

**PERENCANAAN JARINGAN KERJA PERAKITAN BLOK LAMBUNG  
KAPAL *FERRY RO-RO* 750 GT YANG TERINTEGRASI DENGAN  
SISTEM PERPIPAAN BAHAN BAKAR DAN MINYAK PELUMAS**

**SKRIPSI**

*Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin untuk memenuhi  
sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik  
di bidang Perkapalan*



Oleh :

**RAHMATIA NASYA GUSMAN**

D311 14 319

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2018**





**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

**“Perencanaan Jaringan Kerja Perakitan Blok Lambung Kapal Ferry Ro-Ro 750 GT yang Terintegrasi Dengan Sistem Perpipaan Bahan Bakar dan Minyak Pelumas”**

Oleh :

**RAHMATIA NASYA GUSMAN**

**D311 14 319**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing  
Gowa, Desember 2018

Pembimbing I

**(Dr.Ir. Syamsul Asri, MT)**

**NIP: 19650318 199103 1 003**

Pembimbing II

**(M. Rizal Firmansyah, ST.,MT.,MEng)**

**NIP: 19701001 2000 12 1 001**

Mengetahui :

Ketua Departemen Teknik Perkapalan

  
**Dr.Eng.Suandar Baso, ST., MT**  
**NIP : 197302062000121002**

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu,*

Sujud syukurku kusembahkan kepadamu Tuhan yang Maha Agung nan Maha Tinggi nan 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 “Perencanaan Jaringan Kerja Perakitan Blok Lambung Kapal *Ferry Ro-Ro* 750 GT yang Terintegrasi Dengan Sistem Perpipaan Bahan Bakar dan Minyak Pelumas” 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 ahir ini mencakup *breakdown* komponen kegiatan, identifikasi beban kerja, pembuatan diagram jaringan kerja, penentuan jalur kritis serta perhitungan durasi perakitan blok kapal.

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 Abd. Rahman Toding dan Ibunda Rasmawati 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.

Bapak Dr.Ir. Syamsul Asri, MT selaku Pembimbing I (pertama), yang telah memberi motivasi dan telah memberi/membagi pengetahuannya kepada penulis, dan Bapak M. Rizal Firmansyah, ST, MT, M.Eng. selaku



Pembimbing II (kedua) yang sangat akrab dan bersahaja dalam mengoreksi dan memperbaiki tulisan skripsi ini.

3. Kepada Bapak Wahyuddin ST, MT, Bapak Farianto, ST, MT, dan Bapak Zulkifli, MT 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. Teman-teman angkatan 2014 Teknik Perkapalan atas untuk suka duka yang tercipta selama beberapa tahun ini.
6. Teman-teman seperjuangan di Labo Produksi, untuk kebersamaan selama pengerjaan tugas-tugas labo hingga penyusunan skripsi.
7. Perusahaan Galangan PT. Industri Kapal Indonesia (Persero) yang senang tiasa membantu dalam pengambilan data skripsi penulis dan bimbinganya.
8. 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.



Akhir kata, penulis mengucapkan mohon maaf atas kesalahan-kesalahan masih tersirat. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang telah berkenan membaca dan mempelajarinya. Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa senantiasa memberikan Berkah dan Rahmat-Nya kepada kita semua. Aamiin.

Gowa, Desember 2018

Penulis



# Perencanaan Jaringan Kerja Perakitan Blok Lambung Kapal Ferry Ro-Ro yang Terintegrasi Dengan Sistem Perpipaian Bahan bakar dan Minyak Pelumas

## ABSTRAK

Percepatan proses pembangunan kapal terus diupayakan oleh perusahaan galangan kapal di Indonesia guna memenuhi kebutuhan kapal yang cukup banyak salah satunya kapal *Ferry Ro-Ro*. Hal ini dapat diwujudkan dengan penggunaan metode yang lebih maju pada proses pembangunan kapal seperti mengintegrasikan pekerjaan konstruksi lambung dan perpipaian. Sama seperti kapal lainnya, pembangunan kapal *Ferry* merupakan pekerjaan yang kompleks, sehingga peluang keterlambatan cukup besar, sehingga sebuah perencanaan jaringan kerja dibutuhkan untuk mengatur dan mengelola proses pembangunan.

Objek dalam penelitian ini merupakan kapal Ferry Ro-Ro 750 GT yaitu KMP Lakaan yang dibangun oleh PT Industri Kapal Indonesia Makassar (Persero). Perincian dan pengelompokan kegiatan dalam perakitan blok menggunakan metode *Product Work Breakdown Structure* (PWBS), sedangkan metode analisa jaringan kerja menggunakan *Critical Path Method*. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah menentukan durasi perakitan tiap blok dan mengidentifikasi aktivitas-aktivitas yang berada pada lintasan kritis. Variabel-variabel penting dalam penentuan durasi ialah beban kerja dari setiap kegiatan, nilai produktivitas dan jumlah tenaga kerja yang dipakai.

Berdasarkan hasil pengolahan data, maka didapatkan durasi perakitan pembangunan blok lambung yang terdiri dari sembilan blok sebagai berikut: 65.99 jam, 89.98 jam, 106.87 jam, 197.80 jam, 185.16, 218.41, 219.42 jam, 186.91 jam dan 95.18 jam.

**Kata Kunci :** *Ferry Ro-Ro*, PWBS, CPM, Durasi, Lintasan Kritis



## ***Network Planning of Ferry Ro-Ro 750 GT Block Assembly Integrated with Fuel and Lubricating Oil Piping Systems***

### **ABSTRACT**

*The acceleration of the ship building process continues to be pursued by shipyard companies in Indonesia to meet the needs of a considerable number of ships, one of them is the Ferry Ro-Ro. This can be realized by using more advanced methods in the ship building process such as integrating the hull and piping construction work. Just like other ships, Ferry construction is a complex job, so the opportunity for delays is quite large, so a network planning is needed to regulate and manage the development process.*

*The object of this research is the 750 GT Ferry Ro-Ro, namely KMP Lakaan built by PT. Industri Kapal Indonesia Makassar (Persero). Details and grouping of activities in block assembly using the Product Work Breakdown Structure (PWBS) method, while the network analysis method uses the Critical Path Method. The final goal of this research is to determine the duration of assembly of each block and identify activities that are on the critical path. The important variables in determining duration are the workload of each activity, the value of productivity and the amount of labor employed.*

*Based on the results of data processing, the assembly duration of the hull block construction consists of nine blocks as follows: 65.99 hours, 89.98 hours, 106.87 hours, 197.80 hours, 185.16, 218.41, 219.42 hours, 186.91 hours and 95.18 hours.*

**Keywords:** *Ferry Ro-Ro, PWBS, CPM, Duration, Critical Path*



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	vi
<a href="#">DAFTAR ISI</a> .....	viii
<a href="#">DAFTAR TABEL</a> .....	xii
<a href="#">DAFTAR GAMBAR</a> .....	xii
<a href="#">DAFTAR PERSAMAAN</a> .....	xv
<a href="#">DAFTAR LAMPIRAN</a> .....	xvi
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. Hasil dan Manfaat Penelitian .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1. Karakteristik Kapal <i>Ferry</i> .....	6
2.2. Konstruksi Kapal.....	7
2.2.1. Sistem Konstruksi Kapal.....	7
2.2.2. Elemen Konstruksi Kapal .....	8



2.3.	Metode Pembangunan Kapal Dengan Pendekatan Modern .....	15
2.4.	Konsep <i>Product Work Breakdown Structure</i> (PWBS) .....	17
2.4.1.	<i>Hull Block Construction Method</i> (HBCM) .....	20
2.4.2.	<i>Zone Outfitting Method</i> (ZOFM) .....	25
2.4.3.	<i>Pipe Piece Family Manufacturing</i> (PPFM) .....	25
2.5.	Sumber Daya Manusia Pembangunan Kapal .....	31
2.6.	Teori Pengelasan .....	33
2.6.1.	Prosedur Pengelasan (WPS).....	33
2.6.2.	Posisi Pengelasan .....	35
2.7.	Durasi Kegiatan.....	36
2.7.1.	Beban Kerja.....	36
2.7.2.	Produktivitas .....	36
2.8.	Perencanaan Jaringan Kerja.....	37
2.8.1.	<i>Critical Path Method</i> (CPM).....	38
2.8.2.	Diagram Jaringan Kerja.....	39
2.8.3.	Jalur Kritis .....	43
2.9.	Penjadwalan .....	44
2.10.	Kurva S .....	45



BAB 3 METODE PENELITIAN.....	44
3.1. Data Penelitian .....	44
3.1.1 Jenis dan sumber data.....	44
3.2. Teknik Analisa Data .....	45
3.2.1 Pembuatan Model 3D Perpipaan .....	45
3.2.2 Pembuatan Jaringan Kerja .....	46
3.3. Kerangka Pikir.....	48
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....	50
4.1 Penyajian Data KMP Lakaan.....	50
4.2 Gambar Representasi Kapal.....	53
4.2.1 Gambar Rencana Umum Kapal .....	54
4.2.2 Gambar Konstruksi Profil.....	54
4.3 Perincian Komponen Kegiatan Dengan Metode PWBS.....	58
4.4 Identifikasi komponen kegiatan.....	66
4.5 Urutan Kegiatan Perakitan Blok.....	67
4.6 Perhitungan Beban Kerja .....	70
4.7 Perhitungan Durasi Kegiatan .....	71
4.7.1 Durasi Komponen Kegiatan .....	72
4.7.2 Perhitungan Waktu Kerja.....	73
Pembuatan Diagram Jaringan Kerja .....	78



4.8.1	Perhitungan Earliest Event Time (EET).....	78
4.8.2	Perhitungan Latest Event Time (LET) .....	80
4.9	Identifikasi Jalur Kritis.....	82
4.10	Penjadwalan .....	86
4.11	Diskusi .....	89
4.11.1	Perbandingan Durasi Perakitan Blok Secara Seri dan Paralel .....	89
4.11.2	Jumlah Tenaga Kerja .....	91
4.11.3	Rasio Waktu Perakitan dan Berat Konstruksi.....	93
BAB 5 PENUTUP .....		94
5.1	Kesimpulan .....	94
5.2	Saran .....	101

Daftar Pustaka

Lampiran



## DAFTAR TABEL

<i>Table 4.1 Dimensi dan Berat Blok Lambung KMP Lakaan</i> .....	54
<i>Tabel 4.2 Identifikasi Komponen Konstruksi</i> .....	63
<i>Tabel 4.3 Identifikasi Komonen Perpipaan Bahan Bakar HS 2</i> .....	64
<i>Tabel. 4.4. Jenis kegiatan pada Perakitan Blok 2</i> .....	66
<i>Tabel. 4.5. Beban Kerja Kegiatan pada Perakitan Panel Portside</i> .....	70
<i>Tabel 4.6 Beban Kerja Perakitan Sistem Perpipaan Bahan Bakar HS 2</i> .....	72
<i>Tabel 4.7 Total Beban kerja Untuk Setiap Blok</i> .....	73
<i>Tabel 4.8 Durasi Perakitan Panel Portside</i> .....	75
<i>Table 4.9 Durasi Perakitan Blok 2 KMP Lakaan</i> .....	77
<i>Tabel 4.10 Urutan Kegiatan dan Perhitungan Maju Perakitan HS 2</i> .....	80
<i>Tabel 4.11 Urutan Kegiatan dan Perhitungan Mundur Perakitan HS 2</i> .....	82
<i>Tabel 4.12 Daftar Aktivitas-Aktivitas Kritis Perakitan Blok 2</i> .....	84
<i>Tabel 4.13 Durasi Perakitan Blok</i> .....	85
<i>Tabel 4.14 Bar Chart Distribusi JO Pembangunan Blok 2 KMP Lakaan</i> .....	86
<i>Tabel 4.15. Bar Chart Presentase Distribusi JO Pada Pembangunan HS2 KMP Lakaan</i> .....	87
<i>Tabel 4.16. Perbandingan Durasi Perakitan Blok 7 KMP Lakaan</i> .....	90
<i>Tabel 4.17. Distribusi Tenaga Kerja Pada PERakitan HS 2</i> .....	90
<i>Tabel 4.18. Rasio Waktu Perakitan Dengan Berat Blok</i> .....	94



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal <i>Ferry Ro-Ro</i> KMP Lakaan.....	5
<u>Gambar 2.2</u> Pelat alas .....	10
Gambar 2.3 <i>Midship Section ferry roro</i> .....	13
Gambar 2.4 Elemen-elemen PWBS .....	18
<i>Gambar 2.5 Klasifikasi Aspek Produksi Metode HBCM</i> .....	22
<i>Gambar 2.6 Klasifikasi Aspek Produk Metode ZOFM</i> .....	26
<i>Gambar 2.7 Tingkat Produksi pada metode PPFM</i> .....	29
Gambar 2.8 Aliran Kerja Pada <i>Pipe-Piece Family</i> .....	31
Gambar 2.9 Macam-macam Posisi Pengelasan .....	35
Gambar 2.10 Simbol <i>Node</i> .....	40
Gambar 2.11 Diagram Jaringan Kerja AOA .....	40
<i>Gambar 2.12 Diagram Jaringan Kerja AON</i> .....	43
<i>Gambar 2.13 Kurva S</i> .....	45
Gambar 3.1 Kerangka pikir.....	51
Gambar 4.1 <i>Block Division</i> KMP Lakaan .....	53
<i>Gambar 4.2 Bentuk 3 Dimensi Blok Lambung KMP Lakaan</i> .....	55
<i>Gambar 4.3 General Arrangement KMP Lakaan</i> .....	56
<i>Gambar 4.4 Konstruksi Profil KMP Lakaan</i> .....	57
<i>4.5 Sistem Perpipaan Pada Hull Structure 2</i> .....	59
<i>4.6 Gambar 3D Tiap Blok Lambung KMP Lakaan</i> .....	60



<i>Gambar 4.7 PWBS Pembagian Hull Structure 2 Menjadi Sub-blok .....</i>	<i>61</i>
<i>Gambar 4.8 Hirarki PWBS Perakitan Hull Structure .....</i>	<i>62</i>
<i>Gambar 4.9 Urutan kegiatan Perakitan Sub Blok Portside .....</i>	<i>68</i>
<i>Gambar 4.10 Flowchart Perakitan Sub Blok Portside .....</i>	<i>69</i>
Gambar 4.11 Diagram Jaringan Kerja Perhitungan Maju (EET) Perakitan HS 2.....	79
<i>Gambar 4.12 Diagram Jaringan Kerja Perhitungan Mundur (LET) Perakitan HS 2.....</i>	<i>81</i>
Gambar 4.12 Jalur Kritis Perakitan HS 2 KMP Lakaan .....	83
<i>Gambar 4.13 Kurva S JO Perakitan HS 2 KMP Lakaan.....</i>	<i>87</i>



## DAFTAR PERSAMAAN

<i>Persamaan 2-1 Rumus Perhitungan Durasi .....</i>	<i>37</i>
<i>Persamaan 2-2 Rumus Perhitungan Jam Orang .....</i>	<i>37</i>
<i>Persamaan 3-1 Berat Pipa.....</i>	<i>47</i>



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 = Gambar Lines Plan KMP Lakaan
- Lampiran 2 = Gambar Pondasi Mesin KMP Lakaan
- Lampiran 3 = Gambar Rencana Kamar Mesin KMP LAKAAN
- Lampiran 4 = Gambar Konstruksi Sekat KMP Lakaan
- Lampiran 5 = Gambar Konstruksi Ceruk Buritan KMP LAKAAN
- Lampiran 6 = Gambar Konstruksi Ceruk Haluan KMP LAKAAN
- Lampiran 7 = Gambar *Piping Diagram* Sistem Perpipaan Bahan Bakar
- Lampiran 8 = Gambar *Piping Diagram* Sistem Perpipaan Minyak Pelumas
- Lampiran 9 = Gambar 3D Desain Sistem Perpipaan
- Lampiran 10 = Tabel Pengukuran Beban Kerja dan Perhitungan Durasi



## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Percepatan proses pembangunan kapal terus diupayakan oleh perusahaan galangan kapal di Indonesia. Bukan hanya untuk memberi kepuasan kepada pemilik (*owner*) kapal, namun juga sebagai cara untuk meningkatkan produktivitas, melihat peluang pasar galangan kapal yang terus-menerus karena jumlah kebutuhan kapal di Indonesia cukup banyak. Salah satu tipe kapal yang banyak dibutuhkan di perairan Indonesia ialah kapal *Ferry Ro-Ro*. Sama seperti kapal lainnya, pembangunan kapal Ferry merupakan pekerjaan yang kompleks, sehingga peluang keterlambatan cukup besar. Meskipun saat ini sebagian besar galangan di Indonesia menerapkan sistem blok dalam pembangunan kapal, namun diharapkan perusahaan galangan kapal meningkatkan metode pembangunan kapal. Salah satunya ialah dengan mengintegrasikan pekerjaan konstruksi lambung dan *outfitting* seperti sistem perpipaan.

Peningkatan metode pembangunan kapal tentunya memberikan dampak positif dalam hal percepatan produksi namun harus dibarengi dengan manajemen dan perencanaan yang matang dengan memperhatikan berbagai faktor seperti fasilitas galangan, sumber daya manusia, serta area pembangunan. Sebuah proyek dikerjakan, perlu adanya tahap-tahap pengelolaan proyek yang meliputi tahap perencanaan, tahap penjadwalan, dan tahap pengkoordinasian (Nurwahidin,2016).

ga tahapan ini, tahap perencanaan dan penjadwalan merupakan tahap dalam menentukan berhasil/tidaknya suatu proyek, karena pada lan, tahap ketergantungan antar aktivitas untuk membangun proyek secara



keseluruhan ditentukan. Penjadwalan harus disusun sistematis dengan penggunaan sumber daya produksi secara efektif dan efisien agar tujuan proyek bisa tercapai optimal.

Pada pembangunan kapal dengan metode yang lebih maju seperti pada pembangunan konstruksi blok lambung yang telah terintegrasi dengan beberapa pekerjaan *outfitting* tentunya memerlukan perencanaan dan sistem manajemen yang lebih matang. Oeh karena itu, diperlukan suatu analisis untuk mendapatkan waktu efektif dalam pembangunan, dengan memanfaatkan semaksimal mungkin sumber daya yang tersedia. Bentuk peningkatan kualitas perencanaan dan pengendalian suatu kegiatan yang kompleks adalah dengan menganalisis jaringan kerja. Jaringan kerja sangat diperlukan terlebih pada pembangunan kapal yang terintegrasi dengan beberapa pekerjaan *outfitting*.

Dengan adanya perencanaan jaringan kerja, kegiatan-kegiatan dalam proses pembangunan kapal atau perakitan blok kapal mudah untuk dikontrol sehingga perencanaan dan pengawasan dapat dilakukan secara sistematis. Sampai saat ini, kebanyakan galangan di Indonesia mengerjakan pembangunan kapal yang dimulai dengan menyelesaikan konstruksi lambung terlebih dahulu, kemudian disusul dengan pekerjaan *outfitting*.

Perencanaan jaringan kerja yang terintegrasi dengan pekerjaan *outfitting* (sistem perpipaan) membutuhkan analisis yang jauh lebih kompleks dibanding dengan perencanaan jaringan kerja yang hanya melibatkan pekerjaan lambung saja

karenanya penulis hendak melakukan suatu penelitian untuk  
akan waktu efisien perakitan blok kapal yang tertuang dalam judul



## PERENCANAAN JARINGAN KERJA PERAKITAN BLOK LAMBUNG KAPAL FERRY 750 GT YANG TERINTEGRASI DENGAN SISTEM PERPIPAAN BAHAN BAKAR DAN PELUMAS.

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan dari uraian latar belakang, maka diperoleh beberapa rumusan masalah, yaitu:

1. Berapa durasi waktu perakitan blok lambung kapal yang terintegrasi dengan sistem perpipaan dalam pembangunan kapal *Ferry Ro-Ro 750 GT*?
2. Aktivitas-aktivitas apa saja yang berada pada jalur kritis?

### 1.3. Batasan Masalah

Untuk memudahkan pengerjaan tugas akhir ini serta menghindari luasnya pembahasan, maka penelitian ini dibatasi pada beberapa hal sebagai berikut :

1. Pekerjaan konstruksi lambung yang dimaksud dimulai dari tahap *sub-assembly* sampai dengan *assembly*.
2. Pembagian blok menggunakan metode *Product Work Breakdown Structure (PWBS)* dan untuk jaringan kerja perakitan blok menggunakan metode *Critical Path Method (CPM)*.

Tahapan perakitan blok meliputi perakitan komponen menjadi panel (*panel assembly*), kemudian perkaitan panel menjadi sub-blok (*sub-block*



*assembly*), dan perakitan sub-blok menjadi blok (*block assembly*). Proses erection blok tidak termasuk.

4. Perhitungan durasi hanya meliputi kegiatan *lifting*, *fitting* dan *welding* untuk komponen konstruksi dan perpipaan.
5. Pekerjaan sistem perpipaan dimulai dari perakitan *module system*, fabrikasi tidak termasuk.
6. Sistem perpipaan yang dimaksud ialah sistem pipa untuk *supply transfer* dari tangki induk ke tangki harian, kemudian dari tangki harian hingga ke mesin induk dan mesin bantu. Pipa *drain* dan pipa *return* tidak termasuk.

#### 1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan durasi perakitan blok yang terintegrasi dengan sistem perpipaan dalam pembangunan kapal Feri Ro-Ro 750 GT.
2. Mengidentifikasi aktivitas-aktivitas yang berada pada jalur kritis.

#### 1.5. Hasil dan Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian sebagai berikut :

1. Hasil penelitian menjadi pembelajaran bagi mahasiswa yang nantinya akan bekerja di galangan kapal sehingga di lapangan diharapkan mereka telah memahami pembuatan jaringan kerja konstruksi blok lambung kapal yang terintegrasi dengan sistem perpipaan.



2. Penentuan waktu pengerjaan perakitan blok lambung kapal 750 GT yang terintegrasi dengan sistem perpipaan dapat dijadikan sebagai referensi bagi perusahaan galangan kapal.



## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Karakteristik Kapal *Ferry*

Kapal *Ferry* adalah kapal yang dibangun untuk penyebrangan barang dan penumpang dengan jarak pelayaran yang pendek dalam melintasi sungai atau pantai suatu pulau atau antar pulau. Kapal ferry yang digunakan dalam penelitian ini ialah kapal KMP Lakaan (lihat Gambar 2.1) dengan ciri – ciri umum sebagai berikut (Triana, 2017):

1. Geladak disyaratkan dengan lebar yang cukup besar untuk pengangkutan kendaraan agar arus keluarnya kendaraan menjadi cepat.
2. Penempatan kendaraan sedemikian rupa sehingga terlindungi dari air laut
3. Pintu ramp, baik itu di depan dan di belakang maupun di samping
4. Untuk mencukupi lebar kapal, kapal dilengkapi dengan vender untuk mencegah terjadinya shock.



Gambar 2.1 Kapal Ferry Ro-Ro KMP Lakaan  
Sumber: [www.bintangtimurnews.com](http://www.bintangtimurnews.com), 2017



Karakteristik yang lebih spesifik dari kapal Ro-Ro penumpang adalah bongkar muat secara horizontal dengan menggunakan roda dari dan ke dalam kapal melalui *ramp* jembatan kapal. Selain barang, kapal ini juga mengangkut penumpang.

Menurut Hadisuwarno (1996) dalam Trian (2017, p.2), bentuk-bentuk muatan yang biasa diangkut dengan kapal *ferry* 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 penyebrangan, terkadang tidak mempertimbangkan perbedaan pasang surut. Untuk mengantisipasi hal ini, maka kapal *ferry* harus bisas mempunyai sarat yang kecil. Di samping itu, kapal *ferry* harus bias 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.

PT. ASDP Indonesia Ferry membagi jenis kendaraan yang dapat diangkut kapal Ferry dalam beberapa golongan, yakni :

1. Golongan I = Sepeda gunung
2. Golongan II = Sepeda motor

Golongan III = Mobil roda 4 (jeep, sedan, pick up, sejenisnya) dengan ukuran 4,2 x 1,7 x 2,0 m



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

Menurut Trian (2017), peraturan pemuatan kendaraan – kendaraan di kapal ferry 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 kendaraan 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 system) dan sistem membujur atau memanjang (longitudinal system). Dari kedua sistem utama ini maka dikenal pula sistem kombinasi (combination/mixed framing system).*



*Suatu kapal dapat dibuat dengan sistem melintang, atau hanya bagian-bagian tertentu saja (misalnya kamar mesin dan/atau cerukceruk) yang dibuat dengan sistem melintang sedangkan bagian utamanya dengan sistem membujur atau kombinasi; atau seluruhnya dibuat dengan sistem membujur (Moch. Sofi', 2018).*

*Pemilihan jenis sistem untuk suatu kapal sangat ditentukan oleh ukuran kapal (dalam hal ini panjangnya sehubungan dengan kebutuhan akan kekuatan memanjang), jenis/fungsi kapal menjadikan dasar pertimbangan-pertimbangan lainnya.*

- 1) Sistem konstruksi melintang: dalam sistem ini gading-gading dipasang vertikal.*
- 2) Sistem konstruksi memanjang: dalam sistem ini gading-gading dipasang secara memanjang. Sistem ini mulai diperkenalkan pada tahun 1996. Sistem ini banyak digunakan pada kapal yang mengangkut muatan cair seperti kapal tanker.*
- 3) Sistem konstruksi kombinasi: pada sistem ini, pelat geladak dan bottom dipasang secara membujur, sedangkan pelat sisi dipasang secara vertikal (Taggart, 1980).*

### *2.2.2 Elemen Konstruksi Kapal*

#### *a. Konstruksi Bagian Haluan*

Linggi haluan merupakan bagian terdepan kapal. Linggi ini ke bawah sampai ke lunas. Pada saat ini yang lazim dipakai macam, yaitu linggi batang dan linggi pelat. Kadang-kadang juga gabungan dari kedua linggi ini. Adapun susunan konstruksi



gabungan kedua linggi ini adalah sebagai berikut. Sebuah linggi batang dari lunas sampai ke garis air muat dan disambung linggi pelat sampai ke geladak. Penggunaan linggi pelat memungkinkan pembentukan suatu garis haluan yang bagus. Hal ini akan memperindah penampilan linggi haluan kapal. Elemen konstruksi yang terdapat pada bagian haluan antara lain :

### 1) *Linggi Haluan*

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

### 2) Sekat Tubrukan

Pemasangan sekat tubrukan pada suatu kapal sangat dibutuhkan karena sekat ini untuk menghindari mengalirnya air keruangan yang ada dibelakangnya apabila terjadi kebocoran di ceruk haluan akibat menubruk sesuatu dan dengan rusaknya ceruk haluan kapal masih selamat, tidak tenggelam.

### 3) Ceruk Haluan

Konstruksi pada ceruk haluan harus cukup kuat. Pada daerah ceruk inilah yang pertama-tama mendapat hempasan gelombang. Hal ini disebabkan letak ceruk ini dibagian depan kapal. Karena tidak ada momen lengkung yang bekerja pada arah memanjang di daerah

i, pelat alas, pelat sisi, dan pelat geladak tidak perlu tebal dibandingkan bagian tengah kapal. Bagian ceruk haluan terdapat elemen



konstruksi seperti sekat berlubang, balok ceruk, senta ceruk, gading, dan balok geladak.

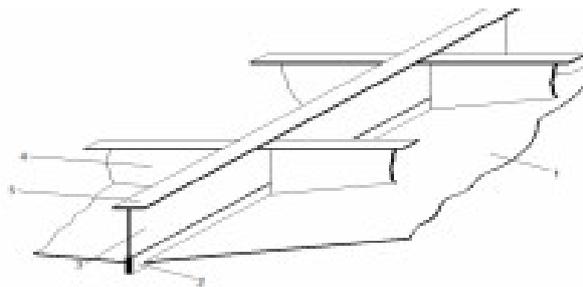
b. *Konstruksi Dasar (Bottom)*

1) *Lunas*

Lunas adalah bagian konstruksi memanjang di dasar kapal yang terletak pada dinding memanjang kapal, mulai dari linggi haluan sampai linggi buritan. Pada bagian lunas inilah, kapal harus mampu mengatasi kerusakan, apabila kapal mengalami kandas.

2) *Pelat alas*

*Pelat dasar (pelat alas) letaknya di dasar kapal, sebelah kiri dan kanan lajur lunas. Pelat ini menerima beban gaya tekan air, yang selanjutnya diteruskan ke wrang dan penumpu. Pemasangan pelat ini sejajar dengan bidang simetri, mulai dari ujung depan sampai ujung belakang kapal.*



Gambar 2.2. Pelat alas  
Sumber: Sofi', 2008

3) *Wrang (floor)*

*Wrang terdiri atas tiga jenis yaitu wrang penuh, wrang alas terbuka, dan wrang kedap air.*



- *Wrang alas penuh adalah jenis wrang yang tidak membutuhkan kekedapan oleh Karena itu pada wrang ini dilengkapi dengan lubang peringan atau lubang lalu orang. Fungsi lubang di samping untuk memperingan konstruksi juga untuk lewat orang pada waktu pemeriksaan. Sesuai peraturan Biro Klasifikasi di anjurkan dalam dasar ganda dipasang wrang alas penuh pada tiap-tiap jarak gading.*
  - *Konstruksi wrang alas terbuka terdiri atas gading alas pada pelat alas dalam gading balik pada pelat alas dalam, serta dihubungkan pada penumpu tengah dan pelat tepi antara penumpu tengah, penumpu samping, dan pelat tepi untuk menghubungkan gading balik dan gading alas.*
  - *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 dilaskan ke pelat alas, pelat alas dalam pelat tepi, dan penumpu tengah serta penumpu samping.*
- 4) *Penumpu (girder)*  
*Penumpu terdiri atas penumpu tengah dan penumpu samping.*

- *Penumpu tengah*

Lunas dalam tengah umumnya tidak terpotong oleh wrang atau kadang-kadang wrang dan lunas masing-masing sebagian terpotong yang tepat diletakkan satu sama lain. Luas



penampang bilah hadap yang dipasang diatas lunas dalam tengah lebih besar dari luas penampang bilah hadap wrang dan tebalnya lebih tebal dari pelat vertical lunas dalam tengah.

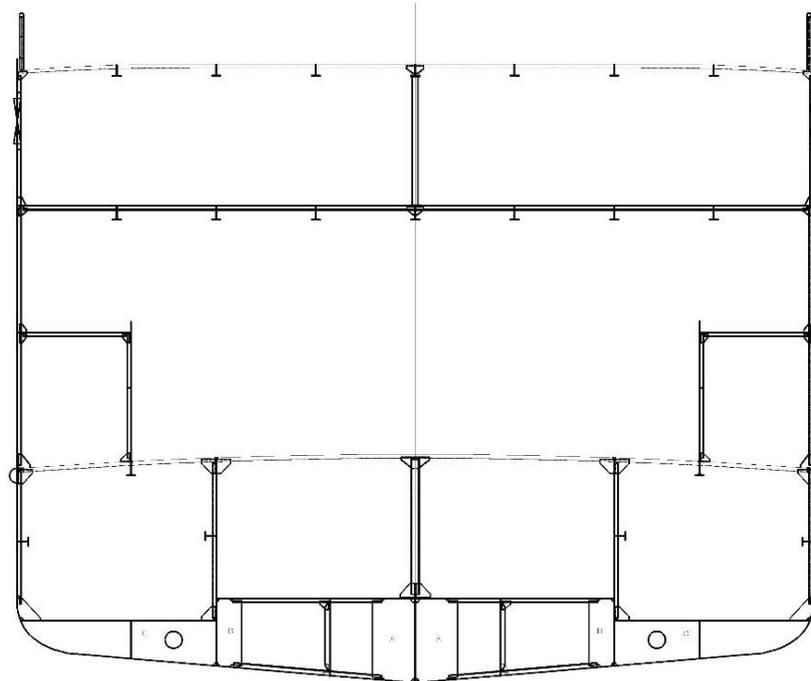
- *Penumpu samping*

Lunas dalam samping terdiri dari pelat vertical dan pelat bilah hadap yang luas penampangnya sama dengan bilah hadap wrang.

c. *Konstruksi lambung*

Konstruksi kerangka lambung terdiri atas gading-gading yang dipasang disepanjang kapal sebagai tempat meletakkan kulit kapal dan diperkuat dengan balok sisi (*side stringer*). Pemasangan gading-gading sesuai dengan sistem rangka konstruksi melintang ataupun memanjang. Gading-gading dinamai sesuai dengan letaknya. Gading yang terletak ditengah dibawah geladak utama disebut gading utama (*main frame*), kemudian diatasnya disebut dengan gading geladak antara, gading bangunan atas, dan seterusnya pada daerah ceruk dinamai gading ceruk.





Gambar 2.3 *Midship Section ferry ro-ro KMP Lakaan*  
Sumber: PT. Industri Kapal Indonesia, 2016

1) *Gading utama (main frame)*

Gading-gading utama adalah gading yang membentang dari dasar sampai kegeladak terendah dan jika kapal mempunyai lebih dari 3 geladak, maka sekurang-kurangnya sampai ke geladak di atas geladak terbawah dan dalam arah memanjang dipasang disetiap jarak gading normal.

2) *Gading besar (web frame)*

Gading besar terdiri dari pelat web dan pelat bilah (face plate), di mana web sedapat mungkin lebih besar dari gading utama dan ditempatkan disepanjang pelat sisi. Umumnya jarak gading-gading besar tidak lebih dari 5 jarak gading utama dalam setiap deep tank yang berbatasan dengan sekat tubrukan, serta

tween deck di atas tangki tersebut.



3) Balok geladak (*deck beam*)

Pada dasarnya fungsi balok geladak yaitu menerima beban yang bekerja pada geladak muat dan mentransfer ke gading-gading. Dalam hal ini gading-gading bertindak sebagai pilar/topang dan meneruskan gaya/beban ke daerah bawah yang didistribusi ke seluruh lantai *bottom*.

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

Balok geladak dipasang melintang dari sisi ke sisi kapal dan disambung dengan gading-gading dengan menggunakan bracket agar gading-gading dapat lebih berfungsi sebagai penguat melintang. Untuk dapat menahan geladak sebanyak mungkin muatan/ beban di atasnya, dalam hal ini balok-balok geladak harus cukup tegar agar tidak melentur ke bawah. Balok-balok geladak harus dilengkungkan sesuai dengan camber.

5) Pelat geladak

Pelat geladak berfungsi sebagai lantai pada kapal yang diletakkan di atas balok geladak.

6) Pelat sisi

Ketebalan terbesar pada pelat kulit diberikan sampai 40% pada lebar tengah kapal dan kemudian berkurang ketebalannya hingga akhir pelayaran. Ketebalan ini mungkin ditambah pada bagian yang ketegangan sisi vertikalnya besar, biasanya pada bagian sekat melintang pada kapal juga ketebalannya bertambah pada gading-gading buritan dan pada bagian poros bracket, lubang

di jangkar yang sesekali terjadi hubungan (gesekan).



### 7) Pelat lajur atas (*sheer strake*)

Pelat lajur atas adalah pelat lajur pelat teratas di atas pelat sisi dan biasanya 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 Metode Pembangunan Kapal Dengan Pendekatan Modern

### a. Proses *Lane Construction dan Zone Outfitting* atau *Full Outfitting Block System* (FOBS)

Evolusi dari teknologi pembangunan kapal moderen dari metode tradisional dimulai pada tahapan ini yang disebut dengan *zone/area/stage*. 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.

*Process lane* dari segi praktis adalah suatu seri *work station* (bengkel) yang dilengkapi dengan fasilitas produksi (mesin, peralatan dan tenaga kerja dengan keahlian tertentu) untuk membuat satu kelompok produk yang mempunyai kesamaan dalam proses produksinya. Suatu contoh pengelompokan adalah sebagai berikut:

adalah *process lane* untuk subassembly bentuk datar, kurva dan bentuk s. Dengan pengelompokan seperti ini, berarti galangan mengelompokkan



proses produksi berdasarkan kesamaan proses produksi, yang memungkinkan pekerja berpengalaman mengerjakan-pekerjaan di bengkel kerja. Ini adalah suatu faktor yang penting untuk mencapai produktifitas tinggi.

Teknologi yang digunakan dalam metode ini mencakup *zone outfitting*. Teknologi ini membagi pekerjaan outfitting ke dalam 3 tipe yaitu *on unit*, *on block*, dan *on board* (Lamb., 1986).

- *On board outfitting* merupakan pekerjaan outfitting yang dilakukan di dalam *shop/workshop* terdiri dari kumpulan pipa dan sistem pendukung lainnya, tangki, *fitting*, dan kabel listrik yang telah di cat sesuai dengan jenisnya.
- *On block outfitting* terdiri dari serangkaian pekerjaan outfitting yang dipasang pada tahap perakitan blok kapal.
- *On board outfitting* merupakan tahap pekerjaan outfitting yang dilakukan setelah tahap *erection* atau setelah kapal diluncurkan.

b. *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

ifat analitis, khususnya analisa statistik untuk mengontrol proses produksi  
dikenal sebagai *accuracy control system*.



#### 2.4 Konsep *Product Work Breakdown Structure* (PWBS)

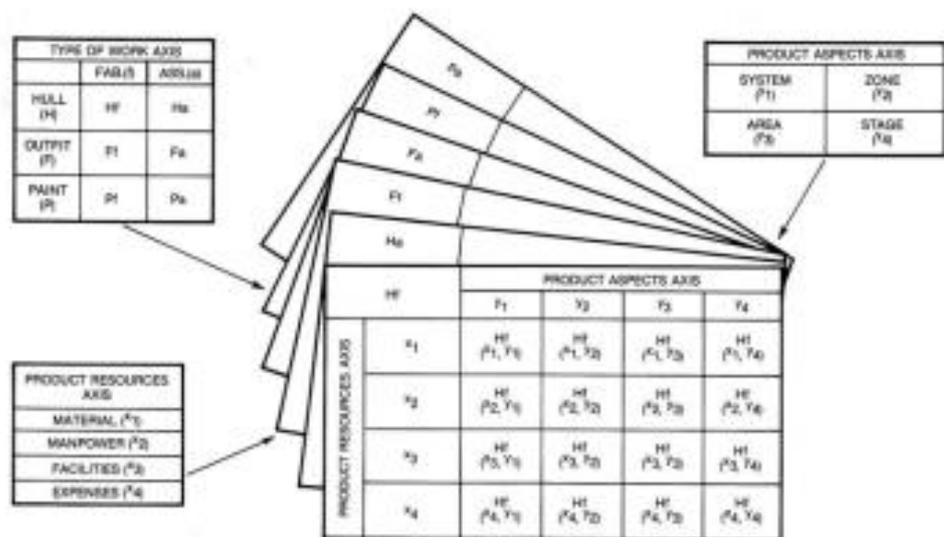
Konsep PWBS membagi proses pembangunan kapal menjadi tiga bagian pekerjaan diantaranya konstruksi lambung, outfitting dan painting (pengecatan). Selanjutnya masing-masing pekerjaan kemudian dibagi kedalam tahap fabrikasi dan *assembly* (Shenoi, 1989). Dari ketiga jenis pekerjaan tersebut masing-masing mempunyai masalah dan sifat yang berbeda dari yang lain. Selanjutnya, masing-masing pekerjaan tersebut dibagi lagi ke dalam pekerjaan *fabrikasi* dan *assembly*. Subdivisi *assembly* inilah yang terkait dengan *zona* dan yang merupakan dominasi dasar bagi *zona* di siklus manajemen pembangunan kapal. *Zona* yang berorientasi produk, yaitu *Hull Blok Construction Method* (HBCM) dan sudah diterapkan untuk konstruksi lambung oleh sebagian besar galangan kapal.

Klasifikasi kedua adalah mengklasifikasikan produk berdasarkan produk antara (*interim product*) sesuai dengan sumber daya yang dibutuhkan, misalnya produk antara di bengkel *fabrication*, *assembly* dan bengkel *erection*. Sumber daya tersebut meliputi :

- a. Bahan (*Material*), yang digunakan untuk proses produksi, baik langsung maupun tidak langsung, misalnya pelat baja, mesin, kabel, minyak, dan lain – lain.
- b. Tenaga Kerja (*Manpower*), yang dikenakan untuk biaya produksi, baik langsung atau tidak langsung, misalnya tenaga pengelasan, *outfitting* dan lain – lain.



- c. Fasilitas (*Facilities*), yang digunakan untuk proses produksi, baik langsung maupun tidak langsung, misalnya, gedung, dermaga, mesin, perlengkapan, peralatan dan lain - lain
- d. Beban (*Expenses*), yang dikenakan untuk biaya produksi, baik langsung maupun tidak langsung, misalnya, desain, transportasi, percobaan laut (*sea trial*), upacara, dll



Gambar 2.4. Elemen-elemen PWBS

Sumber: Sheno, 1989

Klasifikasi ketiga adalah klasifikasi berdasarkan empat aspek produksi, hal ini dimaksudkan untuk mempermudah pengendalian proses produksi. Aspek pertama dan kedua adalah *system* dan *zone*, merupakan sarana untuk membagi desain kapal ke masing – masing bidang perencanaan untuk di produksi. Dua aspek produksi lainnya yaitu *area* dan *stage* merupakan sarana untuk membagi proses kerja mulai dari pengadaan material untuk pembangunan kapal sampai pada saat

erahkan kepada *owner*.



Definisi dari keempat aspek produksi tersebut adalah sebagai berikut:

- a. *System* adalah sebuah fungsi struktural atau fungsi operasional produksi, misalnya sekat longitudinal, sekat transversal, sistem tambat, bahan bakar minyak, sistem pelayanan, sistem pencahayaan, dan lain – lain.
- b. *Zona* adalah suatu tujuan proses produksi dalam pembagian lokasi suatu produk, misalnya, ruang muat, *superstructure*, kamar mesin, dan lain – lain.
- c. *Area* adalah pembagian proses produksi menurut kesamaan proses produksi ataupun masalah pekerjaan yang berdasarkan pada:
  - Bentuk (misalnya melengkung dengan blok datar, baja dengan struktur aluminium, diameter kecil dengan diameter besar pipa, dan lain - lain)
  - Kuantitas (misalnya pekerjaan dengan jalur aliran, volume on-blok perlengkapan untuk ruang mesin dengan volume on-blok perlengkapan selain untuk ruang mesin, dan lain - lain).
  - Kualitas (misalnya kelas pekerja yang dibutuhkan, dengan kelas fasilitas yang dibutuhkan, dan lain - lain).
  - Jenis pekerjaan (misalnya, penandaan (*marking*), pemotongan (*cutting*), pembengkokan (*bending*), pengelasan (*welding*), pengecatan (*painting*), pengujian (*testing*), dan lain – lain. Dan
  - Hal lain yang berkaitan dalam pekerjaan.

*Stage* adalah pembagian proses produksi sesuai dengan urutan pekerjaan, misalnya sub-pembuatan (*sub-steps of fabrication*), sub-perakitan (*sub-*



*assembly*), perakitan (*assembly*), pemasangan (*erection*), perlengkapan on-unit (*outfitting on-unit*), perlengkapan on-block (*outfitting on-block*), dan perlengkapan on-board (*outfitting on-board*).

Pada dasarnya berbagai rincian yang diperlukan untuk jenis pekerjaan berorientasi produk dalam pekerjaan konstruksi kapal, harus ditentukan dahulu metode berorientasi - zona (*zone Oriented*) pekerjaan tersebut yaitu:

- a. *Hull Block Construction Methode* (HBCM)
- b. *Zone Outfitting Method* (ZOFM), dan
- c. *Pipe Piece Family Manufacturing* (PPFM)

#### 2.4.1 *Hull Block Construction Method* (HBCM)

Tingkat manufaktur atau tahapan untuk *Hull Block 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.

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.

Tahap pertama, perencanaan paket pekerjaan kapal dibagi ke dalam lambung 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 2.3



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		Erection	Ship No.	Block Code	Stage Code	
2	6							Block	Flat panel block					Curved panel block
3	5	Sub-block	Flat	Special flat	Curved	Special curve	Superstructure			Nil		Block Code	Block Code	
4	4							Part	content in a large quantity	content in a small quantity	Assembly			Nil
5	3	Sub-block	Similar work quantity	Similar work quantity	Assembly	Nil	Assembly					Sub-Block Code	Sub-Block Code	
6	2						Part	Sub block parts	Built up parts	Bending	Nil			Plate joining
7	1	Part	Parallel part from plate	Non-parallel from plate	Internal part from plate	Part from rolled shape						Other	Back Assembly	Nil
							Part	Parallel part from plate	Non-parallel from plate	Internal part from plate	Part from rolled shape		Other	Nil
		Part	Parallel part from plate	Non-parallel from plate	Internal part from plate	Part from rolled shape						Other		Bending
							Part	Parallel part from plate	Non-parallel from plate	Internal part from plate	Part from rolled shape		Other	Marking and cutting
		Part	Parallel part from plate	Non-parallel from plate	Internal part from plate	Part from rolled shape						Other		Plate joining

Gambar 2.5. Klasifikasi Aspek Produksi Metode HBCM  
 Sumber: Shenoi, 1989

Pekerjaan badan kapal berdasarkan *Hull Block Construction Method*

(HBCM) dapat dibagi menjadi beberapa bagian seperti yang dijelaskan sebagai



## 1. Tahap pabrikan (*Fabrication Part*)

Pabrikan 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.
- c. 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)

#### 2.4.2 Zone Outfitting Method (ZOFM)

Sama halnya dengan konstruksi lambung, pembagian zona untuk *outfitting* dirancang agar sesuai dengan kontrak yang ada dengan mengambil basis kapal serupa yang pernah dibuat sebelumnya. Berbagai pertimbangan elemen ZOFM harus diperhatikan dan disesuaikan dengan HBCM ketika merencanakan dan menyusun rangkaian pekerjaan konstruksi bangunan baru. ZOFM dapat dilakukan on-unit, on-block, maupun on-board.



PLAN'S LEVEL	MFG LEVEL	PRODUCT ASPECTS						CODES				
		ZONE	AREA			STAGE			ZONE	AREA	STAGE	
1	6	SHIP	DECK	ACCOMMODATION	MACHINERY	ELECTRICAL	OPERATION AND TEST			SHIP NO.	SHIP NO.	OPERATION CODE
2	5	ON-BOARD DIVISION	NIL	SPECIALITY/SIMILAR WORK IN SMALL VOLUME	SPECIALITY/SIMILAR WORK IN LARGE VOLUME	SPECIALITY/SIMILAR WORK IN GENERAL	WELDING	NIL	OUTFITTING SIGN/ON-DIVISION CODE	BLOCK CODE	HULL ERECTION STAGE CODE	
							ON-CLOSED-SPACE FITTING					
							WELDING	NIL				
							ON-OPEN-SPACE FITTING					
3	4	BLOCK	NIL	SPECIALITY/COMPONENTS IN A LARGE QUANTITY	SPECIALITY/COMPONENTS IN A SMALL QUANTITY	WELDING	NIL	OUTFITTING SIGN/BLOCK CODE	ON-BOARD WORK TYPE CODE	BLOCK ASSEMBLY STAGE CODE		
						ON-FLOOR FITTING						
						WELDING	NIL					
						ON-CEILING FITTING						
4	3	UNIT	NIL	LARGE SIZE UNIT	NIL	WELDING	NIL	UNIT ASSEMBLY SIGN/BLOCK OR ON-BOARD DIVISION OR MACHINERY UNIT CODE	BLOCK OR ON-BOARD DIVISION OR MACHINERY CODE	GRAND UNIT SIGN		
						JOINING						
5	2	UNIT	NIL	LARGE SIZE UNIT	SMALL SIZE UNIT	WELDING	NIL	UNIT ASSEMBLY SIGN/BLOCK OR ON-BOARD DIVISION OR MACHINERY UNIT CODE	BLOCK OR ON-BOARD DIVISION OR MACHINERY CODE	UNIT SIGN		
						ASSEMBLY						
7	1	COMPONENT	IN-HOUSE MANUFACTURING	OUTSIDE MANUFACTURING	PURCHASING	PALLETIZING		COMPONENT CODE/PALLET CODE	COMPONENT PROCUREMENT SIGN	NO SIGN		
						MANUFACTURING	NIL					
						DESIGN AND MATERIAL PREPARATION	NIL					

Gambar 2.6. Klasifikasi Aspek Produk Metode ZOFM  
Sumber: Sheno, 1989

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:

perindahan posisi pekerjaan *fitting* (instalasi), terutama las, dari posisi sulit ke posisi lebih mudah yaitu *down hand* , sehingga dapat mengurangi baik jam kerja dan jangka waktu yang diperlukan.



2. Memilih dan merancang komponen yang dapat diatur kedalam grup *fitting* untuk pemasangan/perakitan on-unit, sehingga *simplifying* perencanaan dan penjadwalan dengan menjaga berbagai jenis pekerjaan yang 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.

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

PPFM (*Pipe Piece Family Manufacturing*) merupakan salah satu aplikasi dari *Group Technology (GT)*. *US Department of Commerce (1980)* mengemukakan bahwa *Group Technology (GT)* merupakan filosofi yang digunakan para pembangun kapal berkompeten untuk mengklasifikasikan secara sistematis potongan pipa ke dalam kelompok (*group*) dengan desain atau elemen produksi serupa untuk menghasilkan produk yang lebih mudah dibuat. Pengumpulan pipa-pipa yang terlihat berbeda ke dalam satu *family* dimaksudkan untuk menghindari perencanaan, penjadwalan, serta pabrikasi pekerjaan yang membutuhkan banyak tenaga. Sebagai gantinya, bagian-bagian yang berbeda dirancang pada mesin dan peralatan yang sama untuk kemudian diuraikan berdasarkan lajur prosesnya.



metode ini telah berhasil diterapkan oleh Ishikawajima-Harima Heavy  
Co., Ltd dari Jepang. PPFM adalah metodologi komprehensif yang

menyederhanakan suatu proses produksi dalam berbagai jenis dan jumlah contohnya pipa udara serta potongan pipa-pipa lainnya. Perencanaan dan penjadwalan yang harus dilakukan lebih rumit dibandingkan dengan metode tradisional yang kurang produktif dan berorientasi pada sistem (Kasama, 1982).

a. Prinsip Dasar *Pipe Piece Family Manufacturing* (PPFM)

Group Technology (GT) sebagai fitur pengorganisasian kerja telah diakui menjadi salah satu solusi untuk memperoleh manfaat dari produksi massal dengan jenis yang bermacam-macam serta jumlah yang sangat banyak dengan mengidentifikasi kemiripan dalam proses produksi, berbagai produk kemudian dikelompokkan untuk dilakukan untuk menjalani proses yang serupa. Berbagai produk yang dikelompokkan untuk melalui proses yang sama inilah yang disebut dengan family. Oleh karena itu ketika *group technology* (GT) diterapkan pada pekerjaan fabrikasi disebut *Family Manufacturing*. Idealnya, berbagai mesin yang digunakan untuk membuat produk dari *family* tertentu harus dikelompokkan sebagai jalur produksi. Sebagai ganti perencanaan *operation-by-operation* yang digunakan untuk produksi *custom*, semua pekerjaan dapat dilakukan oleh mesin-mesin yang dianggap sebagai entitas tunggal. Proses ini disebut sebagai kategorisasi. Ketika diterapkan pada bengkel pipa, proses ini kemudian disebut *Pipe-Piece Family Manufacturing* (Kasama, 1982).

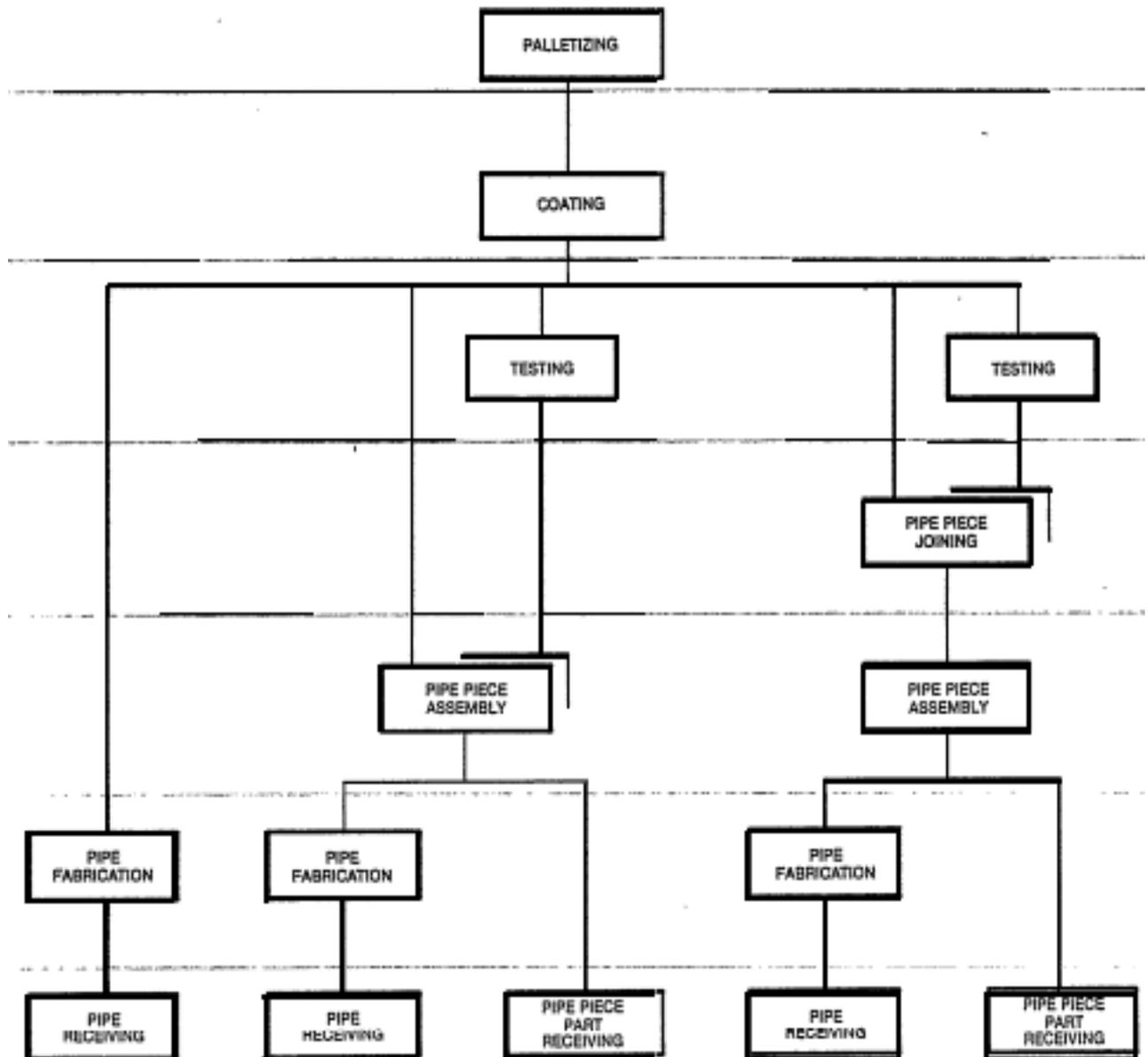
Penentuan *family* mempertimbangkan desain serta berbagai perlengkapan produksi. Diantaranya yang pertama yaitu jenis dan bentuk material dan yang kedua

(Kasama, 1982.p3):

Sistem control manajemen



- 2) Kapasitas bengkel pipa dan subkontraktor yang terlibat secara rutin, serta peralatan fabrikasi dan tata letaknya.



Gambar 2.7. Tingkat Produksi pada metode PPFM  
Sumber: Kasama,1982



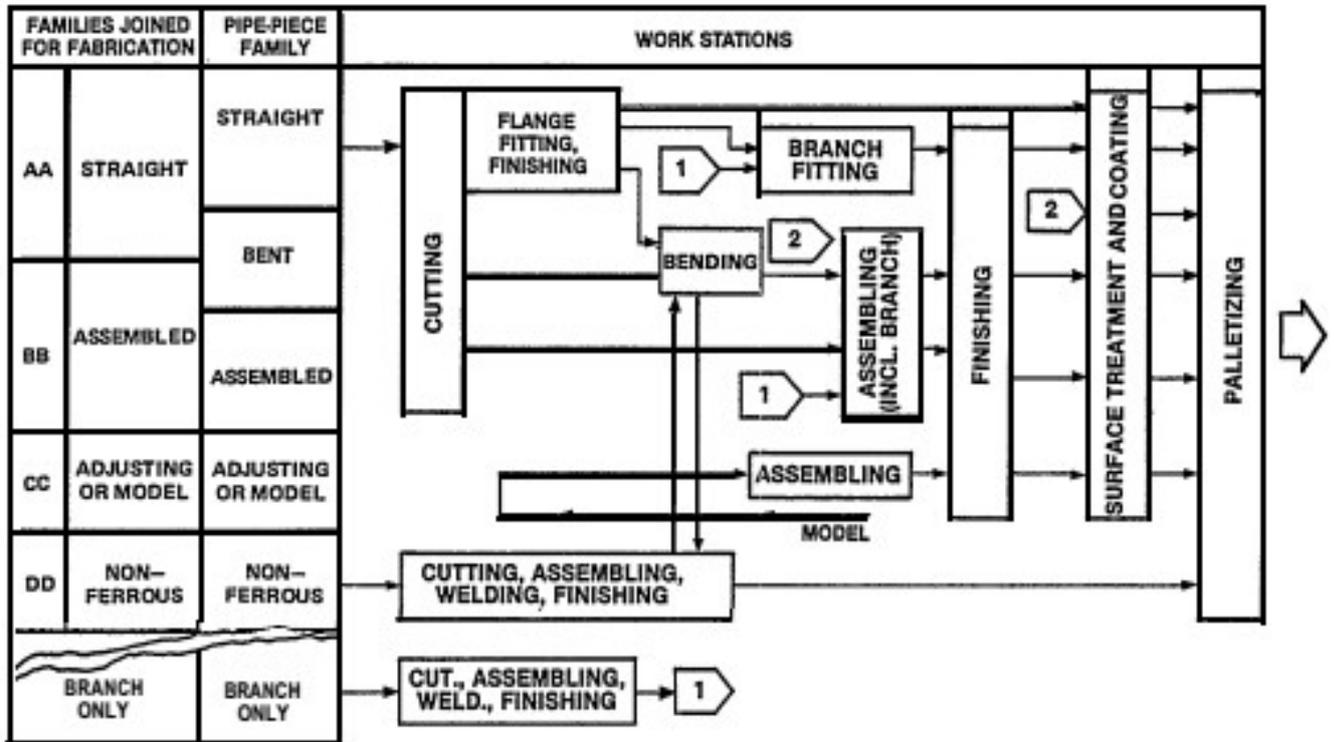
GT juga memiliki sekumpulan manufaktur tetapi menggunakan prinsip yang berbeda. GT mencirikan pengelompokan produk berdasarkan area masalah untuk menciptakan *pseudo-batch* yang sangat efektif pada produksi massal hingga pekerjaan pada bengkel pipa. Pada saat yang sama, GT memungkinkan produksi berbagai jenis potongan pipa yang diperlukan untuk kelengkapan zona.

b. Aliran Kerja PPFM

Peningkatan produktivitas melalui prinsip-prinsip lini produksi memerlukan proses kerja standar diantaranya prosedur, fasilitas, keterampilan, persyatan dan durasi kerja. Secara teori, setiap lini produks hanya terdiri dari aktivitas yang terurut, misalnya *marking*, *cutting*, dan *assembling* yang dibutuhkan untuk memproduksi potongan pipa untuk satu jenis/*family*. Pekerjaan ini hanyalah menghasilkan duplikasi dari fasilitas yang tidak perlu untuk lini produksi pipa-pipa tersebut, oleh karena itu berbagai macam *family* kemudian digabung dan diserasikan. Tujuannya bukan lain untuk menghindari atau meminimalkan pembalikan arah aliran kerja dasar. Adapun faktor-faktor lain yang mempengaruhi pola aliran antara lain :

- Tingkatan, *by pipe-piece family*, dimana beban kerja puncak biasanya diimbangi oleh subkontrak.
- Proses kerja, biasanya disubkontrakkan terlepas dari beban kerja, misalnya pipa baja lapisan plastic.





Gambar 2.8. Aliran Kerja Pada *Pipe-Piece Family*  
Sumber : Kasama,1982

## 2.5 Sumber Daya Manusia Pembangunan Kapal

Sumber daya manusia atau tenaga kerja sebagai penentu keberhasilan proyek harus memiliki kualifikasi, keterampilan dan keahlian sesuai dengan kebutuhan untuk mencapai keberhasilan suatu proyek. Perencanaan sumber daya manusia dalam suatu proyek mempertimbangkan perkiraan jenis pekerjaan, waktu serta lokasi proyek baik secara kualitas maupun secara kuantitas. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam merencanakan tenaga kerja adalah:

1. Produktivitas tenaga kerja

2. Jumlah tenaga kerja

Biaya yang dikeluarkan untuk tenaga kerja

Jenis pekerjaan



Tenaga kerja dibagi menjadi 2 jenis yaitu tenaga kerja langsung dan tidak langsung. Tenaga kerja langsung adalah tenaga kerja yang terlibat secara langsung dalam proses produksi seperti *operator, helper, fitter* dan *welder*, sedangkan tenaga kerja tidak langsung adalah tenaga kerja yang tidak terlibat dalam proses produksi secara langsung.

a. Operator alat angkat

Operator alat angkat merupakan tenaga kerja yang bertugas untuk memindahkan material dari suatu tempat ke tempat lain. Untuk memindahkan material dengan berat yang besar, seorang operator harus memiliki kemampuan untuk mengoperasikan fasilitas-fasilitas angkat di galangan seperti *crane* dan *forklift*.

b. Juru Las (*Welder*)

Pengelasan merupakan jenis pekerjaan yang sangat banyak dilakukan pada tahap produksi sebuah kapal. Pekerjaan las dilakukan oleh juru las (*welder*) yang telah tersertifikasi untuk memastikan kualitas dari hasil pekerjaannya.

c. Juru setel (*Fitter*)

Fitter (juru penyetel) merupakan tenaga kerja yang bertugas untuk menyetel posisi objek sebelum dilakukan pengelasan oleh *welder* dilakukan dengan melakukan las *tack* atau yang biasa disebut las titik.

d. Helper

Helper atau tenaga kerja bantu bertugas untuk membantu *welder* atau

*operator* dalam menjalankan tugasnya.



## 2.6 Teori Pengelasan

Menurut Eyres (2007), dengan adanya teknologi las bagian-bagian seperti gading-gading dapat langsung dilakukan dengan pelat kulit, lunas dapat disambung dengan bagian geladak dan sekat sekaligus membentuk panel, sub-blok atau bahkan blok. Teknologi las juga membuat banyak pekerjaan perakitan dapat dilakukan dengan baik dengan tingkat akurasi, efisiensi dan keamanan yang tinggi di landasan peluncuran maupun di bengkel-bengkel kerja. Blok telah dikerjakan dengan menggunakan teknologi las dapat ditegakkan (*erected*) antara blok dengan blok lain membentuk sebuah kapal. Proses ini diistilahkan berorientasi zone (*zone oriented*).

### 2.6.1 Prosedur Pengelasan (WPS)

Prosedur pengelasan atau lebih umum disebut dengan *Welding Procedure Specification* (WPS) adalah suatu perencanaan untuk pelaksanaan pengelasan meliputi cara pembuatan konstruksi pengelasan sesuai dengan rencana dan spesifikasinya dengan menentukan semua hal penting dalam pelaksanaan tersebut. Karena itu penentuan prosedur pengelasan harus didasari oleh pengetahuan tentang bahan dan teknologi pengelasan itu sendiri sehingga efisiensi dapat tercapai. Ada dua hal harus terpenuhi terkait pengelasan, yaitu:

- (1) Kualifikasi prosedur las (*Welding Procedure Specification*) atau biasa disingkat dengan WPS.
- (2) Kualifikasi juru las (*welder*).



esifikasi prosedur pengelasan (*Welding Procedure Specification*) disingkat  
 tu sebuah dokumen tentang prosedur pengelasan berkualifikasi tertulis  
 rus disiapkan untuk dijadikan petunjuk pengelasan sesuai dengan

persyaratan Codes, Rules dan standart konstruksi lainnya. Prosedur ini dibuat mulai dari pembuatan konsep, review konsep, persiapan dan pelaksanaan pra kualifikasi prosedur, pengujian sampai disetujui oleh badan klasifikasi yang berwenang, sehingga WPS tersebut dapat diberlakukan sebagai acuan dalam pekerjaan pengelasan sesuai dengan persyaratan *Code* atau *Rules* yang digunakan, hal ini untuk mendapatkan rekomendasi pelaksanaan pengelasan produk.

Dalam membuat kualifikasi sebuah WPS dapat diikuti urutan kegiatan sebagai berikut :

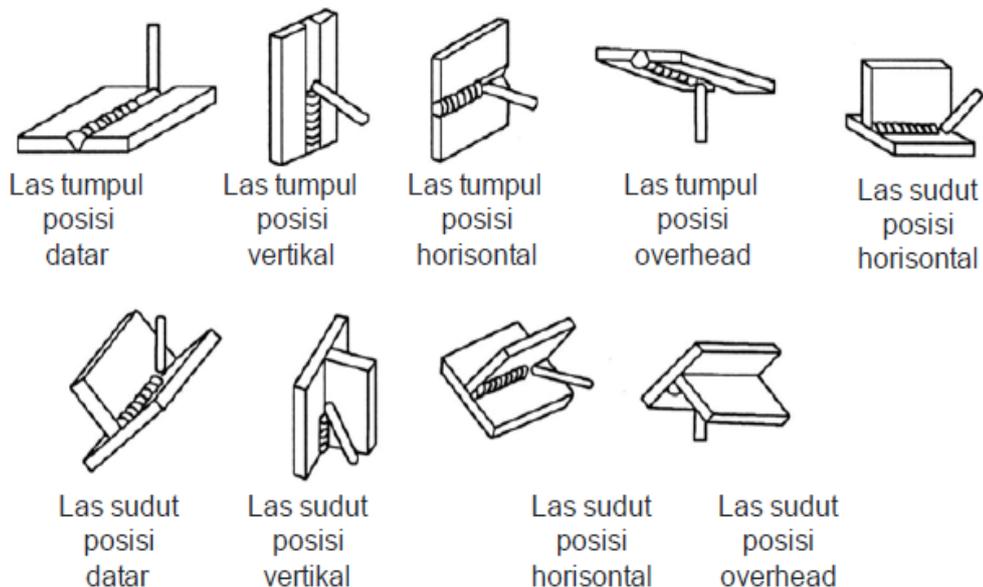
1. Pembuatan konsep WPS dan review konsep bila terjadi
2. Pengelasan sebuah contoh uji berpedoman pada WPS yang direncanakan dengan memperhatikan ukuran Test Piece, menyiapkan mesin las yang telah terkalibrasi, penyiapan kawat las yang sesuai dengan logam induk, gas pelindung yang disesuaikan dengan proses, peralatan ukur dan peralatan pendukung lainnya serta menunjuk juru las yang berkualifikasi untuk melaksanakan pengelasan pada pembuatan WPS tersebut.
3. Melaksanakan pengujian, mengamati selama proses berlangsung dan mengevaluasi hasil pengujian.
4. Mendokumentasikan hasil pengujian pada catatan prosedur kualifikasi (Procedure Qualification Record) atau PQR. Catatan prosedur kualifikasi (PQR) adalah catatan atau rekaman hasil kualifikasi prosedur pengelasan sejak awal hingga hasil uji NDT / DT beserta data pendukung sesuai dengan persyaratan Code,

dan standart konstruksi lainnya.



### 2.6.2 Posisi Pengelasan

Terdapat empat posisi pengelasan : datar, vertikal, horisontal dan diatas kepala (*overhead*), seperti ditampilkan pada Gambar 2.9. Ketinggian meja dan bangku kerja harus disetel untuk memudahkan pengelasan dilakukan pada posisi yang nyaman dan untuk mempertinggi efisiensi. Pengelasan *overhead* dan pengelasan pipa sangat sulit sehingga untuk menghasilkan sambungan las yang baik dan efisiensi pengelasan tinggi diperlukan juru las terlatih. Oleh karena itu sedapat mungkin pengelasan dilakukan dalam posisi datar dengan menggunakan positioner.



Gambar 2.9 Macam-macam Posisi Pengelasan

Sumber: IACS, 2004



## 2.7 Durasi Kegiatan

Durasi merupakan waktu terpakai dalam menyelesaikan suatu pekerjaan (KBBI, 2016). Dalam suatu proyek pembangunan kapal, pihak pembangun kapal akan berusaha keras dalam memanfaatkan sumber daya tersedia guna menyelesaikan pekerjaannya tepat waktu. Faktor-faktor berpengaruh dalam penentuan durasi ialah beban pekerjaan, produktivitas, tenaga kerja dan jumlah tenaga kerja terpakai.

### 2.7.1 Beban Kerja

Beban kerja merupakan suatu variabel untuk menetapkan waktu kerja efektif pekerja dalam menyelesaikan suatu pekerjaan. Pada proses perakitan blok lambung kapal, pengukuran beban kerja berbeda untuk setiap jenis pekerjaan diantaranya:

- *Lifting*, pengukuran beban kerja didasarkan pada berat material diangkat/dipindahkan dalam satuan ton.
- *Fitting*, pengukuran beban kerja berdasarkan panjang objek pengelasan *fit-up* dan dihubungkan dengan las titik.
- *Welding*, pengukuran beban kerja berdasarkan total panjang pengelasan pada objek pengelasan. Total panjang pengelasan didapatkan dari panjang objek pengelasan dikalikan dengan jumlah *layer*/lapisan las.

### 2.7.2 Produktivitas

Definisi teknis produktivitas adalah perbandingan antara hasil atau luaran dengan input berupa peran tenaga kerja per satuan waktu. Produktivitas digunakan sebagai tolak ukur keberhasilan suatu industri atau galangan kapal



dalam menghasilkan barang atau jasa. Berdasarkan definisi tersebut, nilai produktivitas berbanding lurus terhadap output, sehingga semakin tinggi produktivitas, maka semakin tinggi output produk (Putra dkk, 2017).

Durasi/waktu dalam proses pembangunan kapal sangat dipengaruhi beberapa jenis kegiatan seperti *lifting*, *fitting*, dan *welding*. Dalam penelitian ini nilai produktivitas merujuk pada produktivitas pekerja PT. PAL dalam bentuk tingkat kebutuhan waktu untuk suatu pekerjaan (jam/meter atau jam/ton) yaitu 0,537 untuk *lifting*, 0,067 untuk *fitting*, dan 0,133 untuk *welding*. Adapun produktivitas untuk pekerjaan *lifting*, *fitting* dan *welding* pada pipa adalah 0,123 jam/ton, 0,340 jam/meter dan 0,102 jam/meter (PT. PAL, 1995).

Adapun rumus untuk mendapat durasi pada tiap komponen kegiatan ialah sebagai berikut:

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Jam orang / JO (jam per orang)}}{\text{Jumlah tenaga kerja (orang)}} \dots\dots\dots(2-1)$$

$$\text{JO} = \text{Beban Kerja} \times \text{Tingkat kebutuhan} \dots\dots\dots(2-2)$$

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Beban Kerja} \left( \frac{\text{ton}}{\text{meter}} \right) \times \text{Tingkat kebutuhan} \left( \frac{\text{jam}}{\text{ton/meter}} \right)}{\text{Jumlah tenaga kerja (orang)}}$$

## 2.8. Perencanaan Jaringan Kerja

Salah satu teknik manajemen dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek ialah *network planning* atau jaringan kerja. Wahyuddin (2013:1)

menyatakan bahwa : “perencanaan jaringan kerja adalah suatu penyajian



perencanaan dan pengendalian khususnya jadwal kegiatan proyek secara sistematis dan analitis”.

Handoko (2000) mengemukakan penggunaan jaringan kerja pada beberapa kegiatan sebagai berikut:

- Perencanaan suatu proyek kompleks;
- *Scheduling* pekerjaan-pekerjaan sedemikian rupa dalam urutan praktis dan efisien;
- Pembagian atau pengalokasian tenaga kerja dan dana tersedia;
- *Scheduling* ulang untuk hambatan-hambatan dan keterlambatan;
- Menentukan *trade-off* (kemungkinan pertukaran) antara waktu dan biaya;
- Menentukan probabilitas penyelesaian suatu proyek.

### 2.8.1 *Critical Path Method* (CPM)

Berbagai macam teknik analisis jaringan kerja dengan cakupan pemakaian cukup luas, teknis analisis tersebut adalah metode jalur kritis atau CPM . Menurut Shurrab (2015), CPM merupakan teknik terkini dalam membuat perencanaan dan penjadwalan, dimana aspek terkait dengan metode ini yaitu: Pemecahan masalah pada praktek bisnis, membutuhkan matematika modern, sangat membutuhkan dukungan peralatan komputer.

Langkah dasar dalam mengerjakan CPM yaitu (Shiddiq, 2015):

- 1) Mendefinisikan proyek dan menyiapkan struktur pecahan kerja.



bangun hubungan antar kegiatan. Memutuskan kegiatan mana yang harus dilakukan dahulu mana yang harus mengikuti.

- 3) Menggambarkan jaringan kerja yang menghubungkan keseluruhan kegiatan.
- 4) Menetapkan perkiraan waktu dan/atau biaya untuk tiap kegiatan.
- 5) Menghitung jalur waktu terpanjang melalui jaringan. Ini yang disebut jalur kritis.
- 6) Menggunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan pengembalian proyek.

Jalur kritis memiliki sifat atau ciri-ciri sebagai berikut (Gitosudarmo, 2000):

1. Durasi jalur kritis sama dengan durasi proyek;
2. Jalur kritis tidak memiliki tenggang waktu antara waktu selesainya suatu tahap kegiatan dengan waktu mulainya suatu tahap kegiatan yang lain dalam proses produksi.

### 2.8.2 Diagram Jaringan Kerja

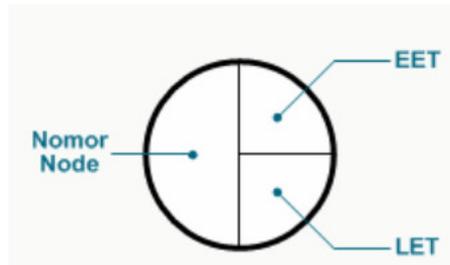
Terdapat dua macam model jaringan kerja untuk pembuatan jaringan kerja, yaitu:

#### 1. Model *Activity On Arrow* (AOA)

AOA adalah model jaringan kerja dengan penekanan titik hubungan kegiatan berorientasi pada peristiwa. Hubungan antar kegiatan ditunjukkan dengan anak panah, sementara kegiatan (*event*) sendiri ditunjukkan dengan lingkaran (*node*). Sebuah *event* ditandai dengan dua kegiatan yaitu kegiatan dimulai dan

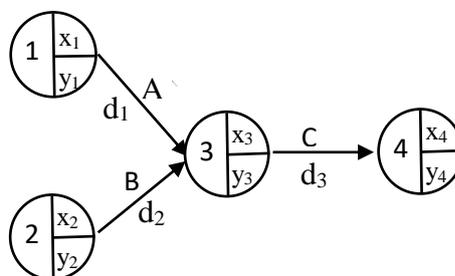
selanjutnya. Sebuah kegiatan memerlukan waktu serta sumber daya. Kegiatan dalam jaringan kerja ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Simbol *Node*

Agar dapat menyajikan informasi yang diperlukan, simbol *node* berbentuk lingkaran dibagi tiga ruang, ruang pertama sebelah kiri digunakan untuk memberi identitas peristiwa berupa nomor *node*. Ruang kedua dan ketiga sebelah kanan digunakan untuk memperlihatkan waktu terjadinya kejadian, dimana bagian kanan atas menunjukkan waktu peristiwa paling awal atau *Earliest Event Time* (EET) dan bagian kanan bawah menunjukkan waktu peristiwa paling akhir atau *Latest Event Time* (LET).

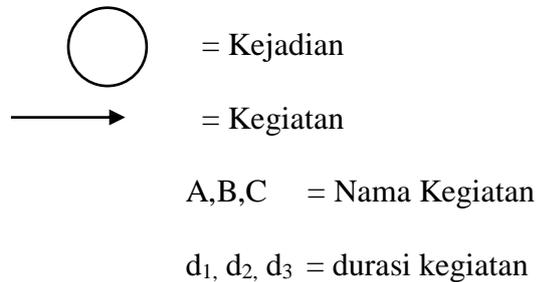
Gambar 2.11 menunjukkan hubungan kegiatan pendahulu diperlukan agar sebuah kejadian tidak terjadi sebelum aktivitas lainnya selesai (kejadian 4 tidak dapat terjadi sebelum aktivitas A,B dan C selesai).



Gambar 2.11. Diagram Jaringan Kerja AOA



Keterangan:



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

1. Anak panah (  )

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

2. Lingkaran (  )

Lingkaran melambangkan peristiwa yang menandai permulaan dan akhir suatu kegiatan.

3. Anak panah Putus-putus (  )

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



Langkah-langkah penyusunan jaringan kerja menurut Yuli (2007) sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi 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 proses produksi;
4. Penyusunan diagram jaringan kerja;
5. Menentukan jalur kritis.

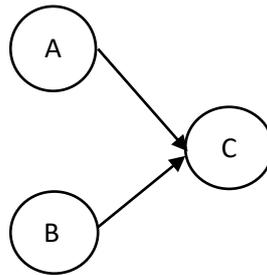
Dalam menggambarkan diagram jaringan kerja, lingkaran dan anak panah melukiskan hubungan antar kegiatan dalam pelaksanaan proyek. Arti dari penggunaan simbol tergantung pada model dipakai dalam pembuatan diagram jaringan kerja.

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

AON adalah model diagram jaringan kerja 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).

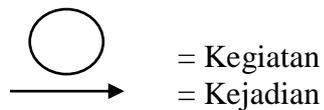


Gambar 2.12 menunjukkan hubungan kegiatan pendahulu diperlukan agar sebuah aktivitas tidak dapat dimulai sebelum aktivitas lainnya selesai (aktivitas C tidak dapat dimulai sebelum aktivitas A dan B selesai).



Gambar 2.12. Diagram Jaringan Kerja AON

Keterangan:



### 2.8.3 Jalur Kritis

Dalam metode CPM dikenal dengan adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan tanpa *buffer time*. Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek.

Jalur kritis dalam suatu diagram jaringan kerja adalah lintasan terdiri dari kegiatan-kegiatan kritis dan peristiwa-peristiwa kritis sangat sensitif terhadap

perubahan, sehingga bila sebuah kegiatan kritis terlambat maka mengakibatkan perubahan pada proyek seutuhnya.



## 2.9 Penjadwalan

Penjadwalan merupakan tahapan menerjemahkan suatu kegiatan proyek konstruksi ke dalam suatu diagram sesuai dengan skala waktu. Penjadwalan menentukan kapan setiap kegiatan dimulai, ditunda dan diselesaikan sehingga tercipta hubungan antara kegiatan dalam suatu proyek (Fadllan, 2017).

Mengatur jadwal proyek membutuhkan pemikiran mendalam dengan menguji jalur-jalur logis, serta mengidentifikasi dan mmenyusun berbagai kegiatan secara lengkap. Kemudian menuliskan kegiatan-kegiatan tersebut dalam kerangka logis dan rangkaian waktu yang tepat (Luthan & Syafriandi, 2006). Penjadwalan dilakukan dengan menyusun setiap komponen kegiatan dalam diagram batang (*bar chart*) digambarkan secara horizontal menunjukkan saat mulai dan selesai setiap kegiatan.

## 2.10 Kurva S

Kurva S adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warrant T. Hanumm atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek. Penggambaran kurva S merupakan visualiasasi dari kemajuan pekerjaan kumulatif pada sumbu vertikal terhadap waktu pada sumbu horizontal (Fadllan, 2017). Menurut Luthan & Syafriandi (2006), perbandingan kurva S rencana dengan kurva pelaksanaan memungkinkan dapat diketahuinya kemajuan proyek apakah sesuai, lambat, ataupun lebih dari perencanaan. Informasi tersebut dapat digunakan menjadi informasi awal

akukan tindakan koreksi dalam proses pengendalian proyek. Contoh kurva kkan pada Gambar 2.13.



**SCHEDULE TIME**

No	URAIAN PEKERJAAN	BOBOT	WAKTU PELAKSANAAN															
			Minggu 1				Minggu 2				Minggu 3				Minggu 4			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>I PEKERJAAN PERSIAPAN</b>																		
1	Mobilisasi dan Demobilisasi	0.16	0.074085															0.074085
2	Pembersihan Dan Pematangan Lahan	142	0.71610	0.71610														
3	Pembuatan Direksi Keet, Gudang Bahan dan Bangsal Kerja	0.53			0.267292	0.267292												
4	Air Kerja dan P3K	0.29	0.017929	0.017929	0.017929	0.017929	0.017929	0.017929	0.017929	0.017929	0.017929	0.017929	0.017929	0.017929	0.017929	0.017929	0.017929	0.017929
5	Pengukuran dan Pemasangan Titik Tetap	0.38			0.029038	0.029038	0.029038	0.029038	0.029038	0.029038	0.029038	0.029038	0.029038	0.029038	0.029038	0.029038	0.029038	0.029038
6	Penerangan & Keselamatan Kerja	0.21	0.013371	0.013371	0.013371	0.013371	0.013371	0.013371	0.013371	0.013371	0.013371	0.013371	0.013371	0.013371	0.013371	0.013371	0.013371	0.013371
7	Papan nama proyek	0.02	0.017767															
<b>II PEKERJAAN TIMBUNAN TANAH (44.5 M x 171.3 M)</b>																		
1	Urugan Tanah dan Pematangannya	60.11					7.513303	7.513303	7.513303	7.513303	7.513303	7.513303	7.513303	7.513303	7.513303	7.513303	7.513303	7.513303
2	Galian Tanah	0.21			0.034804	0.034804	0.034804	0.034804	0.034804	0.034804	0.034804	0.034804	0.034804	0.034804	0.034804	0.034804	0.034804	0.034804
3	Pondasi batu kali	11.35						2.270186	2.270186	2.270186	2.270186	2.270186	2.270186	2.270186	2.270186	2.270186	2.270186	2.270186
4	Pemasangan Pipa Rembesan Air Ø 2"	0.12							0.030972	0.030972	0.030972	0.030972	0.030972	0.030972	0.030972	0.030972	0.030972	0.030972
5	Pek. Pemasangan Cerocok kayu uk. 10-12 cm	25.13				6.283749	6.283749	6.283749	6.283749	6.283749	6.283749	6.283749	6.283749	6.283749	6.283749	6.283749	6.283749	6.283749
<b>III PEKERJAAN ADMINISTRASI &amp; ASBULD DRAWING</b>																		
1	Dokumentasi Kegiatan dan Gambar asbuld drawing	0.04	0.002431	0.002431	0.002431	0.002431	0.002431	0.002431	0.002431	0.002431	0.002431	0.002431	0.002431	0.002431	0.002431	0.002431	0.002431	0.002431
2	Pembersihan Akhir	0.03																0.017017
	TOTAL (%)	100.00																
	RENCANA FISIK PER MINGGU		0.833777	0.745044	0.930061	0.864865	6.381323	13.89463	16.16481	16.19578	9.912034	9.87723	9.87723	7.576072	7.576072	0.062769	0.079767	0.124815
	RENCANA KUMULATIF		0.833777	1.582521	1.912582	2.277448	8.65877	22.9534	38.71821	54.91399	64.82602	74.70325	84.58048	92.15656	99.73263	99.7954	99.87519	100

Gambar 2.13 Kurva S  
 Sumber: <http://insinyursipil.blogspot.com>

