

**PERENCANAAN JARINGAN KERJA
PERAKITAN BLOK KAMAR MESIN KAPAL *FERRY RO-RO* 750 GT
TERINTEGRASI DENGAN SISTEM PERPIPAAN UDARA TEKAN,
ISI, DUGA, DAN UDARA, SERTA GAS BUANG**

SKRIPSI



Oleh :

ALWAN

D311 15 010

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2020



**PERENCANAAN JARINGAN KERJA
PERAKITAN BLOK KAMAR MESIN KAPAL *FERRY RO-RO* 750 GT
TERINTEGRASI DENGAN SISTEM PERPIPAAN UDARA TEKAN,
ISI, DUGA, DAN UDARA, SERTA GAS BUANG**

SKRIPSI

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



Oleh :

ALWAN

D311 15 010

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2020





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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Perkapalan
program studi Strata satu (S1) pada Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

JUDUL SKRIPSI

**“Perencanaan Jaringan Kerja Perakitan Blok Kamar Mesin Kapal Ferry Ro-ro 750
GT Terintegrasi Dengan Sistem Perpipa-an Udara Tekan, Isi, Duga,
dan Udara, Serta Gas Buang”**

Disusun dan diajukan oleh :

ALWAN

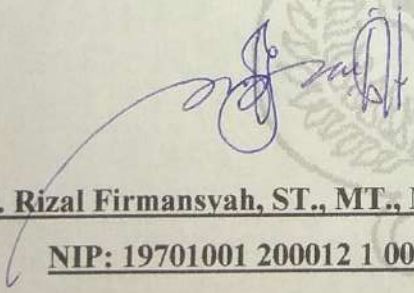
D311 15 010

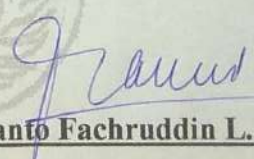
Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing

Gowa, Agustus 2020

Pembimbing I

Pembimbing II


(M. Rizal Firmansyah, ST., MT., M.Eng)


(Farianto Fachruddin L., ST., MT)

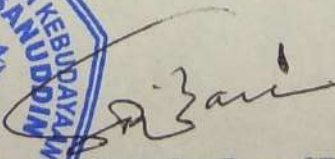
NIP: 19701001 200012 1 001

NIP: 19700426 199412 1 001

Mengetahui :

Ketua Departemen Teknik Perkapalan




Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT

NIP: 19730206 200012 1 002





Optimization Software:
www.balesio.com

Perencanaan Jaringan Kerja Perakitan Blok Kamar Mesin Kapal Ferry Ro-ro 750 GT Terintegrasi Dengan Sistem Perpipaan Udara Tekan, Isi, Duga, dan Udara, Serta Gas Buang

Moh. Rizal Firmansyah¹, Farianto Fachruddin², Alwan³
^{1,2,3}Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Poros Malino Km.6, Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia

ABSTRAK

Keterlambatan pembangunan kapal menyebabkan kerugian bagi galangan kapal, maka dari itu diperlukan percepatan dalam pembangunan kapal untuk meminimalisir kerugian. Salah satu solusi percepatan adalah integrasi antara pembangunan blok dan outfitting, namun ini memerlukan perencanaan dan manajemen yang baik untuk mendapatkan waktu yang efektif. Sehingga dibutuhkan rencana jaringan kerja untuk mengatur dan mengelola proses pembangunan.

Kapal KMP Lakaan dengan tipe *Ferry Ro-ro 750GT* merupakan objek dalam penelitian ini. Metode *Product Work Breakdown Structure (PWBS)* digunakan dalam perincian dan pengelompokan kegiatan dalam perakitan blok kamar mesin, dan metode *Critical Path Method (CPM)* digunakan untuk menganalisa jaringan kerja. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan cara mengintegrasikan perakitan blok dan sistem perpipaan, durasi perakitan blok, dan aktifitas-aktifitas kritis dalam perakitan blok.

Berdasarkan hasil pengolahan data, integrasikan perakitan blok dan sistem perpipaan dilakukan dengan merakit sistem perpipaan secara *on-unit* dan *on-block*. Durasi yang diperoleh dalam perakitan blok kamar mesin yang terdiri dari tiga blok sebagai berikut; HS2 45 hari, HS3 42 hari, dan HS4 50 hari.

Kata Kunci : Jaringan Kerja, Integrasi, Durasi, Aktifitas Kritis



Network Planning of Engine Room Ferry Ro-ro 750 GT Block Assembly Integrate with Air Compressor, Filling, Sounding, Air Vent, and Exhaust Piping Systems

Moh. Rizal Firmansyah¹, Farianto Fachruddin², Alwan³

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

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

ABSTRACT

Delay in ship building causes losses for shipyards, therefore acceleration in ship building is needed to minimize the losses. One of the acceleration solutions is the integration of block building and outfitting, however these require good planning and management to be effective time. So it takes a network plan to regulate and manage the development process.

The KMP Lakaan ship with the Ferry Ro-ro 750GT type is the object of this research. Product Work Breakdown Structure (PWBS) method is used in the breakdown and grouping of activities in the engine room block assembly, and the Critical Path Method (CPM) method is used to analyze networks. This study aims to determine how to integrate block assembly and piping systems, block assembly duration, and critical activities in block assembly.

Based on the results of data processing, the integration of block assembly and piping systems is carried out by assembling on-unit and on-block piping systems. The duration obtained in assembling an engine room block consisting of three block is as follows; HS2 is 45 days, HS3 is 42 days, and HS4 is 50 days.

Keywords: *Network, Integration, Duration, Critical Activities*



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu,

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dan juga berkah, rahmat serta hidayah-Nya yang senantiasa diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Perencanaan Jaringan Kerja Perakitan Blok Kamar Mesin Kapal Ferry Ro-ro 750 GT Terintegrasi Dengan Sistem Perpipaan Udara Tekan, Isi, Duga, dan Udara, Serta Gas Buang” sebagai syarat dalam menyelesaikan Program Sarjana (S1) Teknik Perkapalan pada Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak sekali hambatan dan rintangan yang penulis hadapi namun akhirnya penulis bisa melaluinya hal ini karena adanya bantuan dan juga bimbingan dari berbagai pihak baik moral maupun spiritual.

Untuk itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibunda Hadijah dan Alm. Ayahanda Jarru atas kasih sayang, dukungan serta doa-doa yang selalu tucurahkan untuk penulis, serta seluruh keluarga yang juga senantiasa memberikan semangat dan dukungan agar tidak pantang menyerah, serta mengingatkan untuk senantiasa bersabar selama pengerjaan skripsi ini.
2. Bapak M. Rizal Firmansyah, ST., MT., M.Eng., selaku pembimbing 1 (satu) dan Bapak Farianto Fachruddin, ST., MT. selaku pembimbing 2 (dua), yang telah memberi motivasi, membagi pengetahuan, mengoreksi, dan memperbaiki tulisan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Syamsul Asri, MT., Bapak Wahyuddin, ST., MT., dan Bapak Ir. Zulkifli A. Yusuf, MT. selaku tim penguji yang memberikan banyak saran dan membagi pengetahuan untuk penyempurnaan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Ir. Hj. Misliah, Ms.Tr., selaku Penasehat Akademik penulis yang telah sangat membantu terkait konsultasi akademik selama proses perkuliahan dan – 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, pengetahuan dan wawasan serta pengalaman 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, waktu, dan kesempatan yang diberikan kepada penulis.
9. Keluarga Maranca yang tidak bisa penulis tuliskan satu per satu, yang selalu ada dalam segala hal, yang telah menjadi teman karib selama masa studi penulis.
10. Teman-teman seperjuangan Teknik Perkapalan angkatan 2015.
11. Segenap keluarga besar Labo Produksi Departemen Teknik Perkapalan.
12. 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.

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, 4 September 2020

Penulis,

ALWAN



DAFTAR ISI

SAMPUL	
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I 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
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJUAN 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. Instalasi Perpipaan.....	13
2.3.1. Material Instalasi Pipa.....	13
2.3.2. Gambar Produksi.....	15
2.3.3. Identifikasi Komponen Pipa.....	16
2.4. Proses Pembangunan Kapal	16
2.5. Teknologi Produksi Kapal.....	18
..... <i>Conventional Hull Construction and Outfitting</i>	19
..... <i>Hull Block Construction Method dan Pre Outfitting (Sistem Seksi Blok Konvensional)</i>	20



2.5.3.	Proces-lane Hull Construction dan Zone Outfitting atau Full Outfitting Block System (FOBS).....	21
2.5.4.	Integrated Hull Construction, Outfitting and Painting (IHOP).....	22
2.6.	Konsep <i>Product Work Breakdown Structure</i> (PWBS).....	22
2.6.1.	<i>Hull Block Construction Methode</i> (HBCM)	25
2.6.2.	<i>Zone Outfitting Method</i> (ZOFM)	30
2.6.3.	<i>Pipe Piece Family Manufacturing</i> (PPFM)	32
2.7.	Teori Pemotongan	35
2.8.	Teori Pengelasan	35
2.8.1.	Prosedur Pengelasan (WPS).....	36
2.8.2.	Posisi Pengelasan	37
2.9.	Manajemen Waktu Proyek	39
2.9.1.	Beban Kerja.....	40
2.9.2.	Produktivitas	40
2.10.	<i>Network Planning</i> (Perencanaan Jaringan Kerja).....	41
2.11.	Metode Jalur Kritis/ <i>Critical path method</i> (CPM).....	42
BAB III METODE PENELITIAN.....		44
3.1.	Jenis Penelitian	44
3.2.	Teknik Pengumpulan Sumber Data.....	44
3.2.1.	Teknik pengambilan data	44
3.2.2.	Jenis data dan sumber data.....	44
3.3.	Teknik Analisa Data	45
3.4	Kerangka Pikir.....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		50
4.1.	Data Penelitian	50
4.1.1.	Ukuran Utama Kapal.....	50
4.1.2.	Gambar Representatif Kapal	50
4.1.3.	Dimensi Blok yang Menjadi Objek Penelitian	51
4.1.4.	Sistem Perpipaan yang Menjadi Objek penelitian	52
	Pembagian Struktur Blok	56
	Sub Blok Bottom.....	57
	Sub Blok Bulkhead	58



4.2.3.	Sub Blok Side.....	59
4.2.4.	Sub Blok Deck	60
4.2.5.	Pillar	60
4.2.6.	Hirarki Pembagian Blok HS2	61
4.3.	Urutan Perakitan Grand Blok HS2.....	65
4.3.1.	Perakitan Sub Blok Bottom.....	65
4.3.2.	Perakitan Sub Blok Bulkhead	68
4.3.3.	Perakitan Sub Blok Portside & Start Board	72
4.3.4.	Perakitan Sub Blok Deck	74
4.3.5.	Perakitan Pillar	76
4.3.6.	Perakitan Blok HS2.....	76
4.4.	Identifikasi Komponen Kegiatan dan Beban Pekerjaan	85
4.5.	Durasi Kegiatan	89
4.6.	Network Diagram	94
4.6.1.	Perhitungan <i>Earliest Event Time</i> (EET).....	94
4.6.2.	Perhitungan <i>Latest Event Time</i> (LET).....	95
4.7.	Jalur Kritis	101
4.7.1.	Identifikasi Jalur Kritis.....	101
4.7.2.	Penjadwalan dan Kurva S	104
4.8.	Integrasi Blok Kamar Mesin dan Sistem Perpipaan.....	109
4.9.	Diskusi.....	112
4.9.1.	Jumlah Tenaga Kerja.....	112
4.9.2.	Perhitungan Waktu Kerja Per Hari	113
4.9.3.	Tinjauan Hasil Analisis	113
BAB V PENUTUP.....		116
5.1.	Kesimpulan.....	116
5.2.	Saran	119
DAFTAR PUSTAKA		120
LAMPIRAN		



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konstruksi haluan kapal	9
Gambar 2.2 Tahapan Perkembangan Teknologi Produksi.....	18
Gambar 2.3. Klasifikasi Aspek Produksi Metode HBCM	27
Gambar 2.4. Tingkat Produksi pada metode PPFM.....	33
Gambar 2.5. Aliran Kerja Pada Pipe-Piece Family.....	34
Gambar 2.6. Macam-macam Posisi Pengelas	38
Gambar 3.1 Kerangka Pikir.....	49
Gambar 4.1 Gambar Pembagian Blok Kamar Mesin KMP Lakaan	52
Gambar 4.2 Sistem Perpipaan Isi Tanki LOT pada Bottom Kapal	53
Gambar 4.3 Sistem Perpipaan Duga Tanki FOT pada Bottom Kapal	53
Gambar 4.4 Sistem Perpipaan Udara Tanki FOT pada Bottom Kapal	54
Gambar 4.5 Sistem Perpipaan Udara Tekan	55
Gambar 4.6 Sistem Perpipaan Gas Buang	55
Gambar 4.7 Gambar 3D Blok HS2	56
Gambar 4.8 Gambar 3D Blok HS3	56
Gambar 4.9 Gambar 3D Blok HS4	57
Gambar 4.10 Sub Blok Bottom 8-11 dan Sub Blok 11-19	57
Gambar 4.11 Sub Blok Longitudinal Bulkhead dan Transvers Bulkhead	58
Gambar 4.12 Sub Blok Starboard dan Portside	59
Gambar 4.13 Sub Blok Deck	60
Gambar 4.14 Pillar	61
Gambar 4.15 PWBS Blok 2 KMP Lakaan.....	62



Gambar 4.16 Grand Blok HS2	65
Gambar 4.17 Urutan Pengerjaan Bottom 11-19.....	67
Gambar 4.18 Gambar Bottom 8-11.....	68
Gambar 4.19 Gambar Panel Pelat Transvers Bulkhead	68
Gambar 4.20 Gambar Panel Pelat Transvers Bulkhead dengan Stiffener	69
Gambar 4.21 Gambar Panel Pelat Transvers Bulkhead yang telah dirakit dengan Stiffener dan Web Stiffner.....	69
Gambar 4.22 Gambar Panel Pelat Longitudinal Bulkhead	70
Gambar 4.23 Gambar Panel Pelat Longitudinal Bulkhead yang telah dirakit dengan Stiffener	70
Gambar 4.24 Gambar Panel Pelat Longitudinal Bulkhead yang telah dirakit dengan Stiffener dan Web Stiffener	71
Gambar 4.25 Sub Blok Longitudinal Bulkhead.....	71
Gambar 4.26 Panel Pelat Sisi	72
Gambar 4.27 Panel Pelat Sisi dan Main Frame.....	72
Gambar 4.28 Panel Pelat Sisi beserta Main Frame dan Web Frame	73
Gambar 4.29 Sub Blok Portside.....	73
Gambar 4.30 Urutan Pengerjaan Sub Blok Deck.....	75
Gambar 4.31 Urutan Pengerjaan Pillar	76
Gambar 4.32 Urutan Perakitan Blok HS2 KMP Lakaan	78
Gambar 4.33 Hubungan urutan kegiatan fabrikasi dan perakitan Sub Blok 1-19 dan 8-11	80



Gambar 4.34 Hubungan urutan kegiatan fabrikasi dan perakitan Sub Blok Transvers Bulkhead dan Longitudinal Bulkhead.....	81
Gambar 4.35 Hubungan urutan kegiatan fabrikasi dan perakitan Sub Blok Transvers Bulkhead dan Longitudinal Bulkhead.....	81
Gambar 4.36 Hubungan urutan kegiatan fabrikasi dan perakitan Sub Blok Deck	82
Gambar 4.37 Hubungan urutan kegiatan fabrikasi dan perakitan Pillar	82
Gambar 4.38 Hubungan urutan kegiatan fabrikasi dan perakitan sistem perpipaan.....	83
Gambar 4.39 Hubungan Urutan kegiatan Perakitan Blok HS2.....	84
Gambar 4.40 Diagram Jaringan Kerja Perhitungan Maju (EET) Perakitan HS2	93
Gambar 4.41 Diagram Jaringan Kerja Perhitungan Mundur (LET) Perakitan HS2.....	93
Gambar 4.42. Diagram Jaringan kerja Perhitungan Maju (EET).....	94
Gambar 4.43. Diagram Jaringan kerja Perhitungan Mundur (LET)	95
Gambar 4.44. Jalur Kritis Fabrikasi dan Perakitan H2 KMP Lakaan	98
Gambar 4.45 Kurva S Fabrikasi dan Perakitan HS2.....	99



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Dimensi Blok Lambung KMP Lakaan.....	51
Tabel 4.2 Product-Oriented Work Breakdown Structure (PWBS) Blok 2	63
Tabel 4.3 PWBS Sistem Perpipaan Blok 2	64
Tabel 4.4 Logika Ketergantungan Kegiatan Pembanguna Blok HS2.....	79
Tabel 4.5 Jenis Kegiatan Fabrikasi Komponen Blok HS2 KMP Lakaan	86
Tabel 4.6 Jenis Kegiatan Perakitan Sub Blok KMP Lakaan.....	86
Tabel 4.7 Jenis Kegiatan Perakitan Blok HS2 KMP Lakaan.....	87
Tabel 4.8 Beban Pekerjaan Kegiatan Fabrikasi Komponen Blok Dan Sistem Perpipaan KMP Lakaan	88
Tabel 4.9 Beban Pekerjaan Kegiatan Perakitan Sub Blok dan Sistem Perpipaan KMP Lakaan	88
Tabel 4.10 Beban Pekerjaan Kegiatan Perakitan Blok HS2 KMP Lakaan.....	89
Tabel 4.11 Durasi Perakitan Sub Blok Bottom 11-19	90
Tabel 4.12 Durasi Kegiatan Fabrikasi dan Perakitan Blok HS2 KMP Lakaan ..	91
Tabel 4.13 Durasi Kegiatan Fabrikasi dan Perakitan Blok HS3 KMP Lakaan ..	92
Tabel 4.14 Durasi Kegiatan Fabrikasi dan Perakitan Blok HS4 KMP Lakaan ..	93
Tabel 4.15 Tabel Keterangan Perhitungan EET dan LET Fabrikasi dan Perakitan HS2	98
Tabel 4.16 Tabel Keterangan Perhitungan EET dan LET Fabrikasi dan Perakitan HS3	99
Tabel 4.17 Tabel Keterangan Perhitungan EET dan LET Fabrikasi dan HS4	100



Tabel 4.18. Daftar Kegiatan Kritis Fabrikasi dan Perakitan Blok 2	101
Tabel 4.19. Daftar Kegiatan Kritis Fabrikasi dan Perakitan Blok 3	102
Tabel 4.20. Daftar Kegiatan Kritis Fabrikasi dan Perakitan Blok 2	102
Tabel 4.21 Gantt Chart Distribusi JO Pada Pembangunan Blok HS2	105
Tabel 4.22 Tabel dan kurva S berdasarkan Bobot Pekerjaan Fabrikasi dan Perakitan Blok HS2.....	107
Tabel 4.23 Perbedaan Durasi Total Pembangunan Blok HS2 dan Sistem Perpipaian.....	110
Tabel 4.24 Perbedaan Durasi Total Pembangunan Blok HS3 dan Sistem Perpipaian.....	111
Tabel 4.25 Perbedaan Durasi Total Pembangunan Blok HS2 dan Sistem Perpipaian.....	111
Tabel 4.26 Rasio pekerjaan pemotongan dan pengelasan dengan berat konstruksi blok HS2, HS3, dan HS4.....	114
Tabel 4.27 Rasio pekerjaan pemotongan dan pengelasan dengan berat konstruksi blok HS2.....	114
Tabel 4.28 Rasio pekerjaan pemotongan dan pengelasan dengan berat konstruksi Sistem Perpipaian	115
Tabel 4.29 Rasio pekerjaan pemotongan dan pengelasan dengan berat konstruksi Sistem Perpipaian On Unit dan On.....	115



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Pembangunan kapal merupakan suatu pekerjaan yang kompleks dan membutuhkan banyak waktu. Cepat atau lambatnya proses pembangunan kapal tergantung dari metode pembangunan yang digunakan, dan tentunya jenis metode yang digunakan juga harus memperhatikan berbagai faktor seperti sumber daya manusia, fasilitas galangan dan area pembangunan.

Proses pembangunan kapal pada galangan-galangan di Indonesia sebagian besar telah menerapkan sistem blok dalam pembangunan kapal, namun melihat jumlah kebutuhan kapal yang terus bertambah, juga masih seringnya terjadi keterlambatan pekerjaan pembangunan kapal, maka dari itu perlu adanya percepatan atau peningkatan produktivitas dalam pembangunan kapal di Indonesia. Salah satu upaya untuk percepatan pembangunan kapal yaitu dengan mengintegrasikan pengerjaan konstruksi blok lambung dan *outfitting*, seperti sistem perpipaan.

Dalam pembangunan kapal yang mengintegrasikan pengerjaan konstruksi blok lambung dengan *outfitting* diperlukan perencanaan dan manajemen yang baik untuk mendapatkan waktu yang efektif, dengan pemanfaatan sumber daya semaksimal mungkin. Perencanaan jaringan kerja merupakan salah satu cara untuk memperbaiki prosedur kerja dan waktu pengerjaan kapal. Perencanaan jaringan memungkinkan suatu pekerjaan yang efektif dari suatu rangkaian kegiatan.



Jaringan kerja atau *network planning* adalah salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek. Metode dasar yang digunakan dalam jaringan kerja yaitu metode jalur kritis (*Critical Path Method*). Jaringan kerja berguna untuk mengkoordinasikan kegiatan yang satu dengan kegiatan lainnya berdasar pertimbangan sumberdaya, proses yang berlangsung dan produk akhir yang dihasilkan, serta pengurutan kegiatan-kegiatan yang saling terkait dalam pembangunan kapal atau perakitan blok kapal agar perencanaan dan pengawasan dapat dilakukan secara sistematis dan efisien.

Perencanaan jaringan kerja dalam pembangunan kapal atau perakitan blok kapal yang terintegrasi dengan pekerjaan *outfitting* (sistem perpipaan) membutuhkan kajian yang lebih kompleks dibanding dengan perencanaan jaringan kerja yang hanya melibatkan pekerjaan lambung kapal. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang membahas rencana jaringan kerja yang terintegrasi dengan beberapa sistem perpipaan pada sebuah kapal ferry yang kemudian dituangkan ke dalam sebuah proposal skripsi dengan judul: **PERENCANAAN JARINGAN KERJA PERAKITAN BLOK KAMAR MESIN KAPAL FERRY RO-RO 750 GT TERINTEGRASI DENGAN SISTEM PERPIPAAN UDARA TEKAN, ISI, DUGA, DAN UDARA, SERTA GAS BUANG.**



1.2. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana mengintegrasikan pembangunan blok kamar mesin dengan sistem perpipaan dalam pembangunan kapal *Ferry Ro-ro 750 GT*?
2. Berapa durasi waktu perakitan blok kamar mesin yang terintegrasi dengan sistem perpipaan dalam pembangunan kapal *Ferry Ro-ro 750 GT*?
3. Apa saja aktivitas dalam perakitan blok kamar mesin *Ferry Ro-ro 750 GT* terintegrasi dengan sistem perpipaan yang berada pada jalur kritis?

1.3. Batasan Masalah

Untuk menghindari luasnya pembahasan, maka penelitian ini dibatasi dengan beberapa hal sebagai berikut :

1. Perencanaan jaringan kerja perakitan blok lambung kapal *ferry 750 GT* terfokus pada pembahasan blok kamar mesin.
2. Jenis pekerjaan *fabrikasi* dan *assembly* terdiri dari *lifting*, *fitting*, *cutting*, *bending*, dan *welding*.
3. Tahapan perakitan blok terdiri dari perakitan komponen dasar (output dari fabrikasi) menjadi panel (*panel assembly*), kemudian perakitan panel menjadi sub-blok (*sub-blok assembly*), dan perakitan sub-blok menjadi blok (*blok assembly*).



Sistem perpipaan yang diintegrasikan dengan blok lambung kapal meliputi sistem perpipaan *air compressor* atau udara tekan, sistem

perpipaan isi, duga dan udara serta sistem perpipaan *exhaust* atau gas buang.

5. Perakitan blok menggunakan metode *Product Work Breakdown Structure (PWBS)* dan untuk jaringan kerja perakitan blok menggunakan metode *Critical Path Method (CPM)*.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk menentukan cara mengintegrasikan pembangunan blok kamar mesin dengan sistem perpipaan dalam pembangunan kapal Ferry Ro-ro 750 GT.
2. Untuk menentukan durasi perakitan blok lambung kapal khususnya perakitan blok kamar mesin yang terintegrasi dengan sistem perpipaan *air compressor*, sistem perpipaan isi, duga dan udara serta sistem perpipaan *exhaust* dalam pembangunan kapal *Ferry Ro-ro 750 GT*.
3. Untuk menentukan jalur kritis selama perakitan blok lambung kapal *Ferry Ro-ro 750 GT* yang terintegrasi dengan sistem perpipaan *air compressor*, sistem perpipaan isi, duga dan udara serta sistem perpipaan *exhaust*.

1.5. Hasil dan Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian sebagai berikut :

1. Hasil dari penelitian ini kiranya dapat menjadi pembelajaran kepada mahasiswa yang ingin mendalami tentang jaringan kerja maupun kepada pihak galangan untuk lebih memahami jaringan kerja dalam



pembangunan konstruksi lambung kapal yang terintegrasi dengan sistem perpipaan.

2. Hasil dari penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai referensi untuk pengembangan penelitian tentang jaringan kerja yang lebih kompleks kedepannya.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini disusun dalam 5 bab, dengan rincian sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang dari penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang beberapa teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan metode yang digunakan untuk memperoleh hasil dari penelitian dan teknik analisa data.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini menyajikan hasil dari penelitian disertai pembahasan dari dari penelitian yang dilakukan.

BAB V : PENUTUP

Bab ini berisikan simpulan dari penulisan dan saran bagi pembaca.



BAB II TINJUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Kapal *Ferry*

Kapal *ferry* merupakan salah satu jenis kapal laut yang cukup digunakan sebagai sarana transportasi angkutan laut. Kapal *ferry* adalah kapal yang dibangun untuk penyebrangan barang dan penumpang dengan jarak pelayaran pendek dalam melintasi pantai, sungai, dan danau, maupun antar pulau. Kapal *ferry* mempunyai kriteria tersendiri dalam perencanaannya, antara lain menyangkut stabilitas kapal, kebutuhan luas geladak, batasan atas panjang dan sarat air kapal serta kemampuan manuvernya. Menurut Hadiwarsono (1996) dalam Rahmatia (2018), Kapal *ferry* mempunyai ciri umum sebagai berikut :

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*.

Karakteristik yang lebih spesifik dari kapal *ferry ro-ro* adalah bongkar muat secara horizontal dengan menggunakan roda dari dan kedalam kapal menggunakan ramp jembatan kapal.

menurut Hadiwarsono (1996) dalam Rahmatia (2018), bentuk-bentuk yang biasa diangkut dengan kapal *ferry* adalah :

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.

Sedangkan untuk peraturan pemuatan 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 kendaarn 60 cm
4. Antara pintu ramp haluan dengan sekat tubrukan dan pintu ramp buritan dengan sekat buritan tidak boleh dimuati kendaraan.

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.

2.2. Konstruksi Kapal

2.2.1. Sistem Konstruksi Kapal

Sistem kerangka/konstruksi kapal (*framing system*) dibedakan dalam dua ma; yaitu sistem kerangka melintang (*transverse framing system*) dan embujur atau memanjang (*longitudinal framing 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).

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

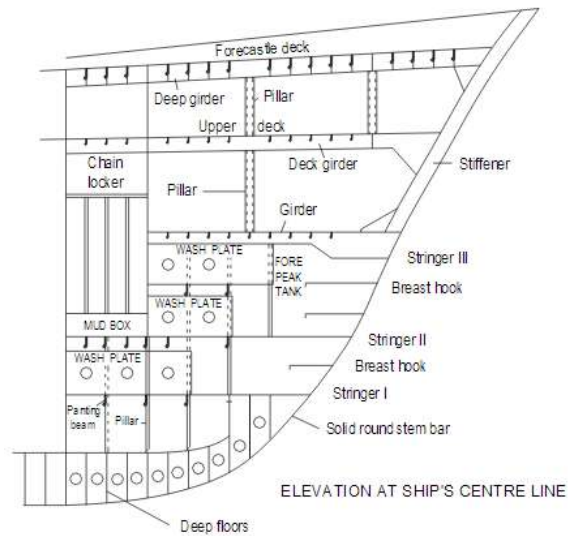
a) Linggi Haluan

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





Gambar 2.1. Konstruksi haluan kapal
(Sumber: Moch, Sofi', 2008)

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

wrang (*floor*)

wrang terdiri atas tiga jenis yaitu wrang penuh, wrang terbuka, dan wrang kap 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 memperingan 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. 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 $5a_0$). 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*). Dalam 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 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. Instalasi Perpipaan

2.3.1. Material Instalasi Pipa

Bagian yang diperlukan dalam instalasi sistem pipa, sambungan aliran, pengatur katup dan lain-lain:

- Pipa adalah bagian utama dari suatu sistem yang menghubungkan titik dimana fluida disimpan ketitik pengeluaran.
- Sambungan adalah peralatan yang menghubungkan pipa satu ke pipa yang lain atau dari pipa kebadan kapal. Sambungan tersebut meliputi flens, sambungan T sambungan siku, sambungan melalui dinding kedap sambungan melalui dinding kedap, geladak dll.
- Alat pemutus dan alat pengarah aliran (*Valve*) adalah peralatan yang berguna untuk memutuskan, menghubungkan, serta merubah arah kebagian yang lain dari system pipa dan juga untuk mengontrol aliran dan tekanan dari fluida.
- Pengatur katup (*Valve gear*) adalah peralatan untuk mengontrol katup pada sistem pipa baik dari tempat itu (*local control*) maupun dari tempat yang jauh (*remote control*).



- Peralatan lain, peralatan ini biasanya digunakan dalam sistem tertentu, antara lain adalah sebagai berikut :
 - 1) Pipa khusus untuk pemasukan (*pipe line*);
 - 2) Kotak Lumpur (*mud boxes*);
 - 3) Saringan pemasukan;
 - 4) Separator (untuk memisahkan air laut dengan lumpur, pasir dan batu);
 - 5) Steam trap (untuk menampung pengembunan uap air didalam system pipa);
 - 6) Sprinklers (Sistem pemadam dengan menggunakan air bertekanan didalam pipa).

Ditinjau dari bahannya, pipa-pipa yang digunakan untuk sistem dalam kapal dibedakan menjadi beberapa macam.

- Pipa baja tanpa sambungan (*Seamless drawn steel pipe*). Pipa jenis ini dapat dipergunakan untuk semua penggunaan, misalnya untuk pipa bertekanan pada sistem bahan bakar dan untuk pipa pengeluaran bahan bakar dari pompa injeksi bahan bakar dari motor pembakaran dalam.
- Pipa baja dengan sambungan las (*Lap-welded steel pipe*). Pipa jenis ini tidak dipergunakan dalam sistem pipa yang tekanan kerjanya melampaui 350 psi atau temperatur lebih besar dari 450°F.
- Pipa dari baja tempa atau kuningan (*Seamless drawn pipe*). Pipa ini digunakan untuk pipa bahan bakar atau pipa-pipa yang di dalamnya mengalir minyak. Pipa ini dapat dipergunakan untuk semua tujuan dimana temperatur



tidak melampaui 406°F, pipa ini tidak boleh dipergunakan pada uap dengan pemanasan lanjut (*superheated steam*).

- Pipa-pipa timah hitam. Pipa-pipa ini dapat dipergunakan untuk saluran sistem bilga. Pipa ini tidak boleh digunakan di dalam ruangan-ruangan dimana pipa mudah kena api, karena dengan meleburnya sebuah pipa dapat merusak seluruh sistem bilga.

2.3.2. Gambar Produksi

Untuk memasang sistem instalasi pipa diatas kapal harus ada gambar produksi, yaitu gambar sistem instalasi pipa yang bisa diterapkan langsung di atas kapal. Ada dua macam gambar produksi.

- Arrangement pipe, yang dimaksud *arrangement pipe* adalah gambar sistem instalasi pipa yang sudah berorientasi pada posisi pipa diletakkan. Jadi, posisi pipa sudah bisa ditentukan jaraknya terhadap sekat kedap (*bulkhead*) dan alas ganda (*double bottom*).Di dalam gambar *arrangement* ini kita sudah berorientasi pada satu kapal kecuali kamar mesin. Fungsi dari gambar *arrangement* ini adalah menerjemahkan gambar-gambar diagram dan berguna untuk instalasi pipa. Biasanya gambar-gambar arrangement dibagi berdasarkan lokasi misalnya *arrangement* pipa pada daerah ruang muat, *upper deck*, ruang akomodasi, dan lain-lain. Karena *arrangement pipe* berorientasi pada lokasi, maka di dalam satu gambar *arrangement* pipa bisa terdiri dari beberapa sistem.

production drawing, yang dimaksud dengan *production drawing* adalah gambar-gambar yang akan digunakan dalam memproduksi pada bengkel pipa.



Gambar ini didapat dari gambar arrangement pipa yang dipecah berdasarkan blok-blok yang sudah direncanakan.

2.3.3. Identifikasi Komponen Pipa

Komponen perpipaan ini harus dibuat sesuai dengan spesifikasinya, standar yang terdaftar dalam simbol dan kode yang telah dibuat atau dipilih pada sebelumnya. Komponen-komponen tersebut meliputi pipa-pipa (*pipes*), flens-flens (*flanges*), sambungan (*fittings*), katup (*valves*), dan saringan (*strainer*), serta *air vent*.

2.4. Proses Pembangunan Kapal

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

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

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

umum tahapan ini meliputi:



- Pengembangan keinginan pemesan (*development of owner's requirements*).
- Desain konsep atau prarancangan (*preliminary/concept design*).
- Desain kontrak (*contract design*).
- Penawaran/penandatanganan kontrak (*bidding/contracting*).
- Perencanaan dan desain detail (*detail design and planning*).
- Fabrikasi dan Perakitan (*construction*).

Akhir dari tahapan proses pembangunan kapal adalah mengerjakan/merakit kapal secara ril. Perakitan kapal pada dasarnya terdiri dari empat level atau tingkatan manufaktur. Pertama adalah manufaktur komponen atau bagian. Biasanya disebut fabrikasi yaitu menghasilkan komponen-komponen dari bahan baku (seperti pelat baja, pipa, kabel, profil dan lain-lain). Tahapan berikutnya adalah penggabungan/penyambungan bagian atau komponen untuk membentuk unit-unit atau *sub-assembly*. Bagian-bagian kecil disatukan, kombinasi ini digunakan ke level berikutnya membentuk blok lambung. Blok lambung umumnya merupakan seksi yang sangat besar dari pembangunan sebuah kapal yang akan dibawa ke landasan pembangunan. *Erection* atau penegakan blok merupakan level paling akhir, mencakup penyambungan dan peletakan blok di landasan pembangunan (seperti landasan peluncuran, dok kolam atau dok kering).

Jadi tahapan pengkonstruksian dalam pembangunan kapal utamanya mencakup mulai dari fabrikasi (*fabrication*), perakitan awal (*sub-assemblies*),

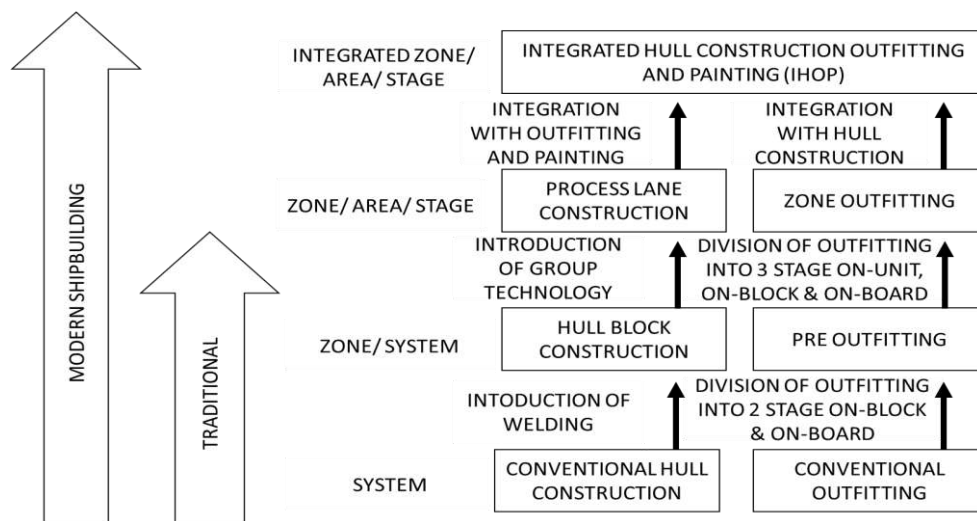
blok, *erection* (penegakan blok) sampai membentuk secara utuh kapal. paling penting dalam tahapan ini adalah mengverifikasi kapal telah dibuat



dengan kontrak yang telah disepakati. Konsekuensinya kapal akan mengalami/menjalani serangkaian pengujian dan percobaan pelayaran sehingga dapat diserahkan ke pemesan.

2.5. Teknologi Produksi Kapal

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



Gambar 2.2 Tahapan Perkembangan Teknologi Produksi
(Sumber: Chirillo, 1982 dalam Wahyuddin, 2011)

Adapun tahapan yang dimaksud yaitu:

- Pendekatan Konvensional

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

- Pendekatan Modern

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



2.5.1. *Conventional Hull Construction and Outfitting*

Tahapan pertama ini, diberi nama tahapan/sistem tradisional karena pekerjaan dipusatkan pada masing-masing sitem fungsional yang ada dikapal. Kapal direncanakan dan dibangun sebagai suatu system.

Pertama lunas diletakkan, kemudian gading-gadingnya dipasang dikulitnya. Bila badan kapal hampir selesai dirakit pekerjaan *outfitting* dimulai. Pekerjaan *outfitting* direncanakan dan dikerjakan sistem demi sistem, seperti pemasangan ventilasi, sistem pipa, listrik dan mesin. Metode ini merupakan metode yang paling konvensional dengan tingkat produktifitas masih sangat rendah, karena semua lingkup pekerjaan dilakukan secara berurutan dan saling ketergantungan satu sama lain sehingga membutuhkan waktu yang sangat lama. Mutu hasil pekerjaan sangat rendah karena hampir seluruh pekerjaan dilakukan secara manual di *building berth*, kondisi tempat kerja kurang mendukung dari segi keamanan, kenyamanan, dan kemudahan/posisi kerja. Pengorganisasian pekerjaan sistem demi sistem seperti ini merupakan halangan untuk mencapai produktifitas yang tinggi. Mengatur dan mengawasi pekerjaan pembuatan kapal menggunakan ratusan pekerja adalah sukar. Kegagalan seorang pekerja menyelesaikan suatu pekerjaan yang diperlukan oleh pekerja lain sering mengakibatkan "overtime" untuk pekerja tersebut, dan idleness

pekerja yang lain. Selain itu, hampir semua aktivitas produksi dikerjakan di-



building berth pada posisi yang relative sulit. Semua keadaan di atas pada prinsipnya sangat menghalangi usaha-usaha untuk menaikkan produktifitas.

2.5.2. Hull Block Construction Method dan Pre Outfitting (Sistem Seksi atau Blok Konvesional)

Tahapan ini, dimulai dengan digunakannya teknologi pengelasan pada pembuatan kapal. Proses pembuatan badan kapal kemudian menjadi proses pembuatan blok-blok atau seksi-seksi di las, seperti seksi geladak dan kulit dan lain-lain, yang kemudian dirakit menjadi badan kapal. Perubahan ini diikuti dengan perubahan pekerjaan *outfitting*, dimana pekerjaan ini dapat dikerjakan pada blok dan pada badan kapal yang sudah jadi. Perubahan ini dikenal dengan *pre-outfitting*. Tahapan kedua ini masih dipertimbangkan tradisional, karena *design, material defenition* dan *procurement* masih dikerjakan sistem demi sistem. Sedang proses produksinya diorganisasi berdasarkan *zone* atau *block*, sehingga tahapan ini juga dikenal sebagai "sistem/stage". Karena adanya dua aspek yang bertentangan antara perencanaan dan pengerjaannya, banyak kesempatan untuk perbaikan produktifitas masih tidak dapat dilakukan.

Dengan menerapkan teknologi *HBCM and Pre Outfitting*, keluaran (*output*) dalam satuan *ton-steel/year* mengalami peningkatan dan mutu pekerjaan yang dihasilkan menjadi lebih baik. Hal ini dikarenakan oleh volume pekerjaan pada *building berth* berkurang dan pekerjaan pengelasan lebih banyak dilakukan pada

pengkel dengan kondisi lingkungan kerja yang lebih nyaman, aman dan



mudah. Pekerjaan pengelasan juga sudah dapat dilakukan dengan menggunakan mesin las semi-otomatis dengan posisi *down-hand*.

2.5.3. **Process-lane Hull Construction dan Zone Outfitting atau Full Outfitting Block System (FOBS)**

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

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: pertama adalah *process lane* untuk *sub assembly* bentuk datar, kurva dan bentuk kompleks. Dengan pengelompokan seperti ini, berarti galangan mengelompokkan proses produksi berdasarkan kesamaan proses produksi, yang memungkinkan

pengalaman mengerjakan-pekerjaan di bengkel kerja. Ini adalah suatu hal yang penting untuk mencapai produktifitas tinggi.



2.5.4. Integrated Hull Construction, Outfitting and Painting (IHOP)

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

2.6. Konsep *Product Work Breakdown Structure* (PWBS)

Konsep PWBS dideskripsikan menggunakan GT (*group technology*). GT (*group technology*) biasa juga disebut *family manufaktur* (FM), digunakan untuk manajemen proses industri yang dimaksudkan untuk pengembangan sistem yang sangat efisien yang dimulai dengan pengklasifikasian dan tata kode. Penggunaan famili dimaksudkan untuk mengurangi jumlah penomoran dari komponen-komponen yang berbeda, begitu juga jumlah operasi, ukuran beban/volume kerja. Dengan demikian tujuan utama GT untuk mengurangi proses pekerjaan penyimpangan/pergudangan sejauh yang diinginkan. Logikanya PWBS membagi proses produksi kapal menjadi tiga jenis pekerjaan yaitu (Wahyudin, 2011) :

Klasifikasi pertama adalah : *Hull Construction*, *Outfitting* dan *Painting*. Dari ketiga jenis pekerjaan tersebut masing-masing mempunyai masalah dan sifat yang berbeda-beda dari yang lain. Selanjutnya masing-masing pekerjaan kemudian dibagi menjadi beberapa tahap 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

Klasifikasi ketiga adalah klasifikasi berdasarkan empat aspek produksi, hal

ksudkan untuk mempermudah pengendalian proses produksi. Aspek 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 kapal diserahkan 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.



- d. *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),
- c. *Zone Painting Method* (ZPTM), serta
- d. *Pipe Piece Family Manufacturing* (PPFM).

2.6.1. *Hull Block Construction Methode* (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.

Perencanaan aliran pekerjaan dimulai dari level blok-blok, kemudian dibagi-bagi turun sampai ke level fabrikasi komponen. Pengelompokan umum aspek-aspek produk yang disajikan dalam gambar 2.2 adalah kombinasi horisontal yang

an berbagai jenis paket pekerjaan yang diperlukan dan dilakukan untuk tingkat, sedangkan kombinasi vertikal dari berbagai jenis paket pekerjaan



menunjukkan jalur proses (*proses lane*) untuk pekerjaan konstruksi lambung yang berkaitan dengan urutan dari bawah ke atas menunjukkan tingkat pekerjaan, sedangkan dalam proses perencanaan dilakukan dengan urutan dari atas ke bawah berdasarkan aspek-aspek produksi

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

Dengan memperhatikan tujuan-tujuan dalam merencanakan konstruksi lambung, yang dimulai dengan tingkat blok, pekerjaan dibagi ke bagian tingkat fabrikasi untuk tujuan mengoptimalkan alur kerja. Sebaliknya, pekerjaan yang

n ke tingkat grand block berfungsi untuk mengurangi durasi yang n 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	All hull	Superstructure	Test			Ship No.	Block Code	Stage Code	
								Erection						
2	6	Block	Flat panel block	Curved panel block			Superstructure	Back Pre-erection	Nil	Grand-Block Code	Grand-Block Code	Stage Code		
				Engine Room		Nil								
3	5	Block	Nil	Flat	Special flat	Curved	Special curve	Superstructure	Back Assembly	Nil	Block Code	Block Code	Stage Code	
									Assembly					
									Framing	Nil				
									Plate joining	Nil				
4	4	Sub-block	Nil	content in a large			Similar work quantity	Assembly		Semi-Block Code	Semi-Block Code	Stage Code		
				Assembly										
				Plate joining	Nil									
5	3	Sub-block	Nil	Similar work quantity			Similar work quantity	Back Assembly	Nil	Sub-Block Code	Sub-Block Code	Stage Code		
				Nil										
6	2	Sub-block	Nil	Sub block parts			Built up parts	Bending	Nil	Sub-Block Code	Assembled Part Code	Stage Code		
				Assembly										
7	1	Part	Nil	Parallel part from plate	Non-parallel from plate	Internal part from plate	Part from rolled shape	Other	Bending	Nil	Part Code	Part Code	Stage Code	
				Marking and cutting										
				Plate joining	Nil									

Gambar 2.3. Klasifikasi Aspek Produksi Metode HBCM

(Sumber: Wahyudin, 2011)

Pekerjaan badan kapal berdasarkan *Hull Block Construction Method*

dapat dibagi menjadi beberapa bagian seperti yang dijelaskan sebagai



tahap pabrikasi (*Fabrication Part*)

Pabrikasi 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

dasarkan *area* dan *stage*.



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

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

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

2.6.2. Zone Outfitting Method (ZOFM)

Perencanaan Outfitting adalah terminologi yang digunakan untuk menggambarkan/mendeskripsikan alokasi sumber daya untuk pekerjaan penginstalan komponen-komponen kapal selain struktur lambung kapal. Saat ini banyak diaplikasikan perencanaan outfitting dengan nama Metode *Zone Outfitting* (ZOFM) yang sebelumnya adalah metode *Conventional Outfitting*. Metode ZOFM dianjurkan untuk diaplikasikan pada galangan-galangan dengan keuntungan-keuntungan adalah (Wahyudin, 2011) :

1. Meningkatkan keselamatan kerja.
2. Mengurangi biaya-biaya produksi.

Kualitas baik.

Produktifitas tinggi.



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. Perencana ZOFM, merinci pekerjaan outfit ke dalam paket-paket pekerjaan, dan pertimbangan komponen-komponen outfit untuk semua sistem dalam zona *on-board* dan mencoba untuk memaksimalkan jumlah dipasang/diinstalasi pada zona *on-block*. 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 :

5. 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.
6. 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.
7. Memindahkan pekerjaan dari ruang tertutup, sempit, tinggi, atau tidak aman ke tempat-tempat terbuka, luas, dan rendah, sehingga memaksimalkan

aman dan akses untuk penanganan material.



8. Perencanaan secara simultan/kompak, paket- paket pekerjaan, sehingga mengurangi waktu instalasi secara keseluruhan.

2.6.3. Pipe Piece Family Manufacturing (PPFM)

A. Prinsip Dasar Pipe Piece Family Manufacturing (PPFM)

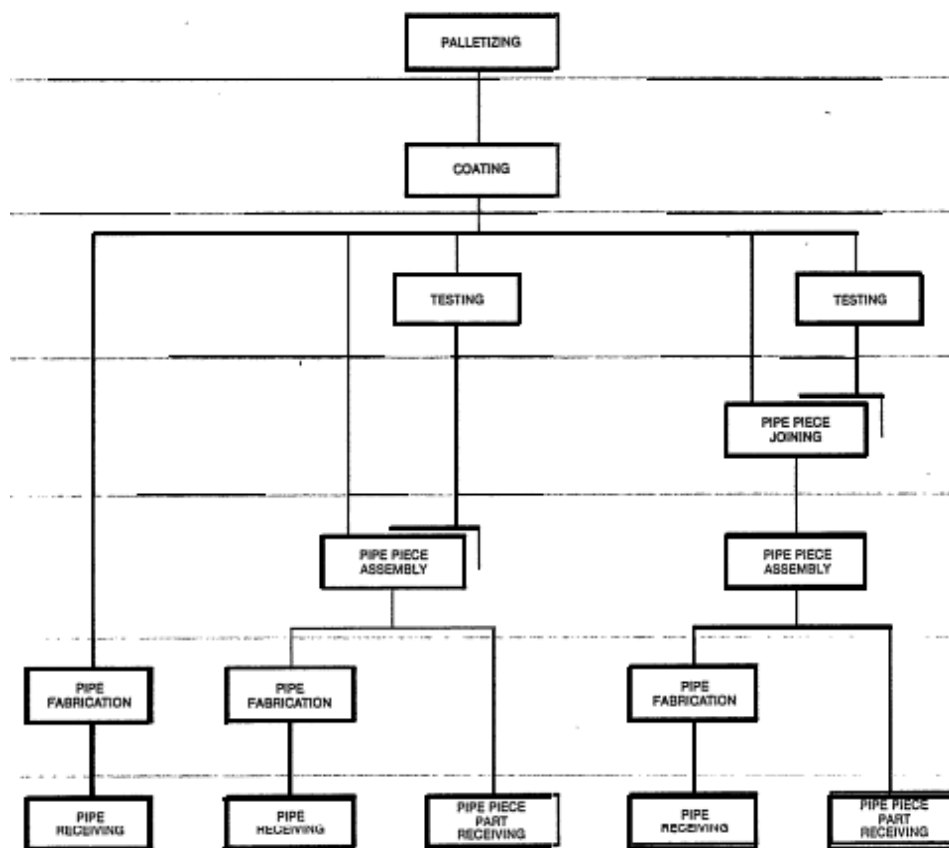
PPFM (*Pipe Piece Family Manufacturing*) merupakan salah satu aplikasi dari Group Technology (GT). *US Departement of Commerce* (1982) dalam Rahmatia (2018) mengemukakan bahwa Group Technology (GT) merupakan filosofi yang digunakan para pembangun kapal berkompeten untuk mengklasifikasikan secara sistematis 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 Industries 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.



Penentuan *family* mempertimbangkan desain serta berbagai perlengkapan produksi. Diantaranya yang pertama yaitu jenis dan bentuk material dan yang kedua meliputi (Kasama, 1982) :

- 1) Sistem control manajemen
- 2) Kapasitas bengkel pipa dan subkontraktor yang terlibat secara rutin, serta peralatan fabrikasi dan tata letaknya



Gambar 2.4. Tingkat Produksi pada metode PPFM
(Sumber: *US Department of Commerce* ,1982)

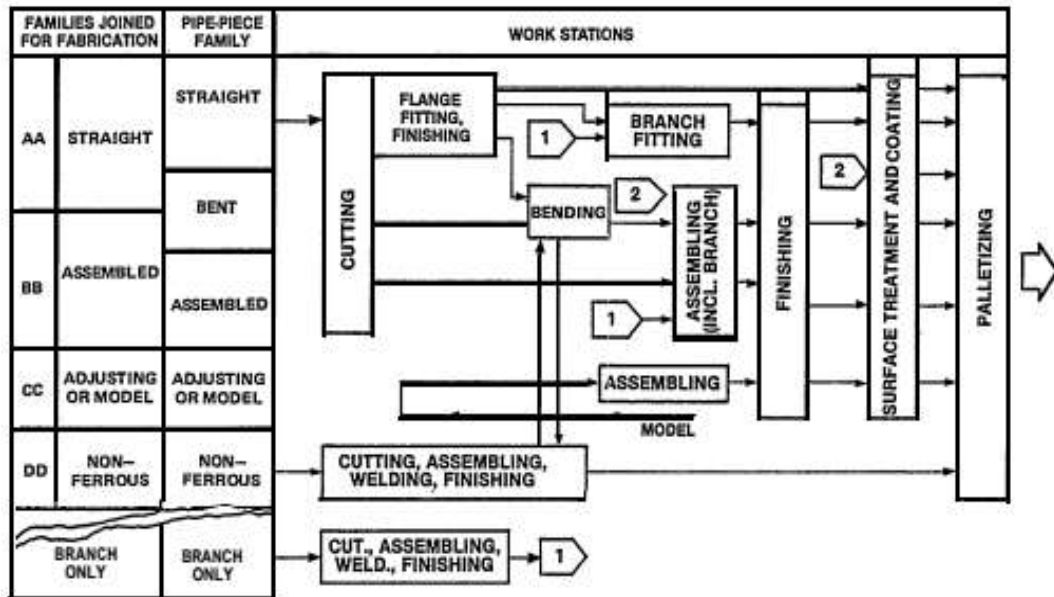
B. Aliran Kerja *Pipe Piece Family Manufacturing* (PPFM)



tingkatan produktivitas melalui prinsip-prinsip lini produksi memerlukan kerja standar diantaranya prosedur, fasilitas, keterampilan, persyartayan dan 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 2.5. Aliran Kerja Pada *Pipe-Piece Family*
(Sumber : *US Departement of Commerce*,1982)



2.7. Teori Pemotongan

Jika sebuah struktur dibuat, prosedur pertama adalah pemotongan material dan ada beberapa metode pemotongan. Tenaga mekanis digunakan untuk pengguntingan dan penggergajian, dan sumber panas temperatur tinggi digunakan untuk pemotongan dengan gas dan mesin potong busur plasma. Berbagai macam teknik pemotongan digunakan dalam sehari-harinya, tergantung dengan kebutuhannya, misalnya seperti kapasitas pemotongan, jenis material yang dipotong, akurasi pemotongan, kualitas permukaan potong, kemampuan operasinya, efisiensi biaya dan faktor keamanan. Sumber energi panas yang digunakan untuk pemotongan termal termasuk reaksi oksidasi, energi listrik, energi sinar dan kombinasi dari tersebut diatas. Bagaimanapun juga pemotongan termal sangat jarang digunakan hanya dengan energi termal saja. Sebagian besar dari potong termal dilakukan dengan pemanasan bagian logam yang dipotong dan peniupan terak yang timbul sebagai hasil dari pemotongan oleh gas.

2.8. Teori Pengelasan

Menurut Eyres (2007), berkat teknologi las bagian-bagian seperti gading-gading dapat langsung dilakukan dengan pelat kulit, lunas dapat dilas 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 dilandaskan peluncuran maupun di bengkel-bengkel kerja. Blok telah dikerjakan dengan

akan teknologi las dapat ditegakkan (*erected*) antara blok dengan blok lain untuk sebuah kapal. Proses ini diistilahkan berorientasi zone (*zone oriented*).



2.8.1. Prosedur Pengelasan (WPS)

Prosedur pengelasan (WPS) adalah suatu perencanaan untuk pelaksanaan pengelasan yang meliputi cara pembuatan konstruksi pengelasan yang sesuai dengan rencana dan spesifikasinya dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Karena itu mereka yang menentukan prosedur pengelasan harus mempunyai pengetahuan dalam hal pengetahuan bahan dan teknologi pengelasan itu sendiri serta dapat menggunakan pengetahuan tersebut untuk efisiensi dari suatu aktivitas produksi. Ada 2 hal kualifikasi pengelasan yang harus dipenuhi yaitu :

1. Kualifikasi prosedur las (*Welding Procedure Specification*) atau biasa disingkat dengan WPS.
2. Kualifikasi juru las/operator las (*Welder/Welding Operator Qualification*).

Spesifikasi prosedur pengelasan (*Welding Procedure Specification*) disingkat WPS yaitu sebuah dokumen tentang prosedur pengelasan berkualifikasi tertulis yang harus 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 berkenan, 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.

alam membuat kualifikasi sebuah WPS dapat diikuti urutan kegiatan berikut :

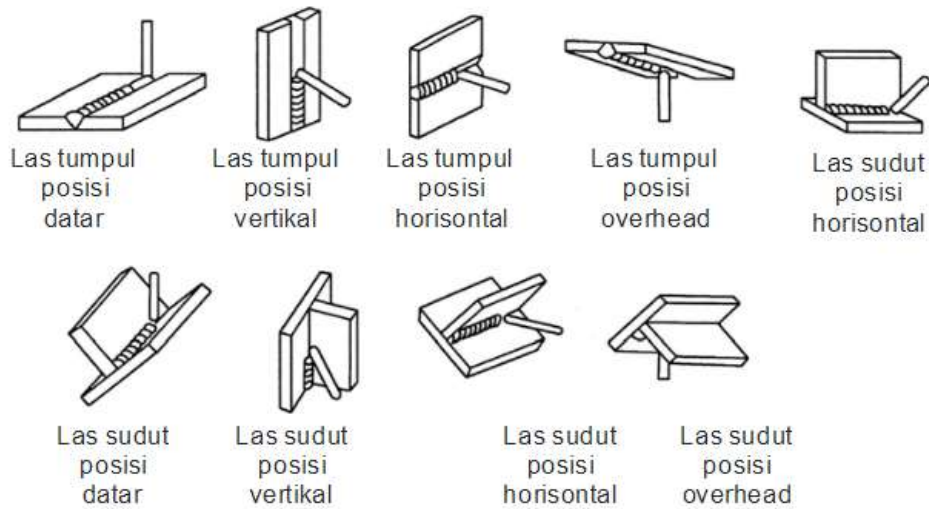


- a. Pembuatan konsep WPS dan review konsep bila terjadi
- b. Pengelasan sebuah contoh uji berpedoman pada WPS yang direncanakan dengan memperhatikan ukuran *test piece*, menyiapkan mesin las yang telah terkalibrasi, penyiapan kawat las yang sesuai dengan logam induk, gas pelindung yang disesuaikan dengan proses, peralatan ukur dan peralatan pendukung lainnya serta menunjuk juru las yang berkualifikasi untuk melaksanakan pengelasan pada pembuatan WPS tersebut.
- c. Melaksanakan pengujian, mengamati selama proses berlangsung dan mengevaluasi hasil pengujian.
- d. 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, Rules* dan standart konstruksi lainnya.

2.8.2. Posisi Pengelasan

Terdapat empat posisi pengelasan : datar (bawah tangan), vertikal, horisontal dan diatas kepala (*overhead*), seperti ditampilkan pada gambar 2.6. Posisi pengelasan dan ketinggian benda kerja harus disetel untuk memudahkan pengelasan dilakukan pada posisi yang nyaman dan untuk memperbesar tingkat efisiensi.





Gambar 2.6. Macam-macam Posisi Pengelasan
 Sumber: Teknik Pengelasan Kapal Jilid 1, 2008

a. Posisi Datar (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 (Horizontal)

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

a 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 pengelasan yang dilakukan tergantung kepada jenis elektroda yang dipakai. Elektroda yang berbusur lemah dilakukan pengelasan keatas, elektroda yang berbusur keras dilakukan pengelasan kebawah.

d. Posisi atas kepala (*Overhead*)

Pengelasan dari bawah dan benda kerja berada diatas operator. Posisi pengelasan diatas kepala, bila benda kerja berada pada daerah sudut 45° 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.

2.9. Manajemen Waktu Proyek

Manajemen waktu proyek adalah tahapan mendefinisikan proses-proses yang perlu dilakukan selama proyek berlangsung berkaitan dengan penjaminan agar proyek dapat berjalan tepat waktu dengan tetap memperhatikan keterbatasan biaya serta penjagaan kualitas hasil dari proyek. Dalam suatu proyek pembanguna kapal, pihak pembangun kapal akan berusaha memanfaatkan sumberdaya yang tersedia guna menyelesaikan pekerjaan tepat waktu. Faktor yang berpengaruh dalam

durasi waktu ialah beban pekerjaan, produktivitas, tenaga kerja, dan tenaga kerja terpakai.



2.9.1. 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 (Rahmatia, 2018):

- *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

2.9.2. Produktivitas

Definisi produktivitas secara sederhana adalah hubungan antara kualitas yang dihasilkan dengan jumlah kerja yang dilakukan untuk mencapai hasil. Secara teknis produktivitas adalah suatu perbandingan antara hasil yang dicapai (*output*) atau perbandingan antara hasil yang dicapai dengan peran tenaga kerja persatuan waktu. Produktivitas dapat digunakan sebagai tolak ukur keberhasilan suatu industri atau galangan kapal dalam menghasilkan barang atau jasa. Sehingga semakin tinggi perbandingannya, berarti semakin tinggi produk yang dihasilkan. (Putra dkk, 2017)

Dalam proses pembangunan kapal, beberapa jenis kegiatan seperti *lifting*, dan *welding* akan sangat mempengaruhi durasi/waktu yang diperlukan.

Penelitian ini besar produktifitas didapatkan dari penelitian sebelumnya



yang dilakukan oleh Zulfikar AR (2013) yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 yang mana didapatkan dari produktifitas pekerja PT. PAL 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 , 0,340jam/meter dan 0,102 jam/meter.

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

$$Durasi = \frac{\text{jam orang}/JO \text{ (jam per orang)}}{\text{Jumlah tenaga kerja (orang)}}$$

$$JO = \text{Beban Kerja} \times \text{Tingkat kebutuhan}$$

Sehingga ;

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

2.10. Network Planning (Perencanaan Jaringan Kerja)

Network planning merupakan model instrumen pengukuran jadwal proyek dengan menggunakan logika jaringan kerja untuk mendeteksi item pekerjaan yang berada pada jalur kritis maupun untuk mengetahui detail pekerjaan yaitu dapat menentukan waktu paling cepat (*early time*) dan waktu paling lama (*latest time*) untuk dikerjakan.

1. Prinsip Dasar Penjadwalan Network Planning

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

Menentukan aktivitas kegiatan

Menentukan beban masing-masing kegiatan



- f. Menentukan durasi aktivitas kegiatan
- g. Mendiskripsikan aktivitas/kegiatan
- h. Menentukan hubungan yang logis

2.11. Metode Jalur Kritis/*Critical path method (CPM)*

Menurut Sumyang, 2003 (dalam Rahmawati, 2007) 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.

Ada beberapa pengertian jalur kritis berdasarkan beberapa ahli adalah (dalam 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.
2. 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.



Adapun komponen-komponen dalam CPM menurut Handoko, 1997: 402

(dalam Rahmawati, 2007) adalah :

1. Kegiatan atau *activity*

Kegiatan adalah bagian dari keseluruhan pekerjaan yang harus dilaksanakan.

2. Peristiwa atau *event*

Peristiwa merupakan pelaksanaan kegiatan dalam rencana program yang menandai mulainya dan akhirnya suatu kejadian.

3. Waktu kegiatan

Hal pokok yang perlu diperhatikan dalam network planning adalah penentuan waktu setiap kegiatan yang diperlakukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan atau proyek secara keseluruhan.

