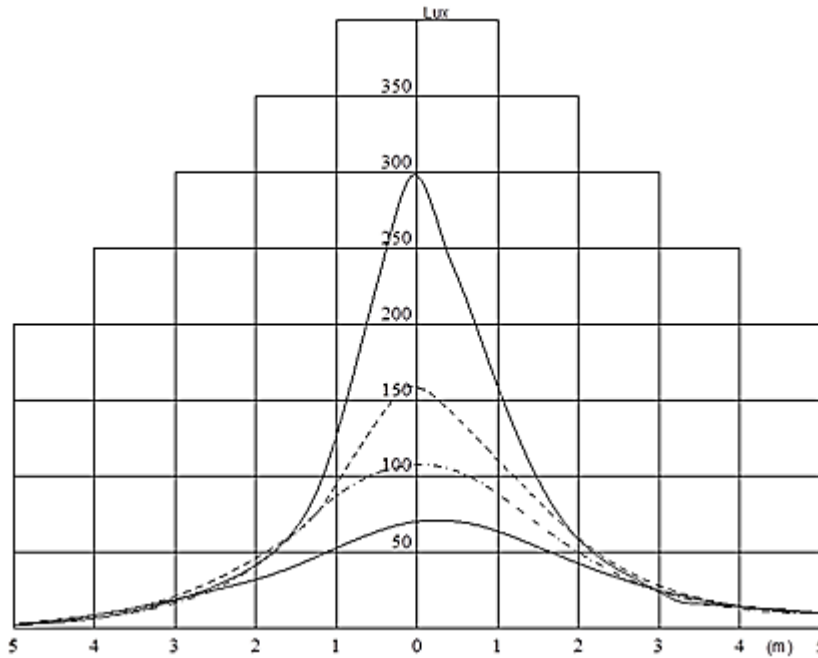
Gambar 6.2 Contoh range lux lampu penerangan di kapal indeks 4

Tabel 6.1 Tabel efisiensi lampu di kapal indeks 4

Faktor (k)	Ceiling	75			50			30		0
	Wall	50	30	10	50	30	10	30	10	0
	Floor	10			10			10		0
Efisiensi		Faktor Refleksi								
0.60	(J)	0.295	0.246	0.213	0.283	0.250	0.211	0.233	0.207	0.206
0.80	(I)	0.368	0.314	0.283	0.350	0.301	0.272	0.296	0.267	0.252
1.00	(H)	0.406	0.357	0.327	0.390	0.345	0.317	0.336	0.308	0.294
1.25	(G)	0.452	0.408	0.368	0.421	0.378	0.346	0.367	0.336	0.378
1.50	(F)	0.487	0.439	0.393	0.452	0.413	0.374	0.399	0.366	0.355
2.00	(E)	0.538	0.488	0.461	0.503	0.460	0.421	0.438	0.304	0.400
2.50	(D)	0.588	0.523	0.475	0.507	0.496	0.456	0.475	0.465	0.431
3.00	(C)	0.608	0.556	0.493	0.566	0.521	0.418	0.499	0.468	0.461
4.00	(B)	0.650	0.596	0.554	0.603	0.553	0.525	0.552	0.509	0.499
5.00	(A)	0.672	0.624	0.581	0.623	0.578	0.546	0.549	0.582	0.527

Model	Jenis Armatur	d
	FL 20 w x 2	0.7

Gambar 6.3 Contoh gambar tipe lampu di kapal indeks 18



Gambar 6.4 Contoh range lux lampu penerangan di kapal indeks 4

Tabel 6.2 Tabel efisiensi lampu di kapal indeks 4

Faktor (k)	Ceiling	75			50			30		0
	Wall	50	30	10	50	30	10	30	10	0
	Floor	10			10			10		0
Efisiensi		Faktor Refleksi								
0.60	(J)	0.359	0.314	0.288	0.367	0.319	0.286	0.308	0.281	0.271
0.80	(I)	0.439	0.395	0.373	0.421	0.383	0.363	0.380	0.352	0.363
1.00	(H)	0.470	0.462	0.420	0.463	0.429	0.409	0.427	0.395	0.396
1.25	(G)	0.521	0.485	0.451	0.497	0.485	0.439	0.456	0.433	0.435
1.50	(F)	0.556	0.520	0.483	0.522	0.406	0.467	0.487	0.461	0.450
2.00	(E)	0.600	0.565	0.529	0.573	0.540	0.510	0.523	0.496	0.688
2.50	(D)	0.645	0.595	0.361	0.609	0.576	0.565	0.558	0.537	0.539
3.00	(C)	0.665	0.625	0.578	0.629	0.597	0.566	0.575	0.556	0.566
4.00	(B)	0.694	0.652	0.626	0.658	0.619	0.599	0.602	0.583	0.573
5.00	(A)	0.713	0.675	0.646	0.673	0.640	0.615	0.618	0.602	0.591

- o Intensitas Penerangan

Intensitas penerangan (E) sering disebut juga iluminasi cahaya yang dinyatakan dalam satuan Lux atau sama dengan lumen / m², merupakan kekuatan cahaya yang diperlukan menurut standart kesehatan manusia dalam melakukan statu aktifitas. Intensitas penerangan minimal yang diperlukan menurut aturan klass, dalam hal ini memakai aturan klass BKI. Berikut tabel intensitas penerangan oleh BKI:

Gambar 6.3. Tabel intensitas penerangan dan kebutuhan daya

Jenis Ruangan	Flux Cahaya (Lux)
Ruang palka Ruang kerja Jalan Lalu lintas diatas deck	20 sampai 40 lux (sampai 60)
Lorong dan jalan masuk Tempat peluncuran sekoci Kamar kecil Kamar mandi Bioskop Terowongan poros	50 sampai 70 lux (sampai 120)
Kamar Peta Ruang kemudi Kabin penumpang Kabin awak kapal	100 sampai 150 lux (sampai 250)
Ruang Mesin Ruang Komisaris/pemilik Ruang istirahat Ruang duduk Ruang makan/minum Perpustakaan	200 sampai 500 lux
Rumah sakit Kamar pengujian	200 lux ke atas

- o Flux Cahaya

Setelah intensitas ruangan (E) telah kita tentukan, maka fluks cahaya (ΦN) yang diperlukan ruangan dengan satuan lumen, dapat kita hitung dengan rumus :

$$\Phi N = \frac{E \times A}{\eta}$$

Keterangan: A = luas ruangan (m^2)

η = efisiensi ruangan

ΦN = Fluks kebutuhan (lumen)

Sedangkan fluks lampu (ΦL) dapat kita hitung dari daya lampu tersebut dikalikan nilai lumen per watt nya. Untuk perancangan kali ini ditetapkan nilai per watt nya sebesar 75 lumen (1 watt = 75 lumen). Sehingga untuk perancangan kali ini rumus fluks lampu:

$$\Phi L = \text{total watt lampu} \times 75 \text{ lumen/watt}$$

- o Jumlah Daya Tiap Ruangan

Setelah kita mengetahui berapa fluks cahaya yang diperlukan oleh ruangan (ΦN) dan fluks cahaya yang dipancarkan oleh lampu (ΦL), maka kita dapat mengetahui prediksi jumlah armatur yang diperlukan. Dimana jumlah armatur (n) dapat kita hitung dengan menggunakan rumus (nilai n dibulatkan keatas jika nilainya $>0,7$ dan dibulatkan kebawah jika nilainya $<0,7$) :

$$n = \Phi N / \Phi L$$

Setelah kita menentukan n dari pembulatan dengan tetap memperhatikan beberapa factor seperti dimensi ruangan dan fungsi ruang yang akan digunakan. Dengan mengalikan jumlah armatur, jumlah lampu pada 1 armatur dan daya lampu maka kita mendapatkan besar daya yang kita pakai untuk ruangan tersebut.

b. Macam kondisi operasi kapal

Setiap perhitungan kapasitas generator mempunyai pandangan yang berbeda mengenai kondisi operasi kapal antara lain:

- Dua kondisi : berlayar dan berlabuh
- Empat kondisi : berlayar, meninggalkan pelabuhan, bongkar muat serta berlabuh di pelabuhan
- Delapan kondisi : sama seperti pembagian dalam empat kondisi hanya dibagi lagi menjadi kondisi siang dan malam

Menurut Class kondisi berlayar digunakan sebagai pedoman dalam menentukan kapasitas generator karena merupakan kondisi yang paling lama dilakukan. Kecuali untuk kapal khusus misalnya kapal keruk, karena kondisi terlamanya adalah saat mengadakan pengerukan.

Ketika bongkar muat dilaksanakan, kebutuhan listrik digunakan untuk mengoperasikan peralatan bongkar muat serta peralatan penunjangnya. Disamping itu pada kondisi ini juga digunakan untuk mereparasi peralatan. Peralatan tersebut diantaranya adalah : cargo gear, turning gear, ballast pump, mesin bubut, mesin gerinda, mesin bor dan lain sebagainya. Kondisi ini berlaku untuk kapal cargo dan tanker sedangkan untuk jenis lainnya akan berbeda pekerjaan yang dilakukan misalnya tug work untuk kapal tunda.

Dalam penentuan kapasitas generator perlu diketahui jamlah beban pada beberapa kondisi operasi kapal, hal ini dilakukan dengan perhitungan analisa beban listrik yang berupa tabel dan biasanya disebut tabel kalkulasi keseimbangan beban listrik (*calculation of electric power baalance*) atau disebut juga *anticipated electric power consumption table*.

Analisa ini berisi kolom tentang jenis peralatan, jenis operasi, daya masuk, jumlah peralatan yang dipakai serta yang terakhir adalah jumlah beban dari kelompok peralatan tersebut. Perhitungan beban ini dikelompokkan berdasarkan fungsi beban sehingga dapat terbagi menjadi :

- Beban pada geladak, lambung
- Beban berupa motor-motor listrik/pesawat tenaga, dalam sistem permesinan kapal
- Beban yang berupa pesawat elektronika dan penerangan

- Pengelompokan ini biasanya berupa kelompok mesin daya, penerangan dan peralatan komunikasi/navigasi. Untuk kapal khusus dengan instalasi pendingin yang dikelaskan juga untuk peti kemas dengan pendingin maka diperlukan juga perhitungan kebutuhan daya beban pendingin tersebut pada analisa beban listrik.

c. Load faktor tiap peralatan

Load faktor peralatan adalah perbandingan antara daya rata-rata dengan kebutuhan daya untuk operasi maksimal untuk suatu kondisi. Sesudah diadakan pengelompokan, kemudian dari data yang ada diisikan jumlah peralatan, daya masuk, kemudian saat pengoperasian peralatan tersebut juga banyaknya peralatan yang akan dioperasikan mengingat adanya peralatan cadangan. Prosentase faktor beban diisikan pada tiap kondisi operasi dan besarnya tergantung pada seringnya peralatan tersebut dipakai, besarnya pemakaian daya dari peralatan tersebut terhadap daya nominal dan berdasarkan pada pengalaman perancangan sebelumnya.

Untuk peralatan yang jarang digunakan dapat diberikan faktor beban nol untuk semua kondisi. Sedangkan peralatan yang beroperasi secara kontinyu dalam pengoperasian kapal mendapatkan beban tetap atau continuous load. Dan untuk peralatan dengan beban sementara atau intermitten adalah beban dari peralatan yang beroperasi tidak secara terus menerus. Setelah semua data dimasukkan menurut masing-masing kelompok, kemudian beban dijumlahkan, beban tetap dan beban sementara.

d. Diversity factor

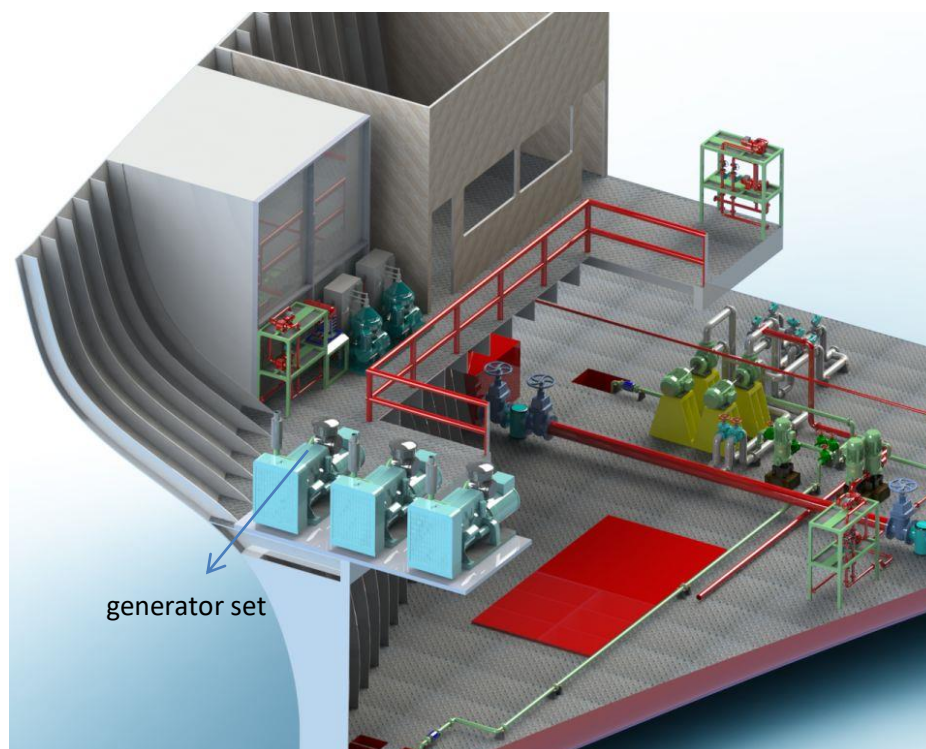
Diversity faktor sering juga disebut sebagai faktor kebersamaan, adalah faktor yang merupakan perbandingan antara total daya keseluruhan peralatan yang ada dengan total daya yang dibutuhkan untuk setiap satuan waktu. Faktor diversitas dapat digunakan untuk mencari beban operasi dengan tujuan menentukan jumlah total beban yang harus dilayani oleh generator akibat adanya pengoperasian beban-beban dalam waktu yang bersamaan.

Daya masuk total dari seluruh pemakai daya yang ada dikalikan dengan suatu faktor kesamaan waktu bersama dan ditambahkan kepada daya masuk total dari seluruh perlengkapan pemakai daya yang terhubung tetap. Faktor kesamaan waktu bersama harus ditetapkan dengan dimasukkan pertimbangan beban tertinggi yang dapat diharapkan terjadi pada waktu yang sama. Jika penentuan yang tepat sulit dilaksanakan maka faktor kesamaan waktu yang digunakan menurut aturan BKI tidak boleh rendah dari 0,5. Dalam perhitungan penentuan kapasitas generator ini diambil harga 0,7.

Daya total yang diperlukan adalah jumlah beban yang harus dilayani generator pada masing-masing kondisi operasi kapal dan besarnya menurut BKI adalah:

$$\text{Jumlah beban} = (\text{beban sementara} \times \text{faktor diversitas}) + \text{beban tetap}$$

Untuk menentukan kapasitas generator yang dipilih dihitung dengan seminimalnya daya yang digunakan untuk mengoperasikan kapal dilaut adalah 15% lebih besar dari kebutuhan daya hasil perhitungan tabel Ballans Daya. Tujuan dari pembatasan ini adalah untuk menjaga kerja generator agar tidak terlalu berat yang berhubungan dengan masalah arus pengasutan pada motor-motor listrik.



Gambar 6.4 Peletakan generator set di E/R

TUGAS UNIT VI

BEBAN GENERATOR

Petunjuk Pengerjaan:

1. Tugas dikerjakan oleh mahasiswa secara mandiri.
2. Jawaban tugas mandiri diketik rapi dengan menggunakan kertas A4 termasuk gambar desain yang nantinya akan dibuat.
3. Semua tugas harus dikerjakan dan diselesaikan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, paling lambat adalah satu hari sebelum mata kuliah pada minggu selanjutnya dimulai.

Tugas Minggu 13-14

1. Jelaskan beberapa hal yang harus diperhatikan didalam menentukan generator yang akan digunakan.
2. Jelaskan pertimbangan-pertimbangan apa saja yang harus diperhatikan berdasarkan aturan-aturan klas didalam pemilihan generator di kapal.
3. Hitunglah kebutuhan daya penerangan total pada kapal anda guna mempermudah didalam melakukan perhitungan daya generator yang akan anda pilih nantinya.
4. Hitunglah kebutuhan daya generator yang akan digunakan di kapal anda dan berapa jumlahnya.
5. Jelaskan kondisi seperti apakah yang menjadi pertimbangan anda didalam menentukan generator yang anda gunakan.

DAFTAR PUSTAKA

ASRAE Handbook Fundamental, 2005, "*Duct Design*"

Baheramsyah, Alam & Ariana, Made, 1998. "*Diktat Pengaturan Udara dan Sistem Pendingin*", ITS Surabaya.

Biro Klasifikasi Indonesia. Volume II, Jakarta 2006

Carl. A. Theoresen, *Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines*, Published by Thomas Telford Publishing.

Crawford J., "*A guide to pumping and piping arrangement* ", Lloyd Register of Shipping, London, 1990

DA. Taylor, 1994, *Introduction to Marine Engineering Second Edition*. Elsevier Science. Burlington.

D.G.M Watson, *Practical Ship Design Volume 1*, Elsevier Ocean Engineering Book Series

D.J.House, *Cargo Work for Maritime Operation*, Elsevier, 2005

E. C. Tupper, 1996, *Introduction to Naval Architecture Third Edition*. Elsevier Science. Oxford.

Grossman, "*Machinery Arrangement of Ships* ", Lecture note, TU Berlin, 1984

H. Schneekluth and V. Bertram, 1998. *Ship Design for Efficiency and Economy second edition*, Oxford.

J S Carlton, 2007. *Marine Propellers and Propulsion Second Edition*. Copyright © 2007, John Carlton. Published by Elsevier Ltd. All right reserved

ISO 7547 mengenai "*Ships And Marine Technology- Air Conditioning And Ventilation Of Accomodation Spaces-Design Conditioning And Basis Of Calculation*".

- Khetagurov, M. *Marine Auxiliary Machinery and System*. Peace Publisher Moskow.
- Lewis, Edward V. *Principle of Naval Architecture*. Second Revision. Vol II. Resistance, Marine Pollution, *International Maritime Organization*
- Mohinder L. Nayyar (editor), “*Piping Handbook* “
- Raswan, “*Standart Penggambaran Sistem Perpipaan* “, Airlangga, Jakarta, 1992
- Roy L Harrington (editor), “*Marine Engineering* “, SNAME, NY, 1982
- Safety of Life at Sea (SOLAS), 2004. *Consolidated text of the International Convention for the Safety of Life at Sea, and its Protocol of 1988: articles, annexes and certificates*: International Maritime Organization, London
- Samuel C. Sugarman, *HVAC Fundamentals*, Published by The Fairmont Press, Inc.
- Soekarsono, *Naval Architecture (N.A)*, Sistem dan Perlengkapan Kapal (Outfitting).
- Sv. Aa. Harvald. *Ship Resistance and Propulsion*. Airlangga University Press, Surabaya, 1993
- Taggart. Robert, *Ship Design and Construction*
- The Marine Engineering Society in Japan, “*Machinery Outfitting Design Manual, vol 1, Piping System for diesel ships* “, Japan, 1982.
- Willard W. Pulkrabek, *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*, University of Wisconsin-. Platteville
- Yingling, Ronald dkk, 2005, “*Selection and Design of Ducted HVAC Systems*”, National Association of Home of the United States, Washington DC.