

PERENCANAAN JARINGAN KERJA PERAKITAN BLOK KAMAR MESIN
KAPAL FERRY RO-RO 750 GT TERINTEGRASI DENGAN SISTEM
PERPIPAAN UNTUK BAHAN BAKAR & MINYAK PELUMAS, SERTA
SISTEM PERPIPAAN AIR TAWAR DAN AIR LAUT UNTUK PENDINGIN
MESIN
SKRIPSI

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



Oleh :

FADHIL MAULLUVY HASAN

D311 15 306

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 UNTUK BAHAN BAKAR & MINYAK PELUMAS, SERTA
SISTEM PERPIPAAN AIR TAWAR DAN AIR LAUT UNTUK PENDINGIN
MESIN
SKRIPSI

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



Oleh :

FADHIL MAULLUVY HASAN

D311 15 306

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 Perpipaian untuk Bahan Bakar & Minyak Pelumas,
serta Sistem Perpipaian Air Tawar dan Air Laut untuk Pendingin Mesin”**

Disusun dan diajukan oleh :

FADHIL MAULLUVY HASAN

D311 15 306

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing

Gowa, September 2020

Pembimbing I

Pembimbing II

(Farianto Fachruddin L., ST., MT)

NIP: 19700426 199412 1 001

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

NIP: 19701001 200012 1 001

Mengetahui :

Ketua Departemen Teknik Perkapalan



(D. Agus Suandar Baso, ST., MT)

NIP: 19730206 200012 1 002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : FADHIL MAULLUVY HASAN

NIM : D31115306

Judul Skripsi : Perencanaan Jaringan Kerja Perakitan Blok Kamar Mesin Kapal Ferry Ro-Ro 750 Gt Terintegrasi dengan Sistem Perpipaan untuk Bahan Bakar & Minyak Pelumas, serta Sistem Perpipaan Air Tawar dan Air Laut untuk Pendingin Mesin.

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

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

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

Gowa, 01 September 2020

Penyusun,



FADHIL MAULLUVY HASAN

ABSTRAK

Maulluvy Hasan, Fadhil. 2020. Perencanaan Jaringan Kerja Perakitan Blok Kamar Mesin Kapal Ferry Ro-ro 750 GT Terintegrasi dengan Sistem Perpipaan untuk Bahan Bakar & Minyak Pelumas, serta Sistem Perpipaan Air Tawar dan Air Laut untuk Pendingin Mesin. Skripsi, Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
(Farianto Fachruddin L. ST. MT, Moh. Rizal Firmansyah ST.,MT, M.Eng.)

Peningkatan metode-metode pembangunan kapal memberikan dampak yang baik dalam hal percepatan produksi akan tetapi perlu dibarengi dengan manajemen dan perencanaan yang matang dengan memperhatikan berbagai faktor seperti fasilitas galangan, sumber daya manusia serta lokasi pembangunan. Sebuah proyek perlu dikerjakan melalui 3 tahapan pengelolaan proyek yaitu tahap pengkordinasian, tahap perencanaan, dan tahap penjadwalan. Dari ketiga tahapan ini, hanya tahapan perencanaan dan penjadwalan inilah yang bisa menentukan berhasil/tidaknya suatu proyek. Dan didalam tahap penjadwalan ini, berisi informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan, dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek.

Dalam penelitian ini, objek yang diteliti merupakan kapal Ferry Ro-Ro 750 GT pada bagian blok kamar mesin. Perincian dan pengelompokan pekerjaan dalam perakitan tiap blok menggunakan metode *Product Work Breakdown Structure* (PWBS), sedangkan metode analisa jaringan kerja menggunakan *Critical Path Method*. Penelitian ini bertujuan menghitung durasi perakitan blok kamar mesin kapal terintegrasi dengan sistem perpipaan. Variabel-variabel penting dalam penentuan durasi ialah beban kerja dari setiap kegiatan, nilai produktivitas dan jumlah tenaga kerja yang dipakai.

Berdasarkan hasil pengolahan data, integrasikan perakitan blok dan sistem perpipaan dilakukan dengan merakit sistem pipa secara on unit dan on blok. Durasi yang diperoleh dalam perakitan blok kamar mesin khususnya blok tiga adalah 49,55 hari.

Kata Kunci: Ferry Ro-ro, PWBS, CPM, Durasi

ABSTRACT

Maulluvy Hasan, Fadhil. 2020. Network planning of The 750GT Ferry Ro-Ro's Block Engine Room Integrated with Fuel and Lubricating Oil Piping Systems, as well as Freshwater and Seawater Piping Systems for Engine Cooling. Skripsi, Department of Ship Engineering, Faculty of Engineering, Hasanuddin University. (Farianto Fachruddin L. ST. MT, Moh. Rizal Firmansyah ST.,MT, M.Eng.)

The improvement of the shipbuilding methods provides a good impact on production acceleration but needs to be coupled with mature management and planning by observing various factors such as shipyard facilities, human resources, and development sites. A project needs to be done through the 3 stages of project management, namely the coordinate stage, the planning phase, and the scheduling phase. Of these three stages, only the planning and scheduling phases can determine the success/absence of a project. And in this stage of scheduling, contains information about the schedule of the project plan and progress in terms of performance of the resource in the form of cost, manpower, equipment, and materials as well as project duration and time progress for the completion of the project.

In this research, the object research was a Ro-Ro Ferry 750 GT in the engine room block. Details and grouping work in the assembly of each block using the Product Work Breakdown Structure (PWBS) method, while the network analysis method of using the Critical Path Method. This research aims at calculating the duration of the assembly block of the vessel machine integrated with piping systems. The important variables in duration determination are the workload of each activity, the value of productivity, and the amount of labor consumed.

Based on the results of the data processing, integrate the block assembly and piping system done by assembling the pipeline system on-unit and on-block. The duration obtained in the assembly of the engine room block in particular the three blocks are 49,55 days.

Keywords: Ferry Ro-ro, PWBS, CPM, Duration

KATA PENGANTAR



Assalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan atas kehendak Allah SWT, sang pengampun bagi yang mau bertobat, sang pemberi inspirasi bagi yang mau berfikir. Dengan hidayah-Nyalah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Perencanaan Jaringan Kerja Perakitan Blok Kamar Mesin Kapal Ferry Ro-ro 750 GT Terintegrasi Dengan Sistem Perpipaian untuk Bahan Bakar & Minyak Pelumas, serta Sistem Perpipaian Air Tawar dan Air Laut untuk Pendingin Mesin” sesuai dengan yang diharapkan.

Alhamdulillah banyak hambatan dan tantangan yang penulis hadapi selama menempuh perkuliahan sampai penulis skripsi ini, namun dengan bantuan semua pihak baik materil maupun nonmateril kepada penulis, sehingga semua ini dapat teratasi seperti harapan penulis, sehingga semua itu dapat teratasi seperti harapan penulis. Oleh karna itu pada kesempatan ini perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terimah kasih dan penghargaan yang tak terhingga pada kedua orang tua penulis dan saudara-saudaraku yang telah menyayangi dan selalu mendoakan yang terbaik bagiku, mengajariku dan selalu menasehatiku.

Melalui kesempatan ini maka saya sangat berterimah kasih kepada Ibunda tercinta (Maulidia) dan ayahanda tercinta (Hasaning) yang tercipta sebagai orang tua yang tiada duanya di dunia ini, yang telah merawat, memberikan kasih sayang, perhatian dan doa restu kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan kuliah di

Program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, yang tak bisa ananda balas dengan apapun, suatu kebanggaan dapat terlahir dari seorang ibu yang sangat sabar dan selalu memperhatikan masa depan anaknya dan rela berkorban demi apa saja demi kesuksesan anaknya. Aku bangga jadi anak kalian.

Ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya penulis kepada :

1. Bapak Farianto Fachruddin, ST., MT. selaku pembimbing 1 (satu), dan Bapak M. Rizal Firmansyah, ST., MT., M.Eng., selaku pembimbing 2 (dua) yang telah memberi motivasi, membagi pengetahuan, mengoreksi, dan memperbaiki tulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ir. Syamsul Asri, MT., Bapak Wahyuddin, ST., MT., dan Bapak Ir. Zulkifli A. Yusuf, MT. selaku tim penguji yang memberikan banyak saran untuk penyempurnaan skripsi ini, memberikan pengalaman didunia kerja, dan pelajaran hidup.
3. Bapak Abdul Haris Djalante, ST., MT., selaku Penasehat Akademik penulis yang telah sangat membantu terkait konsultasi akademik selama proses perkuliahan dan hal – hal lainnya.
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. Pihak PT IKI Persero atas data, waktu, dan kesempatan yang diberikan kepada penulis.

6. Keluarga Taek Squad yang selalu ada dalam segala hal bahkan hal aneh pun, yang telah menjadi sahabat karib selama masa studi penulis.
7. Kepada sahabat tercinta Sri Indarwaty, Waode Rahmatun Ummah W., Nurrahmi Amri, Sidraty Nugraha T., Luthfi Talayansa, Try Bintang Ar, Ian Aprian Salim, dan Muh. Anan Makhrifsyah G yang selalu menemani saat sedih, senang, dan bahagia, terkadang menyebalkan namun sangat dirindukan jika tak ada.
8. Keluarga Platform15 yang mengajarkan arti solidaritas dan berbagai macam hal di teknik.
9. Teman-teman seperjuangan Teknik Perkapalan angkatan 2015.
10. Segenap keluarga besar Labo Produksi Departemen Teknik Perkapalan.
11. 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..
Akhir kata penulis mengucapkan banyak terimah kasih dan berharap semoga skripsi ini dapat bermamfaat pada berbagai pihak khususnya pada penulis.

Makassar, 14 Agustus 2020

Penulis,

Fadhil Maulluvy Hasan

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1. Latar Belakang	1
2. Rumusan Masalah	4
3. Batasan Masalah.....	4
4. Tujuan Penelitian	5
5. Hasil dan Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
1. Karakteristik Kapal Ferry	7
2. Konstruksi Kapal.....	9
2.1. Sistem konstruksi kapal.....	9
2.2. Elemen konstruksi kapal	10
3. Instalasi Perpipaan ..	18

3.1. Materi instalasi pipa	18
3.2. Gambar Produksi.....	20
3.2. Identifikasi komponen pipa.....	21
4. Proses Pembangunan Kapal	29
5. Teknologi Produksi Kapal	32
5.1. Pendekatan tradisional	33
5.2. Pendekatan modern	34
6. Product Work Breakdown Structure (PWBS)..	36
6.1. <i>Hull Block Construction Methode</i> (HBCM).....	40
6.2. <i>Zone Outfitting Method</i> (ZOFM).....	42
6.3. Pipe Piece Family Manufacturing (PPFM).....	43
7. Tenaga Kerja Pembangunan Kapal.....	44
8. Teori Pengelasan..	45
8.1. Welding Procedure Specification (WPS).....	45
8.2. Posisi Pengelasan	46
9. Beban Kerja.....	48
10. Produktivitas..	49
11. Perencanaan Jaringan Kerja (Network Planning)..	49
12. Gantt Chart.....	52
13. Metode Jalur Kritis (CPM).....	53

BAB III METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Tempat Penelitian	55
2. Data Penelitian	55

2.1. Jenis dan sumber data.....	55
2.2. Teknik pengambilan data	56
3. Teknik Analisis Data.....	56
4. Kerangka Pikir	59

BAB IV HASIL & PEMBAHASAN

1. Data Penelitian	65
1.1. Ukuran utama kapal	65
1.2. Dimensi blok kamar mesin	65
1.3. Gambar-gambar representasi kapal.....	66
1.4. Sistem perpipaan	66
2. Perincian Komponen Kegiatan	70
2.1. Aspek zona	71
2.2. Aspek stage	72
3. Urutan Perakitan Grand Blok 3.....	78
3.1. Perakitan Sub-blok Bottom.....	78
3.2. Perakitan Sub-blok Portside & Starboardside.....	83
3.3. Perakitan Sub-blok Deck.....	84
3.4. Perakitan Grand Blok 3.....	86
4. Identifikasi Komponen Kegiatan.....	93
5. Beban Kerja.....	94
6. Durasi Kegiatan.....	100
6.1. Durasi komponen kegiatan.....	100
6.2. Waktu Kerja	106

7. Identifikasi Jalur Kritis.....	107
8. Penjadwalan dan Kurva S.....	112
8.1. Penjadwalan	112
8.2. Kurva S	114
9. Diskusi	116
9.1. Integrasi blok kamar mesin dan sistem perpipaan.....	116
9.2. Jumlah tenaga kerja.....	118
9.3. Rasio antara berat konstruksi dan produktifitas JO.....	119
 BAB V PENUTUP	
1. Kesimpulan.....	121
2. Saran.....	121
DAFTAR PUSTAKA.....	123
LAMPIRAN.....	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konstruksi kamar mesin.....	13
Gambar 2.2 Flens (Flange).....	23
Gambar 2.3. Fitting elbow 45 ⁰ , 90 ⁰ dan 180 ⁰	26
Gambar 2.4. Fitting <i>straight tee</i> dan <i>reducing tee</i>	27
Gambar 2.5. Fitting <i>concentric reducer</i> dan <i>eccentric reducer</i>	28
Gambar 2.6. Reducer di Sistem Pendingin Air Laut.....	29
Gambar 2.7. Reducer di Sistem Pendingin Air Tawar dengan dimensi.....	29
Gambar 2.8. Proses Pembuatan Kapal	30
Gambar 2.9. Sejarah Perkembangan Metode Pembangunan Kapal.....	32
Gambar 2.10. Elemen-elemen PWBS	38
Gambar 2.11. Tingkat manufaktur atau tahapan HBCM	40
Gambar 2.12. Simbol Node	50
Gambar 2.13. Diagram Jaringan Kerja AON	51
Gambar 2.14. Gantt Chart.....	52
Gambar 3.1. Kerangka Pikir.....	60
Gambar 4.1. Blok Kamar Mesin KMP Lakaan.....	66
Gambar 4.2. Sistem Perpipaan Bahan Bakar di Bottom HS3	67
Gambar 4.3. Sistem Perpipaan Minyak Pelumas di Bottom HS2.....	53
Gambar 4.4. Sistem Perpipaan Air Laut di Bottom HS3	54
Gambar 4.5. Sistem Perpipaan Air Tawar di Bottom HS3	55
Gambar 4.6. PWBS Perakitan Blok 3 KMP Lakaan.....	74
Gambar 4.7. Grand Blok HS 3	78

Gambar 4.8. Sub Blok Bottom 2 Bottom.....	78
Gambar 4.9. Perakitan Inner bottom (Tanki Bilga), CG, wrang, dan plat sisi tanki bilga.....	80
Gambar 4.10. Perakitan Pondasi Mesin (Portside & Starboard side) dan wrang.....	80
Gambar 4.11. Perakitan Side girder 1 & 2 beserta wrang.....	81
Gambar 4.12. Perakitan lajur plate bottom	82
Gambar 4.13. Perakitan Panel dengan plat bilga sisi	83
Gambar 4.14. Sub Blok Starboard dan Portside	84
Gambar 4.15. Urutan kegiatan perakitan deck plate	84
Gambar 4.16. Perakitan transverse deck beam	85
Gambar 4.17. Perakitan Longitudinal Deck Beam	85
Gambar 4.18. Perakitan Girder deck dan Cantilever di deck plate	86
Gambar 4.19. Perakitan Bracket of Beam ke deck beam.....	86
Gambar 4.20. Perakitan Grand Blok 3 Kapal KMP Lakaan beserta perakitan pipa on-unit & on-blok.....	88
Gambar 4.21. Hubungan kegiatan Fabrikasi dan Perakitan Sub-blok 2 Bottom	90
Gambar 4.22. Hubungan kegiatan Fabrikasi dan Perakitan Sub-blok 1&3	90
Gambar 4.23. Hubungan kegiatan Fabrikasi dan Perakitan Sub-blok 4 Deck....	91
Gambar 4.24. Hubungan kegiatan Fabrikasi dan Perakitan Sistem Perpipaan ...	91
Gambar 4.25. Hubungan kegiatan Fabrikasi dan Perakitan Blok HS3	92
Gambar 4.26. Network Diagram Pembangunan Blok HS3 beserta keterangannya	111

Gambar 4.27. Kurva S fabrikasi dan perakitan HS3114

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Dimensi dan Berat Blok Kamar Mesin KMP Lakaan.....	66
Tabel 4.2 PWBS Sub-Blok 2 Panel Bottom Blok HS 3.....	75
Tabel 4.3 PWBS Perpipaan Blok HS 3.....	75
Tabel 4.4 Logika Ketergantungan Pembangunan Blok HS3	89
Tabel 4.5 Kegiatan Pembangunan Blok HS3 KMP Lakaan	93
Tabel 4.6 Beban Kerja Kegiatan Fabrikasi Sub-blok 2 Bottom.....	94
Tabel 4.7 Beban Kerja Kegiatan Perakitan Sub-blok 2 Bottom	96
Tabel 4.8 Beban Kerja Kegiatan Fabrikasi Perpipaan	97
Tabel 4.9 Beban Kerja Kegiatan Perakitan Sistem Perpipaan HS3	99
Tabel 4.10 Total beban seluruh pekerjaan pada Blok HS 3.....	100
Tabel 4.11 Durasi Fabrikasi Sub-blok Bottom	102
Tabel 4.12 Durasi Perakitan Sub-blok Bottom	104
Tabel 4.13 Total Durasi Pembangunan Blok HS 3 KMP Lakaan.....	106
Tabel 4.14. Daftar kegiatan Kritis Fabrikasi dan Perakitan Blok HS3	107
Tabel 4.15 Daftar kegiatan kritis Fabrikasi dan Perakitan Blok HS2.....	108
Tabel 4.16 Daftar kegiatan Kritis Fabrikasi dan Perakitan Blok HS4	108
Tabel 4.17 Gantt Chart Distribusi JO Pada Pembangunan Blok HS3	113
Tabel 4.18 Tabel dan kurva S berdasarkan bobot pekerjaan fabrikasi dan perakitan Blok HS3	115
Tabel 4.19 Perbedaan durasi total pembangunan blok HS3 dan sistem perpipaan.....	118

Tabel 4.20 Perbedaan durasi total pembangunan blok HS2 dan sistem perpipaan.....	118
Tabel 4.21 Perbedaan durasi total pembangunan blok HS4 dan sistem perpipaan.....	118
Tabel 4.22 Rasio pekerjaan pemotongan dan pengelasan dengan berat konstruksi.....	120

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin tinggi mendorong industri berkembang semakin pesat. Produsen berlomba-lomba menciptakan dan menghasilkan produk, baik berupa barang maupun jasa dengan mengembangkan teknologi untuk meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup masyarakat.

Untuk mewujudkan cita-cita tersebut dibutuhkan peran serta seluruh warga negara diantaranya adalah peran perusahaan-perusahaan yang bergerak dalam bidang galangan kapal. Karena dengan adanya perusahaan galangan kapal inilah yang membantu pembangunan dan perbaikan kapal sehingga sarana transportasi laut dapat berjalan dengan lancar yang dapat mendukung pembangunan di negeri ini. Keberadaan perusahaan-perusahaan ini harus bisa memberikan pelayanan optimal, dan meningkatkan kualitas efisiensi tanpa melupakan kualitas hasil produksinya serta tidak lupa melihat peluang pasar galangan kapal yang terus menerus karena jumlah kebutuhan kapal di Indonesia cukup banyak. Salah satu tipe kapal yang banyak dibutuhkan yaitu kapal Ferry Ro-Ro. Sama halnya dengan kapal yang lain, pembangunan kapal ini begitu kompleks, sehingga peluang keterlambatan pengerjaan begitu besar. Akibatnya, kualitas pekerjaan tersebut menjadi menurun dan biaya pelaksanaan jadi membengkak. Keterlambatan penyelesaian proyek ini merupakan kondisi yang sangat tidak dikehendaki, maka dari itu perusahaan harus bisa seefisien mungkin dalam penggunaan waktu

disetiap kegiatan atau aktifitas sehingga setiap proyek yang dilaksanakan dapat selesai sesuai dengan penjadwalan yang telah direncanakan.

Peningkatan metode-metode pembangunan kapal tentunya juga memberikan dampak yang baik dalam hal percepatan produksi akan tetapi perlu dibarengi dengan manajemen dan perencanaan yang matang dengan memperhatikan berbagai faktor seperti fasilitas galangan, sumber daya manusia serta lokasi pembangunan. Sebuah proyek perlu dikerjakan melalui 3 tahapan pengelolaan proyek yaitu tahap perencanaan, tahap penjadwalan, dan tahap pengkoordinasian (Nurwahidin, 2016). Dari ketiga tahapan ini, hanya tahapan perencanaan dan penjadwalan inilah yang bisa menentukan berhasil/tidaknya suatu proyek. Dan didalam tahap penjadwaalan ini, berisi informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan, dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek (Abrar, 2010).

Umumnya, tahap penjadwalan ini menggunakan estimasi durasi yang pasti, namun terkadang ada banyak faktor ketidakpastian sehingga durasi setiap kegiatan tidak dapat ditentukan dengan pasti. Salah satu metode yang bisa diterapkan untuk tahapan penjadwalan ini dengan menggunakan metode jalur kritis (Critical Path Methods). Metode ini mempertimbangkan waktu penyelesaian suatu proyek dengan biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan produk tersebut.

Pada tahapan perencanaan, diperlukan suatu analisis untuk mendapatkan waktu efektif dalam pembangunan, dengan memanfaatkan sumber daya yang

tersedia dengan maksimal. Bentuk peningkatan kualitas perencanaan suatu kegiatan adalah dengan menganalisis jaringan kerja dimana sangat diperlukan terlebih pada pembangunan kapal yang terintegrasi dengan beberapa pekerjaan outfitting. Dengan adanya rencana jaringan kerja ini, setiap kegiatan dalam proses pembangunan kapal bisa terkendali sehingga perencanaan serta pengawasan dapat dilakukan secara sistematis.

Sampai saat ini, kebanyakan galangan kapal di Indonesia dalam membangun kapal masih menggunakan HBCM (Hull Block Construction Methode). Setelah HBCM terdapat sistem pembangunan ZOFM (Zone Outfitting Methode) dan sistem pembangunan ZPTM (Zona Painting Methode), dimana sistem ZOFM mengintegrasikan pembangunan blok dengan sistem perlengkapan dan perpipaan yang menggunakan teknologi canggih, lalu pada tingkatan lebih lanjut terdapat sistem ZPTM yang mengintegrasikan pekerjaan outfitting-nya dengan pengecatan.

Penggunaan HBCM pada pembangunan kapal telah mensyaratkan perencanaan jaringan kerja yang terintegrasi dengan pekerjaan outfitting (sistem perpipaan) harus jauh lebih kompleks dibanding perencanaan jaringan kerja yang hanya melibatkan pekerjaan lambung kapal. Sebelumnya, ada dua perencanaan jaringan kerja yang terintegrasi dengan pekerjaan outfitting telah diselesaikan dimana diintegrasikan dengan dua sistem perpipaan pada masing-masing perencanaan jaringan kerja tersebut. Masing – masing sistem perpipaan yang dimaksud yaitu sistem perpipaan bahan bakar dan minyak pelumas serta sistem perpipaan air tawar dan air laut untuk pendingin mesin. Oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian mengenai penjadwalan pembangunan blok

Hull Structure yang berfokus pada kamar mesin yang terintegrasi dengan empat sistem perpipaan dengan waktu yang efisien yang dituangkan dalam judul : **PERENCANAAN JARINGAN KERJA PERAKITAN BLOK KAMAR MESIN KAPAL FERRY RO-RO 750GT TERINTEGRASI DENGAN SISTEM PERPIPAAN UNTUK BAHAN BAKAR & MINYAK PELUMAS, SERTA SISTEM PERPIPAAN AIR TAWAR DAN AIR LAUT UNTUK PENDINGIN MESIN.**

2. Rumusan Masalah

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

1. Berapa waktu yang dibutuhkan untuk perakitan blok kamar mesin terintegrasi dengan 4 (empat) sistem perpipaan yaitu bahan bakar, minyak pelumas, dan pendingin mesin (Air tawar dan air laut) dalam pembangunan kapal Ferry Ro-Ro 750 GT?
2. Bagaimana jalur kritis untuk 4 (empat) sistem perpipaan yang terintegrasi dengan pembangunan blok HS (Engine Room) kapal Ferry Ro-Ro 750 GT?

3. Batasan Masalah

Berikut batasan masalah pada penelitian ini :

1. Tahapan perakitan blok kamar mesin dimulai dengan tahapan fabrikasi dilanjutkan ke tahapan perakitan komponen menjadi panel Assembly, kemudian dirakit menjadi sub block assembly, lalu perakitan tersebut menjadi block assembly. Untuk kegiatan erection tidak termasuk.

2. Perhitungan durasi waktu mulai dari fabrikasi hingga block assembly untuk kontruksi dan perpipaan.
3. Pembagian dan perakitan untuk blok kapal menggunakan metode PWBS (Product Work Breakdown Structure) sedangkan perencanaan jaringan kerja menggunakan metode CPM (Critical Path Methods).
4. Sistem perpipaan yang dimaksud adalah :
 - a. Sistem pipa bahan bakar dan minyak pelumas untuk suply dari tangki induk ke tangki harian lalu ditransfer ke mesin induk dan mesin bantu. (Pipa drain dan pipa Return tidak termasuk).
 - b. Sistem pipa air tawar dan air laut untuk pendingin mesin.

4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan waktu yang dibutuhkan untuk perakitan blok kamar mesin yang terintegrasi dengan 4 (empat) sistem perpipaan yaitu bahan bakar, minyak pelumas, dan pendingin mesin (Air tawar dan air laut) dalam pembangunan kapal Ferry Ro-Ro 750 GT.
2. Menentukan jalur kritis pembangunan blok Hull Structure (Engine Room) yang terintegrasi dengan 4 sistem perpipaan pada kapal Ferry Ro-Ro 750 GT.

5. Hasil dan Manfaat Penelitian

Adapun hasil dan manfaat penelitian sebagai berikut :

1. Waktu yang didapatkan dapat dijadikan sebagai bahan referensi kepada galangan kapal ketika ingin membuat perencanaan penjadwalan proyek

pembangunan kapal terintegrasi dengan sistem perpipaan.

2. Sebagai materi pembelajaran untuk pengembangan penelitian mahasiswa lebih lanjut.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

1. Karakteristik Kapal Ferry

Kapal Ferry adalah kapal dengan tujuan pembangunannya untuk penyebrangan barang dan penumpang dengan jarak yang relatif pendek dalam melintasi sungai, danau, atau pantai antar pulau satu ke pulau yang lainnya. Kapal Ferry bukan lagi hanya merupakan kapal penyebrangan kecil, tetapi sudah meningkat pada ukuran yang besar dengan muatan tidak hanya penumpang tetapi juga; mobil, truk, bus, dan bahkan kereta api.

Adapun ciri-ciri umum kapal ini yaitu (Trian, 2017, P.1):

- a. Geladak diisyaratkan dengan lebar yang cukup besar untuk pengangkutan kendaraan agar arus keluarnya kendaraan menjadi lebih cepat;
- b. Penempatan posisi kendaraan sedemikian rupa sehingga terlindungi dari air laut;
- c. Pintu ramp, baik di depan maupun di belakang serta di samping;
- d. Untuk mencukupi lebar kapal, kapal dilengkapi dengan vender untuk mencegah terjadinya shock dilambung kapal.

Menurut Hadisuwarno (1996) dalam Trian (2017, P.2), bentuk – bentuk muatan yang bisa diangkut dengan kapal ferry adalah :

- a. Bisa bergerak sendiri (cth. Mobil);
- b. Barang – barang diatas truk dan penumpang dalam bus;
- c. Barang – barang diatas roll plate;
- d. Kontainer diatas chassis;
- e. Penumpang yang bergerak sendiri.

Jenis – jenis kapal Ferry sangat banyak, akan tetapi kapal yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah kapal Ferry Jenis Ro-ro. Ferry Roll-on/roll-off adalah ferry besar dan konvensional di mana kendaraan dapat keluar masuk dengan mudah. Karakteristik lebih spesifik dari kapal Ro-ro adalah bongkar muat dilakukan secara horizontal menggunakan roda dari dan ke dalam kapal melalui *rampdoor* kapal.

Pemilihan lokasi pelabuhan penyebrangan, terkadang tidak mempertimbangkan perbedaan pasang surut. Untuk mengantisipasi hal ini, maka kapal *ferry* harus bisa mempunyai sarat relatif kecil. Selain itu, kapal *ferry* harus bisa bermanuver dengan cepat. Ini sangat penting terutama pada saat memasuki daerah pelabuhan. Oleh karena itu, kapal penyebrangan biasanya mempunyai propeller ganda agar dapat melakukan manuver dengan baik.

Menurut PT ASDP Indonesia Ferry, jenis muatan kendaraan dibagi dalam beberapa golongan, yaitu:

- a. Golongan I adalah Sepeda gunung;
- b. Golongan II adalah Sepeda motor;
- c. Golongan III adalah Mobil roda 4 (jeep, sedan, pick up, sejenisnya) dengan ukuran 4,2 x 1,7 x 2,0 m;
- d. Golongan IV adalah Bus sedang dan truk sedang dengan ukuran 6,3 x 2,3 x 2,8 m;
- e. Golongan V adalah Bus besar dan truk besar 10 roda dengan ukuran 8,5 x 2,5 x 3,7 m;
- f. Golongan VI A adalah Alat berat (roda karet);

g. Golongan VI B adalah Alat berat (roda besi).

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

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

2. Konstruksi Kapal

2.1. Sistem konstruksi kapal

Sistem kerangka/konstruksi kapal dibedakan dalam dua jenis utama; yaitu sistem kerangka melintang dan sistem membujur atau memanjang. Dari kedua sistem utama ini maka dikenal pula sistem kombinasi.

Pemilihan jenis sistem konstruksi suatu kapal sangat ditentukan oleh ukuran utama kapal, dalam hal ini panjang kapal sangat berpengaruh terhadap kekuatan memanjang dan tahanan kapal, dimana jenis/fungsi kapal juga menjadikan dasar pertimbangan lainnya.

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

- 1) Sistem konstruksi melintang : dalam sistem ini gading-gading umumnya dipasang secara vertikal;

- 2) Sistem konstruksi memanjang : dalam sistem ini gading-gading umumnya dipasang secara memanjang. Sistem ini banyak digunakan pada kapal pengangkut muatan curah seperti tanker;
- 3) Sistem konstruksi kombinasi ; pada sistem ini bagian tengah kapal menggunakan sistem konstruksi memanjang, sementara bagian ceruk haluan dan ceruk buritan menggunakan sistem konstruksi melintang.

2.2. Elemen konstruksi kapal

2.2.1. Konstruksi haluan

Pada haluan kapal terdiri dari beberapa elemen konstruksi sebagai berikut (Henny Amalia, 2018):

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.

2.2.2. 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.

c) Wrang (*floor*)

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

- Wrang penuh adalah jenis wrang tidak membutuhkan kekedapan, karena pada wrang ini dilengkapi *lightening hole* dan *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.
- 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

cofferdam (ruang pemisah). 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 (*Center Girder*)
- Penumpu samping (*Side Girder*)

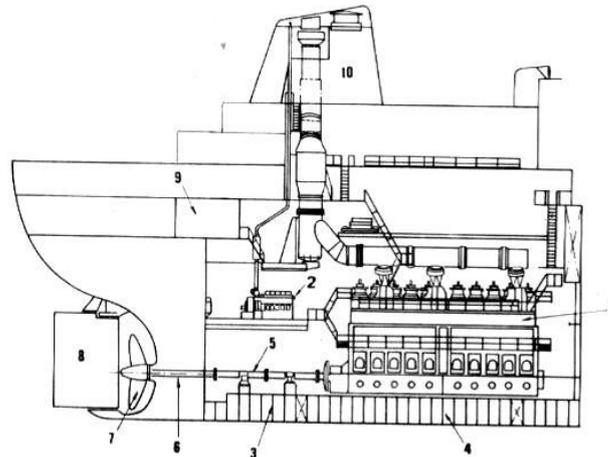
2.2.3. Kontruksi lambung

Kontruksi 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 konstruksi melintang ataupun memanjang. Gading – gading dinamai sesuai dengan letaknya. Gading yang terletak ditengah dibawah geladak utama disebut gading utama atau *main frame*, kemudian diatasnya disebut dengan gading geladak antara, gading bangunan atas, dan seterusnya pada daerah ceruk dinamai gading ceruk. (Henny Amalia, 2018)

2.2.4. Konstruksi kamar mesin

Kamar mesin merupakan kompartemen yang sangat penting pada sebuah kapal. Di tempat inilah terdapat mesin penggerak kapal yang biasanya dinamakan mesin induk atau mesin utama. Di kamar mesin pula terletak sumber tenaga untuk membangkitkan listrik yang berupa generator listrik kapal, pompa-pompa, dan bermacam-macam peralatan kerja yang menunjang pengoperasian kapal. Konstruksi kamar mesin dibuat khusus karena adanya beban-beban tambahan

yang bersifat tetap, seperti berputarnya mesin utama dan mesin lainnya. Situasi umum didalam kamar mesin dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.1. Konstruksi Kamar Mesin

Keterangan : 1 (Mesin utama), 2 (Generator), 3 (Wrang Kamar Mesin), 4 (Tangki pelumas Cadangan), 5 (Poros antara), 6 (Poros propeller), 7 (Propeller), 8 (Kemudi), 9 (Tangki air tawar), 10 (Cerobong Asap).

Adapun bagian – bagian dari kamar mesin sebagai berikut :

- a) Ruang kontrol mesin, salah satu ruangan didalam kamar mesin dimana semua alat-alat kontrol mesin-mesin yang beroperasi dipasang, termasuk sistem kontrol energi listrik, agar pengawasan terhadap mesin-mesin lebih efektif dan efisien.
- b) Mesin induk kapal, suatu instalasi mesin yang terdiri dari berbagai unit/sistem pendukung dan berfungsi untuk menghasilkan daya dorong terhadap kapal, sehingga kapal dapat berjalan maju atau mundur.
- c) Mesin bantu kapal, unit-unit dan instalasi-instalasi permesinan yang dibutuhkan untuk membantu pengoperasian kapal, termasuk untuk mesin

induk, operasi muatan, pengemudian, navigasi dll., termasuk, tetapi tidak terbatas pada mesin-mesin dibawah ini.

- d) Mesin generator, suatu instalasi mesin / unit penggerak generator atau pembangkit tenaga listrik, merupakan salah satu mesin bantu yang paling penting dikapal untuk menghasilkan tenaga / energi listrik. Jenis mesin ini biasanya mesin Diesel, kecuali dikapal yang menggunakan uap sebagai energi panasnya, mesin ini digerakkan dengan turbin uap.
- e) Generator, bagian yang menjadi satu dengan mesin generator yang mampu membangkitkan energi atau arus listrik yang dibutuhkan untuk operasi kapal seperti menjalankan motor-motor listrik untuk mesin kemudi, pompa, kompresor udara, dll., serta untuk penerangan, pemanas, dll.
- f) Pompa – pompa, alat untuk memindahkan zat cair seperti air tawar, air laut, bahan bakar dan lain-lain, yang biasanya dilengkapi dengan sistem perpipaan, termasuk katup isap, katup tekan dan katup-katup lain, saringan, tangki-tangki, alat-alat pengaman dll. Berikut jenis jenis pompa yaitu :
- Pompa pendingin air tawar (fresh water cooling pump)
 - Pompa pendingin air laut (sea water cooling pump)
 - Pompa servis umum (general service pump)
 - Pompa minyak lumas (lube oil pump)
 - Pompa bahan bakar (fuel oil pump)
 - Pompa ballast (ballast pump)
 - Pompa got (bilge pump)
 - Pompa sanitair (sanitary pump)

- 1 unit pompa pemindah bahan bakar
 - 1 unit pompa kotoran (*sewage pump*).
 - 1 unit pompa dinas umum / pemadam kebakaran
- g) Kompresor udara (air compressor), unit yang berfungsi menyediakan udara dengan tekanan tertentu (biasanya antara 20 – 30 bar) untuk berbagai kebutuhan, terutama untuk start mesin induk. Selain itu, terdapat kompresor udara darurat (emergency air compressor), yang akan difungsikan jika kompresor udara rusak dan tidak dapat difungsikan karena tidak ada arus listrik yang menggerakkan motornya. Kompresor ini dijalankan dengan mesin tersendiri dan dapat distart dengan tangan.
- h) Mesin Pendingin (Refrigerator), suatu instalasi permesinan yang terdiri dari kompresor, pendingin media pendingin, kondensor, katup ekspansi, evaporator dan lainlain, yang ditujukan untuk mendinginkan satu ruangan atau lebih ruangan untuk menyimpan bahan makanan diatas kapal. Selain itu terdapat mesin AC, suatu instalasi permesinan seperti halnya mesin pendingin, tetapi tujuannya mendinginkan ruangan-ruangan seperti salon, kabin-kabin awak kapal, dll., agar suhunya rendah dan nyaman.
- i) Pemindah Panas (Heat Exchanger), terdiri dari: Pendingin (Cooler) untuk Udara, Air Tawar, Minyak Lumas, dll., yaitu unit yang berfungsi menurunkan temperatur suatu zat yang menjadi akibat operasi mesin, agar temperaturnya konstan dan tidak melebihi ketentuan. Di unit ini selalu ada zat yang akan didinginkan dan zat atau media pendingin yang biasanya terdiri dari air laut.

- j) Pemanas (Heater) untuk Bahan Bakar, Minyak Lumas, Air Tawar, dll., yaitu peralatan untuk memanaskan suatu zat, misalnya bahan bakar agar kekentalannya turun, atau memanaskan ruangan dimusin dingin, dll.
- k) Kondensor (Condenser), yang pada dasarnya berfungsi untuk merubah bentuk zat dari uap atau gas menjadi bentuk cair. Unit ini biasanya terdapat pada turbin uap dan mesin pendingin.
- l) Pembangkit Air Tawar (Fresh Water Generator), suatu unit pembangkit air tawar, atau merubah air laut menjadi air tawar dengan cara menguapkan air laut kemudian diembunkan sehingga menjadi air tawar.
- m) Pemisah Zat Cair (Separator), terdiri dari: Pemisah Bahan Bakar (Fuel Oil Separator), suatu unit permesinan yang gunanya untuk memisahkan bahan bakar dengan zat-zat lain, terutama air dan endapan-endapan yang terkandung didalam bahan bakar sehingga bahan bakar yang akan disuplai ke mesin tetap murni dan bersih.
- n) Pemisah Minyak Pelumas (Lube Oil separator), unit pemisah minyak lumas, biasanya hanya untuk minyak lumas mesin induk, agar terpisah dari air dan kotoran-kotoran lain, sehingga kualitas minyak lumas tetap terjaga.
- o) Pembersih Bahan Bakar (Purifier), hampir sama dengan separator bahan bakar, tetapi disini fungsinya untuk memisahkan bahan bakar dengan air dan zat-zat lain yang tidak diinginkan.
- p) Separator Air Berminyak (Oily Water Separator), untuk memisahkan air got kamar mesin dari kandungan minyak akibat kebocoran minyak yang jatuh ke

got kamar mesin. Sesuai peraturan MARPOL, air yang dibuang ke laut tidak boleh mengandung minyak lebih dari 15 ppm.

- q) Pembakar (Incinerator), suatu unit yang digunakan untuk membakar sampah-sampah dan minyak-minyak kotor yang tidak boleh dibuang ke laut sesuai peraturan yang tercantum didalam MARPOL.
- r) Instalasi Pembuang Kotoran (Sewage Plant), digunakan untuk menampung dan kemudian membuang ke laut, kotoran-kotoran manusia setelah diberi bahan penetral.
- s) Main Switch Board (Papan Penghubung Induk), suatu unit sistem listrik kapal yang biasanya dipasang di ruang kontrol, dimana arus listrik dari setiap generator dikontrol dan didistribusikan keseluruh bagian kapal yang perlu melalui papan-papan distribusi.
- t) Lo Cooler Lub Oil Cooler adalah suatau alat yang digunakan untuk mendinginkan Oli yang keluar dari Mesin Induk atau Mesin bantu dengan pendinginan Air Laut
- u) Distribution Board (Papan Distribusi), bagian sistem distribusi dari main switchboard yang ditempatkan diberbagai lokasi untuk memudahkan kontrol pemakaian arus listrik. Dari sini arus listrik didistribusikan lagi ke unit-unit yang memerlukan melalui kotak-kotak distributor.
- v) Distribution Box (Kotak Distribusi), bagian dari papan distribusi, biasanya dilengkapi dengan switch-switch untuk starter jika arus listriknya digunakan untuk menjalankan motor listrik.

- w) Motor Listrik (Electric Motor), suatu unit penggerak dengan energi listrik untuk menggerakkan alat-alat tertentu seperti pompa, kompresor, separator dan lain-lain.
- x) Mesin-mesin Darurat (Emergency Engines) Generator Darurat (Emergency Generator), yang digunakan jika tiba-tiba terjadi “black-out) akibat tidak berfungsinya generator. Generator ini bekerja secara otomatis atau manual atau dapat juga digantikan dengan sistem baterai (accumulator) yang bekerja secara otomatis. Generator darurat dapat distart dengan tangan atau dengan baterai.

3. Instalasi Perpipa

3.1. Material instalasi pipa

Bagian yang diperlukan dalam instalasi system pipa, sambungan aliran, pengatur katup dan lain-lain.

- a) Pipa adalah bagian utama dari suatu system yang menghubungkan titik dimana fluida disimpan ketitik pengeluaran.
- b) Sambungan adalah peralatan yang menghubungkan pipa satu ke pipa yang lain atau dari pipa ke badan kapal. Sambungan tersebut meliputi flens, sambungan T sambungan siku, sambungan melalui dinding kedap sambungan melalui dinding kedap, geladak dll.
- c) 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.

- d) Pengatur katup (Valve gear) adalah peralatan untuk mengontrol katup pada system pipa baik dari tempat itu (local control) maupun dari tempat yang jauh (remote control).
- e) Peralatan lain, peralatan ini biasanya digunakan dalam system 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.

- (Seamless drawn pipe) baja tempa atau kuningan.

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.

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.

- a) 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 pipe* bisa terdiri dari beberapa sistem.

- b) Production drawing, yang dimaksud dengan *production drawing* adalah gambar-gambar yang akan digunakan dalam memproduksi pada bengkel pipa. Gambar ini didapat dari gambar *arrangement pipe* yang dipecah berdasarkan blokkblok yang sudah direncanakan.

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*).

3.3.1. Pipa – pipa (*Pipes*)

Pipa-pipa adalah saluran yang tertutup sebagai sarana untuk pengaliran atau transportasi fluida bisa juga sebagai sarana pengaliran atau transportasi energi dalam aliran. Pipa yang umum digunakan pada industri proses dan pembangkit listrik (*power Plant*) yaitu pipa baja (*steel pipe*) dan pipa besi (*iron pipe*). Berikut ukuran pipa – pipa beserta jenisnya yang ada pada Blok Kamar Mesin khususnya di grand blok 3 (tiga) :

- a) Sistem perpipaan bahan bakar

Fuel Oil (Bahan Bakar)							
Pipa Diameter 20A	994	x	26,7		2,9		13,35
FODT -> AUX ENG PS			23,8				11,9
Pipa Diameter 20A	935	x	26,7		2,9		13,35
FODT -> AUX ENG SB			23,8				11,9
	1929						
Pipa Diameter 25A	5770	x	33,4		3,4		16,7
FOT -> FODT			30				15
Pipa Diameter 25A	759	x	33,4		3,4		16,7
FOT -> FODT (Bending Pipe)			30				15
	6529						

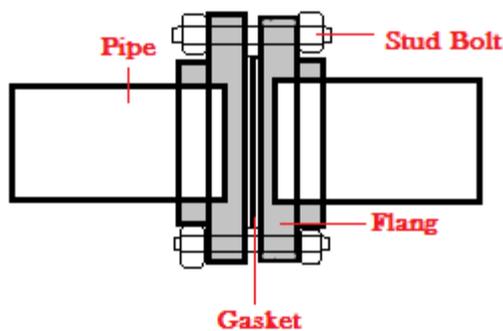
b) Sistem pendingin air laut

Sea Water (Pendingin Air Laut)							
Pipa Diameter 250A	4280,427	x	273		9,27		136,5
Sea Chest (Bending Pipe)			263,73				131,87
Pipa Diameter 250A	2380,581	x	273		9,27		136,5
Sea Chest (Bending Pipe)			263,73				131,87
Pipa Diameter 250A	1881,474	x	273		9,27		136,5
Sea Chest			263,73				131,87
	8542,48						
Pipa Diameter 100A	1588,2	x	114,3		6		57,15
Sea Chest -> Pump			108,3				54,15
Pipa Diameter 100A	1120,8	x	114,3		6		57,15
Pump -> Manifold			108,3				54,15
Pipa Diameter 100A	1678,4	x	114,3		6		57,15
Manifold - ME PS			108,3				54,15
Pipa Diameter 100A	6267,1	x	114,3		6		57,15
Manifold -> ME SB			108,3				54,15
Total	10654,5						
Pipa Diameter 80A	10715,2	x	88,9		5,5		44,45
ME Left -> Overboard			83,4				41,7
Pipa Diameter 80A	6921,8	x	88,9		5,5		44,45
ME Right -> Overboard			83,4				41,7
Pipa Diameter 80A	5866,2	x	88,9		5,5		44,45
Manifold -> AUX.ENG			83,4				41,7
Total	23503,2						
Pipa Diameter 50A	8984,9	x	60,3		3,9		30,15
Manifold -> Reducer -> AUX.ENG			56,4				28,2
Total	8984,9						

c) Sistem pendingin air tawar

Fresh Water (Pendingin Air Tawar)							
Pipa Diameter 100A	4267,6	x	114,3		6,02		57,15
FWT -> Pump			108,28				54,14
Pipa Diameter 100A	890,4	x	114,3		6,02		57,15
Pump -> ME			108,28				54,14
Pipa Diameter 100A	2362,1	x	114,3		6,02		57,15
Pump -> ME SB			108,28				54,14
Pipa Diameter 100A	2362,1	x	114,3		6,02		57,15
Pump -> ME PS			108,28				54,14
Total	9882,2						
Pipa Diameter 80A	9320,5	x	88,9		5,5		44,45
Manifold - Reducer - ME SB			83,4				41,7
Pipa Diameter 80A	9113,7	x	88,9		5,5		44,45
Manifold - Reducer - ME PS			83,4				41,7
Pipa Diameter 80A	4855,2	x	88,9		5,5		44,45
Manifold -> AUX.ENG SB			83,4				41,7
Pipa Diameter 80A	5215,6	x	88,9		5,5		44,45
Manifold -> AUX.ENG PS			83,4				41,7
Total	28505,0						
Pipa Diameter 50A	2168,0	x	60,3		3,9		30,15
Manifold - Reducer - Aux.Eng SB			56,4				28,2
Pipa Diameter 50A	436,4	x	60,3		3,9		30,15
Manifold - Reducer - Aux.Eng SB (Bending)			56,4				28,2
Pipa Diameter 50A	1587,4	x	60,3		3,9		30,15
Manifold - Reducer - Aux.Eng PS			56,4				28,2
Total	4191,8						

3.3.2. Flens (*flange*)



Gambar 2.2. Flens (Flange)

Flens adalah sebuah mekanisme yang menyambungkan antar elemen atau *equipment* perpipaan yaitu antara dua buah pipa, *equipment*, *fitting* atau *valve*, bejana tekan, kolom reaksi, pompa dan lainnya dapat dihubungkan bersama-sama.

Flange tersedia dalam berbagai bentuk, tekanan, rating dan ukuran untuk memenuhi persyaratan desain. Berikut dimensi ukuran flange berdasarkan jenis fluidanya :

1. Sistem Perpipaan Bahan Bakar

Flange 25A	5,44	x	33,4		3,4		16,7	6
			30				15	
Flange 20A	4,32	x	26,7		2,9		13,35	6
			23,8				11,9	

2. Sistem Perpipaan Air Laut

Flange 250A	43	x	273		18,7		136,5	5
			254,3				127,15	
Flange 100A	20	x	114,3		6		57,15	7
			108,3				54,15	
Flange 80A	15,6	x	88,9		5,5		44,45	4
			83,4				41,7	
Flange 50A	9,88	x	60,3		3,9		30,15	2
			56,4				28,2	

3. Sistem Perpipaan Air Tawar

Flange 100A	20	x	114,3		6		57,15	5
			108,3				54,15	
Flange 80A	15,6	x	88,9		5,5		44,45	6
			83,4				41,7	
Flange 50A	9,88	x	60,3		3,9		30,15	8
			56,4				28,2	

3.3.3. Katup (*valve*)

Salah satu komponen yang penting pada sistem perpipaan adalah katup. Katup atau *valve* yang merupakan alat atau bagian yang berfungsi untuk mengatur aliran suatu fluida dengan cara menutup, membuka atau menghambat sebagian jalan aliran fluida tersebut. Disini hanya akan dibahas mengenai katup yang digunakan pada sistem perpipaan di grand blok 3 KMP Lakaan:

a) Sistem perpipaan bahan bakar

	SHUT OFF VALVE	25A	1	PCS
		20A	3	PCS
	STOP NON RETURN VALVE	40A	2	PCS
		25A	12	PCS
		20A	3	PCS
	GLOBE VALVE	25A	2	PCS

b) Sistem pendingin air laut

	STOP GLOBE VALVE	100A	2	Pcs
		80A	2	Pcs
		65A	3	Pcs
		50A	2	Pcs
		20A	2	Pcs
		15A	2	Pcs
	NON RETURN VALVE	80A	2	Pcs
		50A	2	Pcs
	GATE VALVE	250A	4	Pcs
	ANGLE VALVE	250A	2	Pcs

c) Sistem pendingin air tawar

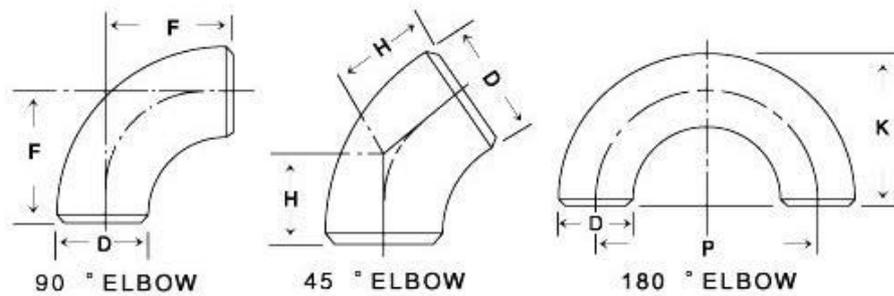
	STOP GLOBE VALVE	100A	2	Pcs
		80A	2	Pcs
	NON RETURN VALVE	80A	2	Pcs
		50A	2	Pcs

3.3.4. Sambungan (*fitting*)

Sambungan (*fitting*) adalah merupakan bagian dari suatu instalasi perpipaan yang berfungsi sebagai penyambung antar pipa dan sebagai akhir perpipaan atau *outlet fitting*.

3.3.4.1. Siku (*ellbow*)

Sambungan siku (*Ellbow*) adalah jenis *fitting* yang merupakan komponen perpipaan yang berfungsi untuk merubah arah aliran fluida. *Ellbow* terdiri dari 3 jenis yang paling umum digunakan yaitu *ellbow* 45°, 90° dan 180°.



Gambar 2.3. Fitting elbow 45°, 90° dan 180°
(Bayu, 2014)

Disini akan dibahas mengenai elbow yang digunakan pada sistem perpipaan di grand blok 3 KMP Lakaan :

- Sistem Perpipaan Bahan Bakar

Elbow 90 - NPS25A	38	x	33,4		3,4		16,7	1
FOT -> FODT			30				15	
Elbow 90 - NPS20A	38	x	26,7		2,9		13,35	4
FODT -> AUX ENG			23,8				11,9	

- Sistem Perpipaan Air Laut

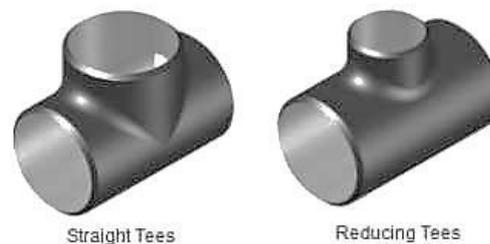
Elbow 90 - NPS250A	254,0	x	273		18,7		136,5	1
Sea Chest			254,3				127,15	
								1
Elbow 90 - NPS100A	102	x	114,3		6		57,15	2
Sea Chest -> Pump			108,3				54,15	
Elbow 90 - NPS100A	102	x	114,3		6		57,15	5
Pump -> Manifold			108,3				54,15	
Elbow 90 - NPS100A	102	x	114,3		6		57,15	2
Manifold - ME PS			108,3				54,15	
Elbow 90 - NPS100A	102	x	114,3		6		57,15	4
Manifold -> ME SB			108,3				54,15	
Total								13
Elbow 90 - NPS80A	76	x	88,9		5,5		44,45	8
ME Left -> Overboard			83,4				41,7	
Elbow 90 - NPS80A	76	x	88,9		5,5		44,45	7
ME Right -> Overboard			83,4				41,7	
Elbow 90 - NPS80A	76	x	88,9		5,5		44,45	2
Pump -> AUX.ENG			83,4				41,7	
Total								17
Elbow 90 - NPS50A	76	x	60,3		3,91		30,15	4
Pump -> AUX.ENG			56,39				28,195	
Elbow 45 - NPS50A	35	x	60,3		3,91		30,15	4
Pump -> AUX.ENG			56,39				28,195	

- Sistem Perpipaan Air Tawar

Elbow 90 - NPS100A	102	x	114,3		6,02		57,15	6	
FWT -> Pump			108,28				54,14		
Elbow 90 - NPS100A	102	x	114,3		6,02		57,15	3	
Pump -> ME			108,28				54,14		
Elbow 90 - NPS100A	102	x	114,3		6,02		57,15	2	
Pump -> ME SB			108,28				54,14		
Elbow 90 - NPS100A	102	x	114,3		6,02		57,15	2	
Pump -> ME PS			108,28				54,14		
Total								13	
Elbow 90 - NPS80A	76	x	88,9		5,5		44,45	9	
Manifold - Reducer - ME SB			83,4				41,7		
Elbow 90 - NPS80A	76	x	88,9		5,5		44,45	10	
Manifold - Reducer - ME PS			83,4				41,7		
Elbow 90 - NPS80A	76	x	88,9		5,5		44,45	6	
Manifold -> AUX.ENG SB			83,4				41,7		
Elbow 90 - NPS80A	76	x	88,9		5,5		44,45	4	
Manifold -> AUX.ENG PS			83,4				41,7		
Total								29	
Elbow 45 - NPS80A	51	x	88,9		5,5		44,45	2	
ME			83,4				41,7		
Elbow 90 - NPS50A	51	x	60,3		3,9		30,15	4	
Pump -> AUX.ENG SB			56,4				28,2		
Elbow 90 - NPS50A	51	x	60,3		3,9		30,15	3	
Pump -> AUX.ENG PS			56,4				28,2		
Total								7	

3.3.4.2. Sambungan Tee

Tee dalam *fitting* berfungsi untuk membagi aliran, biasanya cabang ini memiliki ukuran diameter yang sama dengan ukuran diameter pipa utamanya, dengan nama lain *straight tee* untuk ukuran diameter yang sama, sedangkan jika ukurannya berbeda maka namanya *tee* reduser.



Gambar 2.4. *Fitting straight tee* dan *reducing tee* (Sugeng, 2012)

Pada grand blok 3, sistem perpipaan yang menggunakan sambungan T adalah sistem perpipaan pendingin air laut dan pendingin air tawar.

- Sistem perpipaan pendingin air laut

Straight Tees 250A	216	x	273		18,7		136,5	1
Sea Chest			254,3				127,15	
Straight Tees 100A	315	x	114,3		6		57,15	3
Pembuatan Manifold			108,3				54,15	

- Sistem perpipaan pendingin air tawar

Straight Tees 80A	172	x	88,9		5,5		44,45	2
ME			83,4				41,7	
Straight Tees 50A	128	x	60,3		3,9		30,15	2
AUX ENG.			56,4				28,2	

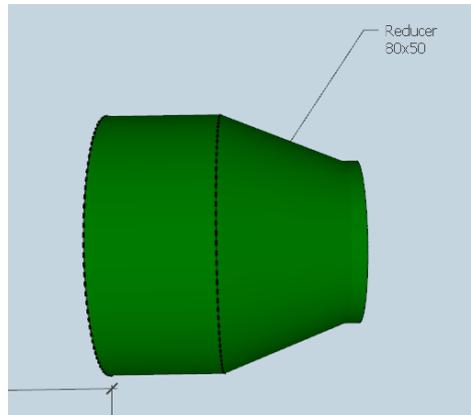
3.3.4.3.Sambungan *reducer*

Fitting reducer, sesuai namanya *fitting* jenis ini berfungsi untuk mengurangi aliran fluida. Mengurangi disini bukan seperti katup (*valve*), tetapi ukuran pipanya saja yang berkurang. Sehingga reducer ini berfungsi untuk menyambungkan pipa dari diameter yang lebih besar ke pipa yang memiliki diameter lebih kecil

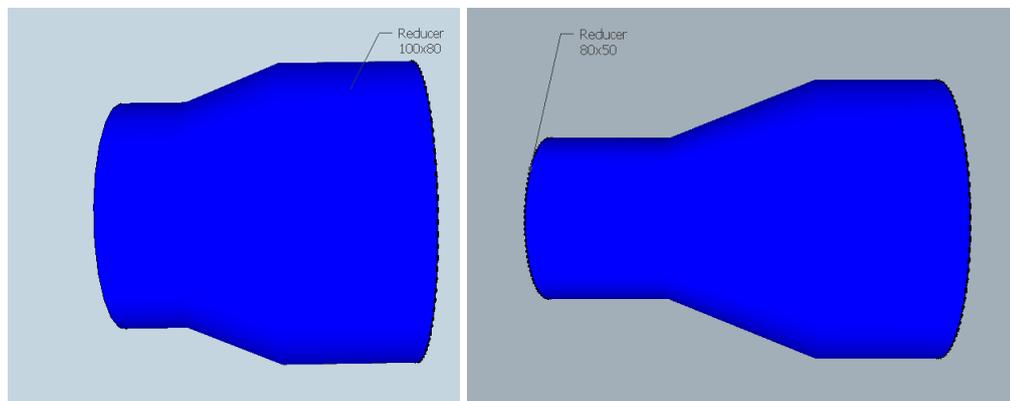


Gambar 2.5. *Fitting concentric reducer* dan *eccentric reducer* (Sugeng, 2014)

Pada grand blok 3, sistem perpipaan yang menggunakan sambungan reducer adalah sistem perpipaan pendingin air laut dan pendingin air tawar.



Gambar 2.6. Reducer di Sistem Pendingin Air Laut ($ID_{max} = 80$ x $ID_{min} = 50$)



Gambar 2.7. Reducer di Sistem Pendingin Air Tawar dengan dimensi ($ID_{max} = 100$ x $ID_{min} = 80$) dan ($ID_{max} = 80$ x $ID_{min} = 50$)

4. Proses Pembangunan Kapal

Proses pembangunan kapal adalah suatu rangkaian kegiatan yang melibatkan berbagai macam sumber daya galangan yang meliputi tenaga kerja (*man*), peralatan dan mesin (*machine*), bahan (*material*), dana (*money*), area pembangunan (*space*), cara kerja (*method*) serta sistem (*system*).

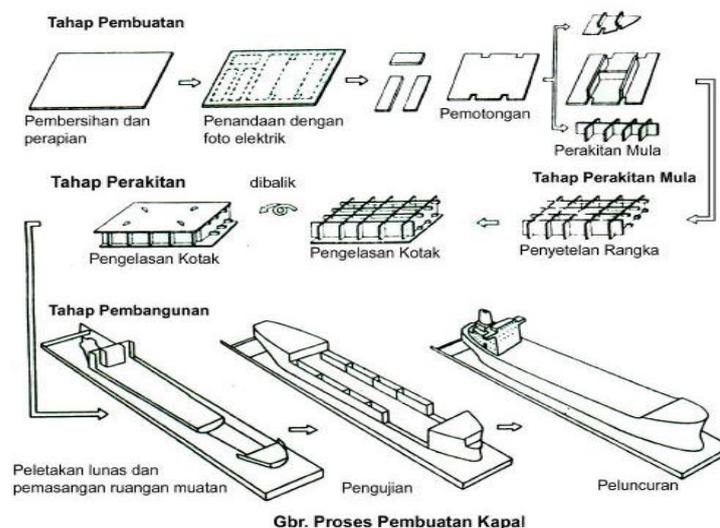
Sebelum semua proses produksi benar-benar dilaksanakan, sebuah awalan kerja pembangunan atau pengerjaan proyek biasa didahului dengan sebuah tender. Perusahaan yang menjalankan proyek adalah perusahaan yang telah dipilih dan

dipandang sesuai dengan keinginan owner untuk melaksanakan proyek pembangunan kapal. Atau owner yang secara langsung memesan ke pihak perusahaan galangan untuk mengerjakan sebuah proyek pembangunan kapal.

Menurut Storch (1995) dan Watson (2002), secara umum tahapan pembangunan kapal sangat bervariasi, tergantung dari keinginan pemesan. Berikut seluruh tahapan yang sudah dirangkum melalui bagan dibawah ini :



Jadi pada bagan diatas dapat disimpulkan bahwa tahapan pengkonstruksian dalam prose pembangunan kapal, yang paling utama mencakup mulai dari :



Gambar 2.8. Proses Pembuatan Kapal

a. Tahapan pembuatan awal (Fabrikasi)

Tahapan pertama yang dilakukan paling awal saat memulai proses pembangunan dimana dalam tahap ini pekerjaan yang utama adalah pembentukan komponen/material yang dilakukan dengan pembersihan, penandaan (*marking*), pemotongan (*cutting*), pembengkokkan (*bending*) dan lain sebagainya dibengkel fabrikasi.

b. Tahapan perakitan (Assembly)

- Perakitan Awal

Sebagian dari komponen seperti pelat untuk dinding setelah dibuat biasanya langsung dikirimkan ke tempat perakitan. Tetapi konstruksi dalam seperti kerangka geladak atau dasar biasanya dirakit tersendiri lebih dahulu dalam tahap perakitan mula atau awal.

- Perakitan Akhir

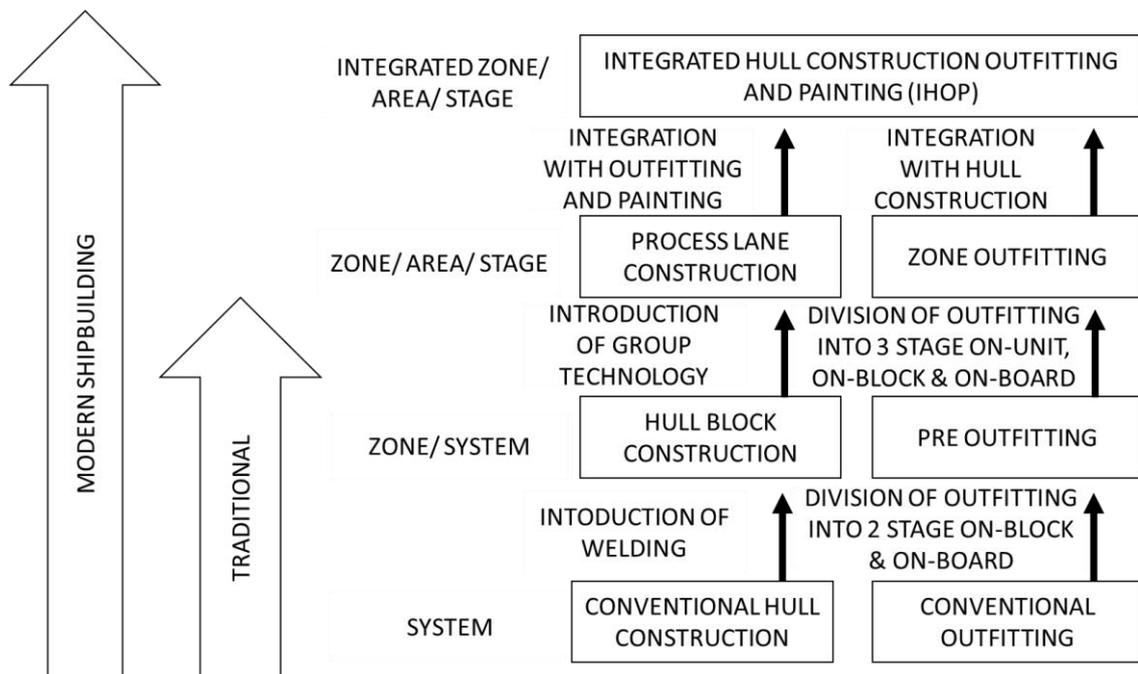
Ada tahap perakitan semua komponen baik yang datang dari pembuatan maupun dari perakitan awal dirakit menjadi kotak-kotak perakitan (dilas atau penyambungan). Pada kapal baja penyambungan antara kotak-kotak perakitan dilakukan dengan menggunakan las busur rendam otomatis. Dalam hal mengikat kerangka dan pelat dinding digunakan las tangan atau las gaya berat dengan elektroda khusus untuk pengelasan datar. Disamping cara pengelasan diatas digunakan juga cara lain tergantung dari bagian-bagian yang disambung dan posisi pengelasannya.

c. Tahapan pembangunan

Kotak-kotak yang sudah dirakit kemudian disusun diatas galangan dengan bantuan mesin angkat (crane). Setelah diatur kotakkotak tersebut kamudian dilas dengan menggunakan dua macam cara pengelasan baik dengan las biasa maupun dengan las otomatis khusus.

Hal penting pada tahapan ini adalah memverifikasi kapal telah dibuat dengan kontrak yang telah disepakati. Konsekuensinya kapal akan mengalami/menjalani serangkaian pengujian dan percobaan pelayaran sehingga dapat diserahkan ke pemesan.

5. Teknologi Produksi Kapal



Gambar 2.9. Sejarah Perkembangan Metode Pembangunan Kapal (Sumber: Chirillo, 1982)

Pada gambar 2.9, Chirillo membagi tahapan perkembangan teknologi produksi bangunan kapal ke dalam empat jenis tahapan sesuai dengan teknologi yang digunakan pada proses produksinya.

5.1. Pendekatan tradisonal

5.1.1. *Conventional Hull Construction and Outfitting.*

Tahapan ini merupakan tahapan yang berfokus pada sistem atau fungsi masing – masing yang ada di kapal dan pekerjaan pembangunan kapal terpusat pada satu tempat perakitan sekaligus tempat peluncuran kapal yang biasa disebut dengan *building berth*. Pekerjaan diawali dengan peletakan lunas, kemudian dilanjutkan dengan pemasangan komponen – komponen konstruksi kapal seperti gading-gading, penegar, wrang, kulit secara berurutan sampai ke bangunan atas dan diakhiri pada pekerjaan *out-fitting* (O/F). dimana pekerjaan tersebut dilakukan berdasarkan sistem per system seperti pemasangan ventilasi, sistem pipa, listrik dan mesin. Pengorganisasian pekerjaan sistem demi sistem ini merupakan halangan untuk mencapai produktivitas yang tinggi.

Tahapan ini juga merupakan penerapan teknologi paling konvensional dengan tingkat produktivitas yang sangat rendah, dikarenakan semua lingkup pekerjaan dilakukan secara berurutan dan saling bergantung antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya. Sehingga memberikan konsekuensi pada waktu pengerjaan yang cukup lama dan mutu pekerjaan yang dihasilkan sangat rendah. Hal ini dikarenakan, hampir semua pekerjaan dilakukan secara manual pada *building berth*, di mana kondisi lingkungan kerja sangat tidak mendukung dari segi keamanan, kenyamanan, dan kemudahan kerja. Dengan demikian semua keadaan tersebut pada prinsipnya akan menghalangi usaha-usaha meningkatkan produktivitas.

5.1.2. *Hull Block Construction and Zone Outfitting.*

Tahapan ini merupakan awal dari dikembangkannya teknologi pengelasan pada proses pembangunan kapal, dimana kapal yang selesai dibuat dalam bentuk seksi-seksi dan blok-blok yang kemudian disambung satu sama lain melalui pengelasan menjadi badan kapal pada *building berth*. Selain itu, beberapa pekerjaan *outfitting* sudah mulai dilakukan pada blok atau badan kapal yang sudah jadi.

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

5.2. Pendekatan modern

5.2.1. *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 untuk membuat satu kelompok produk yang mempunyai kesamaan dalam proses produksinya. Suatu contoh pengelompokan adalah sebagai berikut: pertama adalah *process lane* untuk subassembly bentuk datar, kurva dan bentuk kompleks. 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).

- 1) *On unit 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.
- 2) *On block outfitting* terdiri dari serangkaian pekerjaan outfitting yang dipasang pada tahap perakitan blok kapal.
- 3) *On board outfitting* merupakan tahap pekerjaan outfitting yang dilakukan setelah tahap *erection* atau setelah kapal diluncurkan.

5.2.2. 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* (Henny Amalia, 2018).

6. *Product Work Breakdown Structure (PWBS)*

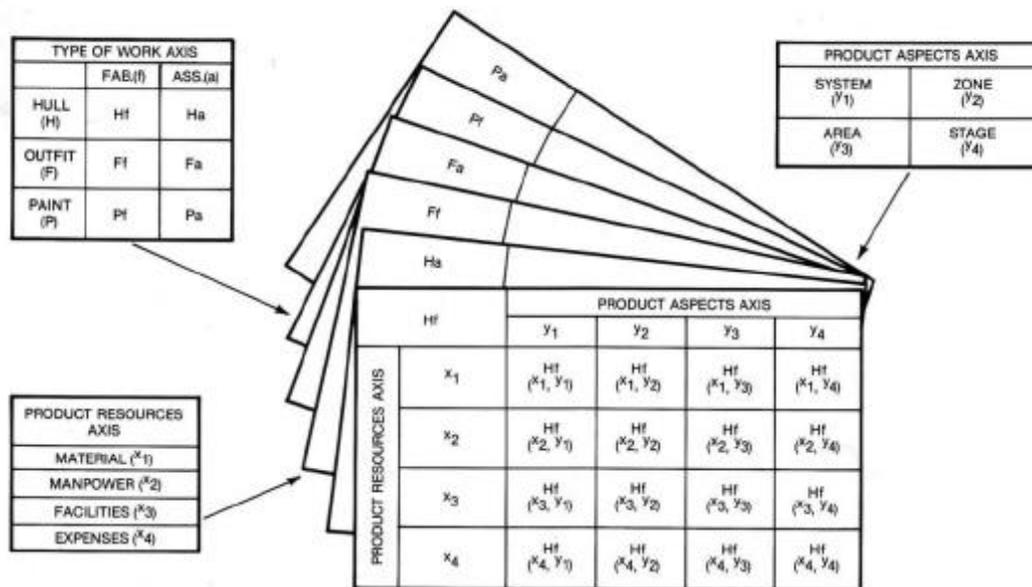
Skema klasifikasi perincian pekerjaan berdasarkan produk antara dapat dilihat dari perspektif pembagian/perincian struktur pekerjaan berorientasi produk (PWBS : *product oriented work breakdown structure*). Komponen-komponen dan *subassembly* digrupkan secara permanen berdasarkan karakteristik dan klasifikasinya dengan memperhatikan atribut-atribut desain dan manufaktur. Tipikal parameter khusus sistem klasifikasinya seperti bentuk, dimensi, toleransi, bahan serta jenis dan kerumitan pengoperasian mesin produksi. Skema klasifikasi sedapat mungkin dapat diaplikasikan untuk manufaktur sehingga dibutuhkan tata kode dalam proses pencatatan data (Wahyuddin, 2011). Konsep PWBS dideskripsikan menggunakan GT (*group technology*) dan FM (*family manufacture*). Logikanya PWBS membagi proses produksi kapal menjadi tiga jenis pekerjaan yaitu:

Klasifikasi pertama adalah : *Hull Construction*, *Outfitting* dan *Painting*. 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 : Bahan (*Material*), yang digunakan untuk proses produksi, baik langsung maupun tidak langsung, misalnya pelat baja, mesin, kabel, minyak, dan lain – lain.

- 1) Tenaga Kerja (*Manpower*), yang dikenakan untuk biaya produksi, baik langsung atau tidak langsung, misalnya tenaga pengelasan, *outfitting* dan lain – lain.
- 2) Fasilitas (*Facilities*), yang digunakan untuk proses produksi, baik langsung maupun tidak langsung, misalnya, gedung, dermaga, mesin, perlengkapan, peralatan dan lain - lain
- 3) Beban (*Expenses*), yang dikenakan untuk biaya produksi, baik langsung maupun tidak langsung, misalnya, desain, transportasi, percobaan laut (*sea trial*), upacara, dll



Gambar 2.10. Elemen-elemen PWBS
 Sumber: Shenoi, 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 kapal diserahkan kepada *owner*.

Definisi dari keempat aspek produksi tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) *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.
- 2) *Zona* adalah suatu tujuan proses produksi dalam pembagian lokasi suatu produk, misalnya, ruang muat, *superstructure*, kamar mesin, dan lain – lain.

3) *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.

4) *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:

- *Hull Block Construction Methode* (HBCM)
- *Zone Outfitting Method* (ZOFM), dan

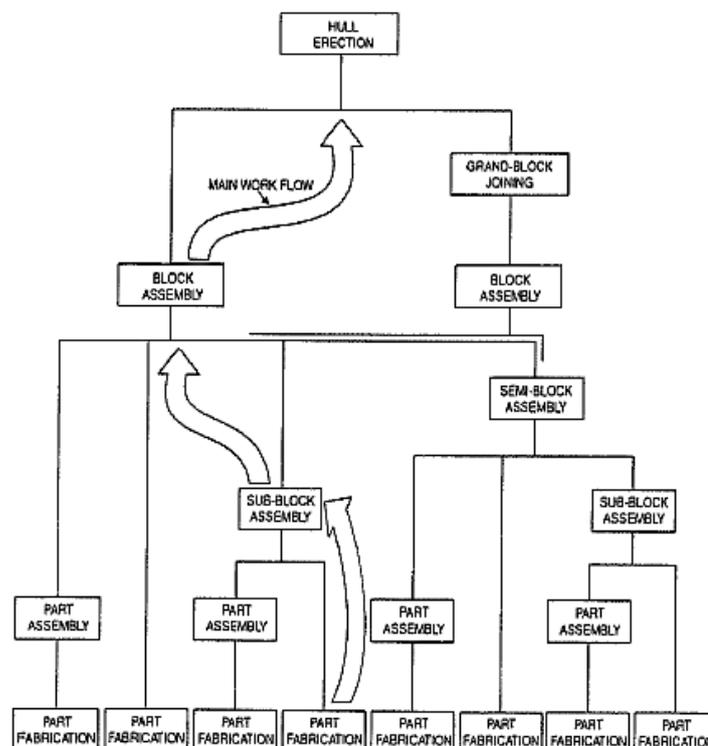
- *Pipe Piece Family Manufacturing (PPFM)*

(Wahyuddin, 2011)

6.1. *Hull Block Construction Methode (HBCM)*

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

Tingkat manufaktur atau tahapan untuk pembuatan kapal berdasarkan metode *Hull Block Construction Method (HBCM)* dapat diperlihatkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.11. Tingkat manufaktur atau tahapan HBCM
(Sumber: Wahyuddin, 2011)

Secara praktis untuk perencanaan perakitan badan kapal terdiri dari tujuh level/tingkat manufaktur, seperti terlihat pada gambar diatas. Perencanaan aliran pekerjaan dimulai dari level blok-blok, kemudian dibagi-bagi turun sampai ke level fabrikasi komponen.

Pengelompokan umum aspek-aspek produksi dimulai dengan kapal sebagai zona. Tahap pertama dimulai dengan 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 ini, perencanaan paket pekerjaan kapal dibagi ke dalam lambung kapal bagian depan (*fore hull*), ruang muat (*cargo hold*), ruang mesin (*engine room*), lambung belakang (*after hull*) dan bangunan atas (*superstructure*) karena mereka memiliki manufaktur dan masalah yang berbeda. Untuk tingkat berikutnya, tingkat sebelumnya lebih lanjut dibagi menjadi blok panel datar dan melengkung diklasifikasikan sesuai dengan bidang masalah. Produk dari semi blok, sub-blok, bagian perakitan dan bagian fabrikasi, sampai pekerjaan tidak dapat dibagi lagi (*hull erection*) merupakan tahapan akhir dari pembangunan konstruksi lambung kapal.

Dengan memperhatikan tujuan-tujuan dalam merencanakan konstruksi lambung dengan tujuh tingkat seperti ditunjukkan pada gambar 2.2 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*).

(Henny Amalia, 2018)

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* (Wahyuddin, 2016).

ZOFM juga memberikan kemungkinan meningkatkan efisiensi secara menyeluruh proses produksi kapal karena selama ini outfitting membutuhkan waktu yang cukup lama dan jam kerja yang lebih banyak. Pekerjaan outfitting dibagi ke dalam beberapa zona pekerjaan dan setiap zona dibagi 3 tahap yaitu *on-unit*, *on-block*, dan *on-board*. Tahapan pekerjaan outfitting dan pengelompokkannya sesuai kesamaan proses pekerjaan (Fatwa, 2014).

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

Optimalisasi ukuran paket pekerjaan dapat dicapai ketika isi pekerjaan hampir seragam. Keseimbangan paket-paket pekerjaan didasarkan pertimbangan

mengelompokkan komponen ke dalam aspek produk zona, problem area dan stage. Faktor-faktor yang mempengaruhi keseimbangan kerja, seperti alokasi tenaga kerja dan penjadwalan. tujuan lain dari perencana ZOFM meliputi:

- a) 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.
- b) 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.
- c) 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.
- d) Perencanaan secara simultan/kompak, paket- paket pekerjaan, sehingga mengurangi waktu instalasi secara keseluruhan.

(Henny Amalia, 2018)

6.3. Pipe Piece Family Manufacturing (PPFM)

PPFM adalah aplikasi GT pada pekerjaan instalasi pipa dimana sebelum pipa dipasang mengikuti pekerjaan outfitting harus diproduksi dengan mengacu pada prinsip kesamaan pengerjaanya, PPFM biasa dilakukan di bengkel khusus pipa. Tahapan dasar PPFM diawali dengan fabrikasi pipa, assembly pipa, kemudian tahap join pipa dilanjutkan dengan testing, pengecatan, dan pemasangan.

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

7. Tenaga Kerja Pembangunan Kapal

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:

- a. Produktivitas tenaga kerja;
- b. Jumlah tenaga kerja;
- c. Biaya yang dikeluarkan untuk tenaga kerja;
- d. 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 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*) 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 atau tenaga kerja bantu bertugas untuk membantu welder atau operator dalam menjalankan tugasnya. (Rahmawati, 2018)

8. Teori Pengelasan

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 pekerjaan – 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 menggunakan teknologi las dapat ditegakkan (*erected*) antara blok dengan blok lain membentuk sebuah kapal. Proses ini diistilahkan berorientasi zone. (Eyres, 2007)

8.1. *Welding Procedure Specification* (WPS)

Welding Procedure Specification (WPS) atau spesifikasi prosedur las merupakan prosedur tertulis tentang pengelasan yang sudah terqualifikasi untuk

memberikan arahan dalam membuat pengelasan produksi (*production weld*) sesuai dengan persyaratan dari standar yang dipakai. WPS dapat digunakan untuk memberikan arahan kepada juru las untuk menjamin kesesuaian dengan persyaratan dari standar yang dipakai. 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*).

Isi dari WPS yang lengkap harus menggambarkan semua *essential variable*, *nonessential variable*, dan *supplementary essential variable* (jika diperlukan) untuk setiap parameter pengelasan yang tercantum dalam WPS. *Essential variable* adalah semua variabel yang apabila berubah akan berpengaruh terhadap *mechanical properties* dari hasil las dan membutuhkan kualifikasi ulang WPS. *Supplementary essential variable* akan menjadi *essential variable* apabila proses pengelasan mensyaratkan *notch-toughness test* atau *impact test*. Sedangkan *nonessential variable* adalah semua variabel yang apabila berubah dapat dibuat dalam WPS tanpa kualifikasi ulang.

8.2. Posisi Pengelasan

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

1) Posisi bawah tangan

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

2) Posisi mendatar

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

3) 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.

4) Posisi atas kepala

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.

9. Beban Kerja

Beban pekerjaan merupakan satuan yang menunjukkan besarnya volume pekerjaan untuk tiap-tiap kegiatan. Beban pekerjaan pada perakitan blok kamar mesin yaitu:

- a. *Marking* atau penandaan, yaitu proses penandaan komponen berdasarkan data dari departemen Engineering, sebelum melakukan pemotongan (*cutting*) terhadap komponen.
- b. *Cutting* atau pemotongan, merupakan tahapan fabrikasi setelah penandaan dimana pemotongan dilakukan mengikuti kontur garis marking dengan toleransi sebagaimana yang ditetapkan didalam rencana pemotongan komponen.
- c. *Lifting* atau pengangkatan yaitu proses pemindahan material atau komponen ke tempat perakitan blok kapal. Satuan beban pekerjaan pada kegiatan *lifting* yaitu ton.
- d. *Fitting* atau penyetelan adalah proses mencocokkan atau menyetel komponen-komponen material sebelum disambung. Satuan beban pekerjaan pada kegiatan *fitting* yaitu meter.
- e. *Welding* atau pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan material baja, besi, ataupun aluminium dengan cara membakar. Sama halnya dengan kegiatan *fitting*, satuan beban pekerjaan untuk kegiatan *welding* adalah meter.

10. Produktivitas

Teknis produktivitas adalah perbandingan antara hasil atau luaran (*output*) dengan input berupa peran tenaga kerja per satuan waktu. Produktivitas dapat digunakan sebagai tolak ukur keberhasilan suatu industri atau galangan kapal dalam menghasilkan barang atau jasa. Berdasarkan pengertian tersebut, nilai produktivitas berbanding lurus terhadap output, sehingga semakin tinggi produktivitas, maka semakin tinggi output produk tersebut (Putra dkk, 2017). Durasi/waktu dalam proses pembangunan kapal sangat dipengaruhi beberapa jenis kegiatan seperti *marking, cutting, lifting, fitting, dan welding*.

11. Perencanaan Jaringan Kerja (*Network Planning*)

Salah satu teknik manajemen dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek ialah *network planning* atau jaringan kerja. (Wahyuddin, 2013:1) dimana menjelaskan bahwa : “Perencanaan jaringan kerja adalah suatu penyajian perencanaan dan pengendalian khususnya jadwal kegiatan proyek secara sistematis dan analitis”.

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

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

- f. Menentukan probabilitas penyelesaian suatu proyek.

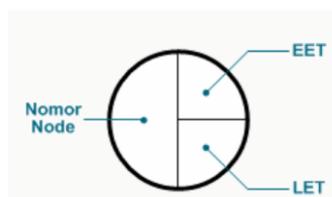
Langkah-langkah penyusunan jaringan kerja menurut Yuli (2007) sebagai berikut:

- a. Identifikasi setiap kegiatan yang diperlukan dalam proses produksi secara keseluruhan;
- b. Tentukan urutan tiap pekerjaan yang akan dilakukan;
- c. Tentukan perhitungan waktu yang diperlukan untuk setiap jenis kegiatan di dalam proses produksi;
- d. Penyusunan diagram jaringan kerja;
- e. Tentukan jalur kritis.

Untuk membuat jaringan kerja, ada dua model yang bisa di jadikan contoh dalam membuat jaringan kerja tersebut yaitu :

- a. 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 kegiatan selanjutnya. Sebuah kegiatan memerlukan waktu serta sumber daya. Notasi kegiatan dalam jaringan kerja ditunjukkan pada Gambar 2.12.



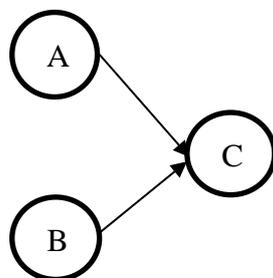
Gambar 2.12 Simbol *Node*

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).

b. Model Activity on Node (AON)

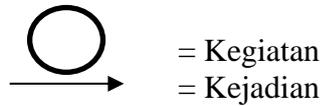
AON adalah model diagram jaringan kerja berorientasi pada kegiatan dengan menggunakan lingkaran (*node*) untuk menggambarkan kegiatan dan anak panah menunjukkan urutan kegiatan dimana kegiatan harus dilaksanakan. Model ini digunakan untuk menggambarkan jaringan kerja dengan metode jalur kritis (CPM).

Gambar 2.4 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).



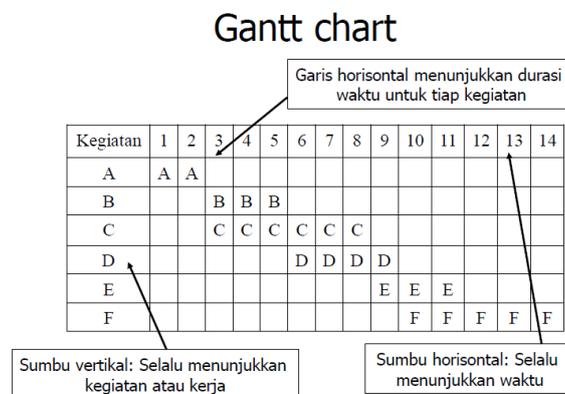
Gambar 2.13. Diagram Jaringan Kerja AON

Keterangan:



12. Gantt Chart

Gantt chart merupakan alat manajemen yang paling banyak digunakan untuk penjadwalan dan pengendalian proyek terutama sangat berguna untuk mengatur sumber daya yang penting dan terbatas. Memungkinkan untuk menjadwalkan kegiatan-kegiatan dengan logika start-awal (early-start) atau start-akhir (late-start). Kemudian serangkaian jadwal dapat dibuat dengan menggunakan kombinasi dari kedua logika ini. Kekurangan untuk chart ini tidak menunjukkan hubungan antar kegiatan. Teknik jaringan sering digunakan secara paralel untuk mengatasi kekurangan.



Gambar 2.14. Gantt Chart

Ada dua pendekatan dalam membuat gantt chart ini yaitu:

- Pendekatan start-awal (SA), setiap kegiatan harus dimulai seawal mungkin tanpa merusak hubungan ketergantungan.
- Pendekatan start-akhir (SAk), setiap kegiatan harus ditunda selama mungkin sepanjang waktu akhir proyek tidak terganggu.

Adapun prosedur dalam membuat grafik gantt ini yaitu :

- a. Buat jadwal start-awal berdasarkan pada kumpulan kegiatan dan hubungan ketergantungannya. Hasilnya durasi dari keseluruhan proyek akan diperoleh.
- b. Dengan menggunakan durasi keseluruhan proyek yang didapatkan, jadwal start-akhir bisa dibuat dengan memindahkan sebanyak mungkin kegiatan sebelah kanan dengan tanpa mengganggu hubungan ketergantungannya. Jika jadwal start-akhir telah dibuat, yakinkan bahwa waktu mulai keseluruhan proyek adalah hari (minggu) 1.
- c. Dengan menerapkan kombinasi dari pendekatan start-awal dan start-akhir, sekumpulan penjadwalan dapat dibuat pada grafik gantt lalu pilih yang paling sesuai dengan kebutuhan.

13. Metode Jalur Kritis (CPM)

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

CPM juga 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 computer (Shurrab, 2015). Jalur kritis memiliki sifat atau ciri-ciri sebagai berikut (Gitosudarmo, 2000):

- a. Mempunyai durasi jalur kritis sama dengan durasi proyek;

- b. Tidak memiliki tenggang waktu antara waktu selesainya suatu tahap kegiatan dengan waktu mulainya suatu tahap kegiatan yang lain dalam proses produksi.

Untuk langkah-langkah dasarnya mengerjakan CPM yaitu (Shiddiq, 2015):

- a. Mendefinisikan proyek dan menyiapkan struktur pecahan kerja.
- b. Membangun hubungan antar kegiatan. Memutuskan kegiatan mana yang harus lebih dahulu mana yang harus mengikuti.
- c. Menggambarkan jaringan kerja yang menghubungkan keseluruhan kegiatan.
- d. Menetapkan perkiraan waktu dan/atau biaya untuk tiap kegiatan.
- e. Menghitung jalur waktu terpanjang melalui jaringan. Ini yang disebut jalur kritis.
- f. Menggunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan pengembalian proyek.