

**DESAIN BLOK KAPAL
BERDASARKAN VARIASI UKURAN PELAT
(STUDI KASUS : KAPAL SPOB 5000 DWT)**

SKRIPSI

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar Strata 1 (S1)

Sarjana Teknik Perkapalan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



JASMAN JAFAR

D311 15 507

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA 2020

**DESAIN BLOK KAPAL
BERDASARKAN VARIASI UKURAN PELAT
(STUDI KASUS : KAPAL SPOB 5000 DWT)**

SKRIPSI

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar Strata 1 (S1)

Sarjana Teknik Perkapalan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



JASMAN JAFAR

D311 15 507

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA 2020



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
Jl. Poros Malino Km. 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411)-588400 Fax. (0411) 2006

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam mengikuti seminar dan ujian akhir guna memperoleh gelar Serjana Teknik Perkapalan program studi Strata satu (S1) pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

JUDUL SKRIPSI

**“DESAIN BLOK KAPAL BERDASARKAN VARIASI UKURAN PELAT”
(STUDI KASUS : KAPAL SPOB 5000 DWT)**

Oleh :

JASMAN JAFAR

D311 15 507

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing

Gowa, Ferbruari 2021

Pembimbing I

(Wahyuddin, ST., MT)

NIP: 19720205 199903 1 002

Pembimbing II

(Dr. Ir. Syamsul Asri, MT)

NIP: 19650318 199103 1 003

Mengetahui :

Ketua Departemen Teknik Perkapalan



Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT

NIP : 19730206 200012 1 002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : JASMAN JAFAR

NIM : D311 15 507

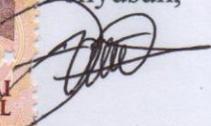
Judul Skripsi : **DESAIN BLOK KAPAL BERDASARKAN VARIASI
UKURAN PELAT (STUDI KASUS : KAPAL SPOB 5000 DWT)**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran, perhitungan, dan pemaparan asli dari saya sendiri. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpanan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima saksi akademik sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Gowa, 03 Maret 2021

Penyusun,

Jasman Jafar



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu,

Sujud syukurku kepada Allah SWT yang Maha Adil nan Maha Penyayang, atas takdirmu telah kau jadikan aku manusia senantiasa berpikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Desain Blok Kapal Berdasarkan variasi Ukuran Pelat”(Studi Kasus : Kapal Spob 5000 Dwt)” sesuai dengan yang diharapkan.

Penulisan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Perkapalan pada Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Tugas akhir ini mencakup penentuan pembagian blok kapal, perhitungan jumlah dan berat blok, kapasitas alat angkat pada blok kapal serta Area pembangun blok yang digunakan.

Meskipun dalam proses penyelesaian tugas akhir ini. Penulis banyak mendapat hambatan, serta keterbatasan waktu, materi, dan lain sebagainya. Namun semua itu, akhirnya dapat penulis atasi sebaik mungkin dengan penuh kesabaran dan ketekunan serta bantuan-bantuan dari berbagai pihak.

Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ayahanda Abdullah Jafar dan Ibunda Siti Hapsah atas kasih sayang, dukungan serta doa-doa yang selalu tercurah untuk penulis serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan semangat agar tidak pantang dan mengingatkan untuk senantiasa bersabar selama pengerjaan skripsi ini.
2. Bapak Wahyuddin ST, MT selaku Pembimbing I (pertama), yang telah memberi motivasi dan telah memberi/membagi pengetahuannya kepada penulis, dan Bapak Dr.Ir. Syamsul Asri, MT. selaku Pembimbing II (kedua)

yang sangat akrab dan bersahaja dalam mengoreksi dan memperbaiki tulisan skripsi ini.

3. Kepada, Bapak Farianto, ST, MT, Bapak M. Rizal Firmansyah, ST, MT, M.Eng selaku dosen penguji skripsi yang telah bersedia meluangkan waktu dan pikiran untuk hadir dan memberikan kritik dan saran demi hasil skripsi yang lebih baik.
4. Ketua Departemen, Sekertaris Departemen, dosen-dosen, dan seluruh staf pegawai Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, terima kasih karena telah meluangkan waktunya kepada penulis pada masa-masa perkuliahan.
5. Kepada Om, Tante dan Sepupu – Sepupu yang dihertasing telah dukungan serta doa-doa yang selalu tercurah dan mengingatkan untuk senantiasa bersabar dalam pengerjaan skripsi ini.
6. Teman-teman angkatan 2015 Teknik Perkapalan dan seperjuangan di Labo Produksi, Suka duka yang tercipta untuk kebersamaan selama pengerjaan tugas-tugas labo hingga penyusunan skripsi selama beberapa tahun ini.
7. Saudara – saudara MARANCA atas persaudaraan dan dukungannya selama ini hingga penulis menyelesaikan perkuliahan,
8. Kepada Alma Maudika Kahar telah dukungan serta doa-doa yang selalu tercurah dan senantiasa memberikan semangat dan mengingatkan untuk senantiasa bersabar dalam pengerjaan skripsi ini.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini dalam bentuk apapun yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih banyak. Semoga kita semua senantiasa dalam lindungan Allah Subhana Wata'ala.

Seperti kata pepatah “tak ada gading yang tak retak”, begitupun dengan tugas akhir ini, masih memiliki kekurangan. Untuk itu penulis masih memerlukan kritik dan saran yang bersifat konstruktif

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERTANYAAN KEASLIAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABLE.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK INGGRIS	xii
ABSTRAK INDONESIA	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitianm	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Proses Pembangunan Kapal	7

2.2	Teknologi Produksi Kapal.....	9
2.2.1	Conventional Hull Construction and Outfitting.....	10
2.2.2	Hull Block Construction Method dan Pre Outfitting	11
2.2.3	Proces-lane Hull Construction dan Zone Outfitting atau Full Outfitting Block System (FOBS).....	12
2.2.4	Integrated Hull Construction, Outfitting and Painting (IHOP)	14
2.3	Metode Devision Blok	15
2.4	Product-Work Breakdown Structure (PWBS)	20
2.5	Hull Block Construction Method (HBCM)	24
2.6	Teori Pelat Baja.....	29
BAB 3	35
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	35
3.1.1	Lokasi Penelitian	35
3.1.2	Waktu Penelitian	35
3.2	Jenis Penelitian.....	35
3.3	Jenis Data dan Teknik Pengambilan Data	35
3.3.1	Jenis Data	35
3.3.2	Teknik Analisis Data	36
3.3.3	Kerangka Alur Penelitian.....	39
BAB 4	40
4.1	Data Penelitian	40

4.1.1 Data Kapal	40
4.1.2 Fasilitas Galangan	43
4.1.3 Material konstruksi kapal	46
4.2 Desain Blok kapal	48
4.2.1 Pembagian Blok berdasarkan ukuran pelat	49
4.2.2 Jumlah dan Berat Blok	53
4.3 Analisis kebutuhan fasilitas galangan	56
4.3.1 Fasilitas Alat Angkat	56
4.3.2 Area Building Berth	57
4.4 Pembahasan dan Diskusi.....	61
BAB 5.....	68
5.1 Simpulan	68
5.2 Saran	69

DAFTAR TABLE

Table 4.1 Ukuran Pelat 20 feet atau 6 m pada pembagian blok.....	50
Table 4.2 Ukuran Pelat 30 feet atau 9 m pada pembagian blok.....	51
Table 4.3 Ukuran Pelat 20 dan 30 feet atau 6 m dan 90 pada pembagian blok	51
Table 4.4 Berat Blok Ukuran 20 feet	54
Table 4.5 Berat Blok Ukuran 30 Feet	54
Table 4.6 Berat Blok Ukuran 20 dan 30 Feet.....	55
Table 4.7 Rincian Perencanaan Area Pembangunan.....	60
Table 4.8 Jumlah, Berat dan Dimensi	61
Table 4.9 LuasKeseluruhan Area Pembangunan Blok	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Metode Perakitan Seksi Assembly	16
Gambar 2.2 Metode perakitan berlapis (Sumber: PAL Indonesia,2000, halaman 67)	18
Gambar 4.1 Lines Plan	41
Gambar 4.2 General Arrangement	41
Gambar 4.3 Konstruksi profil	42
Gambar 4.4 Konstruksi memanjang.....	42
Gambar 4.5 Buka an Kulit	43
Gambar 4.6 Workshop	44
Gambar 4.7 Penyimpanan Air Bag	44
Gambar 4.8 Mobile Crane.....	45
Gambar 4.9 Manlift.....	45
Gambar 4.10 Mesin CNC.....	45
Gambar 4.11 Mesin Bending	45
Gambar 4.12 Variasi Ukuran Pelat	47
Gambar 4.13 Variasi Ukuran Profil T.....	48
Gambar 4.14 Variasi Ukuran Profil L.....	48
Gambar 4.15 Hirarki Blok.....	49
Gambar 4.16 Pembagian Pelat 20 Feet	52
Gambar 4.17 Pembagian Pelat 30 Feet	53
Gambar 4.18 Pembagian Pelat Kombinasi (20 dan 30 feet)	53
Gambar 4.19 Area Pembangunan Blok.....	58
Gambar 4.20 Titik Awal Erectio Blok	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Gambar 1 Pembagian Blok Pelat 20 Feet pada Kamar Mesin Kapal	72
Lampiran Gambar 2 Pembagian Blok Pelat 30 Feet pada Kamar Mesin Kapal	72
Lampiran Gambar 3 Pembagian Blok Pelat Kombinasi pada Kamar Mesin Kapal ...	73
Lampiran Gambar 4 Pembagian Blok Pelat 20 pada Tengah Kapal.....	73
Lampiran Gambar 5 Pembagian Blok Pelat 30 feet pada Tengah Kapal.....	74
Lampiran Gambar 6 Pembagian Blok Pelat Kombinasi pada Tengah Kapal	74
Lampiran Gambar 7 Area Pembangunan Blok 20 feet	75
Lampiran Gambar 8 Area Pembangunan Blok 30 feet	76
Lampiran Gambar 9 Area Pembangunan Blok Kombinasi (20 dan 30 feet)	77
Lampiran Gambar 10 Titik Awal Erection Blok 20 Feet.....	78
Lampiran Gambar 11 Titik Awal Erection Blok 30 feet.....	78
Lampiran Gambar 12 Titik Awal Erection Blok Kombinasi (20 dan 30 feet).....	79

Ship Block Design Based On Plate Size Variation

(Case Study: SPOB 5000 Dwt Vessel)

Wahyuddin¹, Syamsul Asri², Jasman Jafar³

^{1,2,3} Naval Engineering Department, Faculty of Engineering, University of
Hasanuddin

Poros Malino Km.6, Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia

ABSTRACT

In designing blocks on ships is influenced by the size of the plates to be used. the standard size of the length and width of the plate, namely: the length of 20 feet and 30 feet and a width of 5 feet, 6 feet. how to efficiently divide blocks based on plate size, number and weight of blocks on the effect of the weight of the ship block on the capacity of the lifting equipment, and the scheme of the block building area based on each block size. It takes careful planning to achieve optimal results from the collaboration between the plate size selection to be used and the existing facilities in the shipyard. Therefore, ship block building planning with variations plate is needed in ship building with the aim of determining the block division to obtain the weight and number of blocks in relation to the capacity of the lifting equipment in the block with the actual construction area.

The object of this research is a type of associative research based data and images to determine the determination of block division vessels efficiently by variations in plate with the number and weight of the block ships associated with dock facilities and construction area.

Analysis results and discussion, it can be deduced that the division of a block which efficiently by the starting position of the block division. the size of 20 feet, 30 feet and a combination with the number of blocks of 20 feet, namely 22 blocks, 30 feet namely 15 blocks and a combination of 17 blocks. the total block weight is 1182.15 tons. on a 20 feet plate with a maximum weight of 78.91 tons and a minimum weight of 14.23 tons, a 30 feet plate with a maximum weight of 112.57 tons and a minimum weight of 6.81 tons and a combination plate with a maximum weight of 112.57 tons and a minimum weight of 20.91 tons. Lifting capacity is 250 tons with lifting in position for erection block with the weight of the item being lifted by the bottom sub-block of 57.56 tons with a maximum capacity of 64.4 tons with a construction area in the shipyard that is 9740.48 m².

Key word: *Block design, Plate size, Efficient*

Desain Blok Kapal Berdasarkan Variasi Ukuran Pelat (Studi Kasus : Kapal SPOB 5000 Dwt)

Wahyuuddin ST., MT ¹, Dr.Ir. Syamsul Asri, MT ², Jasman Jafar³
^{1,2,3}Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Poros Malino Km.6 Bontomaranu, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia

ABSTRAK

Dalam mendesain blok pada kapal dipengaruhi oleh ukuran pelat yang akan digunakan. ukuran standar panjang dan lebar pelat yakni : ukuran panjang 20 feet, dan 30 feet serta lebar 5 feet, 6 feet. bagaimana cara pembagian blok yang efisien berdasarkan ukuran pelat, jumlah dan berat blok terhadap pengaruh berat blok kapal terhadap kapasitas alat angkat, dan skema pada area pembangunan blok berdasarkan setiap ukuran blok. Dibutuhkan perencanaan yang matang untuk mencapai hasil dari kolaborasi yang optimal antara pemilihan ukuran pelat yang akan digunakan dengan fasilitas yang ada di galangan. oleh karena itu, perencanaan pembangunan blok kapal dengan variasi pelat sangat dibutuhkan dalam pembangunan kapal dengan tujuan menentukan pembagian blok untuk mendapatkan berat dan jumlah blok berkaitan kapasitas alat angkat pada blok dengan area pembangunan secara aktual.

Objek dalam penelitian ini merupakan jenis penelitian asosiatif berdasarkan data dan gambar untuk mengetahui penentuan pembagian blok kapal yang efisien berdasarkan variasi pelat dengan jumlah dan berat blok kapal terkait dengan fasilitas galangan dan area pembangunan.

Hasil analisa dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan yaitu pembagian blok yang efisien berdasarkan posisi awal pembagian blok. ukuran 20 feet,30 feet dan kombinasi dengan jumlah blok 20 feet yakni 22 blok ,30 feet yakni 15 blok dan kombinasi yakni 17 blok. total berat blok 1182.15 ton. pada pelat 20 feet berat maksimum 78.91 ton dan berat minimum 14.23 ton, pelat 30 feet berat maksimum 112.57 ton dan berat minimum 6.81 ton dan pelat kombinasi berat maksimum 112.57 ton dan berat minimum 20.91 ton. kapasitas alat angkat dimiliki sebesar 250 ton dengan pengangkatan pada posisi untuk erection blok dengan berat item yang diangkat sub-blok bottom sebesar 57.56 ton dengan kemampuan maksimum 64.4 ton dengan area pembangunan di galangan yakni 9740.48 m².

kata kunci: Desain blok, Ukuran pelat, Efisien

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam pembangunan kapal, ukuran pelat sangat penting sebab pada proses pembangunan kapal, biasanya digunakan untuk mendesain blok kapal akan berdampak pada, berat blok, fasilitas alat angkat, luas galangan dan lama pekerjaan. Ukuran pelat yang panjang berpengaruh pada berat blok yang terlalu besar begitupun ukuran pelat yang pendek akan menghasilkan berat blok yang terlalu kecil sehingga akan berakibat pada waktu pekerjaan terlalu. Maka dari itu perlu memperhatikan ukuran pelat dalam desain blok kapal.

Dalam mendesain blok kapal pada bagian lambung kapal dan bangunan atas dipengaruhi oleh ukuran panjang dan lebar pelat yang akan digunakan. Ukuran standar panjang dan lebar pelat yakni : ukuran panjang *20 feet*, dan *30 feet* serta lebar *5 feet*, *6 feet*.

Ukuran blok dapat mempengaruhi alur produksi karena berkaitan dengan luas lapangan pekerjaan kapal sedangkan berat dari setiap blok sangat berpengaruh pada kapasitas alat angkat dan material yang diperlukan pada galangan kapal.

Dalam membangun sebuah kapal dibutuhkan sebuah metode pembangunan kapal untuk menyelesaikan proses pembuatan kapal. Metode pembangunan kapal yang lazim diterapkan saat ini adalah metode blok. Salah satu perakitan blok kapal dikenal dengan Hull Block Construction Method (HBCM). HBCM merupakan salah satu tipe pekerjaan dari Product Oriented Work Breakdown Structure (PWBS), dimana dalam metode ini konsep Group Technology (GT) sudah diterapkan dalam proses pembangunan kapal. Konsep HBCM merupakan metode pembangunan kapal yang membagi kapal dalam beberapa blok.

Metode blok merupakan penerapan sistem blok, dimulai dari part fabrication, sub-panel assembly, panel assembly, sub-blok assembly hingga blok assembly, kemudian menjadi sebuah kapal yang utuh.

Penggunaan ukuran pelat akan menentukan desain blok kapal dan berdampak fasilitas yang dimiliki oleh galangan kapal. Dibutuhkan perencanaan yang matang untuk mencapai hasil dari kolaborasi yang optimal antara pemilihan ukuran pelat yang akan digunakan dengan fasilitas yang ada di galangan. Oleh karena itu, perencanaan pembangunan blok kapal dengan variasi pelat sangat dibutuhkan dalam pembangunan kapal dengan tujuan menentukan pembagian blok untuk mendapatkan berat dan jumlah blok berkaitan kapasitas alat angkat pada blok dengan area pembangunan secara actual.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana cara pembagian blok yang lebih efisien berdasarkan ukuran panjang pelat?
2. Berapa jumlah dan berat blok berdasarkan ukuran blok setiap variasi panjang pelat?
3. Bagaimana pengaruh berat blok kapal terhadap kapasitas alat angkat?
4. Bagaimana skema pada area perakitan blok berdasarkan setiap ukuran blok?

1.3 Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batasan masalah untuk melakukan studi ini batasan masalahnya adalah :

1. pembagian blok dibuat berdasarkan variasi pelat 20 feet dengan pelat 6 m, 30 feet dengan pelat 9 m dan kombinasi (20 feet dan 30 feet) sesuai 6 m dan 9 m.
2. Berat blok yang dihitung tidak termasuk berat pengelasan dan berat outfitting.
3. Kebutuhan material dan Biaya material tidak termasuk dalam bahasan
4. Lama pekerjaan dan urutan pekerjaan tidak termasuk dalam bahasan.
5. Area building berth hanya satu area yang digunakan.

6. Outfitting kapal tidak termasuk dalam bahasan.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang sudah dikemukakan sebelumnya maka tujuan penelitian ini .

1. Menentukan pembagian blok yang lebih efektif berdasarkan ukuran panjang pelat.
2. Menentukan jumlah dan berat blok tiap blok berdasarkan ukuran panjang pelat .
3. Menentukan kapasitas alat angkat berdasarkan berat blok maksimum .
4. Menentukan skema pada area perakitan blok berdasarkan setiap ukuran blok.
5. Menentukan cara pemilihan ukuran pelat berdasarkan pembagian blok.

1.5 Manfaat Penelitianm

Adapun manfaat dari penelitian ini dan dapat digunakan sebagai acuan adalah sebagai berikut :

1. Tersedia desain pembagian blok kapal, desain penegakan blok (erection block plan) dan Jumlah blok.
2. Tersedia data dan informasi terkait dalam penentuan berat blok tiap ukuran pelat kapal, penentuan material kapal, dan pembuatan jadwal pekerjaan kapal.

3. Tersedia data dan informasi kapasitas alat angkat yang dibutuhkan dan area perakitan yang digunakan pada area yang ada.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I: Pendahuluan

Dalam bab ini mengemukakan tentang informasi secara keseluruhan dari penelitian ini yang berkenaan dengan Latar belakang judul penelitian yang kemudian diturunkan pada Rumusan masalah, Batasan masalah, Tujuan penelitian, Manfaat penelitian, dan sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini

BAB II: Tinjauan Pustaka

Bab ini menguraikan dengan singkat tentang teori-teori yang digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini. Teori-teori tersebut mengenai Proses produksi kapal, Teknologi produksi kapal, Product-Work Breakdown Structure (PWBS), Hull Block Construction Method (HBCM)

BAB III : Metodologi Penelitian

Dalam bab ini dikemukakan mengenai alur pikir pelaksanaan penelitian studi kasus. Lokasi penelitian, durasi pelaksanaan penelitian, data penelitian dan metode.

BAB IV : Hasil dan Pembahasan

Dalam bab ini diuraikan pembahasan mengenai permasalahan yang yang
Menjadi penelitian Studi kasus yaitu Desain Blok Kapal Berdasarkan
Variasi Ukuran Pelat Kapal SPOB 5000 DWT

BAB V :Penutup

Dalam bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian studi kasus serta saran-
saran yang direkomendasikan penulis terkait tentang penelitian ini.

Daftar Pustaka

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pembangunan Kapal

Proses pembangunan kapal merupakan ratusan bahkan ribuan rangkaian kegiatan yang melibatkan seluruh sumber daya galangan. Sumber daya galangan meliputi tenaga kerja (*man*), bahan (*material*), peralatan dan mesin (*machine*), tata cara kerja (*method*), dana (*money*), area pembangunan (*space*) dan sistem (*system*).

Suatu industri yang menghasilkan produk-produk seperti kapal (*ships*), struktur bangunan lepas pantai (*offshore structures*), bangunan apung (*floating plants*) untuk pemesan/pemilik secara pribadi, perusahaan, pemerintah dan lain-lain disebut industri pembangunan kapal (*shipbuilding*). Dalam banyak kasus produk dibuat berdasarkan pesanan sesuai dengan persyaratan khusus pemesan. Hal ini pun berlaku apabila kapal di buat secara seri/sejenis (*series*).

Menurut Storch (1995) dan Watson (2002), secara umum tahapan pembangunan kapal sangat bervariasi, bergantung keinginan pemesan, namun secara umum tahapan ini meliputi:

- Pengembangan keinginan pemesan (*development of owner's requirements*).
- Desain konsep atau prarancangan (*preliminary/concept design*).
- Desain kontrak (*contract design*).

- Penawaran/penandatanganan kontrak (*bidding/contracting*).
- Perencanaan dan desain detail (*detail design and planning*).
- Fabrikasi dan Perakitan (*construction*).

Proses pembangunan kapal dapat dipandang sebagai sebuah proses yang dimulai ketika pemesan membutuhkan kapal sesuai fungsi-fungsi yang diinginkan, proses ini melalui beberapa tahapan kerja (desain, penandatanganan kontrak, perancangan dan lain-lain). Titik akhir (kulminasi) dari proses ini perakitan dan manufaktur dari jutaan komponen, menjadi sub-assembly, blok dan utuh menjadi kapal. Produktifitas sebuah pembangunan kapal sangat bergantung pada kemampuan dalam penanganan serta pengawasan setiap tahapan secara baik.

Dengan demikian proses desain pembangunan kapal terdiri dari rangkaian desain kapal (ships design) dan desain untuk produksi (design for production), batasan antara keduanya sangat tipis dan tidak dapat dipisahkan, kerana keduanya teritegrasi secara utuh.

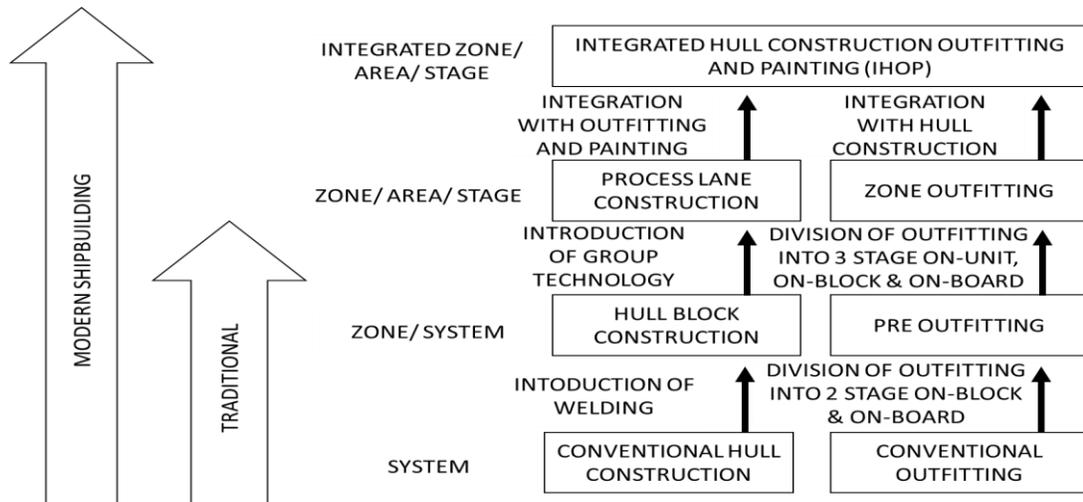
Proses pembuatan kapal terdiri dari dua cara yaitu cara pertama berdasarkan sistem, cara kedua berdasarkan tempat. Proses pembuatan kapal berdasarkan sistem terbagi menjadi tiga macam yaitu sistem seksi, sistem blok seksi, sistem blok.

1. Sistem seksi adalah sistem pembuatan kapal dimana bagian-bagian konstruksi dari tubuh kapal dibuat seksi perseksi.

2. Sistem blok seksi adalah sistem pembuatan kapal dimana bagian bagian konstruksi dari kapal dalam fabrikasi dibuat gabungan seksiseksi sehingga membentuk blok seksi, contoh bagian dari seksi-seksi geladak, seksi lambung dan bulkhead dibuat menjadi satu blok seksi.
3. Sistem blok adalah sistem pembuatan kapal dimana badan kapal terbagi beberapa blok, dimana tiap-tiap blok sudah siap pakai (lengkap dengan sistem perpipaannya).

2.2 Teknologi Produksi Kapal

Menurut Chirillo (1982) perkembangan teknologi produksi bangunan kapal dapat dibagi ke dalam empat jenis tahapan sesuai dengan teknologi yang digunakan pada proses produksinya seperti



Gambar. 2.1 Sejarah Perkembangan Metode Pembangunan Kapal (Sumber: Chirillo, 1982)

Adapun tahapan yang dimaksud yaitu:

- Conventional Hull Construction and Outfitting.
- Hull Block Construction and Zone Outfitting.
- Process-lane Hull Construction and Zone Outfitting.
- Integrated Hull Construction, Outfitting, and Painting.

2.2.1 Conventional Hull Construction and Outfitting

Tahapan pertama ini, diberi nama tahapan sistem/tradisional karena pekerjaan dipusatkan pada masing-masing sistem fungsional yang ada dikapal. Kapal direncanakan dan dibangun sebagai suatu system. Pertama lunas diletakkan, kemudian gading-gadingnya dipasang dikulitnya. Bila badan kapal hampir selesai dirakit pekerjaan outfitting dimulai. Pekerjaan outfitting direncanakan dan dikerjakan sistem demi sistem, seperti pemasangan ventilasi, sistem pipa, listrik dan mesin. Metode ini merupakan metode yang paling konvensional dengan tingkat produktifitas masih sangat rendah, karena semua lingkup pekerjaan dilakukan secara berurutan dan saling ketergantungan satu sama lain sehingga membutuhkan waktu yang sangat lama. Mutu hasil pekerjaan sangat rendah karena hampir seluruh pekerjaan dilakukan secara manual di building berth, kondisi tempat kerja kurang mendukung dari segi keamanan, kenyamanan, dan kemudahan/posisi kerja. Pengorganisasian pekerjaan sistem demi sistem seperti ini merupakan halangan untuk mencapai produktifitas

yang tinggi. Mengatur dan mengawasi pekerjaan pembuatan kapal menggunakan ratusan pekerja adalah sukar. Kegagalan seorang pekerja menyelesaikan suatu pekerjaan yang diperlukan oleh pekerja lain sering mengakibatkan "overtime" untuk pekerja tersebut, dan idleness bagi pekerja yang lain. Selain itu, hampir semua aktivitas produksi dikerjakan di-building berth pada posisi yang relative sulit. Semua keadaan di atas pada prinsipnya sangat menghalangi usaha-usaha untuk menaikkan produktifitas.

2.2.2 Hull Block Construction Method dan Pre Outfitting (Sistem Seksi atau Blok Konvensional)

Tahapan ini, dimulai dengan digunakannya teknologi pengelasan pada pembuatan kapal. Proses pembuatan badan kapal kemudian menjadi proses pembuatan blok-blok atau seksi-seksi di las, seperti seksi geladak dan kulit dan lain- lain, yang kemudian dirakit menjadi badan kapal. Perubahan ini diikuti dengan perubahan pekerjaan outfitting, dimana pekerjaan ini dapat dikerjakan pada blok dan pada badan kapal yang sudah jadi. Perubahan ini dikenal dengan pre-outfitting. Tahapan kedua ini masih dipertimbangkan tradisional, karena design, material definition dan procurement masih dikerjakan sistem demi sistem. Sedang proses produksinya diorganisasi berdasarkan zone atau block, sehingga tahapan ini juga dikenal sebagai "sistem/stage". Karena

adanya dua aspek yang bertentangan antara perencanaan dan pengerjaannya, banyak kesempatan untuk perbaikan produktifitas masih tidak dapat dilakukan.

Dengan menerapkan teknologi *HBCM and Pre Outfitting*, keluaran (*output*) dalam satuan *ton-steel/year* mengalami peningkatan dan mutu pekerjaan yang dihasilkan menjadi lebih baik. Hal ini dikarenakan oleh volume pekerjaan pada *building berth* berkurang dan pekerjaan pengelasan lebih banyak dilakukan pada bengkel-bengkel dengan kondisi lingkungan kerja yang lebih nyaman, aman dan mudah. Pekerjaan pengelasan juga sudah dapat dilakukan dengan menggunakan mesin las semi-otomatis dengan posisi *down-hand*.

2.2.3 Process-lane Hull Construction dan Zone Outfitting atau Full

Outfitting Block System (FOBS)

Process-lane Hull Construction and Zone Outfitting merupakan tahapan berikutnya yang diberi nama zone/area/stage. Kebanyakan galangan di Jepang dan Eropa menggunakan sistem ini. Evolusi dari teknologi pembangunan kapal moderen dari metode tradisional dimulai pada tahapan ini. Tahapan ini ditandai dengan process lane construction dan zone outfitting, yang merupakan aplikasi group teknologi (GT) pada hull construction dan outfitting work. GT adalah suatu metode analitis untuk secara sistematis menghasilkan produk dalam kelompok-

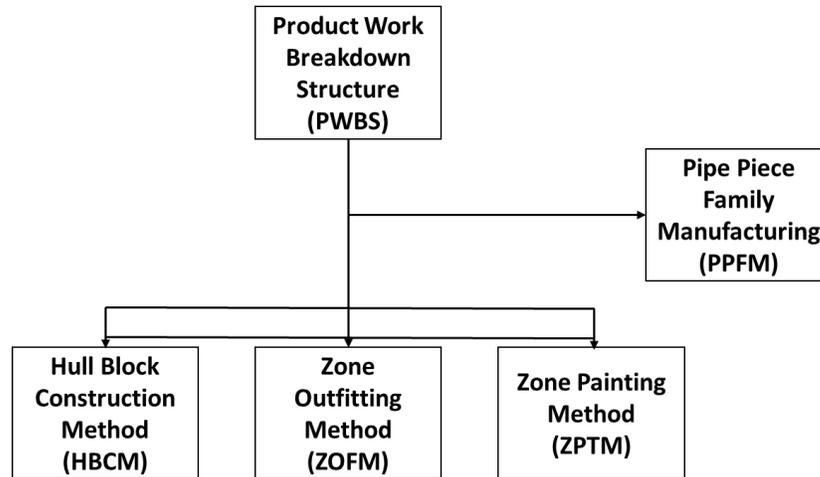
kelompok yang mempunyai kesamaan dalam perencanaan maupun proses produksinya untuk memperoleh keuntungan dari produksi massal (*mass-product*).

Penggunaan *Group Technology* dalam proses pembangunan kapal dikarenakan rendahnya produktivitas (*high cost*) yang dicapai dalam pembangunan kapal (Storch, 1995) utamanya dalam kurun waktu tahun 1970 sampai dengan tahun 1980 (Hammon, 1980).

Melalui konsep *Group Technology* ini, Okayama dan Chirillo (1982) mengemukakan bahwa proses produksi bangunan kapal telah diarahkan pada sistem yang berorientasikan produk yang dikenal dengan sebutan “*Product-Oriented Work Breakdown Structure (PWBS)*”. Adapun komponen atau lingkup pekerjaan dari sistem PWBS dikelompokkan dalam empat metode yaitu:

- *Hull Block Construction Method (HBCM)*.
- *Zone Outfitting Method (ZOFM)*.
- *Zone Painting Method (ZPTM)*.
- *Pipe Piece Family Manufacturing (PPFM)*.

Selanjutnya untuk lebih memperjelas tentang komponen *Product-oriented Work Breakdown Structure (PWBS)*, skema komponen PWBS diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



2.2.4 Integrated Hull Construction, Outfitting and Painting (IHOP)

Tahapan keempat ditandai dengan suatu kondisi dimana pekerjaan pembuatan badan kapal, outfitting dan pengecatan sudah diintegrasikan. Keadaan ini digunakan untuk menggambarkan teknologi yang paling maju di industri perkapalan, yang telah dicapai IHI Jepang. Pada tahapan ini proses pengecatan dilakukan sebagai bagian dari proses pembuatan kapal yang terjadi dalam setiap stage. Selain itu karakteristik utama dari tahapan ini adalah digunakannya teknik-teknik manajemen yang bersifat analitis, khususnya analisa statistik untuk mengontrol proses produksi atau yang dikenal sebagai accuracy control system. (Wahyuddin. 2011)

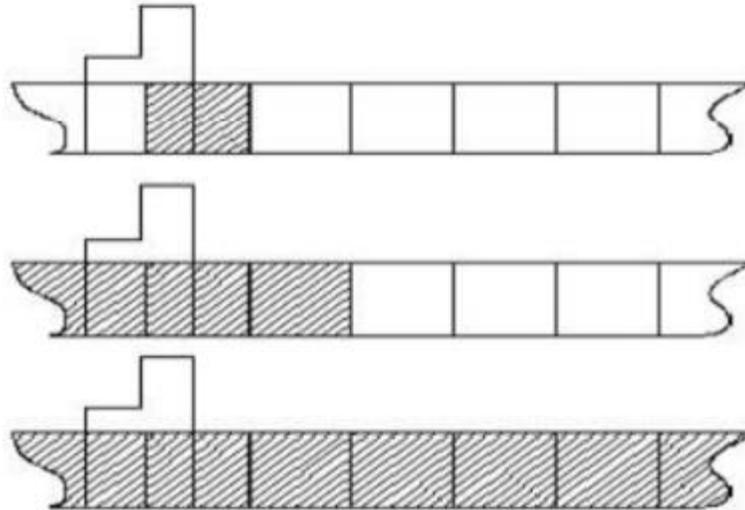
2.3 Metode Devisiion Blok

Pada pembangunan kapal berorientasi produk atau sistem blok. Badan (lambung) kapal dibagi menjadi blok–blok, dimana setiap blok merupakan seksi-seksi bidang yang dihubungkan satu dengan yang lainnya, sehingga menjadi blok dengan segala perlengkapan dan instalasinya yang ada di dalam blok yang sudah dipasang sebelum blok blok tersebut diangkat dengan alat angkat (crane) ke Building Berth untuk diadakan penyambungan (erection), sehingga dapat mengurangi pekerjaan pada building berth. Sistem blok adalah suatu sistem yang membagi seluruh badan kapal menjadi beberapa bagian atau blok dan tiap-tiap blok dibuat pada suatu tempat yang terpisah dan bila tiap-tiap blok tersebut selesai maka blok-blok ini disambung. Pengembangan pembangunan kapal sistem blok terdiri dari dua metode yaitu:

- Metode seksi assembly.
- Metode berlapis.

Metode Seksi Assembly

Metode ini difokuskan pada pengembangan erection pada arah vertikal dan pengurutan ditetapkan untuk satu blok dari dasar ke upper deck. Gambar 5.6 memperlihatkan situasi penurunan blok pada hari kalender ke n setelah keel laying.



Gambar 2.1 Metode Perakitan Seksi Assembly (Sumber: PAL Indonesia, 2000, Hal 86)

keterangan :

1. n1 hari kalender keel laying: kamar mesin dan bagian bagian tangki parsial telah lengkap.
2. n2 hari kalender setelah keel laying: bagian belakang kapal/stern dan bagian bagian tangki telah menyambung.
3. n3 hari kalender setelah keel laying: bagian belakang/stern dan bagian depan/bow telah selesai atau lengkap.

Kelebihan dari metode ini adalah :

1. Oleh karena pembangunannya ditetapkan bahwa satu tangki pada satu waktu, maka pemeriksaan tangki menjadi cepat dan penggunaan peralatan dan permesinaan untuk ditangki menjadi mudah.

2. Pelaksanaan grand assembly dari blok-blok didarat menjadi lebih mudah dan dapat diharapkan terjadinya peningkatan efisiensi yang tinggi, sebab adanya derajat keselamatan kerja yang tinggi.

Kelemahan dari metode ini, yakni :

1. Karena pengembangan awal dari dasar kapal tidak memungkinkan waktu kosong antara pembangunan dari kapal-kapal berbeda tidak dapat diserap, sehingga menyulitkan untuk menyamaratakan beban pekerja.

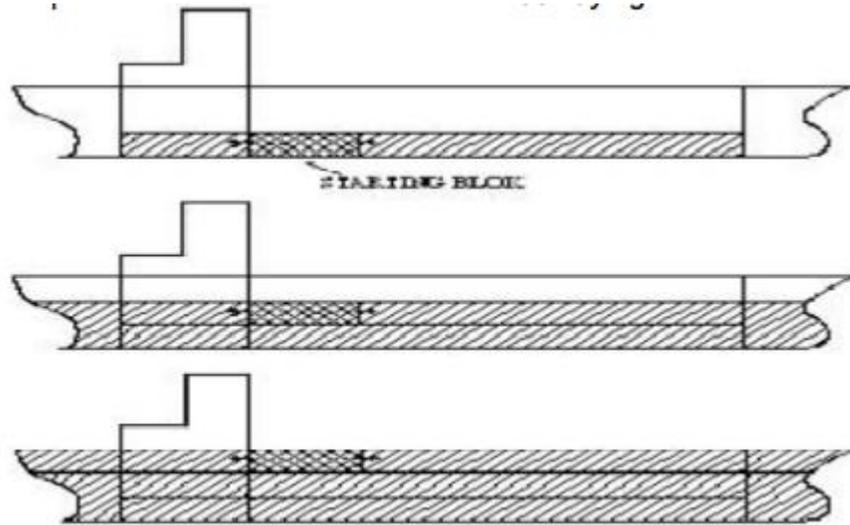
1. pekerjaan yang campur aduk akan sering terjadi sehingga akan memperbesar pengaruh buruk pada lingkungan kerja.

2. Karena pekerjaan pada dasar kapal, sekat melintang, pelat kulit, upper deck dan bagian yang lain dicampur atau dengan kata lain dikerjakan bersamaan maka ketebalan pelat dan ukurannya berbeda, sehingga hal ini akan menimbulkan kondisi naik dan turun dalam pembuatan distribusi pekerjaan untuk para pekerja akan menjadi sulit. Oleh karena itu keadaan naik dan turunnya dalam batas area dan pembagian pekerja lebih seperti yang sering terjadi selama tahap assembly.

Metode Berlapis (Layered Method)

Metode ini difokuskan pada perakitan pada arah memanjang dari blok permulaan, sehingga perakitannya dimulai dari blok dasar (bottom). Kemudian sekat melintang, sekat memanjang dan pelat kulit dapat dikembangkan.

Gambar 5.7 memperlihatkan situasi penurunan blok hari ke n setelah keel laying.



Gambar 2.2 Metode perakitan berlapis (Sumber: PAL Indonesia, 2000, halaman 67)

keterangan :

1. n1 hari kalender keel laying: perakitan dari bagian dasar.
2. n2 hari kalender setelah keel laying: perakitan bagian bawah dari sekat-sekat dan pelat kulit.
3. n3 hari kalender setelah keel laying: pengembangan bagian atas sekat-sekat dan pelat kulit dan perakitan upper deck.

Kelebihan dari metode ini adalah :

1. Oleh karena suatu pertimbangan bahwa sejumlah pekerja akan terlibat pada saat pelaksanaan erection, maka waktu luang yang terjadi sebelum dan setelah peluncuran kapal dapat diatasi dengan cepat.

metode ini sangat efektif untuk perakitan awal pada bagian dasar yang relatif melibatkan jumlah pekerja lebih besar.

2. Sebab pekerja-pekerja yang sama dapat terlibat dalam pekerjaan yang sama dalam suatu waktu/masa yang sudah pasti, penyempurnaan dalam efisiensi tidak diharapkan melalui spesialisasi.

3. Tidak ada pekerjaan kearah vertikal dan pekerjaan yang campur aduk dapat dihindari, sehingga lingkungan kerja dapat menjadi baik, kerja menjadi aman dan hal ini akan meningkatkan efisiensi besar.

4. Jika hanya metode pelapisan yang digunakan, maka secara sekwen lokasi-lokasi pekerja akan bergerak/berpindah dari dasar kapal ke sekat melintang dan sekat memanjang, pelat kulit dan akhirnya ke upper deck, sehingga pekerjaan tersebut dapat diselesaikan dengan hanya beberapa pekerja saja dan hal ini mempermudah untuk membagi rata pekerjaan. Oleh karena blok-blok yang sama dikerjakan dalam waktu yang sama, maka langkah untuk otomatisasi dan penggunaan permesinan pada tahap di assembly menjadi lebih mudah.

Kelemahan dari metode ini , yakni :

1. Dibandingkan dengan perakitan kearah memanjang, maka penyelesaian pekerjaan kearah vertikal akan menjadi lambat, sehingga penyelesaian kompartemen kapal secara individual akan menjadi lambat dan inspeksi tangki tangki dan pekerjaan outfitting

akan menjadi menurun. Secara umum keinginan untuk memperpendek waktu pembangunan dan peningkatan produksi tidak dapat diharapkan.

2. Derajat deformasi dari bentuk kapal menjadi besar, khususnya permintaan pada bagian depan (bow) dan belakang (stern) kapal akan bertambah besar sehingga ketepatan akhir dari kapal akan menjadi jelek.

2.4 Product-Work Breakdown Structure (PWBS)

Konsep Struktur Pembagian Kerja yang berorientasi produk (PWBS) yang dijelaskan disini, Group Teknologi (GT) dan Family Manufacturing (FM) adalah sama. Semua menunjukkan pengklasifikasian yang memungkinkan pengelompokan produk-produk berdasarkan kesamaan dalam permasalahan produksinya dengan tanpa mempertimbangkan penggunaan akhir system. Secara logika, PWBS pertama membagi proses pembangunan kapal kedalam tiga jenis pekerjaan dasar yaitu konstruksi lambung (hull construction), outfitting dan pengecatan (painting), karena masing-masing menunjukkan permasalahan yang dengan jelas berbeda satu sama lain. Lebih lanjut, masing-masing dapat segera dibagi lagi menjadi jenis-jenis pekerjaan untuk fabrikasi dan assembly. Pembagian pada tahapan assembly inilah yang secara umum dihubungkan dengan zone dan yang merupakan dasar untuk penentuan zone dalam siklus manajemen dari perusahaan-perusahaan galangan kapal yang

paling kompetitif. Produksi yang berorientasi zone yaitu : Metode Konstruksi Blok Lambung (Hull Block Construction Method/HBCM), telah diterapkan untuk proses konstruksi lambung oleh sebagian besar galangan-galangan. Tetapi logika yang sama belum digunakan dimana-mana untuk outfitting berdasarkan zone yang lebih kompleks dan sulit untuk dilaksanakan.

Kedua, PWBS mengklasifikasi produk antara sesuai dengan kebutuhannya untuk sumberdaya-sumberdaya, yaitu material, tenaga kerja, fasilitas dan pembiayaan. Sebagai contoh, panel struktur yang berbeda dengan tanpa memperhatikan lokasi tujuannya di dalam sebuah kapal, mempunyai sumberdaya-sumberdaya yang diklasifikasikan dan dialokasikan sesuai dengan parameter-parameter umumnya. Demikian juga, unit-unit outfitting yang berbeda diperlakukan dengan cara yang sama. Definisi dari sumberdaya-sumberdaya produk adalah :

- 1) Material, digunakan untuk produksi baik secara langsung maupun tidak langsung misalnya pelat baja, permesinan, kabel, minyak, dll.
- 2) Tenaga kerja, yang melaksanakan produksi baik langsung maupun tidak langsung misalnya *welder, gas cutter, fitter, finisher, rigger, material arranger, transporter, dll*
- 3) Fasilitas, yang digunakan untuk produksi baik langsung maupun tidak langsung misalnya bangunan-bangunan, dok, mesin-mesin produksi, peralatan, dll.

- 4) Pembiayaan, digunakan untuk membiayai proses produksi baik langsung maupun tidak langsung misalnya design, transportasi, sea trial, dll.

Untuk mengoptimalkan produktivitas dalam lingkungan yang praktis, sebuah kapal harus dikonstruksi sesuai dengan rencana yang dengan cermat dibuat yang menunjukkan :

- 1) Proses-proses untuk manufacturing bagian-bagian dan subassembly-subassembly yang mengarah ke outfit unit-unit dan blok-blok struktur dalam kerangka waktu yang dapat dikoordinasikan dan,
- 2) Penggunaan secara serentak dari masing-masing proses sebagai persyaratan-persyaratan dari system yang berbeda bahkan untuk kapal yang berbeda.

Pengklasifikasian yang ketiga adalah berdasarkan aspek-aspek produk yang menunjukkan kebutuhan-kebutuhan ini karena berisi kebutuhan-kebutuhan yang penting untuk mengendalikan proses-proses produksi.

Dua aspek produk, yaitu system dan zone digunakan untuk membagi sebuah design kapal kedalam paket terencana yang dapat diatur. Masing-masing sebagai contoh dapat diterapkan pada sejumlah bagian-bagian atau pada sebuah assembly tertentu. Masing-masing dari assembly itu biasanya ditunjukkan dengan sebuah paket kerja yang terpisah. Dua aspek produk yang lain yaitu *area* dan *stage* digunakan untuk membagi proses kerja yang dimulai

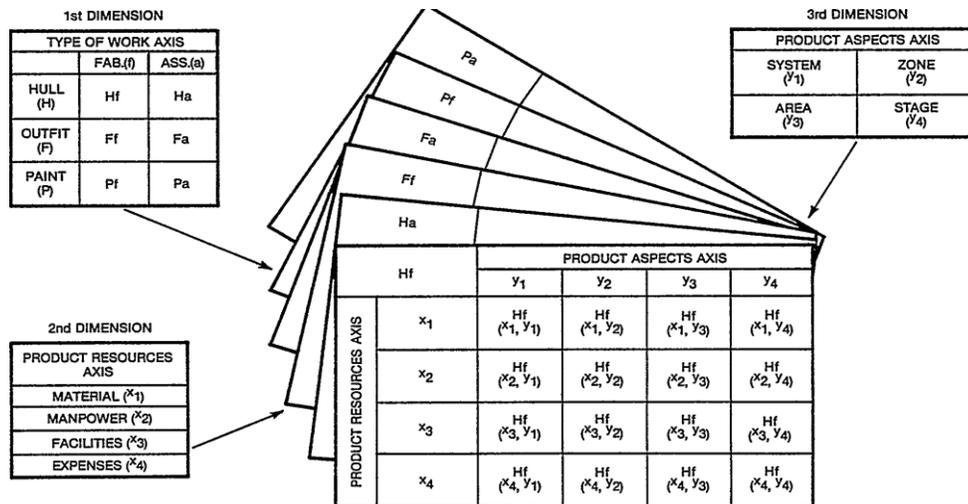
dari pembelian material hingga penyerahan kapal yang lengkap. Aspek-aspek produk itu adalah :

- a. *System*-sebuah fungsi struktur atau sebuah fungsi operasional dari sebuah produk yaitu sekat longitudinal, sekat melintang, *mooring system*, *fuel oil service system*, *lighting system*, dll.
- b. *Zone*-sebuah sasaran produksi dari sebuah pembagian secara geografis dari sebuah produk yaitu : Ruang muat (*cargo hold*), bangunan atas (*super structure*), ruang mesin, dll. Dan sub-divisi – sub-divisi atau kombinasi (yaitu sebuah struktur blok atau unit outfit, sebuah assembly dari sebuah bagian atau komponen).
- c. *Area*-sebuah pembagian dari proses produksi ke dalam sebuah permasalahan berdasarkan jenis kerja yang sama yang dapat berupa :
 - 1) berdasarkan sifat (yaitu blok datar vs kurva, struktur aluminium vs baja, pipa diameter besar vs diameter kecil, material pipa, dll)
 - 2) berdasarkan jumlah (yaitu *job by job* vs jalur aliran, *volume outfitting on* blok untuk ruang mesin vs *volume outfitting on* blok untuk ruang selain ruang mesin, dll)
 - 3) berdasarkan kualitas (yaitu tingkatan pekerja yang dibutuhkan, tingkatan fasilitas yang dibutuhkan, dll)

- 4) berdasarkan jenis kerja (yaitu *marking, cutting, bending, welding, blasting, bolting, painting, testing, cleaning, etc*) dan
- 5) berdasarkan hal lain yang menunjukkan permasalahan kerja yang berbeda

d. *Stage*- sebuah pembagian proses produksi berdasarkan urutan kerjanya yaitu sub-steps fabrikasi, *sub-assembly, assembly, erection, outfitting on unit, outfitting on block, dan outfitting on board*.

Sifat-sifat tiga dimensi dari PWBS ditunjukkan dalam ilustrasi berikut pada gambar 2.6.



Gambar. 2.3 Elemen-elemen PWBS (Sumber: Okayama, 1982, halaman 4)

2.5 Hull Block Construction Method (HBCM)

Tingkat manufaktur atau tahapan untuk *Hull Block Construction Method* didefinisikan sebagai kombinasi dari operasi kerja yang mengubah berbagai

masuk ke dalam produk antara (*interim products*) yang berbeda, seperti bahan baku (*material*) menjadi *part fabrication*, *part fabrication* menjadi *sub block assembly* dan lain – lain.

Pengelompokan aspek produksi dimulai dengan kapal sebagai *zona*. Tahap pertama adalah membagi tahapan pembangunan kapal menjadi tujuh tingkat, empat alur kerja utama dan tiga dari aliran yang diperlukan seperti yang dijelaskan di atas. Masing-masing produk antara (*interim product*) kemudian diklasifikasikan berdasarkan bidang masalah dan tahap yang diperlukan untuk proses manufaktur. Pada tahap pertama, perencanaan paket pekerjaan kapal dibagi ke dalam lambung kapal bagian depan (*fore hull*), ruang muat (*cargo hold*), ruang mesin (*engine room*), lambung belakang (*after hull*) dan bangunan atas (*superstructure*) karena mereka memiliki manufaktur dan masalah yang berbeda. Untuk tingkat berikutnya, tingkat sebelumnya lebih lanjut dibagi menjadi blok panel datar dan melengkung diklasifikasikan sesuai dengan bidang masalah. Produk dari semi blok, sub-blok, bagian perakitan dan bagian fabrikasi, sampai pekerjaan tidak dapat dibagi lagi (*hull erection*) merupakan tahapan akhir dari pembangunan konstruksi lambung kapal.

Dengan memperhatikan tujuan-tujuan dalam merencanakan konstruksi lambung, yang dimulai dengan tingkat blok, pekerjaan dibagi ke bagian tingkat fabrikasi untuk tujuan mengoptimalkan alur kerja. Sebaliknya, pekerjaan yang ditugaskan ke tingkat *grand block* berfungsi untuk mengurangi durasi yang diperlukan untuk *erection* dalam membangun kapal di landasan pembangunan

(Building Berth). Klasifikasi dari aspek produksi *Hull Block Construction Method* (HBCM) dapat dilihat pada gambar 2.7

Levels.		Product aspect							Codes					
Plan	Mfg	Zone		Area			Stage		Zone	Area	Stage			
1	7	Ship		Fore hull	Cargo hold	Engine room	Aft hull	Superstructure	Test		Ship No.	Block Code	Stage Code	
2	6			Block		Flat panel block		Curved panel block		Superstructure				Back Pre-erection
3	5	Sub-block				Nil	Flat	Special flat	Curved	Special curve	Superstructure	Back Assembly	Nil	Grand-Block Code
4	4			content in a large quantity								content in a small quantity		
5	3	Part		Nil	Similar work quantity	Similar work quantity	Assembly		Nil	Block Code	Block Code	Stage Code		
6	2						Sub-block parts		Built up parts				Plate joining	
7	1	Part		Nil	Parallel part from plate	Non-parallel from plate	Internal part from plate	Part from rolled shape	Other	Assembly	Nil	Semi-Block Code	Semi-Block Code	Stage Code
										Bending				
		Bending		Nil	Marking and cutting		Plate joining		Nil	Sub-Block Code	Sub-Block Code	Stage Code		
		Assembly		Nil	Bending		Nil							
		Part Code		Assembled Part Code		Stage Code								

Gambar. 2.4 Klasifikasi Aspek Produksi Metode HBCM (Sumber: Shenoj R.A. 1989)

Pekerjaan badan kapal berdasarkan *Hull Block Construction Method* (HBCM) dapat dibagi menjadi beberapa bagian seperti yang dijelaskan sebagai berikut :

1. Tahap Fabrikasi (*Fabrication Part*)

Fabrikasi merupakan level pertama dalam level manufaktur. Pada tahapan ini memproduksi komponen atau *zona* untuk konstruksi lambung yang tidak dapat dibagi lagi. Jenis paket pekerjaan yang dikelompokkan oleh *zona* dan:

a. *area*, yaitu untuk menghubungkan bagian bahan baku (*material*) yang selesai, proses fabrikasi dan fasilitas produksi yang sesuai secara terpisah untuk:

- *Parallel parts from plate* (bentuk paralel dari pelat)
- *Non parallel part from plate* (bentuk non-paralel dari pelat)
- *Internal part from plate* (internal dari pelat)
- *Part from rolled shape* (bentuk dari material roll)
- *Other parts* (bentuk yang lain) misalnya pipa, dan lain – lain.

b. *Stage*, setelah dilakukan pengelompokan oleh *zona*, *area*, dan *similarities* (kesamaan) di bagian jenis dan ukuran, sebagai berikut:

- Penggabungan pelat atau *nil* (tidak ada aliran produksi, sehingga dibiarkan kosong dan dilewati dalam aliran proses).
- Penandaan dan pemotongan.
- Pembengkokan atau *nil*

2. Tahap Perakitan (*Assembly Part*)

Part Assembly adalah tingkat pekerjaan kedua yang berada di luar aliran kerja utama (*main work flow*) dan dikelompokkan oleh *area* seperti:

- a. *Built-up parts* (bentuk komponen asli)
- b. *Sub-blok parts*.

3. Perakitan sub-blok (*Sub-Block Assembly*)

Sub-block Assembly adalah tingkat pengerjaan ketiga. Pembentukan daerah (*zone*) pada umumnya terdiri dari sejumlah fabrikasi atau hasil bentuk *assembly*. Paket pekerjaan dikelompokkan berdasarkan tingkat kesulitan untuk:

- a. Kesamaan ukuran dalam jumlah banyak seperti balok melintang, *girder* dan wrang.
- b. Kesamaan ukuran dalam jumlah sedikit.

4. *Semi-Block* dan *Block Assembly*

Semi-block and Block Assembly dan *Grand-Block Joining* terdiri dari tiga tingkat perakitan, yaitu:

- a. *Semi-block assembly*
- b. *Block assembly* dan
- c. *Grand-block joining*.

Ketiganya merupakan tingkat pengerjaan selanjutnya dengan urutan sesuai dengan urutan di atas. Dari ketiganya, hanya *block-assembly* yang termasuk

dalam aliran utama pekerjaan, sedangkan yang lainnya menyediakan alternatif yang berguna untuk tingkat perencanaan. Semua direncanakan sesuai dengan konsep pengelompokan paket pekerjaan berdasarkan *area* dan *stage*.

Tingkat *semi-block assembly* pembagiannya berdasarkan tingkat kesulitan yang sama seperti tingkat *sub-block*. Kebanyakan *semi-block* ukurannya dan dimensinya agak kecil sehingga mereka dapat diproduksi di fasilitas perakitan *sub-block*. Di perencanaan kerja, ini harus menjadi titik perbedaan untuk memisahkan perakitan *semi-block* dari perakitan blok.

Tingkat *block assembly* yang termasuk dalam aliran utama pekerjaan, pembagiannya berdasarkan tingkat kesulitan yaitu:

- a. *Flat* (pelat datar)
- b. *Special flat* (pelat datar khusus)
- c. *Curve* (bentuk lengkung)
- d. *Superstructure* (bangunan atas)

2.6 Teori Pelat Baja

Pelat kapal merupakan pelat yang berbeda dengan pelat pada umumnya. Kelebihan pelat kapal tentunya terkandung unsur lain selain baja sebagai unsur utama. Unsur campuran pada plat kapal berpengaruh terhadap laju korosi yang

terjadi pada kapal nantinya. Unsur-unsur campuran tersebut tentunya harus menambah kualitas dari pelat tersebut.

Pelat kapal dibuat dari peleburan biji besi dalam tungku sembur yang mempunyai struktur kerucut dan tungku tersebut tentunya terbuat dari bahan tahan api. Panas peleburan menggunakan kokas dan batu kapur agar kerak pada bijih besi dapat terangkat dan tidak tercampur. Kandungan dalam tiap lembar plat adalah 92-97 persen merupakan besi. Sisanya terdapat kandungan karbon, silikon, mangan, belerang, dan fosfor. Tentunya dalam cetakan pelat kotoran yang terbawa harus di minimalisir untuk menjaga kualitas dari pelat tersebut.



(Gambar 1. Pelat Kapal)

Baja secara luar dapat diartikan sebagai paduan antara besi dan karbon. Untuk kandungan karbon bervariasi berkisar antara 0,1% dan ketika baja telah mengeras menjadi 1,8% dari kandungan seluruh pelat. Proses pengasaman digunakan untuk memperbaiki pelat besi yang rendah dengan memasukkan unsur Fosfor dan unsur sulfur. Kedua unsur tersebut kaya akan

silikon dan menghasilkan terak asam yang dibutuhkan pelat. Unsur fosfor merupakan kapur yang menghasilkan terak dasar. Dari 85% unsur baja yang diproduksi menggunakan teknik modern dan kualitas tentunya juga baik dengan unsur bijih unggul.

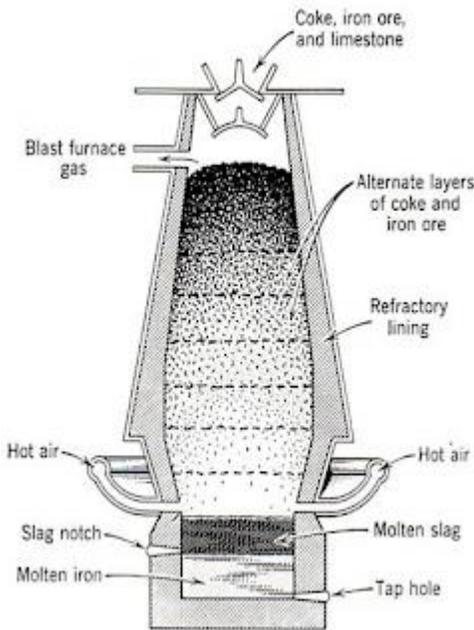
Dalam pelat kapal terdapat tahapan proses yang mana merupakan tahapan untuk mencapai kualitas pelat yang baik. Proses tersebut antara lain

1. Open heart Process.
2. Electric Furnaces yaitu proses.
3. Oxygen Process.
4. Chemical Additional.

Masing-masing proses mempunyai cara tersendiri dalam memperlakukan biji besi logam sampai menjadi pelat.

Open hearth proses merupakan proses peleburan bijih besi dalam tungku besar yang mana untuk memproduksi baja dalam jumlah besar. Setelah open hearth proses dilanjutkan electric furnace yang mana difungsikan sebagai penyulingan bahan untuk memberikan komposisi yang dibutuhkan. Proses electric furnace sering digunakan untuk produksi bermutu tinggi. Kemudian Oxygen proses adalah salah satu proses modern. Sebuah jet oksigen dengan kemurnian tinggi diarahkan ke permukaan logam cair untuk memperbaiki baja tersebut. Proses berikutnya adalah chemical additional to steel yang mana proses ini adalah penambahan bahan kimia yang

berfungsi untuk menjadikan kualitas baja ini menjadi lebih baik dengan komposisi yang sesuai.

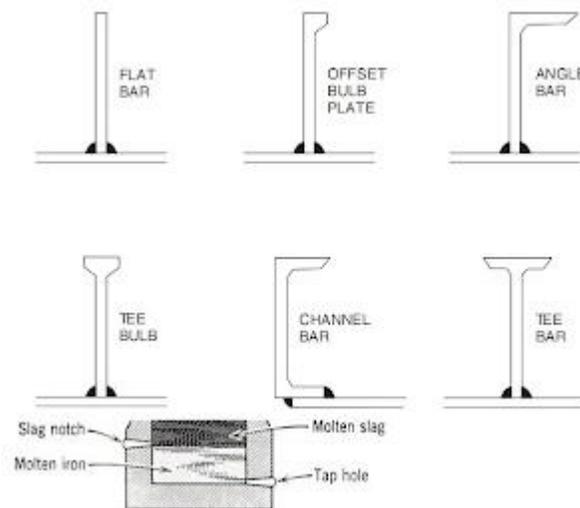


(gambar 2. Tungku peleburan baja)

Pabrik pembuatan pelat kapal memproduksi dalam jumlah banyak sehingga ukuran plat telat ditentukan oleh pabrikan sehingga lajur plet pada pembuatan kapal baru harus menyesuaikan dengan buatan pabrik. Jika tidak memungkinkan sebuah kapal untuk memuat satu lajur pelat maka dilakukan pemotongan pelat sesuai dengan bukaan kulit kapal yang telah direncanakan. Pelat menetapkan sebuah ukuran untuk dibuat secara massal karena jika dibuat perbajian maka pabrik akan mengalami kerugian pada bidang produksi. Jika pihak galangan ingin memesan pelat dengan ukuran khusus maka pihak

galangan harus mengeluarkan biaya lebih untuk produksi pelat yang tidak sesuai pasaran.

Sekarang ada lima kualitas baja yang berbeda menurut badan klasifikasi dalam konstruksi kapal. Adapun tiap grade di beri perbedaan yaitu grade A, grade B, grade C, grade D, dan grade E. Untuk grade A merupakan baja yang mempunyai kualitas bagus untuk sebuah bangunan kapal. Sedangkan grade B adalah jenis baja ringan yang mempunyai kualitas lebih bagus dari pada baja grade A. Baja grade B merupakan baja dimana tebal platnya yang diperlukan untuk daerah kritis. Sedangkan Grade C, D, dan E memiliki tingkat kelenturan yang baik.



(gambar 3. Section Pelat pada Bangunan Kapal)

Pada setiap baja mempunyai kekuatan tarik terutama pada bangunan kapal. Kekuatan tarik pelat baja pada sebuah kapal terjadi paling besar pada daerah lambung kapal terutama kapal tanker, kontainer dan cargo. Hal ini membuat

konstruksi pada bagian dek mengalami penurunan ketebalan untuk mengurangi berat pada kapal. Maka pada kulit bawah dan frame pada bagian midship lebih tebal karena mengalami defleksi yang besar pula.

Kekuatan tarik baja adalah aplikasi penting dalam sebuah bangunan kapal karena sebuah plat baja juga mengalami kelelahan saat proses pengelasan. Selain kekuatan tarik baja perlu diperhatikan juga tingkat korosi dari baja tersebut dan dilakukan pemeriksaan untuk mewaspadaikan hal tersebut. Baja dengan kekuatan tarik yang lebih tinggi digunakan untuk konstruksi lambung yang telah disetujui oleh pihak badan klasifikasi. Spesifikasi meliputi metode pembuatan, komposisi kimia, perlakuan panas, dan sifat mekanik dari baja tersebut.

Penempaan baja merupakan sebuah metode untuk membentuk sebuah logam dengan memberikan panas pada baja. Pemanasan terhadap baja adalah dengan menaikkan suhu panas, kemudian baja ditepa dengan palu sehingga membentuk bagian yang diinginkan.