

## **SKRIPSI**

# **PERENCANAAN JARINGAN KERJA PERAKITAN BLOK LAMBUNG KAPAL FERI RO-RO 750GT YANG TERINTEGRASI DENGAN SISTEM PERPIPAAN AIR TAWAR DAN AIR LAUT UNTUK PENDINGIN MESIN**

*Diajukan Untuk memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*

*Pada Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik*

*Universitas Hasanuddin*



**OLEH :**

**HENNI AMALIA**

**D31114306**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2019**





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
Jalan Poros Malino KM 6 Gowa, 92171 Sulawesi Selatan  
<http://eng.unhas.ac.id/perkapalan>, Email: [kapal9uh@unhas.ac.id](mailto:kapal9uh@unhas.ac.id)

HALAMAN PENGESAHAN

JUDUL SKRIPSI

“PERENCANAAN JARINGAN KERJA PERAKITAN BLOK LAMBUNG  
KAPAL FERI RO-RO 750GT YANG TERINTEGRASI DENGAN  
SISTEM PERPIPAAN AIR TAWAR DAN AIR LAUT  
UNTUK PENDINGIN MESIN”

Disusun dan diajukan oleh :

HENNI AMALIA  
D311 14 306

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing Pada;

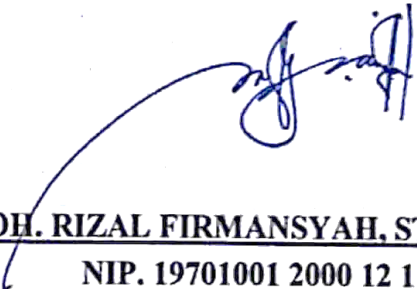
Tanggal : Januari 2019


Di : Gowa

Menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

  
MOH. RIZAL FIRMANSYAH, ST., MT., M.ENG.  
NIP. 19701001 2000 12 1 001

  
DR. IR. SYAMSUL ASRI, MT.  
NIP. 19650318 199103 1 003

Mengetahui

Ketua Departemen Teknik Perkapalan,

  
DR. ENG. SUANDAR BASO, ST, MT.  
NIP. 197302062000121002



## ABSTRAK

**Amalia, Henni. 2018.** Perencanaan Jaringan Kerja Perakitan Blok Lambung Kapal Feri RO-RO 750GT Yang Terintegrasi Dengan Sistem Perpipaian Air Tawar dan Air Laut untuk Pendingin Mesin. Skripsi, Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.  
(Moh. Rizal Firmansyah, Syamsul Asri)

Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa tenaga kerja, peralatan, dan material. Penjadwalan proyek dengan metode jalur kritis mempertimbangkan waktu penyelesaian suatu proyek berdasarkan waktu teroptimal selesainya proyek. Penelitian ini bertujuan menghitung waktu perakitan blok lambung kapal yang terintegrasi dengan sistem perpipaian. Analisa data dalam penelitian ini memakai metode jalur kritis yang terdiri dari 5 tahap, meliputi: mengidentifikasi dan mengurai komponen kegiatan, mengidentifikasi beban pekerjaan, menghitung perkiraan durasi pekerjaan, menyusun komponen kegiatan, dan mengidentifikasi jalur kritis. Dari hasil identifikasi, diperoleh durasi perakitan keseluruhan blok lambung ialah selama 1.379 jam atau 176 hari dengan durasi perakitan terlama yaitu 219 jam (44 hari) pada blok 6 dan durasi perakitan tersingkat ialah pada blok 1 yaitu 69 jam (14 hari).

**Kata Kunci:** jalur kritis, jaringan kerja, kapal feri.



## ABSTRACT

**Amalia, Henni. 2018.** Network planning of The 750GT Ferry Ro-Ro's Hull Block Integrated with Freshwater and Seawater Piping Systems for Engine Cooling. Thesis, Department of Ship Engineering, Faculty of Engineering, Hasanuddin University.

(Moh. Rizal Firmansyah, Syamsul Asri)

Project scheduling is one of the planning's result that can provide information about the schedule plan and progress of the project in terms of the performance of resources such as manpowers, equipments, and materials. Project scheduling by critical path methods considers the time to completion of a project based on the optimal time of project accomplishment. This research is purposed to calculated total duration of assembly of the hull-blok integrated with piping systems. Data analysis in this research uses the critical path method which consists of 5 stages, including: identifying the components of activities, identifying workloads, calculating the estimated duration of activities, compiling activities components, and identifying critical paths. From the results of identification, the overall assembly duration of the hull block was 1.379 hours or 176 days with the longest assembly duration is 219 hours (44 days) at block 6 and the shortest duration of assembly is at block 1 which is 69 hours (14 days).

**Keywords:** critical path, Ferry vessel, network.



## KATA PENGANTAR

### *Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

**ALHAMDULILLAH**, segala puji hanya bagi Allah SWT karena berkat rahmat serta kehendak-Nya dalam memberikan hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Perencanaan Jaringan Kerja Perakitan Blok Lambung Kapal Feri Ro-Ro 750GT yang Terintegrasi dengan Sistem Perpipaan Air Tawar dan Air Laut untuk Pendingin Mesin” ini. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah atas junjungan kita Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan para pengikutnya hingga akhir jaman.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak baik langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta Alm. Chair dan Nurbaya atas kasih sayangnya selama ini serta doa yang tak pernah putus, kakanda tersayang Kakak, Kakak Lina, Kakak Imran, Ekki, dan Awi serta ponakan terluca Fatih untuk selalu memberi semangat tak pernah pudar.
  2. Bapak Moh. Rizal Firmansyah, ST., MT., M.Eng dan Bapak Dr. Ir. Syamsul Asri, MT. selaku pembimbing I dan pembimbing II yang tidak pernah lelah untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
  3. Bapak Farianto Fachruddin, ST., MT., Bapak Wahyuddin, ST., MT., dan Bapak Ir. Zulkifli A. Yusuf, MT. selaku tim penguji yang memberikan banyak saran untuk penyempurnaan skripsi ini.
  4. Bapak Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl.-Ing selaku Pembimbing Akademik penulis yang telah sangat membantu terkait konsultasi akademik selama proses perkuliahan dan hal – hal lainnya.
- Bapak Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.



6. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas ilmu dan wawasan yang diberikan selama masa studi penulis.
7. Seluruh staf pegawai Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu selama ini.
8. Pihak PT IKI Persero atas data dan waktu yang diberikan kepada penulis.
9. Ciwi-ciwi yang telah menjadi partner yang paling kompak di setiap harinya walau suka maupun duka.
10. Teman-teman seperjuangan Teknik Perkapalan angkatan 2014.
11. Keluarga Ztringer yang selalu ada dalam segala hal.
12. Segenap keluarga besar Labo Produksi Departemen Teknik Perkapalan.
13. Serta semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama penyelesaian tugas akhir ini.

Mudah-mudahan Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan karunianya kepada semua pihak yang telah memberikan segala bantuannya. Hasil penelitian ini tentu saja masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan penulis, sehingga mungkin terdapat banyak kekurangan.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menjadi karya yang memberi dampak positif. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya. *Amin Ya Rabbal Alamin*

**Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.**

Gowa, 2 Januari 2019

Hormat saya,

**HENNI AMALIA**



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	iv
DAFTAR TABEL.....	v
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Karakteristik Kapal Feri.....	6
2.2 Konstruksi Kapal .....	8
2.3 Teknologi Produksi Kapal .....	15
2.4 Beban Pekerjaan.....	30
2.5 Welding Procedure Specification .....	30
Kebutuhan Sumber Daya Manusia (SDM).....	33
Perencanaan waktu.....	36
	vii



2.8	Methode Jalur Kritis (Critical Path Methode/SPM) .....	38
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>		
3.1	Jenis Penelitian.....	46
3.2	Teknik Pengambilan Sumber Data .....	46
3.3	Teknik Analisa Data .....	47
3.4	Kerangka Pikir .....	50
<b>BAB 4 ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Penyajian Data KMP. Lakaan.....	51
4.2	Pembagian Struktur (Breakdown Structure) KMP. Lakaan .....	53
4.3	Identifikasi Komponen Kegiatan .....	58
4.4	Beban Pekerjaan.....	58
4.5	Durasi kegiatan .....	60
4.6	Penyusunan Urutan kegiatan Perakitan Blok Lambung Kapal.....	65
4.7	Perhitungan Maju/Analisa Saat Paling Awal (SPA).....	69
4.8	Perhitungan Mundur/Saat Paling Lambat (SPL) .....	71
4.9	Pengidentifikasian Jalur Kritis .....	73
4.10	Diskusi .....	78
<b>BAB 5 PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan .....	72
5.2	Saran .....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>74</b>



AN



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tampak Samping KMP Lakaan .....	6
Gamabr 2.2 Konstruksi Haluan Kapal .....	11
Gambar 2.3 Konstruksi Pelat Alas .....	12
Gambar 2.4 Sejarah perkembangan metode pembangunan kapal .....	16
Gambar 2.5 komponen-komponen teknologi PWBS.....	20
Gambar 2.6 Tingkat manufaktu atau tahapan HBCM .....	21
Gambar 2.7 Tingkat Pengerjaan untuk PPFm.....	25
Gambar 2.8 Grafik hubungan ketebalan dan diameter luar pipa .....	28
Gambar 2.9 Diagram Jaringan kerja AOA.....	42
Gambar 2.10 Diagram Jaringan Kerja AON.....	42
Gambar 3.1. Kerangka Pikir.....	48
Gambar 4.1 Perencanaan Blok KMP. Lakaan dalam gambar 2D.....	51
Gambar 4.2 Level <i>Manufacturing</i> perakitan blok HS1 KMP. Lakaan .....	46
Gambar 4.3 Diagram Pie Pembobotan tiap Item Pekerjaan.....	49
Gambar 4.4 Urutan kegiatan perakitan sub-blok portside .....	55
Gambar 4.5 Flowchart perakitan sub blok portside .....	56
Gambar 4.6 Hubungan Urutan Kegiatan Peraktan Blok Lambung.....	58
Gambar 4.7 Network Diagram dan Durasi Kegiatan SPA.....	59
Gambar 4.8 Network Diagram dan Durasi Kegiatan SPL.....	61
Gambar 4.9 Kurva S berdasar Jam Orang.....	65
Gambar 4.10 Kurva S Bobot Pekerjaan .....	66



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Warna Sistem perpipaan .....	25
Tabel 2.2 Data Produktivitas Pekerjaan .....	35
Tabel 4.1 Dimensi Blok Lambung KMP. Lakaan.....	51
Tabel 4.2 PWBS SB1 HS3.....	46
Tabel 4.3 PWBS Pipa HS3 .....	46
Tabel 4.4 Kegiatan Perakitan HS3 KMP Lakaan.....	47
Tabel 4.5 Perhitungan Beban Kerja untuk Setiap Item Kegiatan .....	47
Tabel 4.6 Perhitungan pembobotan untuk setiap item Kegiatan.....	48
Tabel 4.7 Durasi Kegiatan Perakitan SB1 (Portside) HS3.....	52
Tabel 4.8 Durasi Perakitan dan Berat Tiap Blok .....	54
Tabel 4.9 Logika Ketergantungan Perakitan HS3.....	57
Tabel 4.10 Perhitungan SPA Perakitan Blok .....	59
Tabel 4.11 Perhitungan SPL Perakitan blok .....	62
Tabel 4.12 Master Plan Schedule Perakitan HS3.....	64
Tabel 4.13 Perhitungan Jumlah Jam Kerja orang selama Perakitan blok HS3..	65
Tabel 4.14 Perhitungan Jumlah bobot Pekerjaan.....	66
Tabel 4.15 Rasio waktu perakitan dengan berat blok .....	68



## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan sektor konstruksi yang diakibatkan oleh upaya pemerintah untuk membangun infrastruktur di Indonesia terjadi secara pesat. Hal ini mengakibatkan terjadinya persaingan yang ketat oleh perusahaan-perusahaan penyedia jasa konstruksi, tidak terkecuali galangan kapal sebagai penyedia jasa pembangunan dan/atau perbaikan kapal. Dalam menghadapi persaingan, suatu perusahaan dalam hal ini galangan kapal tentunya harus meningkatkan kualitas efisiensi tanpa melupakan kualitas hasil produksinya. Kualitas hasil produksi yang ingin dicapai tentu saja tidak terlepas oleh ketepatan waktu penyelesaian suatu proyek yang sesuai jadwal, disamping kesesuaian anggaran.

Keberhasilan ataupun kegagalan dari pelaksanaan proyek sering kali disebabkan kurang terencananya kegiatan proyek serta pengendalian yang kurang efektif, sehingga kegiatan proyek tidak efisien, hal ini akan menyebabkan keterlambatan, menurunnya kualitas pekerjaan, dan membengkaknya biaya pelaksanaan. Keterlambatan penyelesaian proyek sendiri merupakan kondisi yang sangat tidak dikehendaki karena dapat menyebabkan kerugian dalam segi waktu dan biaya. Dalam kaitannya dengan waktu dan biaya produksi, perusahaan harus bisa seefisien mungkin dalam

man waktu di setiap kegiatan atau aktivitas sehingga setiap proyek

esai sesuai dengan penjadwalan yang telah dirancang.

jadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan,



yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan, dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek (Abrar, 2010). Pada umumnya, penjadwalan proyek menggunakan estimasi durasi yang pasti. Namun, banyak faktor ketidakpastian (*uncertainty*) sehingga durasi masing-masing kegiatan tidak dapat ditentukan dengan pasti. Faktor penyebab ketidakpastian durasi tersebut diantaranya adalah produktivitas pekerja, cuaca dan lain-lain.

Salah satu metode yang bisa diterapkan untuk membuat penjadwalan proyek konstruksi adalah dengan menggunakan metode jalur kritis (*Critical Path Methods*). Penjadwalan proyek dengan metode jalur kritis ini mempertimbangkan waktu penyelesaian suatu proyek dengan biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan produk tersebut.

Pada proyek pembangunan kapal penjadwalan juga menjadi salah satu instrumen terpenting selain penggunaan teknologi selama proses pembangunannya. Umumnya, galangan di Indonesia dalam membangun kapal masih menggunakan sistem HBCM (*Hull Block Construction Methode*) yang masih menggunakan teknologi lama. Setelah HBCM terdapat sistem pembangunan ZOFM (*Zone Out-Fitting Methode*) dimana pembangunan bloknya telah terintegrasi dengan sistem perlengkapan dan perpipaan yang menggunakan teknologi lebih canggih, pada tingkat lebih lanjut terdapat

pembangunan ZPTM (*Zone Painting Methode*) yang telah terintegrasi dengan *outfitting*-nya dengan pengecatan. Penggunaan teknologi yang



paling canggih dan paling mutakhir dalam proses pembangunan kapal saat ini ialah pada sistem pembangunan IHOP (*Integrated Hull Construction, Outfitting, and Painting*) yang mengintegrasikan peralatan dan pengecatan pada pembangunan bloknnya. Untuk mencapai pembangunan metode IHOP, sistem pembangunan dengan sistem ZOFM dan ZPTM harus dipahami terlebih dahulu.

Penggunaan HBCM pada pembangunan kapal telah mensyaratkan perencanaan jaringan kerja yang kompleks. Dengan tuntutan penggunaan metode pembangunan kapal yang lebih baik yaitu dengan mengintegrasikan pekerjaan lambung dengan *outfitting* sistem perpipaan maka persyaratan perencanaan jaringan kerjanya juga akan semakin kompleks. Dengan demikian hal ini harus dilakukan agar dapat dicapai waktu pembangunan yang lebih singkat dengan biaya pembangunan kapal yang lebih sedikit. Karenanya, penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai penjadwalan pembangunan blok yang terintegrasi dengan sistem perpipaan yang dituangkan dalam judul: **Perencanaan Jaringan Kerja Perakitan Blok Lambung Kapal Feri Ro-Ro 750GT yang Terintegrasi dengan Sistem Perpipaan Air Tawar dan Air Laut untuk Pendingin Mesin.**

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan dari uraian latar belakang, maka diperoleh

rumusan masalah, yaitu:



1. Berapa durasi waktu perakitan blok lambung kapal yang terintegrasi dengan sistem perpipaan air tawar dan air laut untuk pendingin mesin dalam pembangunan kapal Feri Ro-Ro 750 GT?
2. Bagaimana jalur kritis selama blok lambung kapal Feri Ro-Ro 750 GT yang terintegrasi dengan sistem perpipaan air tawar dan air laut untuk pendingin mesin?

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. pekerjaan fabrikasi dianggap telah selesai sehingga pekerjaan konstruksi hanya menyangkut *part assembly*, *sub-block assembly*, dan *block assembly*.
2. Kegiatan perakitan hanya sampai perakitan blok, kegiatan *Erection* tidak termasuk.
3. Pekerjaan pipa dimulai pada pekerjaan perakitan, fabrikasi tidak termasuk.
4. Perakitan blok menggunakan metode *Product Work Breakdown Structure* (PWBS) dan untuk jaringan kerja menggunakan metode *Critical Path Methode* (CPM).

### 1.4 Tujuan Penelitian

Setiap tujuan yang ingin dicapai dari kajian ini adalah:



1. Untuk menentukan waktu perakitan blok lambung kapal yang terintegrasi dengan sistem perpipaan air tawar dan air laut untuk pendingin mesin dalam pembangunan kapal Feri Ro-Ro 750 GT.
2. Untuk mengetahui jalur kritis selama perakitan blok lambung kapal Feri Ro-Ro 750 GT yang terintegrasi dengan sistem perpipaan air tawar dan air laut untuk pendingin mesin.

### **1.5 Hasil dan Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan ini adalah:

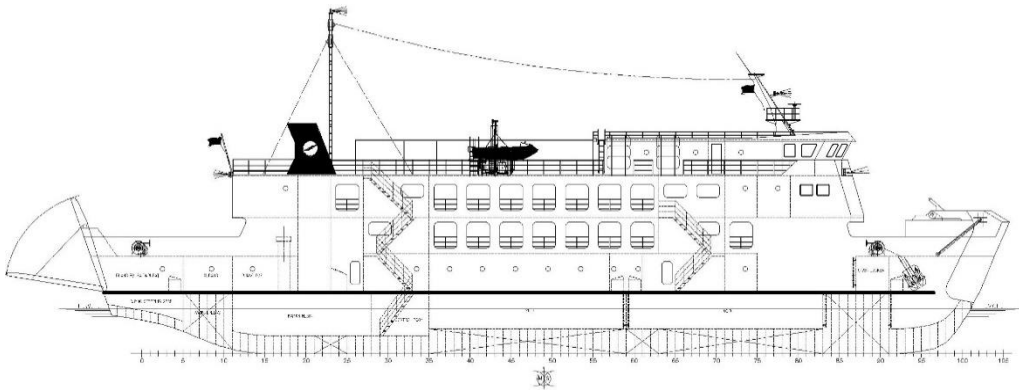
1. Waktu yang didapatkan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan kepada galangan ketika ingin membuat perencanaan penjadwalan proyek pembangunan kapal.
2. Sebagai referensi untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut.



## BAB 2 LANDASAN TEORI

### 2.1 Karakteristik Kapal Feri

Kapal Feri adalah kapal dengan tujuan pembangunannya untuk penyeberangan barang dan penumpang dengan jarak pelayaran relatif pendek dalam melintasi sungai, danau, atau pantai antar pulau. Ilustrasi tipe kapal Feri ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tampak Samping KMP Lakaan  
(Sumber: PT IKI Persero)

Sebagai produk suatu teknologi transportasi, sebuah kapal feri mempunyai ciri – ciri umum sebagai berikut (Trian, 2017, p.1):

1. Geladak disyaratkan dengan lebar relatif cukup besar untuk pengangkutan kendaraan agar arus keluar-masuknya kendaraan menjadi cepat;
2. Penempatan kendaraan sedemikian rupa sehingga terlindungi dari hempasan air laut;
3. Memiliki pintu ramp dengan penempatan baik di depan, di belakang, maupun di samping.





Karakteristik lebih spesifik dari kapal Ro-Ro penumpang adalah bongkar muat dilakukan secara horizontal menggunakan roda dari dan ke dalam kapal melalui *rampdoor* kapal. Menurut Hadisuwarno (1996) dalam Trian (2017, p.2), umumnya bentuk-bentuk muatan diangkut dengan kapal feri adalah :

1. Bisa digerak sendiri, misalnya mobil
2. Barang – barang di atas truk dan penumpang dalam bus
3. Barang – barang di atas roll palte
4. *Container* di atas chasiss
5. Penumpang yang bergerak sendiri.

Pemilihan lokasi pelabuhan penyeberangan, terkadang tidak memperhatikan perbedaan pasang surut. Untuk mengantisipasi hal ini, maka kapal feri harus bisa mempunyai sarat relatif kecil. Di samping itu, kapal feri harus bisa bermanuver dengan cepat. Hal ini penting terutama pada saat memasuki daerah pelabuhan. Olehnya itu kapal – kapal penyebrangan biasanya mempunyai baling – baling ganda agar dapat melakukan manuver dengan baik. Menurut PT Indonesia Ferry, jenis muatan kendaraan dibagi dalam beberapa golongan, yaitu:

1. Golongan I adalah Sepeda gunung;

2. Golongan II adalah Sepeda motor;

3. Golongan III adalah Mobil roda 4 (jeep, sedan, pick up, sejenisnya)

dengan ukuran 4,2 x 1,7 x 2,0 m;



4. Golongan IV adalah Bus sedang dan truk sedang dengan ukuran 6,3 x 2,3 x 2,8 m;
5. Golongan V adalah Bus besar dan truk besar 10 roda dengan ukuran 8,5 x 2,5 x 3,7 m;
6. Golongan VI A adalah Alat berat (roda karet);
7. Golongan VI B adalah Alat berat (roda besi).

Menurut Sastrowidongso (2000), peraturan pemuatan kendaraan – kendaraan di kapal feri adalah:

1. Ruang untuk kendaraan, tinggi ruang kendaraan mobil kecil/sedang minimal 2,5 m, kendaraan truk 3,8 m dan trailer 4,75 m;
2. Jarak minimal kendaraan sisi kiri dan kanan 60 cm dan jarak antara muka dan belakang 30 cm;
3. Jarak antara dinding kapal dengan kendaarn 60 cm;
4. Antara pintu ramp haluan dengan sekat tubrukan dan pintu ramp buritan dengan sekat buritan tidak boleh dimuati kendaraan.

## 2.2 Konstruksi Kapal

### 2.2.1 Sistem Konstruksi Kapal

Sistem kerangka/konstruksi kapal (*framing system*) dibedakan dalam dua jenis utama; yaitu sistem kerangka melintang (*transverse framing system*) dan sistem membujur atau memanjang (*longitudinal framing system*). Dari

sistem utama ini maka dikenal pula system kombinasi (*combination/mixed framing system*).



Suatu kapal dapat dibuat dengan sistem melintang, atau hanya bagian-bagian tertentu saja (misalnya kamar mesin dan/atau cerukceruk) dibuat dengan sistem melintang sedangkan bagian utamanya dengan sistem membujur atau kombinasi; atau seluruhnya dibuat dengan sistem membujur (Robert Taggart, 1980).

Pemilihan jenis sistem konstruksi (*framing system*) suatu kapal sangat ditentukan oleh ukuran utama kapal, dalam hal ini panjang kapal sangat berpengaruh terhadap kekuatan memanjang dan tahanan kapal. Dasar pertimbangan lainnya adalah jenis dan fungsi kapal.

Adapun pengertian dari masing-masing sistem konstruksi kapal, menurut Robert Taggart (1980) adalah sebagai berikut:

- 1) Sistem konstruksi melintang dimana dalam sistem ini gading-gading umumnya dipasang secara vertikal;
- 2) Sistem konstruksi membujur dimana dalam sistem ini gading-gading umumnya dipasang secara membujur. Sistem ini banyak digunakan pada kapal pengangkut muatan curah baik curah kering maupun curah basah. Kapal seperti ini dikelompokkan ke dalam tipe kapal *tanker*;
- 3) Sistem konstruksi kombinasi dimana pada sistem ini bagian tengah kapal menggunakan sistem konstruksi membujur, sementara bagian ceruk haluan dan ceruk buritan menggunakan sistem konstruksi melintang.



## 2.2.2 Elemen Konstruksi Kapal

Sub-bab ini menjelaskan elemen konstruksi kapal terdiri dari konstruksi ceruk haluan, ceruk buritan, dan tengah kapal (0,7 Lbp).

### 1. Konstruksi Ceruk Haluan

Linggi haluan merupakan bagian terdepan kapal. Linggi ini menerus ke bawah sampai ke lunas. Pada saat ini, terdapat dua macam bentuk linggi haluan umum digunakan yaitu linggi batang dan linggi pelat. Kadang-kadang dipakai juga gabungan dari keduanya. Adapun susunan konstruksi gabungan kedua linggi ini adalah sebuah linggi batang dari lunas sampai ke garis sarat dan disambung linggi pelat sampai ke geladak (Lihat Gambar 2.2). Penggunaan linggi pelat memungkinkan pembentukan garis haluan *stream line*. Hal ini memperindah penampilan bentuk linggi haluan kapal. Pada haluan kapal terdiri dari beberapa elemen konstruksi sebagai berikut:

#### a) Linggi Haluan

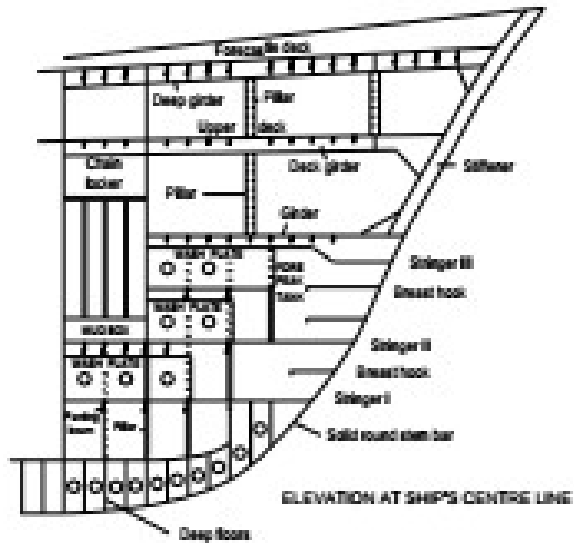
Linggi haluan merupakan tempat untuk menempelkan pelat kulit dan juga penguat utama di bagian ujung depan kapal. Linggi batang dipasang dari lunas sampai garis sarat ke atas dilanjutkan dengan konstruksi linggi pelat.

#### b) Sekat Tubrukan

Pemasangan sekat tubrukan pada suatu kapal sangat dibutuhkan karena sekat ini untuk menghindari masuknya air keruangan di belakangnya

bila terjadi kebocoran di ceruk haluan akibat menubruk sesuatu. Dengan rusaknya ceruk haluan kapal masih selamat, tidak tenggelam.





Gambar 2.2. Konstruksi haluan kapal  
(Sumber: Robert Taggart, 1980)

## 2. Konstruksi Dasar (*Bottom*)

### a) Lunas

Lunas adalah bagian konstruksi memanjang berupa pelat mulai dari linggi haluan sampai linggi buritan dan berposisi di dasar kapal. Pada bagian lunas inilah, kapal harus mampu mengatasi kerusakan, apabila kapal mengalami kandas.

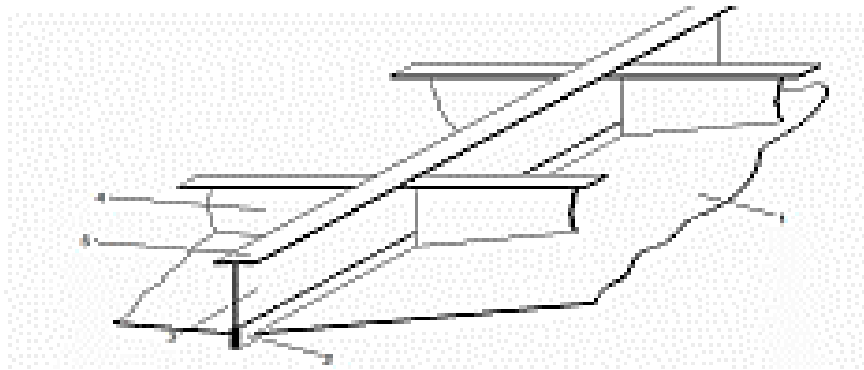
### b) Pelat alas

Pelat dasar (pelat alas) letaknya di dasar kapal, sebelah kiri dan kanan lajur lunas. Pelat ini menerima beban gaya tekan air, selanjutnya diteruskan ke wrang, penumpu tengah, dan penumpu samping. Pemasangan pelat ini

dan simetris, mulai dari ujung depan sampai ujung belakang kapal.

Prosedur pemasangan komponen ini ditunjukkan pada Gambar 2.3.





Gambar 2.3 Konstruksi Pelat alas  
(Sumber: Robert Taggart, 1980)

c) Wrang (*floor*)

Wrang terdiri atas tiga jenis yaitu wrang penuh, wrang terbuka, dan wrang kedap air. Adapun penjelasan masing-masing wrang sebagai berikut:

- Wrang penuh adalah jenis wrang tidak membutuhkan kekedapan, karena pada wrang ini dilengkapi dengan lubang peringan (*lightening hole*) dan lubang lalu orang (*man hole*). Fungsi dari kedua lubang tersebut, di samping untuk memeringan konstruksi juga untuk lalu orang pada waktu pemeriksaan kerusakan elemen konstruksi. Sesuai peraturan Biro Klasifikasi di anjurkan dalam dasar ganda dipasang wrang alas penuh pada tiap-tiap jarak gading.
- Konstruksi wrang terbuka terdiri atas gading alas yang melekat pada pelat alas dan gading balik pada pelat alas dalam. Wrang terbuka dihubungkan dengan penumpu tengah dan pelat tepi antara penumpu tengah, penumpu samping, dan pelat tepi.

Wrang kedap berfungsi untuk membagi tangki di dasar kapal ke dalam bagian-bagian tersendiri secara memanjang, dan juga untuk membatasi



ruang pemisah (*cofferdam*). Wrang kedap dihubungkan ke pelat alas, pelat alas dalam, pelat tepi, dan penumpu tengah serta penumpu samping.

d) Penumpu (*girder*)

Penumpu terdiri atas penumpu tengah dan penumpu samping. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut:

- Penumpu tengah (*Center Girder*)

Penumpu tengah umumnya tidak terpotong oleh elemen konstruksi lainnya. Pada daerah kamar mesin, luas penampang bilah hadap (*face plat*) penumpu tengah lebih besar dari luas penampang bilah hadap wrang dan tebalnya lebih besar dari pelat bilah wrang.

- Penumpu samping (*Side Girder*)

Penumpu samping terdiri dari pelat bilah dan pelat bilah hadap dimana luas penampang pelat bilah hadapnya sama dengan pelat bilah hadap wrang.

3. Konstruksi lambung

Konstruksi kerangka lambung kapal terdiri atas gading-gading terpasang disepanjang kapal sebagai tempat melekatnya kulit kapal dan diperkuat dengan balok sisi (*side stringer*). Pemasangan gading-gading sesuai dengan sistem konstruksi melintang maupun membujur. Gading-gading dinamai sesuai dengan letaknya. Gading terletak pada bagian tengah kapal

adalah geladak utama disebut gading utama (*main frame*), kemudian yang lainnya disebut gading bangunan atas, gading rumah geladak, dan



seterusnya pada daerah ceruk dinamai gading ceruk. Adapun penjelasan tentang gading-gading sebagai berikut:

a) Gading utama (*main frame*)

Gading utama adalah gading terletak pada pelat sisi sepanjang lambung kapal. Gading utama terpasang vertikal menunjukkan penggunaan sistem konstruksi melintang. Sementara gading utama terpasang membujur menunjukkan penggunaan sistem konstruksi membujur. Pemasangan gading utama secara membujur umumnya terdapat juga pada pelat alas dan pelat geladak (konstruksi kapal tanker). Jarak antar gading utama disebut jarak normal gading atau sering disingkat dengan  $a_0$ .

b) Gading besar (*web frame*)

Gading besar adalah gading berjarak setiap kali jarak gading normal ( $4a_0$  atau  $5 a_0$ ). Gading besar umumnya terdiri dari pelat bilah dan pelat bilah hadap (*face plate*), di mana modulus penampang gading besar harus lebih besar dari modulus penampang gading utama. Perletakan gading besar pada pelat sisi sepanjang lambung kapal.

c) Balok geladak (*deck beam*)

Fungsi balok geladak yaitu menerima beban geladak muat dan meneruskan beban tersebut ke gading-gading utama (*main frame*).

am hal ini, gading-gading bertindak sebagai pilar/topang dan





meneruskan gaya/beban ke seluruh daerah bawah (konstruksi bottom).

Jarak antar balok geladak sama dengan jarak antar gading utama ( $a_0$ ).

d) Balok geladak melintang (*transverse deck beam*)

Fungsi balok geladak melintang yaitu menerima beban geladak muat dan meneruskan beban tersebut ke gading-gading besar (*Web frame*).

Jarak antar balok geladak melintang umumnya tidak lebih dari  $5a_0$ .

Modulus penampang balok geladak melintang lebih besar dari modulus penampang balok geladak.

e) Pelat geladak

Pelat geladak berfungsi sebagai lantai pada kapal dan diletakkan di atas balok geladak dan balok melintang geladak. Selain berfungsi sebagai lantai, pelat geladak memiliki fungsi lain yaitu penunjang kekuatan memanjang kapal. Umumnya tebal pelat geladak sama dengan tebal pelat sisi.

f) Pelat sisi

Pelat sisi adalah pelat terluar kapal dan terpasang pada gading-gading kapal. Ketebalan terbesar pelat sisi berada pada daerah tengah kapal yaitu 40% panjang kapal ( $0,4L_{bp}$ ). Ketebalan pelat sisi bertambah pada daerah ceruk haluan maupun buritan.

g) Pelat lajur atas (*sheer strake*)

Pelat lajur atas adalah pelat lajur pelat teratas di atas pelat sisi dan

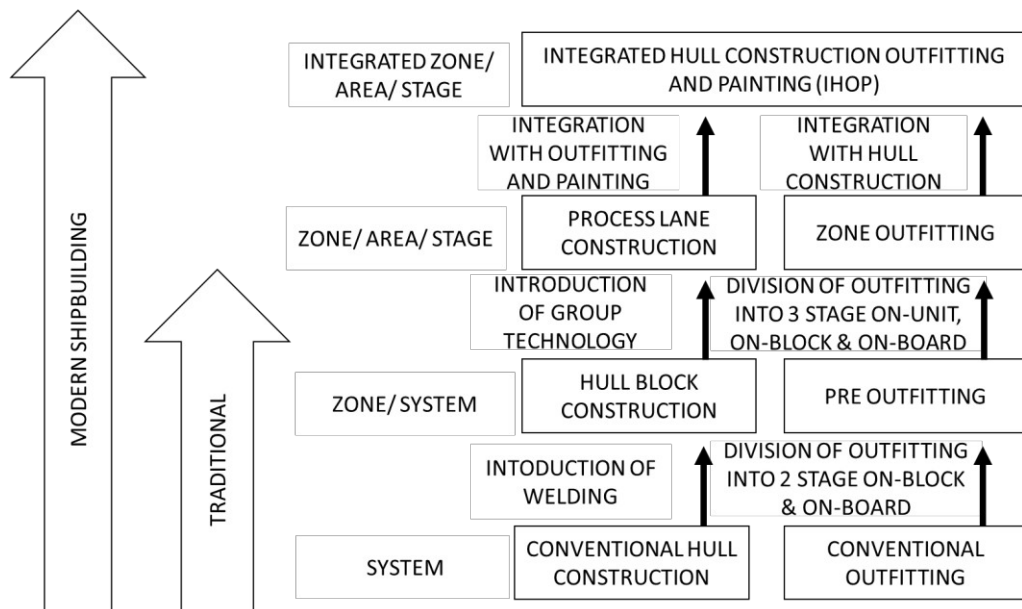
sanya dipasang sedemikian rupa sehingga tepi atasnya menonjol di atas garis geladak yaitu sekitar 8" – 10". Pada kapal dengan geladak



anjungan yang panjang atau geladak penggal (*raised quarter deck*), posisi pelat lajur atas menjadi lebih tinggi.

### 2.3 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 ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2-4 Sejarah Perkembangan Metode Pembangunan Kapal (Sumber: Chirillo, 1982)

Adapun tahapan yang dimaksud yaitu:

1. *Conventional Hull Construction and Outfitting.*
2. *Hull Block Construction and Zone Outfitting.*

*Process-lane Hull Construction and Zone Outfitting.*

*Integrated Hull Construction, Outfitting, and Painting.*



Pertama, *Conventional Hull Construction and Outfitting* merupakan teknologi yang berorientasi pada sistem atau fungsi yang ada di kapal dan pekerjaan pembangunan kapal terpusat pada *building berth*. Proses pekerjaan diawali dengan peletakan lunas, kemudian dilanjutkan dengan pemasangan gading, kulit dan seterusnya sampai ke bangunan atas dan diakhiri pada pekerjaan *out-fitting* (O/F). yang mana pekerjaan tersebut dilakukan berdasarkan sistem per sistem.

Tahap ini merupakan penerapan teknologi paling konvensional dengan tingkat produktivitas yang sangat rendah. Hal ini dikarenakan semua lingkup pekerjaan dilakukan secara berurutan dan memiliki tingkat ketergantungan yang tinggi antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya. Sehingga memberikan konsekuensi dalam penggunaan waktu yang cukup lama dan mutu pekerjaan yang dihasilkan sangat rendah. Hal ini dikarenakan, hampir semua pekerjaan dilakukan secara manual pada *building berth*, di mana kondisi lingkungan kerja sangat tidak mendukung dari segi keamanan, kenyamanan, dan kemudahan kerja.

Selanjutnya gambaran tentang proses pada tahap ini adalah pertama-tama lunas diletakkan kemudian komponen-komponen konstruksi kapal seperti gading-gading, penegar-penegar, *wrang* dan kulit dipasang berurutan. Bila lambung kapal telah selesai, barulah pekerjaan *outfitting* dimulai.

Pada tahap *outfitting* direncanakan dan dikerjakan sistem demi sistem, seperti sistem ventilasi, sistem pipa, listrik dan mesin. Pengorganisasian sistem demi sistem ini merupakan halangan untuk mencapai



produktivitas yang tinggi. Mengatur dan mengawasi pekerjaan pembuatan kapal dengan menggunakan ratusan pekerja adalah sangat sukar. Kegagalan seorang pekerja dalam menyelesaikan suatu pekerjaan yang dibutuhkan 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 relatif sulit. Dengan demikian semua keadaan tersebut pada prinsipnya akan menghalangi usaha-usaha meningkatkan produktivitas.

Kedua, *Hull Block Construction Method (HBCM) and Pre Outfitting* merupakan teknologi pembangunan kapal yang diawali sejak dikenal dan dikembangkannya teknologi pengelasan pada proses pembangunan kapal, dimana kapal sudah dibuat dalam bentuk seksi-seksi dan blok-blok yang kemudian disambung satu sama lain melalui pengelasan menjadi badan kapal pada *building berth*. Selain itu, beberapa pekerjaan *outfitting* sudah mulai dilakukan pada blok atau badan kapal yang sudah jadi.

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

akukan dengan menggunakan mesin las semi-otomatis dengan posisi  
nd.



Ketiga, *Process-lane Hull Construction and Zone Outfitting* merupakan teknologi produksi bangunan kapal yang sudah dapat dikategorikan sebagai teknologi modern. Pada teknologi ini sudah mulai diperkenalkan dan diterapkan tentang konsep *Group Technology* dalam proses pembangunan badan kapal (*Hull*) dan pekerjaan *outfitting* (Storch, 1995). Ranson (1972) memberikan definisi dari *Group Technology* sebagai pengaturan dan pentahapan yang berdasarkan logika dalam seluruh aspek pelaksanaan perusahaan untuk memperoleh keuntungan dari produksi massal (*mass-product*) yang memiliki keragaman jenis dan kuantitas produk.

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:

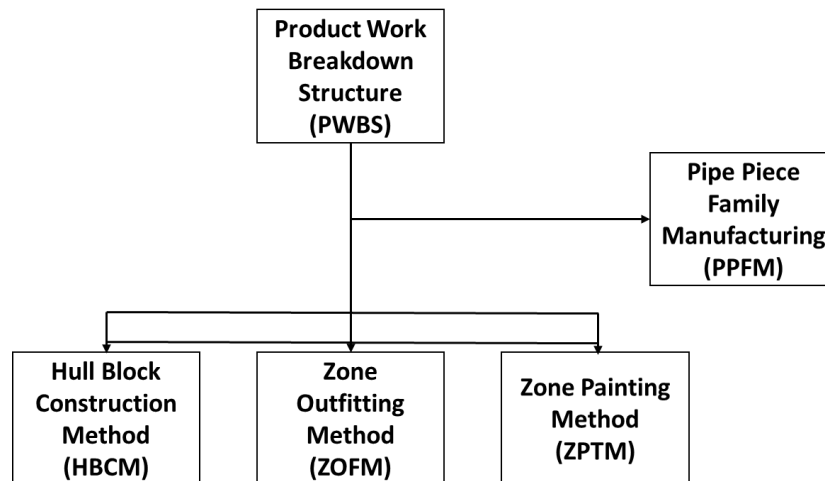
- *Hull Block Construction Method (HBCM)*.
- *Zone Outfitting Method (ZOFM)*.

*Painting Method (ZPTM)*.

*Piece Family Manufacturing (PPFM)*.



Selanjutnya untuk lebih memperjelas tentang komponen *Product-oriented Work Breakdown Structure (PWBS)*, skema komponen PWBS diperlihatkan pada Gambar 2.5



Gambar 2-5 Komponen-komponen Teknologi PWBS  
(Sumber: Storch, 1995)

Keempat, *Integrated Hull Construction, Outfitting and Painting (IHOP)*, merupakan tahapan berikutnya yang ditandai dengan suatu kondisi dimana pekerjaan pembuatan badan kapal, *Outfitting* dan pengecatan sudah diintegrasikan. Keadaan ini digunakan untuk menggambarkan teknologi yang paling *advance* di industri galangan kapal, yang hanya dapat dicapai oleh *Ishikawajima harima Heavy Industry Co.Ltd. (IHI)*. Pada tahap ini proses pengecatan dilakukan sebagai bagian dari proses pembuatan kapal yang terjadi di setiap *stage*. Selain itu, karakteristik utama dari tahap ini adalah digunakannya teknik-teknik manajemen yang bersifat analitis, khususnya

statistik untuk mengontrol proses produksi atau dikenal sebagai *Control System*.

ain itu metode produksi ini akan dapat mengurangi waktu



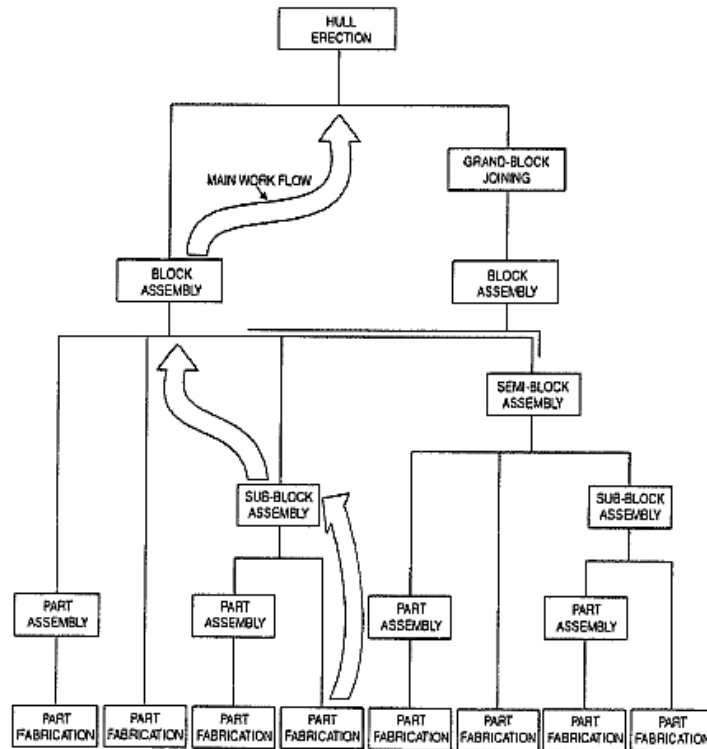
penyelesaian pembangunan kapal secara drastis. Metode ini juga memberikan keluwesan yang dibutuhkan dalam memproduksi beragam blok yang berbeda dengan melengkapi *Outfitting* terlebih dahulu sebelum tahap *erection*. Metode ini akan membawa dampak positif pada proses perencanaan dan koordinasi antara semua bagian organisasi yang terkait di galangan.

### **2.3.1 Hull Block Construction Methode (HBCM)**

Tingkat manufaktur atau tahapan untuk *Hull Blok Construction Method* didefinisikan sebagai kombinasi dari operasi kerja yang mengubah berbagai masukan ke dalam produk antara (*interim products*) yang berbeda, seperti bahan baku (*material*) menjadi *part fabrication*, *part fabrication* menjadi *sub block assembly* dan lain – lain.

Tingkat manufaktur atau tahapan untuk pembuatan kapal berdasarkan metode *Hull Block Construction Method* (HBCM) dapat diperlihatkan pada Gambar 2.6.





Gambar 2.6 Tingkat manufaktur atau tahapan HBCM  
(Sumber: Wahyuddin, 2011)

Dari gambar 2.5 dapat dilihat bahwa material atau pelat setelah mengalami pekerjaan fabrikasi (*part fabrication*) yang selanjutnya di proses menjadi produk *assembly* (*part assembly*). Terdapat juga produk fabrikasi yang digabung menjadi produk *sub block assembly* yang selanjutnya digabung menjadi blok (*block assembly*). Antara *block assembly* digabung membentuk blok besar (*grand block*) dan selanjutnya membentuk badan kapal (*hull construction*).

Pengelompokan aspek produksi dimulai dengan kapal sebagai *zona*.

Tahap pertama adalah membagi tahapan pembangunan kapal menjadi tujuh

empat alur kerja utama dan tiga dari aliran yang diperlukan seperti 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 dengan tujuh tingkat seperti ditunjukkan pada gambar 2.6 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*).

### 2.3.2 *Zone Outfitting Methode (ZOFM)*

ZOFM adalah aplikasi teknologi pada proses instalasi peralatan atau

apan kapal selain konstruksi atau outfitting. ZOFM memberikan inian meningkatkan efisiensi secara menyeluruh proses produksi



kapal karena selama ini outfitting membutuhkan waktu yang cukup lama dan jam kerja yang lebih banyak. Pekerjaan outfitting dibagi ke dalam beberapa zona pekerjaan dan setiap zona dibagi 3 tahap yaitu *on-unit*, *on-block*, dan *on-board*. Tahapan pekerjaan outfitting dan pengelompokannya sesuai kesamaan proses pekerjaan (Fatwa, 2014).

Perencana ZOFM, merinci pekerjaan outfit ke dalam paket-paket pekerjaan, dan pertimbangkan komponen-komponen outfit untuk semua sistem dalam zona *on-board* dan mencoba untuk memaksimalkan jumlah dipasang/diinstalasi pada zona onblock. Tujuannya adalah untuk meminimalkan pekerjaan *outfit* selama dan setelah ereksi lambung.

Optimalisasi ukuran paket pekerjaan dapat dicapai ketika isi pekerjaan hampir seragam. Keseimbangan paket-paket pekerjaan didasarkan pertimbangan mengelompokkan komponen ke dalam aspek produk zona, problem area dan stage. Faktor-faktor yang mempengaruhi keseimbangan kerja, seperti alokasi tenaga kerja dan penjadwalan. tujuan lain dari perencana ZOFM meliputi:

1. Pemindahan posisi pekerjaan *fitting* (instalasi), terutama las, dari posisi sulit ke posisi lebih mudah yaitu *down hand* , sehingga dapat mengurangi baik jam orang dan jangka waktu yang diperlukan.
2. Memilih dan merancang komponen yang dapat diatur kedalam grup *fitting* untuk pemasangan/perakitan on-unit, sehingga *simplifying*

rencanaan dan penjadwalan dengan menjaga berbagai jenis pekerjaan g terpisah pada tingkat manufaktur paling awal.

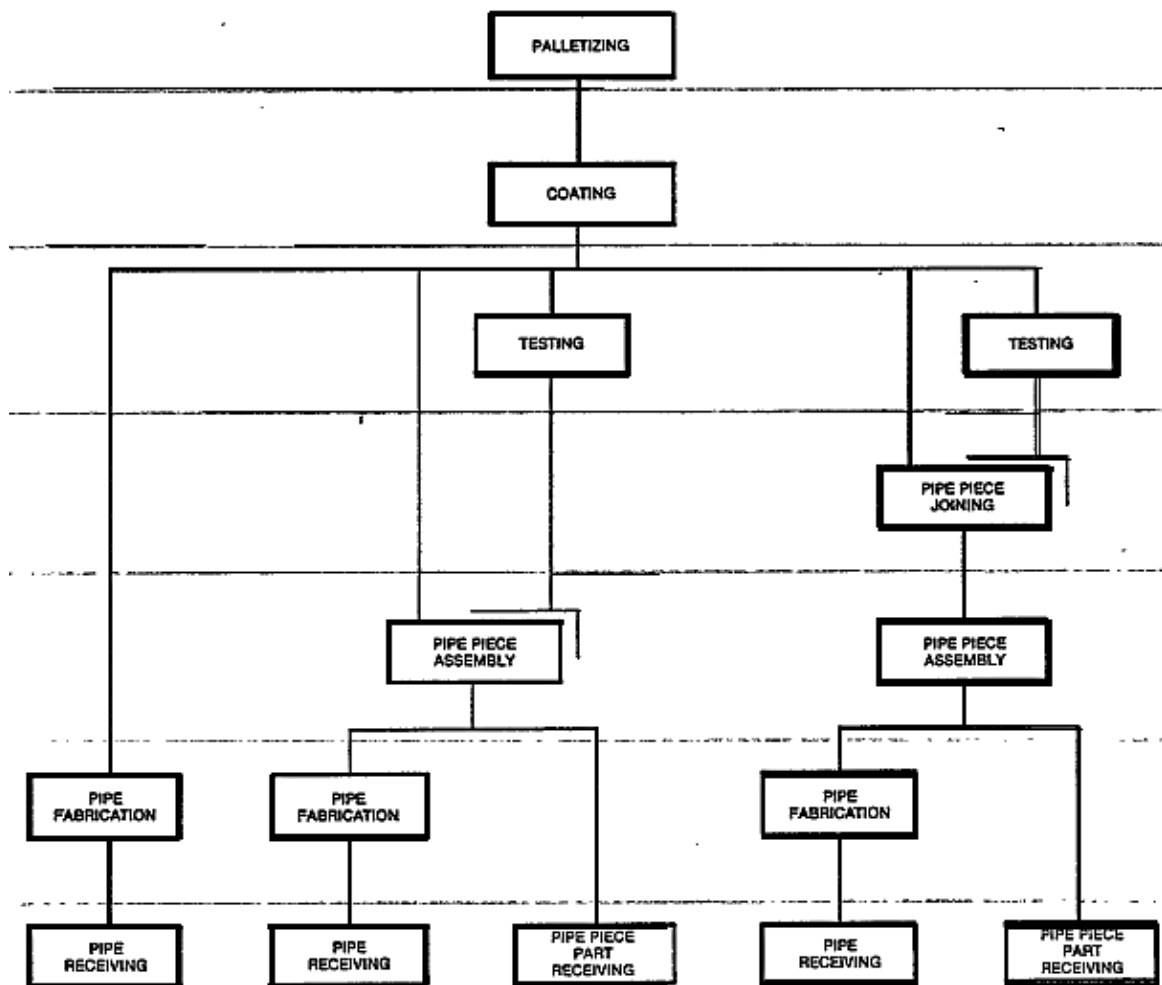


3. Memindahkan pekerjaan dari ruang tertutup, sempit, tinggi, atau tidak aman ke tempat-tempat terbuka, luas, dan rendah, sehingga memaksimalkan keamanan dan akses untuk penanganan material.
4. Perencanaan secara simultan/kompak, paket- paket pekerjaan, sehingga mengurangi waktu instalasi secara keseluruhan.

### **2.3.3 Pipe Piece Family Manufacturing (PPFM)**

PPFM adalah aplikasi GT pada pekerjaan instalasi pipa dimana sebelum pipa dipasang mengikuti pekerjaan outfitting harus diproduksi dengan mengacu pada prinsip kesamaan pengerjaannya, PPFM biasa dilakukan di bengkel khusus pipa. Tahapan dasar PPFM diawali dengan fabrikasi pipa, assembly pipa, kemudian tahap join pipa dilanjutkan dengan testing, pengecatan, dan pemasangan. Pada gambar 2.7 dibawah ditampilkan diagram arus pengerjaan pipa.





Gambar 2.7 Tingkat pengerjaan untuk *Pipe Piece Family Facturing* (PPFM).  
 (sumber: U.S. Department of Transportation, 1982)

Catatan bahwa pengecatan serta pembuatan palet adalah tahap pengerjaan. Tiap bagian pipa tidak lengkap sebelum dicat dan disatukan dengan bagian pipa lain yang dibutuhkan untuk menunjang zona *outfitting* (U.S Department of Transportation, 1982).



Berdasarkan USSR Shipping Register dalam Fatwa (2014), secara umum semua pipa harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Sistem pipa harus dilaksanakan se-praktis mungkin, dengan minimum bengkokan, sambungan las sedapat mungkin dengan flens atau sambungan yang dapat dilepas atau dipisahkan bila mana perlu.
2. Semua pipa harus dilindungi sedemikian rupa sehingga terhindar dari kerusakan mekanis dan harus ditutup atau dijepit sedemikian rupa sehingga terhindar dari getaran.
3. Ditempatkan pada tempat-tempat dimana pipa-pipa menembus kedap air, pipa-pipa dari seluruh sistem diatas kapal harus diletakkan pada dinding kedap itu dengan bantuan flens yang dilas atau dikeling.
4. Semua lubang saluran masuk samping kapal harus ditutup dengan sebuah saringan atau kisi-kisi untuk mencegah masuknya kotoran yang akan menyumbat saluran dari bottom valves.
5. Semua alat-alat pemutusan hubungan (disconnecting fittings) harus dibuat sedemikian rupa sehingga orang sepintas lalu dapat melihat apakah terbuka atau tertutup.

**a. Dimensi Pipa**

Diameter pipa yang diperlukan bergantung pada luas penampang minimum yang diperlukan untuk memungkinkan lewatnya suatu fluida

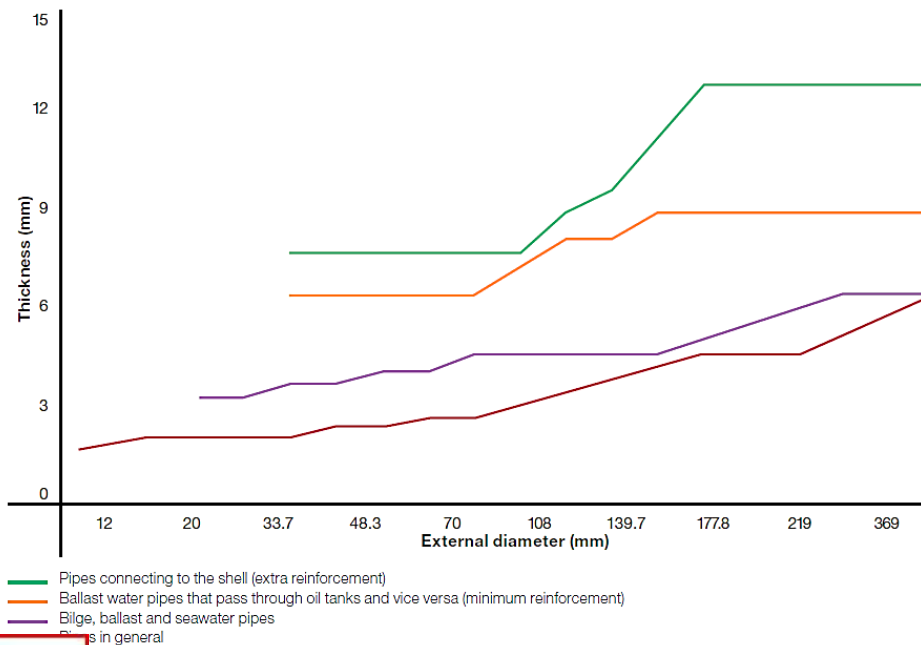
viskositas pada kecepatan tertentu. Ketebalan dinding pipa tergantung tekanan, suhu cairan yang diangkut dan bahan konstruksi. Pipa yang beroperasi pada tekanan tinggi, seperti pipa hidrolik memiliki dinding tebal,



sementara pipa yang beroperasi pada tekanan rendah, seperti pipa air ballast, dirancang sesuai dengan klasifikasi 'ketebalan minimum'. Pipa yang terhubung langsung ke shell kapal memiliki dinding yang lebih tebal (Eric Murdoch, 2012).

Selama perancangan, batas toleransi korosi juga diperhitungkan dalam ketebalan dinding. Namun, ketebalan dinding terhitung tidak boleh kurang dari aturan ketebalan minimum. Salah satu kesalahan yang sering dipercayai adalah bahwa toleransi korosi cukup untuk mencegah kerusakan akibat karat sebelum perencanaan batas waktu pipa (Eric Murdoch, 2012).

Grafik dibawah ini menunjukkan pengkalsifikasian ketebalan dinding minimum yang disyaratkan untuk pipa baja bertekanan rendah (Eric Murdoch, 2012).



Gambar 2.8 Grafik Hubungan Ketebalan dan Diameter Luar Pipa  
(Sumber: Eric Murdoch, 2012)



## b. Warna Pipa

Karena cat digunakan untuk mencegah korosi, untuk mencegah kotoran menempel, untuk mendapatkan tampilan yang bagus dan menandai lambung, cat yang sesuai harus dipilih untuk setiap tujuan. Cat marine mendapatkan dampak yang lebih parah daripada cat yang digunakan pada bangunan darat, jadi cat berkualitas tinggi harus digunakan. Untuk kondisi permukaan bahan baja tergantung pada tingkat proses pengkondisian, merujuk pada SPSS (Standar untuk persiapan Permukaan Baja Sebelum Pengecatan) yang dikeluarkan oleh Asosiasi Industri Kapal Jepang (NKK, 2007).

Cat diklasifikasikan tergantung di mana mereka akan diterapkan. Pengklasifikasian ini terdiri dari Pengecatan Pelat Kulit, Pengecatan Geladak, Pengecatan Tangki, Pengecatan Banguna Atas, dll. Pengecatan pipa masuk dalam klasifikasi Pengecatan untuk keamanan. Di bawah ini adalah spesifikasi warna cat pada perpipaan yang diatur dalam Rules for Safety and Industrial Hygiene for Seamen (NKK, 2007).

Tabel 2.1 Warna Sistem Perpipaan

<b>SISTEM PERPIPAAN</b>	<b>WARNA</b>
Air Tawar	Biru
Air Laut	Hijau
Bahan Bakar	Merah
Minyak Lumas	Kuning
Gas	Silver
Udara	Abu-Abu
Bilga	Hitam

(Sumber: Nippon Kaiji Kyokai, 2007)



## 2.4 Beban Pekerjaan

Beban pekerjaan merupakan satuan yang menunjukkan besarnya volume pekerjaan untuk tiap-tiap kegiatan. Beban pekerjaan pada perakitan blok lambung kapal terdiri dari tiga, yaitu:

- a. *Lifting* atau pengangkatan yaitu proses pemindahan material atau komponen ke tempat perakitan blok kapal. Satuan beban pekerjaan pada kegiatan *lifting* yaitu ton.
- b. *Fitting* atau penyetelan adalah proses mencocokkan atau menyetel komponen-komponen material sebelum disambung. Satuan beban pekerjaan pada kegiatan *fitting* yaitu meter.
- c. *Welding* atau pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan material baja, besi, ataupun aluminium dengan cara membakar. Sama halnya dengan kegiatan *fitting*, satuan beban pekerjaan untuk kegiatan *welding* adalah meter.

## 2.5 Welding Procedure Specification

Welding Procedure Specification (WPS) adalah prosedur tertulis yang berisikan tentang variabel parameter pengelasan yang dibuat dengan tujuan untuk digunakan sebagai acuan seorang welder atau operator las dalam melakukan pekerjaan pengelasan (sambungan las) yang sesuai dengan ketentuan yang ada di code (ASME, API dan AWS). Dalam pembuatan

WPS terdapat banyak variabel yang harus diketahui, agar saat pekerjaan pengelasan hasil yang didapat sesuai dengan kriteria atau





*acceptance criteria* yang telah ditentukan oleh Code. Variabel yang terdapat dalam WPS terbagi dalam tiga bagian yaitu:

a. Essensial Variable

Pengertian Essensial Variable adalah jenis variabel atau parameter pengelasan yang wajib dilakukan saat pembuatan sebuah WPS, karena jika variabel ini dirubah akan membuat sifat mekaniknya juga berubah oleh karena itu harus dilakukan kualifikasi ulang jika variabel ini dirubah.

Contoh Essensial Variable : P Number, F Number, A Number, Thickness atau ketebalan material, Proses pengelasan, PWHT.

b. Supplement Essensial Variable

Pengertian Supplement Essensial Variable adalah merupakan variabel yang akan mempengaruhi hasil sambungan las jika dilakukan pengujian impact. Jadi variabel ini akan menjadi essential jika dalam pengujiannya dilakukan uji impact dan menjadi non essential jika tidak dilakukan uji impact.

Contoh Supplement Essensial Variable : Group Number, Filler metal classification.

c. Non Essensial Variable

Pengertian Non Essensial Variable adalah jenis variabel yang tidak mempengaruhi sifat mekanik dari sambungan lasan. Jadi variabel ini

ubah maka tidak perlu melakukan kualifikasi ulang atau membuat WPS baru.



Contoh Non Essential Variable : Tipe sambungan las atau bentuk groove, Backing, Lebar gap (root spacing), posisi pengelasan.

Kecepatan pengelasan selain ditentukan oleh tekniknya, juga ditentukan oleh posisi pengelasannya. Posisi pengelasan dibagi menjadi empat posisi, yaitu:

a. Posisi bawah tangan

Benda kerja terletak diatas bidang datar dan possisinya dibawah tangan dengan arah tangan dari kiri ke arah kanan. Dari keempat posisi pengelasan tersebut, posisi bawah tanganlah yang paling mudah melakukannya. Oleh sebab itu untuk menyelesaikan setiap pekerjaan pengelasan sedapat mungkin diusahakan pada posisi dibawah tangan.

b. Posisi mendatar

Benda tegak berdiri dan arah pengelasan berjalan mendatar dari kiri ke arah kanan sejajar dengan bahu pengelas. Pada posisi horizontal kedudukan benda dibuat tegak dan arah pengelasan mengikuti garis horizontal. Panjang busur nyala dibuat lebih pendek kalau dibandingkan dengan panjang busur nyala pada posisi pengelasan dibawah tangan

c. Posisi tegak (vertical)

Posisi benda kerja tegak dan arah pengelasan berjalan bisa naik dan bisa juga turun. Pada pengelasan vertical, benda kerja dalam posisi tegak dan arah pengelasan dapat dilakukan keatas / naik atau kebawah / turun. Arah

an yang dilakukan tergantung kepada jenis elektroda yang dipakai.  
u yang berbusur lemah dilakukan pengelasan keatas, elektroda yang



berbusur keras dilakukan pengelasan kebawah.

d. Posisi atas kepala

Pengelasan dari bawah dan benda kerja berada diatas operator. Posisi pengelasan diatas kepala, bila benda kerja berada pada daerah sudut  $45^\circ$  terhadap garis vertical, dan juru las berada dibawahnya. Pengelasan posisi diatas kepala, sudut jalan elektroda berkisar antara  $75^\circ - 85^\circ$  tegak lurus terhadap kedua benda kerja. Busur nyala dibuat sependek mungkin agar pengaliran cairan logam dapat ditahan.

## 2.6 Kebutuhan Sumber Daya Manusia (SDM)

Pengertian produktivitas sangat berbeda dengan produksi, tetapi produksi merupakan salah satu komponen dari usaha produktivitas, selain kualitas dan hasil keluarannya. Produksi adalah suatu kegiatan yang berhubungan dengan hasil keluaran dan umumnya dinyatakan dengan volume produksi, sedangkan produktivitas berhubungan dengan efisiensi penggunaan sumber daya (masukan dalam menghasilkan tingkat perbandingan antara keluaran dan masukan).

Produktivitas mengandung arti sebagai perbandingan antara hasil yang dicapai (output) dengan keseluruhan sumber daya yang digunakan (input). Dengan kata lain bahwa produktivitas memiliki dua dimensi. Dimensi pertama adalah efektivitas yang mengarah kepada pencapaian target berkaitan

dengan kualitas, kuantitas dan waktu. Yang kedua yaitu efisiensi yang dengan upaya membandingkan input dengan realisasi hasilnya atau bagaimana pekerjaan tersebut dilaksanakan.



### 2.6.1. Unsur-unsur Produktivitas

Ada beberapa unsur produksinya yang perlu diketahui, seperti:

#### 1. Efisiensi

Produktivitas sebagai rasio output/input merupakan ukuran efisiensi pemakaian sumber daya (input). Efisiensi merupakan suatu ukuran dalam membandingkan penggunaan masukan (input) yang direncanakan dengan penggunaan masukan yang sebenarnya terlaksana. Pengertian efisiensi berorientasi kepada masukan.

#### 2. Efektivitas

Efektivitas merupakan suatu ukuran yang memberikan gambaran seberapa jauh target yang dapat tercapai baik secara kuantitas maupun waktu. Makin besar presentase target tercapai, makin tinggi tingkat efektivitasnya. Konsep ini berorientasi pada keluaran. Peningkatan efektivitas belum tentu dibarengi dengan peningkatan efisiensi dan sebaliknya.

#### 3. Kualitas

Secara umum kualitas adalah ukuran yang menyatakan seberapa jauh pemenuhan persyaratan, spesifikasi, dan harapan konsumen. Kualitas merupakan salah satu ukuran produktivitas. Meskipun kualitas sulit diukur secara matematis melalui rasio output/input, namun jelas bahwa kualitas input dan kualitas proses akan meningkatkan kualitas output.



## 2.6.2. Manfaat Produktivitas

Menurut Vincent (1998), suatu organisasi perusahaan perlu mengetahui pada tingkat produktivitas nama perusahaan itu beroperasi, agar dapat membandingkannya dengan produktivitas standar yang telah ditetapkan manajemen, mengukur tingkat produktivitas dari waktu, dan membandingkan dengan produktivitas industry sejenis yang menghasilkan produk serupa.

Manfaat pengukuran produktivitas dalam suatu organisasi perusahaan, antara lain:

1. Perusahaan dapat menilai efisiensi konvensi sumber dayanya, agar dapat meningkatkan produktivitas melalui penggunaan sumber-sumber daya tersebut.
2. Perencanaan sumber-sumber daya akan menjadi lebih efektif dan efisien melalui pengukuran produktivitas, baik dalam perencanaan jangka pendek maupun jangka panjang.
3. Tujuan ekonomis dan non ekonomis dari perusahaan dapat diorganisasikan kembali dengan cara memberikan prioritas tertentu yang dipandang dari sudut produktivitas.
4. Perencanaan target tingkat produktivitas di masa mendatang dapat dimodifikasi kembali berdasarkan informasi pengukuran tingkat produktivitas sekarang.



### Produktivitas Kerja

Produktivitas kerja adalah kemampuan menghasilkan barang dan jasa

dari berbagai sumber daya atau factor produksi yang digunakan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas pekerjaan yang dihasilkan dalam suatu perusahaan.

Pengukuran produktivitas tenaga kerja menurut system pemasangan fisik perorangan atau per jam kerja orang diterima secara luas, namun dari sudut pandangan atau pengawasan harian, pengukuran-pengukuran tersebut pada umumnya tidak memuaskan, dikarenakan adanya variasi dalam jumlah yang diperlukan untuk memproduksi satu unit produk yang berbeda. Oleh karena itu, digunakan metode pengukuran waktu tenaga kerja (jam, hari atau tahun). Pengeluaran diubah ke dalam unit-unit pekerja yang biasanya diartikan sebagai jumlah kerja yang dapat dilakukan dalam satu jam oleh pekerja yang terpercaya yang bekerja menurut pelaksanaan standar (Sinungan, 2003).

Adapun data produktifitas yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari PT PAL Indonesia berupa produktifitas pekerjaan *Lifting*, *Fitting*, dan *Welding* seperti yang diperlihatkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.2 Data Produktifitas Pekerjaan

No	Item Pekerjaan	Produktifitas (JO/Unit)
1	Pengangkatan/ <i>Lifting</i>	0,537
2	Penyetelan/ <i>Fitting</i>	0,064
3	Pengelasan/ <i>Welding</i>	0,133

(sumber: PT PAL Indonesia)



### Rencanakan Waktu

belum menyusun rencana kerja atau times

harus diperhatikan

bagian-bagian pekerjaan yang terkait satu sama lain serta pekerjaan yang dapat dimulai tanpa menunggu pekerjaan yang lain selesai. Uraian dari rencana kerja adalah penyusunan program kerja sesuai dengan urutan dan kelompok pekerjaan

#### 1. Prinsip Dasar Penjadwalan Network Planning

ada beberapa hal yang harus dilakukan terlebih dahulu dalam membuat metode jaringan kerja, yaitu:

- a. Menentukan aktivitas kegiatan
- b. Menentukan bebar masing-masing kegiatan
- c. Menentukan durasi aktivitas kegiatan
- d. Mendiskripsikan aktivitas/kegiatan
- e. Menentukan hubungan yang logis

#### 2. Penjadwalan Bagan Balok (bar Chart)

Bar Chart adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan dalam baris horisontal. waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horisontal dibagian sebelah kanan dari setiap aktivitas.

waktu mulai dan selesai dapat ditentukan dari waktu horisontal



pada bagian atas bagan. panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan

biasanya aktivitas-aktivitas disusun berdasarkan kronologi pekerjaannya. Bar chart memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Mudah dalam pembuatan dan persiapannya
- b. Memiliki bentuk yang mudah dimengerti
- c. Bila digabungkan dengan metode lain, dapat dipakai lebih jauh sebagai pengendali biaya

## 2.8 Metode Jalur Kritis (*Critical Path Methode/CPM*)

CPM atau “*Critical Path Method*” adalah sebuah metode penjadwalan jaringan proyek yang menggunakan penyeimbangan antara waktu dan biaya. Masing-masing aktivitas dapat diselesaikan lebih cepat dari waktu yang telah ditentukan yaitu dengan cara merubah dan menambah biaya (Rahmawati, 2007).

Pengertian jalur kritis berdasarkan beberapa ahli adalah (Rahmawati, 2007) :

1. Menurut T. Hani Handoko (1997 : 407), jalur kritis adalah jalur terpanjang pada *network* dan waktunya menjadi waktu penyelesaian minimum yang diharapkan untuk masing-masing alternatif.

Menurut Lalu Sumayang (2003 : 157), jalur kritis adalah aktivitas yang mempunyai waktu penyelesaian terlama. Aktivitas pada jalur kritis ini





berarti mempunyai waktu longgar atau *slack* sebesar Nol. Aktivitas ini harus selesai pada waktunya untuk mencegah penyelesaian proyek tertunda.

Jalur kritis memiliki sifat atau ciri-ciri sebagai berikut (Gitosudarmo dalam Rahmawati ,2007):

1. Jalur kritis merupakan jalur yang mempunyai waktu terpanjang dalam proses produksi.
2. Jalur kritis tidak memiliki tenggang waktu antara waktu selesainya suatu tahap kegiatan dengan waktu mulainya suatu tahap kegiatan yang lain dalam proses produksi.

### 2.8.1 Manfaat Analisis Metode Jalur Kritis

Metode jalur kritis merupakan bagian dari metode jaringan kerja yang terutama digunakan untuk mengendalikan kegiatan-kegiatan yang bersifat tidak rutin atau terutama tipe produksi yang intermiten, produksi berdasarkan pesanan. Menurut Agus Ahyari dalam Rahmawati (2007) keuntungan-keuntungan yang bisa diperoleh dengan mempergunakan analisis jaringan kerja ini adalah :

1. Mengorganisir data dan informasi secara sistematis.

menentukan urutan /prioritas pekerjaan.



3. Dapat menemukan pekerjaan-pekerjaan yang dapat ditunda tanpa menyebabkan terlambatnya penyelesaian proyek/pekerjaan secara keseluruhan, sehingga dari pekerjaan-pekerjaan tersebut dapat dihemat tenaga, waktu, dan dana.
4. Dapat menentukan pekerjaan-pekerjaan yang harus segera diselesaikan tepat pada waktunya, karena penundaan pekerjaan-pekerjaan tersebut dapat mengakibatkan tertundanya penyelesaian pekerjaan secara keseluruhan.
5. Dapat segera mengambil keputusan apabila jangka waktu kontrak (jangka waktu penyelesaian proyek yang diminta oleh konsumen) tidak sama dengan jangka waktu penyelesaian proyek secara normal.
6. Dapat segera menentukan pekerjaan-pekerjaan mana yang harus dikerjakan dengan lembur atau pekerjaan mana yang harus disubkontrakkan agar penyelesaian proyek atau pekerjaan secara keseluruhan dapat sesuai dengan permintaan konsumen.

### 2.8.2 Analisis Jaringan Kerja

Untuk mengadakan analisis jaringan kerja pada suatu proyek diperlukan data sebagai berikut (Rahmawati,2007) :

1. Pekerjaan yang harus dilaksanakan untuk menyelesaikan proyek tersebut secara keseluruhan.



ksiran waktu yang diperlukan untuk setiap kegiatan

ksiran waktu yang diperlukan untuk setiap kegiatan tidak dapat

ditentukan dengan mutlak, maka taksiran yang digunakan adalah dengan pengalaman masa lalu berapa waktu yang dibutuhkan untuk pekerjaan serupa.

### 3. Urutan pekerjaan yang akan dilaksanakan

Urutan pekerjaan yang akan dilaksanakan adalah pekerjaan apa yang harus diselesaikan sebelum suatu pekerjaan bisa dimulai, dan pekerjaan apa yang kemudian mengikutinya.

### 4. Ongkos untuk mempercepat setiap pekerjaan

Pada prinsipnya ongkos untuk mempercepat pekerjaan ini adalah tambahan ongkos yang diperlukan karena dipercepatnya suatu pekerjaan dari taksiran waktu normal dan dengan perhitungan ongkos normal pula.

Berdasarkan data diatas, dapatlah disusun suatu diagram dari urutan pekerjaan untuk penyelesaian proyek secara keseluruhan. Diagram inilah yang disebut diagram jaringan kerja. Dengan demikian maka proses pelaksanaan pekerjaan untuk penyelesaian proyek tersebut dapat digambarkan secara visual, yang mana hal tersebut lebih memudahkan penglihatan manajemen untuk mengadakan pengawasan pelaksanaan proyeknya.

## 2.8.3 Pembuatan Jaringan Kerja

Adapun cara pembuatan diagram kerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan secara keseluruhan ditulis dalam bentuk simbol-simbol, yaitu (Syaiful, 2007):



1.  $\longrightarrow$

Anak panah melambangkan kegiatan (*activity*) yang merupakan bagian dari keseluruhan pekerjaan yang dilaksanakan, kegiatan mengkonsumsi waktu dan sumber daya serta mempunyai waktu mulai dan berakhir.

2. 

Lingkaran melambangkan peristiwa yang menandai permulaan dan akhir suatu kegiatan.

3.  $\cdots\cdots\longrightarrow$

Anak panah terputus-putus melambangkan kegiatan semu (*dummy activity*). Kegiatan semu bukan suatu kegiatan senyatanya dan tidak memerlukan alokasi sumber daya (waktu dan biaya).

Dalam menyusun analisa jaringan kerja ada langkah-langkahnya (Rahmawati, 2007) sebagai berikut :

1. Menginvestasikan kegiatan-kegiatan yang diperlukan dalam proses produksi secara keseluruhan.
2. Menentukan urutan pekerjaan yang akan dilakukan.
3. Menentukan perhitungan waktu yang diperlukan untuk setiap jenis kegiatan di dalam produksi.
4. Penyusunan diagram *network*/jaringan kerja.
5. Menentukan jalur kritis.

#### 2.8.4 Model Jaringan Kerja



am menggambarkan diagram jaringan kerja, lingkaran dan anak  
melukiskan hubungan antar kegiatan-kegiatan dalam pelaksanaan

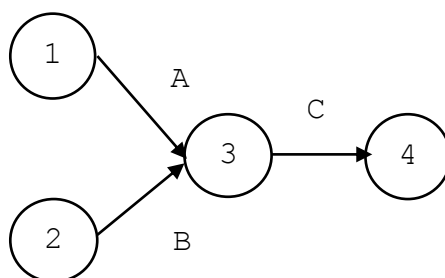
proyek. Arti dari penggunaan simbol tergantung pada model yang dipakai dalam pembuatan diagram jaringan kerja.

Menurut Schroeder dalam rahmawati (2007), Ada dua macam model jaringan kerja untuk pembuatan jaringan kerja, yaitu:

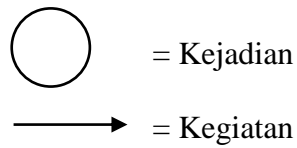
1. Model *activity on arc (AOA)*

AOA adalah model jaringan kerja yang menekankan titik hubungan kegiatan yang berorientasi pada peristiwa dengan menggunakan anak panah untuk menggambarkan kegiatan (*activity*) dan lingkaran (*node*) untuk menggambarkan kejadian atau peristiwa (*event*). Sebuah *event* adalah titik dimana ada satu atau lebih kegiatan yang diselesaikan dan satu atau lebih kegiatan dimulai. Sebuah kegiatan memerlukan waktu serta sumber daya. Model ini digunakan untuk menggambarkan jaringan kerja dengan metode *Program Evaluation and Review Technique (PERT)*.

Gambar di bawah ini menunjukkan bahwa hubungan kegiatan pendahulu diperlukan agar sebuah kejadian tidak terjadi sebelum aktivitas yang mendahuluinya selesai (kejadian 4 tidak dapat terjadi sebelum aktivitas A,B dan C selesai).



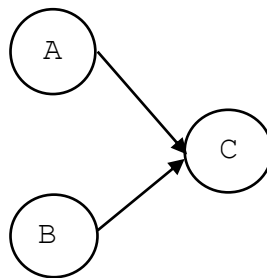
Gambar 2.9: Diagram Jaringan Kerja AOA



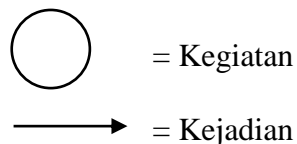
## 2. Model *activity on node* (AON)

AON adalah model diagram jaringan kerja yang berorientasi pada kegiatan dengan menggunakan lingkaran (*node*) untuk menggambarkan kegiatan dan anak panah menunjukkan urutan kegiatan dimana kegiatan harus dilaksanakan. Model ini digunakan untuk menggambarkan jaringan kerja dengan metode jalur kritis (CPM).

Pada gambar di bawah ini hubungan kegiatan pendahulu diperlukan agar sebuah aktivitas tidak dapat dimulai sebelum aktivitas yang mendahuluinya selesai (aktivitas C tidak dapat dimulai sebelum aktivitas A dan B selesai).



Gambar 2.10: Diagram Jaringan Kerja AON



## 2.8.5 Kurva S

Kurva S secara grafis adalah penggambaran kemajuan kerja (bobot %) terhadap waktu pada sumbu vertikal terhadap waktu pada sumbu horisontal.



Dengan demikian pada kurva-S dapat digambarkan kemajuan volume pekerjaan yang diselesaikan sepanjang berlangsungnya proyek atau pekerjaan dalam bagian dari proyek. Dengan membandingkan kurva tersebut dengan kurva yang serupa yang disusun berdasarkan perencanaan, maka akan segera terlihat dengan jelas apabila terjadi penyimpangan.

Oleh karena kemampuannya yang dapat diandalkan dalam melihat penyimpangan-penyimpangan dalam pelaksanaan proyek, maka pengendalian proyek dengan memanfaatkan Kurva-S sering kali digunakan dalam pengendalian suatu proyek. Pada Kurva-S, sumbu mendatar menunjukkan waktu kalender, dan sumbu vertikal menunjukkan nilai kumulatif biaya atau jam-orang atau persentase penyelesaian pekerjaan. Kurva yang berbentuk huruf "S" tersebut lebih banyak terbentuk karena kelaziman dalam pelaksanaan proyek yaitu:

- a. Kemajuan pada awal-awalnya bergerak lambat.
- b. Kemudian diikuti oleh kegiatan yang bergerak cepat dalam kurun waktu yang lebih lama.
- c. Pada akhirnya kegiatan menurun kembali dan berhenti pada suatu titik akhir

