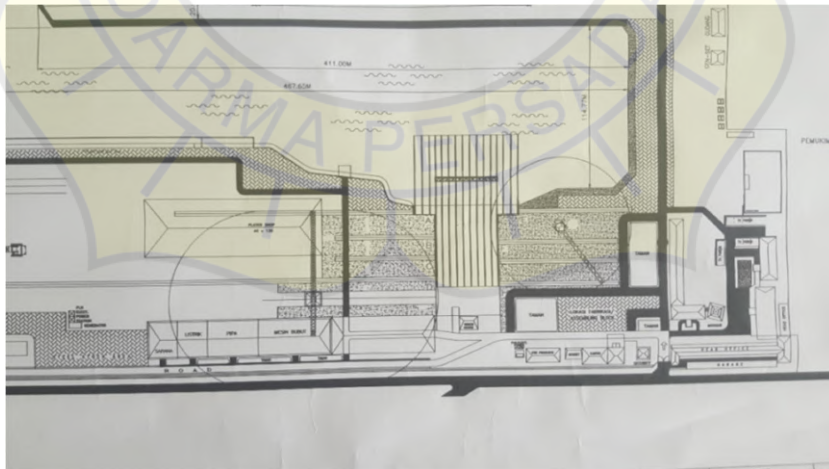


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Galangan Kapal PT. Industri Kapal Indonesia (IKI) Makassar

Sistem pengdockan galangan PT. Industri Kapal Indonesia Makassar memiliki *slipway* horizontal dan miring. Adapun sistem *shifter* yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan kapal. Dimana *shifter* tersebut memiliki panjang maksimal 45 meter dan memiliki daya angkut 500 ton. Batas maksimal tinggi air diatas *shifter* adalah 3,40 meter. Bagian barat dari *slipway* horizontal terdapat 4 *sidetrack* yang memiliki panjang masing-masing 140 meter dan 70 meter, dengan kapasitas masing-masing yaitu 300 ton. Peralatan dan fasilitas yang oleh PT. IKI Makassar baru bisa melayani kapal yang berukuran sampai 1500 DWT serta mereparasi kapal yang berkapasitas 500 ton ke bawah serta mempunyai fasilitas dan daya tampung hingga 16 buah kapal sekaligus. PT. IKI Makassar juga membuat kapal-kapal berbahan kayu yang dikerjakan dengan pesanan yang ada sesuai dengan kondisi dan tingkat kegiatan yang dihadapi, PT. IKI Makassar saat ini memiliki tenaga kerja kurang lebih 300 orang pegawai atau karyawan yang setiap hari mempekerjakan 20 sampai dengan 40 orang (Marni,2015).



(Sumber : PT. Industri Kapal Indonesia Makassar)

Gambar 2.1 Layout Galangan Kapal PT. Industri Kapal Indonesia (IKI) Makassar

PT. Industri Kapal Indonesia (Persero) atau disingkat PT IKI (Persero) didirikan berdasarkan Akte Pendirian No. 122 tanggal 29 Oktober 1977, kemudian dirubah dengan akte tertanggal 7 Juli 1979 No. 40, dan telah mendapat pengesahan Menteri Kehakiman Republik Indonesia berdasarkan surat keputusan N0. YA5/374/16 tanggal 5 Agustus 1980 serta termuat dalam Berita Negara Republik Indonesia No. 64 tanggal 11 Agustus 1981, tambahan No. 637.

Adapun tujuan didirikannya perusahaan ini adalah untuk turut melaksanakan dan menunjang kebijakan program pemerintah di bidang ekonomi dan pembangunan nasional pada umumnya dan khususnya di bidang industri perkapalan serta mesin-mesin dan industri logam dasar lainnya. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka perusahaan menjalankan kegiatan usaha di bidang :

- a. Produksi
 1. Mengolah, merakit dan membuat bahan baku menjadi sebuah kapal, peralatan lepas pantai, alat apung, peralatan dan perlengkapan kapal lainnya.
 2. Merawat, mereparasi, merehabilitasi dan konversi (merubah bentuk dan fungsi) segala jenis kapal, peralatan lepas pantai serta alat lainnya.
 3. Fabrikasi dan perawatan struktur permesinan pabrik dan kegiatan industri lainnya atau sarana produksi lainnya dalam sektor industri pembangunan kapal.
- b. Pemberian jasa dengan melakukan studi/penelitian, desain engineering, pengembangan, peralatan lepas pantai, angkutan atau perancangan pembuatan kapal, manajemen, pengoperasian pabrik, konstruksi, pemeliharaan, pelatihan, pendidikan, reparasi, konsultasi dan jasa teknis lain dalam sektor industri galangan perkapalan ataupun industri lainnya.
- c. Penjualan dengan melakukan beberapa kegiatan pemasaran yang baik dalam dan luar negeri yang berhubungan dengan hasil produksi tersebut dan produk-produk lainnya serta kegiatan impor barang-barang dan suku cadang lainnya yang berupa bahan baku, komponen dan peralatan produksi.

- d. Melaksanakan kegiatan usaha atau jasa lainnya yang berkaitan dengan produksi, jasa, dan perdagangan yang merupakan salah satu sarana pelengkap dalam mencapai visi dan misi perusahaan.

2.1.1. Fasilitas Galangan Kapal PT. Industri Kapal Indonesia (IKI) Makassar

- *Graving Dock* 10.000 DWT, Ukuran : L 120m x B 28m x H 8m.
- *Slipway* Kapasitas 1.500 TLC.
- *Site Track* 8 Lines; 2 Lines 300m/line, 4 Line 80m/line and 2 lines 70m/line.
- *Skip Lifting (Transverse Slipway)* 45 M, 3.500 DWT.
- *Building Berth* 4 Unit up to 6.500 DWT and 10 units for ships up to 500 GRT.
- *Outfitting Quay/Jetty* Quay length 800m and Tower Crane 60 Ton and Water Front 895 m².
- *Electrical Power* PLN 2X600 KVA dan Generator 2X450 KVA.

2.1.2. Machine and Equipment

- *Crawler Crane* 400 Ton 1 Units
- *Tower Crane* 60 Ton 2 Units
- *Mobile Crane* 35 Ton 4 Units
- *Forklift* 5 Ton x 5 M Height 1 Unit
- *Forklift* 3 Ton x 5 M Height 3 Unit
- *Gantry Crane* 5-15 Ton 1 Units
- *Hydraulic Jack* 100 Ton 1 Unit
- *Profile Bending Machine* 500 Ton 1 Unit
- *Hydraulic Press Machine* 500 Ton 1 Unit
- *Plate Bender Machine* Caps 200-500 Ton 1 Unit
- *Pipe Bending Machine* Caps. 8 Inch 1 Unit
- *Plate Roller Machine* 1 Unit
- *Stern Tube Boring* Dia. 600 m/m x 12 m
- *Workshop* 72 x 24 m and 24 x 124 M

- *Platershop* 40 x 120 m
- *Lathe Machine* up to dia. 330 mm x 12 m
- *Sandblasting Equipment*
- *CAD/CAM "Maxsurf" Engineer Software & Hardware*
- *Welding Machine Automatic*
- *Welding Machine Multi Operator*
- *Rectifier LHE 400*
- *Diesel Generator* 3 x 450 KVA
- *Diesel Compressor* 900 CI / mm x 8 bar 4 unit

2.2. Kapal Kontainer

Container Ship atau kapal peti kemas merupakan kapal yang khusus diperuntukkan untuk mengangkut peti kemas. Memiliki rongga (*cells*) yang berfungsi untuk menyimpan peti kemas. Peti kemas diangkat ke atas kapal di terminal peti kemas dengan menggunakan *crane* atau derek khusus yang dapat dilakukan dengan cepat, baik derek yang berada di dermaga, maupun derek yang berada di kapal itu sendiri (Nainggolan S.R, dkk. 2017).



(Sumber : <https://hariansingalang.co.id/>)

Gambar 2.2 Kapal *Container*

A. Jenis Kapal *Container*

Kapal *container* dibagi berdasarkan jenis muatannya menjadi:

- *Full Container Ship*

Full Container Ship merupakan kapal yang semua muatannya berupa kontainer.

- *Semi Container Ship*

Semi Container Ship merupakan kapal yang fungsinya mengangkut kontainer dan juga sebagai *general cargo ship*.

2.3. Proses Pembangunan Kapal

Menurut (*Hans W. Schlott*, 1984) proses pembuatan kapal berdasarkan sistem dibagi menjadi 3 macam, yaitu :

1. Sistem seksi merupakan sistem pembangunan kapal yang dimana bagian-bagian konstruksi dari badan kapal dibuat secara seksi perseksi.
2. Sistem blok seksi merupakan sistem pembangunan kapal dimana bagian-bagian konstruksi badan kapal difabrikasi atau dibuat gabungan dalam bentuk seksi-seksi sehingga membentuk sebuah blok seksi, sebagai contoh seksi-seksi bagian geladak, lambung, dan *bulkhead* digabung menjadi satu kesatuan blok seksi.
3. Sistem blok merupakan sistem pembangunan kapal yang dimana lambung kapal terbagi dalam beberapa blok, lalu antar blok sudah siap pakai (sudah lengkap meliputi sistem perpipaannya).

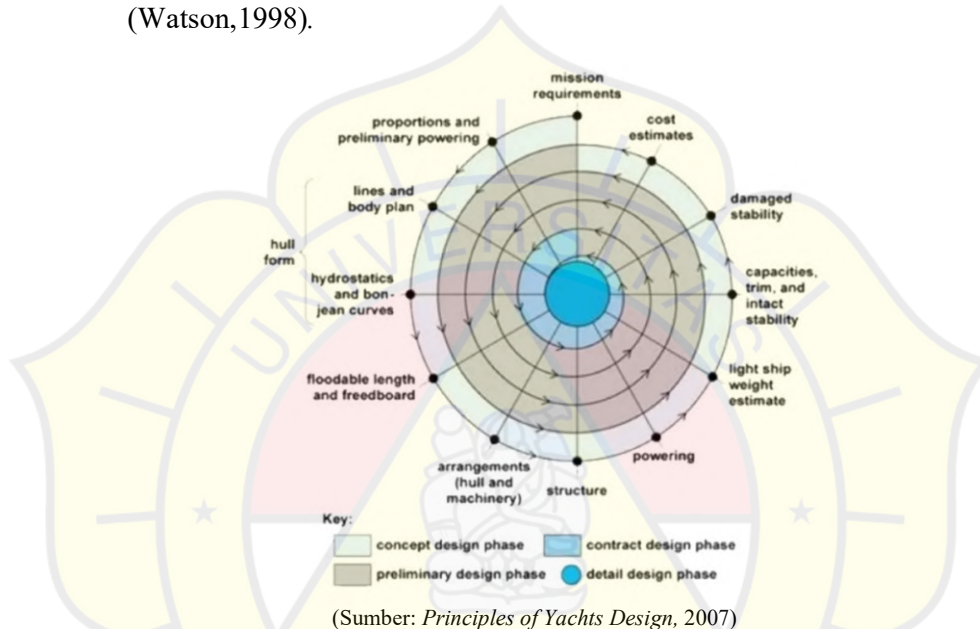
2.3.1. Tahap-Tahap pembuatan kapal

Menurut (*Stroch, R.L. dkk*, 1995) secara garis besar pembanguan kapal dapat dibagi menjadi beberapa tahapan meliputi tahap mendesain, fabrikasi, perakitan (*assembling*), *erection*, peluncuran, pengetesan, dan *delivery*.

- **Tahap Desain**

Tahap desain merupakan proses mendesain konstruksi kapal yang biasa dilakukan secara berulang-ulang, dimana harus melakukan berbagai tahapan-tahapan yang harus dipenuhi agar mendapatkan desain kapal yang ideal dan maksimal. Desain statement digunakan untuk untuk

mendefinisikan gambaran tentang fungsi dan tujuan kapal yang akan dibangun. Hal ini berguna sebagai arahan untuk seorang desainer kapal dalam menentukan beberapa pilihan yang rasional ketika mendesain. Pada tahapan ini desain digambarkan pada desain spiral (*The Spiral Design*). dalam desain spiral alur pengerjaan dibagi dalam empat tahapan, yaitu *Concept Design*, *Preliminary Design*, *Contract Design*, dan *Detail Design* (Watson,1998).



Gambar 2.3 *The Spiral Design*

- **Concept Design**

Konsep desain kapal merupakan tugas atau misi seorang desainer untuk mempintrepretasikan sebuah objek guna memenuhi persyaratan dan dengan mengikuti semua hambatan ataupun permasalahan yang timbul. Konsep dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan awal yang berfungsi untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya peralatan, serta biaya permesinan kapal. *Output* dari tahapan konsep desain ini berupa gambar ataupun sketsa, baik sebagian ataupun secara menyeluruh.

- ***Preliminary Design***

Tahapan selanjutnya dalam proses mendesain kapal adalah *preliminary design*. *Preliminary design* merupakan teknis lanjutan yang akan memberikan lebih banyak detail pada konsep desain. Dalam kaitannya terhadap diagram spiral, *preliminary design* ini merupakan iterasi kedua pada diagram spiral. Yang dimaksud dengan detail pada konsep desain yaitu hal-hal yang memberikan pengaruh yang signifikan pada kapal, termasuk pendekatan awal mengenai anggaran yang nantinya dibutuhkan. Sebagai contoh dari penambahan detail yaitu pengembangan bagian midship kapal, perhitungan kekuatan memanjang kapal, perhitungan lain-lain mengenai berat, titik berat kapal, stabilitas, sarat, dll.

- ***Contract Design***

Tahap *contract design* adalah tahap yang dilakukan setelah *preliminary design*, yaitu tahap pengembangan rancangan kapal dalam bentuk yang lebih mendetail yang memungkinkan desainer kapal harus memahami kapal yang akan dibuat dan menentukan estimasi dengan akurat mengenai seluruh anggaran biaya pembangunan kapal. Adapun tujuan dalam kontrak desain yaitu pembuatan terhadap dokumen yang menginterpresentasikan kapal yang dibangun. Lalu dokumen itu akan menjadi landasan dalam kontrak atau perjanjian antara pihak *owner* dan pihak galangan kapal. Adapun elemen dari *contract drawing* dan *contract specification* yaitu :

- General Arrangement Drawing.
- Structural Drawing.
- Structural Detailing.
- Propulsion Arrangement.
- Machinery Selection.
- Propeller Selection.
- Generator Selection & Electrical Selection.

- **Detail Design**

Detail desain merupakan tahap akhir dalam proses mendesain kapal. Dalam tahap ini hasil dari tahapan-tahapan sebelumnya yang dikembangkan menjadi sebuah *drawing production* yang lebih mendetail secara menyeluruh. Tahapan ini meliputi semua rencana dan perhitungan yang akan digunakan dalam pembangunan konstruksi dan operasional kapal. Hal terbesar dari tahapan ini ialah produksi gambar kerja mendetail yang digunakan dalam proses produksi.

1) Fabrikasi

Pada tahapan fabrikasi yang dibutuhkan adalah gambar-gambar produksi yang merupakan pengembangan *Detail Plan* dan *Key Plan*. *Design/Production Drawing* selain digunakan dalam pekerjaan praktis di lapangan produksi, juga digunakan untuk mengawasi pekerjaan produksi kapal (*production control*). Fabrikasi adalah tahapan awal yang dilakukan dalam pembangunan konstruksi kapal, dan hasil dari tahapan ini sebagian besar meliputi komponen yang membentuk struktur kapal.

- Identifikasi material
- Penandaan (*Marking*)
- Pemotongan (*cutting*)
- Pembentukan (*roll, press, dan bending*)



(Sumber: <https://www.anakteknik.co.id/basoamir434>)

Gambar 2.4 Tahapan Fabrikasi Proses Pembangunan Kapal

2) Tahap Perakitan (*Assembling*)

Pada tahap ini seluruh material yang telah difabrikasi lalu digabungkan dan dirakit menjadi satu kesatuan yang lebih besar (*block*). Tahapan ini sebelumnya melalui proses *sub assembling* yang merupakan tahapan perakitan awal yang berfungsi mengurangi aktivitas kerja diatas *jig assembling*. Pekerjaan *sub assy* meliputi penyambungan pelat-pelat kapal, perakitan pelat dengan konstruksi penguat (*girder, stiffener, dll*), perakitan profil T, I, besi siku (*angle*), dll, yang akan membentuk panel-panel untuk posisi vertikal dan horizontal



(Sumber: <https://www.suarasurabaya.net/kelanakota/202>)

Gambar 2.5 Tahapan Perakitan (*Assembling*) Proses Pembangunan Kapal

3) Tahap *Erection*

Erection merupakan proses pen-joint-an antar blok untuk menjadi satu kesatuan. Blok yang akan dibangun/join blok di lapangan produksi bentuknya tidaklah selalu simetris. Oleh sebab itu untuk mendapatkan kesetabilan yang baik dalam pengangkatan blok. Peletakan blok ditentukan dalam tahapan perancangan. Blok pada bagian kamar mesin karena berhubungan dengan pekerjaan konstruksi tongkat kemudi (*rudder stock*), daun kemudi (*rudder*), dan poros *propeller*. Sehingga parameter untuk penggabungan blok-blok tersebut digunakan blok dalam daerah *parallel midle body* (bagian tengah kapal yang lebarnya sama) lalu dilanjutkan dengan penyambungan blok-blok ke arah hauluan dan buritan kapal. Ada beberapa point yang harus dipertimbangkan untuk mengangkut blok dalam tahap *erection* :

- Memperhatikan dari bentuk struktur blok yang akan diangkat
- Memperhatikan posisi titik pusat gravitasi
- Memperhatikan posisi yang kuat dan anggota struktural lemah
- Memperhatikan sambungan antar frame blok 1 dengan yang akan di join
- Memperhatikan metode *lifting* yang digunakan.



(Sumber: Khristyson, 2020)

Gambar 2.6 *Loading* Blok pada Kapal

2.3.2. Pengangkatan (*Lifting*)

Proses *lifting* merupakan proses pengangkatan terhadap blok kapal pada saat proses *Assembly* dan *Erection*. Dalam proses *lifting*, resiko kecelakaan yang relatif besar dapat terjadi. Faktor – faktor yang mempengaruhi proses *lifting* bisa mengalami sebuah kegagalan adalah (Farera,2020):

1. Perencanaan yang kurang baik
2. Kegagalan peralatan
3. Sumber daya manusia yang tidak memenuhi standar persyaratan

Oleh karena itu, sebelum proses *lifting*, perlu adanya *lifting plan*. Untuk merencanakan *lifting plan* tersebut, ada beberapa data yang diperlukan yaitu :

1. Data titik berat blok (COG)
2. Berat total blok
3. Posisi blok yang akan dibangun
4. Data *lifting pad eyes*

2.3.3. Crane

Crane merupakan salah satu jenis pesawat angkat yang biasanya digunakan sebagai alat pengangkut dan pengangkat pada industri galangan kapal. Pesawat angkat ini dilengkapi dengan roda dan lintasan rel yang berfungsi untuk mempermudah dalam bergerak maju dan mundur untuk menunjang proses kerjanya. Berbagai macam jenis crane dan struktur yang berbeda-beda. Jenis crane yang berada dalam ruangan biasanya memiliki struktur yang biasanya berada di atas dekat dengan atap ruangan. Berbeda dengan pesawat angkat yang digunakan di ruangan terbuka yang struktur rangka memiliki penopang yang berdiri tegak di tanah (United Ropeworks, 1970).

Menurut (Rostiyanti & Fatena S., 2008) adapun type crane yang umum digunakan dalam sebuah industri yaitu :

1) Crane Beroda Crawler (*Crawler Mounted Crane*)

Jenis ini biasanya memiliki bagian atas yang dapat bergerak 360 derajat dengan adanya *turntable*. Dengan roda *crawler* maka *crane* jenis ini dapat bergerak didalam lokasi proyek saat melakukan pekerjaan, namun kelemahannya yaitu pergerakannya sangat terbatas. Dimana saat *crane* akan dipindahkan maka *crane* diangkut dengan menggunakan *lowbed trailer*. Dengan membongkar boom menjadi beberapa bagian sehingga pengangkutan bisa mudah dilaksanakan.



(Sumber: <https://aonecranes.com/images>)

Gambar 2.7 *Crawler Crane*

2) Truck Crane (*Truck Mounted Crane*)



(Sumber: brosur Sumitomo)

Gambar 2.8 *Truck Crane*

Crane jenis ini dapat berpindah tempat pada satu proyek ke proyek lainnya tanpa bantuan dari alat pengangkutan. Mobilitas alat cukup tinggi dengan kecepatan maksimum mencapai 55 km/jam. Akan tetapi beberapa bagian dari crane tetap harus dibongkar untuk mempermudah perpindahan. Seperti halnya crawler crane, truk crane ini juga mempunyai bagian atas yang dapat berputar 360°.

3) *Wheel Mounted Crane*

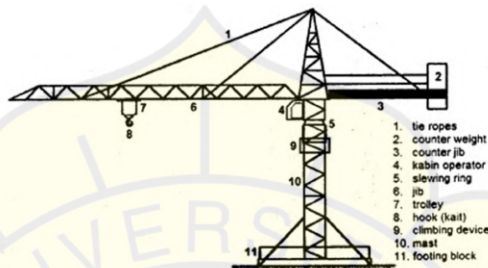


(Sumber: <http://www.rivertekservices.com/images>)

Gambar 2.9 *Wheel Mounted Crane*

Wheel Mounted Crane merupakan crane dengan penggerak roda ban. Crane ini juga dikenal sebagai *hydraulic crane* atau *telescopic crane*. Boom jenis ini biasanya bisa diperpanjang atau diperpendek tergantung dengan kebutuhan tanpa perlu adanya pembongkaran boom. Crane ini mampu bergerak secara fleksibel sehingga dapat dikemudikan di jalan.

4) Tower Crane



(Sumber: Rostiyanti, 2008)

Gambar 2.10 Tower Crane

Tower Crane merupakan *crane* yang digunakan untuk mengangkat secara vertikal dan horizontal ke suatu tempat yang tinggi pada ruang gerak yang terbatas. Tower crane memiliki bermacam-macam jenis. Sehingga pemilihan tower harus dipertimbangkan berdasarkan aspek situasi proyek dan struktur bangunan.

2.3.4. Factor Of Safety (FOS)

Dalam pekerjaan vital seperti *erection* badan kapal membutuhkan penggunaan alat berat pengangkatan yakni crane. Faktor Keamanan (*Safety factor*) crane merupakan faktor yang diperuntukkan untuk mengevaluasi sehingga perencanaan suatu elemen sehingga terjamin keamanannya dengan desain yang seminimum mungkin. Berdasarkan rumus, *safety factor* adalah perbandingan besar beban atas kekuatan material dengan berbagai beban yang mempengaruhi pada desain.

Safety Factor ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

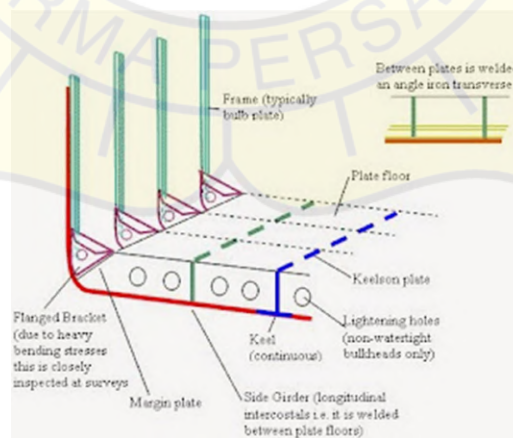
- 1) Variasi sifat-sifat bahan
- 2) Pengaruh ukuran dari bahan yang diuji kekuatannya
- 3) Jenis Beban
- 4) waktu dan lingkungan menjadi pengaruh dimana peralatan tersebut dioperasikan.

2.4. Konstruksi Kapal

Pada dasarnya kapal terdiri dari komponen-komponen konstruksi yang arah letaknya melintang dan memanjang. Dari kedua sistem utama ini maka dikenal pula system kombinasi (*combination/mixed framing system*). Suatu kapal dapat seluruhnya dibuat dengan sistem melintang, atau hanya bagian-bagian tertentu saja (misalnya kamar mesin dan/atau cerukceruk) yang dibuat dengan sistem melintang sedangkan bagian utamanya dengan sistem membujur atau kombinasi. Pemilihan sistem untuk konstruksi kapal ditentukan oleh ukuran kapal (dalam hal ini panjangnya sehubungan dengan kebutuhan akan kekuatan memanjang), jenis/fungsi kapal menjadikan dasar pertimbangan-pertimbangan lainnya.

2.4.1. Konstruksi Melintang

Konstruksi melintang merupakan konstruksi dimana beban yang bekerja pada konstruksi diterima oleh pelat kulit dan balok-balok memanjang dari kapal tersebut dengan bantuan balok-balok yang terletak melintang kapal. Dalam sistem ini gading-gading (*frame*) dipasang secara vertical atau mengikuti bentuk body plan. Pada geladak, baik geladak kekuatan maupun geladak-geladak lainnya, dipasang balok-balok geladak (*deck beam*) dengan jarak antara yang sama seperti jarak antara gading-gading. masing-masing balok geladak ditumpu oleh gading-gading yang terletak pada vertical yang sama (Laksmono.1965).

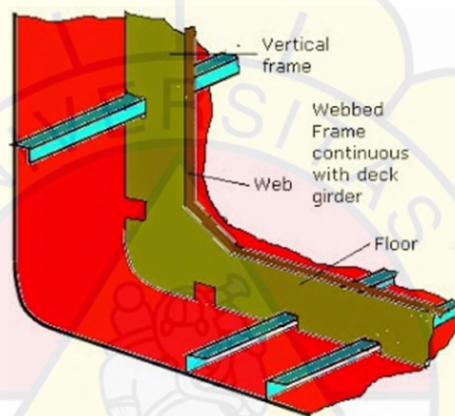


(Sumber: <https://joe-pencerahan.blogspot.com/2015/05/sistem-konstruksi-kapal.html>)

Gambar 2.11 Konstruksi Melintang

2.4.2. Konstruksi Memanjang

Sistem konstruksi memanjang ini gading-gading utama tidak dipasang vertical, melainkan dipasang membujur pada sisi kapal dengan jarak antara, diukur ke arah vertical sekitar 600 mm – 1000 mm. gading-gading ini (pada sisi) dinamakan pembujur sisi (*side longitudinal*). Pada setiap jarak tertentu (sekitar 3-5 m) dipasang gading-gading besar, sebagaimana gading-gading besar pada system melintang sama halnya seperti pada system melintang. Yang disebut pelintang sisi (*side transverse*).



(Sumber: <https://joe-pencerahan.blogspot.com/2015/05/sistem-konstruksi-kapal.html>)

Gambar 2.12 Konstruksi Memanjang

2.4.3. Konstruksi Kombinasi

Menurut (Arham D. I. 1998) Sistem kombinasi ini diartikan bahwa sistem melintang dan sistem membujur dipakai bersama-sama dalam badan kapal. Dalam sistem ini geladak dan alas dibuat menurut sistem membujur sedangkan sisinya menurut sistem melintang. Jadi, sisi-sisinya diperkuat dengan gading-gading melintang dengan jarak antara yang rapat. Seperti halnya dalam sistem melintang, sedangkan alas dan geladaknya diperkuat dengan pembujur-pembujur. Dengan demikian maka dalam mengikuti peraturan klasifikasi (*rules*) sisi-sisi kapal tunduk pada ketentuan yang berlaku untuk sistem melintang, sedangkan alas dan geladaknya mengikuti ketentuan yang berlaku untuk sistem membujur, untuk hal-hal yang memang diperlukan secara terpisah.

Berdasarkan peraturan biro klasifikasi indonesia (Rules BKI tahun 2021 volume 2), tujuan utama dari pembangunan konstruksi kapal yaitu membuat suatu konstruksi kapal yang kokoh dan kuat dengan berat konstruksi yang seringan-ringannya. Dengan konstruksi yang kuat tetapi ringan, maka akan mendapatkan daya muat yang besar pula, sehingga akan menguntungkan dari segi finansial. Selain itu Konstruksi profil harus menopang kekuatan kapal dan material produksinya sesuai dengan spesifikasinya. Profil yang digunakan dalam pembangunan kapal mempunyai bermacam-macam bentuk dan ukuran. Penggunaan pelat dan profil-profil tersebut terdiri dari :

1. Pelat, sebagai bahan utama untuk membangun kapal.
2. Balok penampang bujur sangkar biasanya digunakan untuk balok-balok tinggi, lunas, dan lain-lain.
3. Profil penampang bulat biasanya digunakan untuk topang-menopang yang kecil.
4. Profil setengah bulat pada umumnya digunakan pada tepi-tepi pelat sehingga pelat tersebut tidak tajam pada ujung tepinya.
5. Profil siku sama kaki digunakan dalam penegar pelat atau penguatan - penguatan.
6. Profil siku gembung (bulb) pada umumnya profil siku yang salah satu sisinya diperkuat dengan pembesaran tepi hingga menggembung.
7. Profil U merupakan profil yang memiliki kekuatan besar daripada profil siku bulb. Biasanya digunakan untuk kekuatan konstruksi yang lebih besar daripada yang disyaratkan.
8. Profil berbentuk penampang Z sama dengan profil U dalam hal bentuknya, tetapi salah satu sisi dibalik.
9. Profil H dan I adalah profil yang sangat kuat, tetapi tidak digunakan secara umum, profil ini dipasang pada konstruksi yang memerlukan kekuatan khusus.
10. Profil T adalah yang digunakan untuk keperluan khusus. Misalnya, untuk penumpu geladak.

11. Profil T gembung merupakan profil yang memiliki kekuatan lebih besar daripada profil T.
12. Profil gembung adalah profil yang salah satu ujungnya dibuat gembung dan digunakan untuk penguatan pelat (Biro klasifikasi Indonesia, 2021)

2.5. Estimasi Berat Konstruksi Baja Kapal

Estimasi berat konstruksi baja kapal / LWT (*Light Weight Ship*) merupakan berat kapal kosong, artinya berat baja kapal yang hanya dihitung berdasarkan komponen-komponen baja kapal, berat permesinan, dan berat perlengkapan/peralatan kapal. Jika LWT merupakan berat kapal yang ditanggungnya sebagai akibat dari konstruksi kapal, permesinan, dan perlengkapan kapal, maka DWT (*Dead Weight Tonnage*) adalah berat total muatan kapal yang bisa dibawa oleh kapal tersebut. DWT terdiri dari jumlah muatan seperti bahan bakar, air tawar, pelumas, bahan makanan, *auxiliary oil*, jumlah *crew*, dan *payload*. Persentase DWT untuk *payload* adalah 90% dari seluruh total DWT. Jika DWT dan LWT digabungkan maka bisa disebut sebagai *Displacement* (Hekkenberg & Hopman, 2015). Jika displacement dikalikan dengan berat jenis air, maka akan ditemukan total berat kapal. Berat struktur kapal disimbolkan dengan W_{st} termasuk berat lambung kapal dan berat bangunan atas, walaupun tidak semua pada kapal terbuat dari baja.

Dalam penelitian ini digunakan beberapa metode sebagai pembandingan model yang sudah ada. Metode yang digunakan dalam perbandingan model yang dihasilkan adalah Metode Matematis dan Metode Design 3D

2.5.1. Pemodelan Matematis

Menurut Nomo Prihastha bersama dengan rekan-rekannya dengan hasil analisisnya menyimpulkan bahwa dari analisa regresi mengenai variabel yang berpengaruh terhadap perhitungan berat baja badan kapal. Selanjutnya dilakukan analisa terhadap regresi untuk menentukan model persamaan berat baja kapal yang mempunyai harga r^2 (r Square) yang paling tinggi dan untuk pengujian kevalidan hasil pemodelan dilakukan dengan pengujian anova dan

menghitung nilai simpangan (*aggregative deviation*), simpangan rata – rata (*mean deviation*) antara berat konstruksi hasil model dengan berat konstruksi secara real di lapangan. Dari hasil pemodelan tersebut didapatkanlah rumusan empiris mengenai berat baja kapal yang hubungannya dengan besarnya ukuran utama kapal dengan beberapa variabel yang paling berpengaruh terhadap berat baja (W_{st}) adalah L_{pp} (*Lenght of prependicular*), B (*Breadth*), D (*Dept*) dan T (*Draft*).

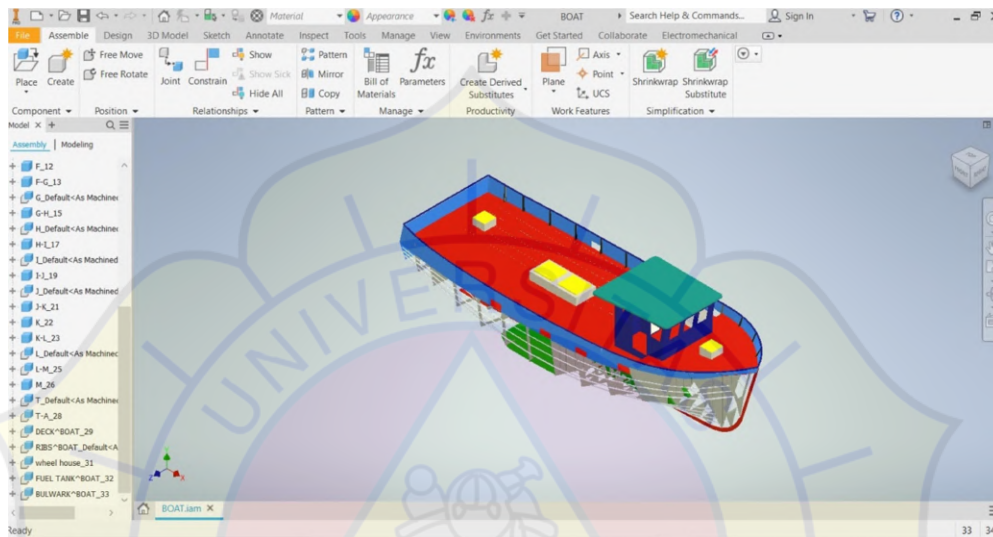
Menurut Rifki Fajar & Minto Basuki dengan hasil analisisnya menyimpulkan bahwa Pada kapal-kapal kecil seperti kapal Tug Boat perhitungan berat kapal kosong dengan menggunakan pendekatan, hasilnya sangat jauh dengan realitasnya. Perhitungan berat baja badan kapal merupakan hal dasar untuk menghitung Displacement, Perhitungan berat kapal kosong yang terdiri dari berat baja badan kapal, berat mesin kapal, berat perlengkapan kapal dapat diketahui keterkaitan dan hubungannya dengan (Horse Power) HP mesin induk yang diaplikasikan kedalam bentuk metode regresi. Sehingga penentuan pembangunan kapal baru Tug Boat berdasarkan kebutuhan (Horse Power) HP mesin induk berat kapal kosongnya dapat diketahui dari hasil metode regresi tersebut.

Sugiarto dengan judul *Studi Estimasi Berat Konstruksi Kapal* dengan hasil analisisnya menyimpulkan bahwa dengan mengasumsikan berat adalah sama dengan fungsi luas, maka persamaan berat konstruksi hasil regresi yang diperoleh adalah $W_{st} = 10^{(1.881 \log L - 1.112 \log Cb - 0.637)}$. Persamaan berat konstruksi regresi dan beberapa persamaan berat konstruksi lain kemudian di aplikasikan untuk menghitung berat konstruksi sejumlah kapal dan hasilnya dibandingkan dengan data konstruksi kapal sebenarnya dengan berat yang dihitung dengan persamaan regresi memberikan hasil sebesar rata-rata 14.66%, selisih ini bisa dikatakan lebih baik daripada rata-rata selisih dengan persamaan lainnya.

2.5.2. Pemodelan *Design 3D Modelling*

CAD merupakan singkatan dari *Computer Aided Design* yang digunakan secara umum di perangkat yang berbasis komputer yang membantu desainer

teknik, arsitek, ataupun perancang profesional yang banyak bekerja dengan aktivitas rancangan (Ningsih D.U.N, 2005). Solid model dalam CAD memudahkan kita dalam memvisualisasikan komponen dan *assembly* yang kita buat secara realistis. Selain itu pemodelan 3D mempunyai *properties* seperti massa, volume, pusat gravitasi, luas permukaan, dll.



(Sumber: Data Pribadi)

Gambar 2.13 Contoh Pemodelan 3D CAD

Suraj Nurholi & Djauhar Manfaat dengan judul *Pemodelan 3D Konstruksi Kapal Menggunakan Perangkat Lunak Studi Kasus- Grand Block 09 M.T Kamojang* dengan hasil analisisnya menyimpulkan bahwa Perhitungan konstruksi setelah pemodelan 3D lebih mudah dilakukan karena tidak perlu melakukan measurement dan memilah-milah bagian konstruksi yang akan dihitung namun sepenuhnya didasarkan terhadap model 3D konstruksi kapal yang ada pada gambar master. Hasil perhitungan berat konstruksi baja terpasang dengan menggunakan *software solidworks* memiliki rata-rata selisih berat dengan perhitungan Tribon M3 sebesar 0.67 %, sedangkan menggunakan metode konvensional memiliki rata-rata selisih berat hingga 3.44% sedangkan jika menggunakan metode X-ref model memiliki rata-rata selisih berat hingga 0.32%.

Rizqi Amy dengan judul *Analisis dan Perancangan 3D Modeling Kapal dengan Menggunakan Autodesk Maya* dengan hasil analisisnya menyimpulkan

bahwa Objek yang dihasilkan melalui teknik *nurbs surface* yang kemudian dijadikan objek poligon subdivisional memiliki tingkat lengkungan yang sangat bagus jika dibandingkan dengan menggunakan poligon. Hal ini sesuai dengan kemampuan Autodesk Maya itu sendiri dalam memodelkan *nurbs surface*. Sehingga menjadikan nilai tambah tersendiri jika dimodelkan dengan Autodesk Maya. Pemodelan 3D yang dihasilkan memiliki keunggulan pemberkasan dan revisi pada model jauh lebih sederhana dan bersifat reusable. Dengan menggunakan Autodesk Maya dapat menghemat dan menyingkat proses modeling dapat menjadi langkah yang tepat. Hal ini dikarenakan *Autodesk Maya* adalah *software* Animasi yang digunakan Sineas Internasional. Sehingga penggunaan *software* serupa dapat dikurangi sehingga menghemat waktu, biaya, dan prosedur.

2.6. Perencanaan Kebutuhan Material (MRP)

MRP (*Material Requirement Planning*) merupakan pendekatan yang logis dan mudah dipahami untuk memecahkan masalah-masalah yang terkait dengan penentuan jumlah bagian, komponen, dan material yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah produksi. Filosofi MRP sendiri adalah “menyediakan” komponen, material yang diperlukan pada jumlah, waktu dan tempat yang tepat. MRP juga memberikan penjadwalan waktu yang terinci kapan setiap komponen, material dan bagian harus dipesan atau diproduksi.

Ada empat tahap dalam proses perencanaan kebutuhan material, tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Netting* (Perhitungan kebutuhan bersih), *Netting* merupakan proses perhitungan kebutuhan bersih yang besarnya adalah selisih antara kebutuhan kotor dengan keadaan persediaan.
2. *Lotting* (Penentuan ukuran pemesanan), *Lotting* adalah penentuan besarnya pesanan setiap individu yang didasarkan pada hasil perhitungan *netting*.

3. *Offsetting* (Penetapan besarnya waktu ancang-ancang), *Offsetting* bertujuan untuk menentukan saat yang tepat untuk melaksanakan rencana pemesanan dalam memenuhi kebutuhan bersih yang diinginkan *lead time*.
4. *Exploding* (Perhitungan selanjutnya untuk level di bawahnya), *Exploding* merupakan proses perhitungan kebutuhan kotor untuk tingkat level dibawahnya, berdasarkan pada rencana pemesanan.

Adapun tujuan *Material Requirement Planning* (MRP) yaitu untuk mengendalikan tingkat inventori, menentukan prioritas item, dan merencanakan kapasitas yang akan dibebankan pada sistim produksi. Secara umum tujuan pengelolaan inventori dengan menggunakan sistim MRP tidak berbeda dengan sistim lain yakni ; meminimalisir investasi pada inventori dan juga memaksimalkan efisiensi operasi (Yohanes dkk. 2017).