

SKRIPSI

**PERENCANAAN KEBUTUHAN SUMBER DAYA
PEKERJAAN REPARASI KAPAL TANKER 321 GT**

Disusun dan Diajukan Oleh:

**IRVAN TANDILILING
D0311 81 008**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**PERENCANAAN KEBUTUHAN SUMBER DAYA
PEKERJAAN REPARASI KAPAL TANKER 321 GT**

Disusun dan Diajukan oleh

**IRVAN TANDILILING
D031 18 1008**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Perkapalan
Fakltas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 19 September 2023
Dan dinyatakan memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Farianto Fachruddin, L., ST., MT.
19700426 1994121 001

Pembimbing Pendamping,



Wahyuddin, ST., MT.
19720205 1999031 002

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.
19730206 200012 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Irvan Tandililing

NIM : D031 18 1008

Program Studi : Teknik Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Perencanaan Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Reparasi Kapal Tanker 321 GT”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawa penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 19 September 2023

Yang Menyatakan



Irvan Tandililing

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul

PERENCANAAN KEBUTUHAN SUMBER DAYA PEKERJAAN REPARASI KAPAL TANKER 321 GT

Pengerjaan tugas akhir ini merupakan persyaratan bagi setiap mahasiswa untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penyusun menyadari bahwa penyelesaian tugas akhir ini adalah suatu kebanggaan tersendiri bagi penyusun karena tantangan dan hambatan yang menghadang selama mengerjakan tugas akhir ini dapat terlewati dengan usaha dan upaya yang sungguh-sungguh dari penulis.

Dalam pengerjaan skripsi ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu dalam banyak hal. Oleh sebab itu, disini penulis sampaikan rasa terima kasih sedalam – dalamnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Luter Samara dan Ibunda Hiskya Margareta atas kesabaran, pengorbanan, nasehat dan yang terutama doa yang tak putus – putusnya selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
2. Bapak Farianto Fachruddin, L., ST. MT selaku dosen pembimbing I dan Bapak Wahyuddin, ST., MT. selaku pembimbing II yang telah banyak memberikan kesabaran dalam membimbing dan mendidik penulis dalam pengerjaan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT. selaku ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Ir. Syamsul Asri, MT dan bapak Moh. Rizal Firmansyah, ST., MT, M. Eng. selaku dosen penguji dalam tugas akhir ini.
5. Ibu Dr. Andi Sitti Chairunnisa Mappangara, ST., MT, selaku penasehat akademik (PA) yang senantiasa membimbing selama menjalani masa studi di teknik terkapalan.

6. Seluruh Dosen Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kemurahan hatinya.
7. Seluruh staff Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan dan kesabarannya selama penulis mengurus segala persuratan di kampus.
8. Kepada teman-teman Program Studi Teknik Perkapalan Angkatan 2018 terima kasih atas segala suka dan duka yang kita alami bersama yang menjadikan penulis bisa tumbuh dewasa dalam pikiran dan perbuatan.
9. Teman-teman angkatan 2018, Thruzter 2018, Main Frame dan Rumah Bahagia yang selalu memberi dukungan, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
10. Kepada teman seperjuangan Aborzi Crew 2018 (El, Nisa, Teba, Doni, Warmen, Egy, Dian, Safri, Risqan, Sule) yang telah banyak membantu dan menemani dalam menyelesaikan skripsi.
11. Kepada kanda-kanda senior dan adik-adik junior yang penulis tak bisa sebutkan satu persatu.
12. Yang terakhir penulis ucapkan terima kasih untuk seluruh pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang memiliki peranan dan kontribusi di dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari dengan sepenuh hati bahwa didalam tugas akhir ini masih banyak terdapat kesalahan maupun kekurangan. Untuk itu peneliti memohon maaf dan meminta kritikan yang bersifat membangun demi kesempurnaan penelitian ini. Akhir kata penulis berharap semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi peneliti sendiri maupun bagi semua pihak yang berkenan untuk membaca dan mempelajarinya.

Makassar, September 2023

Penulis

ABSTRAK

IRVAN TANDILILING. *Perencanaan Kebutuhan Sumber Daya Pekerjaan Reparasi Kapal Tanker 321 GT* (dibimbing oleh Farianto Fachruddin dan Wahyuddin)

Pelaksanaan proyek reparasi kapal sering menemui berbagai kendala dalam mengoptimalkan waktu, biaya serta mutu pelaksanaan, terutama proyek yang melibatkan biaya yang cukup besar. Proyek merupakan sesuatu yang dinamis, sehingga pelaksana harus tanggap terhadap perubahan situasi dan kondisi pada proyek, bila ingin berhasil dan sukses, sehingga pelaksana perlu menetapkan suatu kebijakan perencanaan dalam mengantisipasi keadaan-keadaan tersebut, agar proyek dapat tetap dilaksanakan tanpa mengalami keterlambatan. Untuk memperoleh kebutuhan sumber daya yang tepat, maka dilakukan identifikasi tenaga kerja, material, dan peralatan terhadap setiap item pekerjaan serta membuat penjadwalan dan analisa biaya proyek pada aplikasi *Microsoft project*. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kebutuhan tenaga kerja sebanyak 52 orang; kebutuhan material : air tawar 5402.4 liter, solar 500.74 liter, pasir blasting 13718.48 kg, kertas gurinda 6 buah, battery A3 4 buah, remers packing m6, majun 2 kg, cat bituminous 40 liter, Jotun thinner no. 17 (16 kaleng), Jotun thinner no. 10 (2 kaleng), Jotun thinner no. 7 (17 kaleng), amril, 1 kaleng, isi tabung oksigen penyelam 4 botol, cat primer 49 kaleng, cat anti korosi 12 kaleng, cat anti fouling 22 kaleng, cat finish coat 7 kaleng, oksigen 12 m³, LPG 5 kg, kawat las 5 kg, dan sirlak kaleng 2 liter; kebutuhan peralatan pada reparasi kapal tanker 321 GT adalah Slipway, 2 kapal tunda, 5 alat sekrup, 1 *waterjet machine*, 3 *air compressor*, 1 *drilling machine*, 2 mesin *sweepblasting*, 2 *coating spray machine*, 1 *feeler gauge*, 1 *inside caliper*, 1 *brender set*, 1 *wrench set*, 1 *welding machine*, 1 *breaker*, 1 *truck crane*, 13 kuas roll, 1 gerinda, dan 1 mega ohm meter. Berdasarkan kebutuhan sumber daya tersebut maka biaya yang dibutuhkan dalam proyek reparasi kapal tanker 321 GT adalah Rp286,598,928 (*Dua Ratus Delapan Puluh Enam Juta Lima Ratus Sembilan Puluh Delapan Ribu Sembilan Ratus Dua Puluh Delapan Rupiah*).

Kata Kunci: Kapal tanker, Reparasi Kapal, Sumber daya

ABSTACT

IRVAN TANDILILING. *Resource Requirements Planning for 321 GT Tanker Ship Repair Work* (Supervised by Farianto Fachruddin and Wahyuddin)

Implementation of ship repair projects often encounters various obstacles in optimizing time, costs and quality of implementation, especially projects that involve quite large costs. Projects are dynamic, so implementers must be responsive to changes in situations and conditions in the project, if they want to be successful and successful, so implementers need to establish a planning policy to anticipate these conditions, so that the project can continue to be implemented without experiencing delays. To obtain the right resource requirements, labor, material and equipment are identified for each work item and create scheduling and project cost analysis in the Microsoft Project application. Based on the research results, it was found that the workforce requirement was 52 people; Material requirements: 5402.4 liters of fresh water, 500.74 liters of diesel oil, 13718.48 kg of sand blasting, 6 pieces of grinding paper, 4 A3 batteries, M6 remers packing, 2 kg of rag, 40 liters of bituminous paint, Jotun thinner no. 17 (16 cans), Jotun thinner no. 10 (2 cans), Jotun thinner no. 7 (17 cans), 1 can of amril, 4 bottles of diver's oxygen cylinder, 49 cans of primer paint, 12 cans of anti-corrosion paint, 22 cans of anti-fouling paint, 7 cans of finish coat paint, 12 m³ oxygen, 5 kg LPG, 5 kg of welding wire, and sirlak 2 liter; Equipment requirements for 321 GT tanker repairs are slipway, 2 tugboats, 5 scrap tools, 1 waterjet machine, 3 air compressors, 1 drilling machine, 2 sweepblasting machines, 2 coating spray machines, 1 feeler gauge, 1 inside caliper, 1 brander set, 1 wrench set, 1 welding machine, 1 breaker, 1 truck crane, 13 brush rolls, 1 grinder, and 1 mega ohm meter. Based on these resource requirements, the costs required for the 321 GT tanker repair project are IDR 286,598,928 (*Two Hundred Eighty Six Million Five Hundred Ninety Eight Thousand Nine Hundred Twenty Eight Rupiah*).

Keywords: Tanker, Ship Repair, Resources

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Reparasi Kapal	6
2.2 Pengerjaan Reparasi Kapal.....	9
2.2.1 Proses docking slipway	9
2.2.2 Pembersihan dan Pengecatan Badan Kapal	10
2.2.3 Pemeriksaan dan Pemotongan Pelat Badan Kapal	16
2.2.4 Penggantian Pelat Badan Kapal	17
2.2.5 Pemeriksaan dan Pemeliharaan Peralatan di Bawah Garis Air.....	17
2.2.6 Pemeriksaan Hasil Las-lasan (tes kekedapan)	23
2.2.7 Perawatan jangkar, rantai jangkar, dan bak jangkar.....	24
2.2.8 Pemeriksaan Kelistrikan Kapal	24
2.2.9 Pemeriksaan Perpipaian pada Kapal	25
2.2.10 Perawatan sea chest dan sea valve	25
2.2.11 Perawatan propeller dan as propeller	26
2.2.12 Ultrasonic test.....	26
2.2.13 Perawatan Kemudi dan tongkat kemudi.....	27
2.3 Proyek.....	27
2.4 Manajemen Proyek.....	28
2.2.14 Manajemen Sumber Daya	28

2.2.15 Manajemen Biaya.....	29
2.2.16 Manajemen Waktu	30
2.5 Penjadwalan Proyek	31
2.4.1 <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS).....	32
2.4.2 Perkiraan Kurun Waktu (Durasi)	33
2.4.3 <i>Time Schedule Curve S</i> (Kurva S).....	34
2.4.4 <i>Network Planning</i> (Metode Jaringan Kerja)	35
2.4.5 <i>Gantt Chart</i> (Diagram Balok)	35
2.6 <i>Critical Path Method</i> (CPM).....	36
2.5.1 Pengertian CPM	36
2.5.2 Jaringan Kerja	37
2.5.3 Durasi Kegiatan Waktu	38
2.5.4 Jalur Kritis	39
2.5.5 Jadwal Aktivitas	42
2.5.6 Langkah-Langkah Dalam Menggunakan Metode CPM	43
2.7 <i>Microsoft Project</i>	43
2.8 Peta Proses (<i>Proses chart</i>).....	44
2.8.1 Pengertian Peta Proses (<i>Process Chart</i>).....	44
2.8.2 Peta Proses Operasi (<i>Operation Process Chart</i>).....	46
2.9 SOP Koordinasi Proyek Kapal Reparasi	47
BAB III METODE PENELITIAN	51
3.1 Jenis Penelitian	51
3.2 Studi literatur	51
3.3 Survei lapangan	51
3.4 Analisa dan pengolahan data	51
3.5 Kerangka Berpikir	53
3.6 Waktu dan lokasi penelitian.....	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1 Uraian Umum	55
4.2 Daftar Job Order (Repair List).....	56
4.3 Identifikasi kegiatan.....	58
4.4 Rancangan Jaringan Kerja (Network Diagram)	60
4.5 Durasi Kegiatan	60
4.6 Lintasan Kritis	62

4.7	Biaya.....	63
4.7.1	Biaya Tenaga Kerja	63
4.7.2	Biaya Material	78
4.7.3	Biaya Peralatan.....	84
4.7.4	Biaya Overhead	88
4.8	Pembahasan	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		93
5.1	Kesimpulan.....	93
5.2	Saran	93
DAFTAR PUSTAKA		94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Proses pengerjaan kapal	8
Gambar 2 Sandblasting lambung kapal.....	11
Gambar 3 Pelepasan propeller dan poros propeller	19
Gambar 4 Pemasangan propeller	22
Gambar 5 Sistem Manajemen Proyek (sumber; Husen, 2010)	28
Gambar 6 Kegiatan A pendahulu kegiatan B & kegiatan B pendahulu kegiatan C (Sumber: Render & Jay, 2006).....	39
Gambar 7 Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C (Sumber: Render & Jay, 2006)	39
Gambar 8 Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D (Sumber: Render & Jay, 2006)	40
Gambar 9 Kegiatan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D (Sumber: Render & Jay, 2006)	40
Gambar 10 Kegiatan A, B, dan C mulai dan selesai pada kejadian yang (Sumber: Render & Jay, 2006)	40
Gambar 11 Gambaran aktivitas proyek.....	42
Gambar 12 Blok Diagram	45
Gambar 13 Kapal tanker 321 GT (Sumber : dokumentasi pribadi)	55
Gambar 14 Rancangan jaringan kerja	64
Gambar 15 Durasi kegiatan pada jaringan kerja	69
Gambar 16 Perhitungan maju (<i>forward pass</i>).....	70
Gambar 17 Perhitungan mundur (<i>backward pass</i>).....	71
Gambar 18 Lintasan Kritis	72
Gambar 19 <i>Gantt Chart</i> penjadwalan proyek	73
Gambar 20 Persentase biaya tenaga kerja	76
Gambar 21 Diagram pembebanan tenaga kerja	77
Gambar 22 Tenaga kerja - Jam orang	78
Gambar 23 Kurva S biaya	88
Gambar 24 Persentase biaya	89
Gambar 25 Gantt chart dengan jam kerja 5 jam	90
Gambar 26 Kurva s dengan waktu kerja 5 jam	91

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Tingkat Kekasaran Permukaan	16
Tabel 2 Simbol-simbol dalam Peta Proses (ASME Standar).....	45
Tabel 3 Repair list Kapal Tanker 321 GT 320 GT.....	56
Tabel 4 Identifikasi Aktifitas Kegiatan	58
Tabel 5 Hubungan ketergantungan antar kegiatan.....	60
Tabel 6 Durasi kegiatan	65
Tabel 7 Kebutuhan tenaga kerja untuk setiap pekerjaan.....	74
Tabel 8 Kebutuhan Tenaga Kerja	74
Tabel 9 Daftar gaji tenaga kerja	75
Tabel 10 Biaya tenaga kerja.....	76
Tabel 11 Spesifikasi teknis cat.....	79
Tabel 12 Perhitungan kebutuhan material cat.....	79
Tabel 13 Kebutuhan material	80
Tabel 14 Material langsung.....	83
Tabel 15 Material tidak langsung.....	83
Tabel 16 Biaya material	84
Tabel 17 Biaya peralatan docking/undocking.....	85
Tabel 18 Biaya peralatan penyekrapan	85
Tabel 19 Biaya peralatan pencucian air tawar	85
Tabel 20 Biaya peralatan sweepblasting	85
Tabel 21 Biaya peralatan pengecatan dari bottom s/d garis air	85
Tabel 22 Biaya peralatan pengecatan dari garis air s/d deck	86
Tabel 23 Biaya peralatan as propeller.....	86
Tabel 24 Biaya peralatan as dan daun kemudi.....	86
Tabel 25 Biaya peralatan untuk perawatan jangkar dan rantai jangkar	86
Tabel 26 Biaya perawatan hull mark	86
Tabel 27 Biaya peralatan buka/pasang zinc anoda	87
Tabel 28 Biaya peralatan untuk perawatan sea chest.....	87
Tabel 29 Biaya perawatan sea valve	87
Tabel 30 Biaya peralatan daun kemudi.....	87
Tabel 31 Biaya peralatan meggert test	87
Tabel 32 Biaya Overhead.....	88
Tabel 33 Perubahan biaya tenaga kerja.....	92
Tabel 34 Perubahan biaya <i>overhead</i>	92

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal merupakan sarana transportasi yang sangat vital bagi perkembangan negara Indonesia. Peran penting kapal sangat terlihat dalam proses transportasi manusia, barang, dan juga dalam menjaga pertahanan negara Indonesia. Salah satu kapal yang akan dibahas dalam analisa ini adalah kapal tanker. Dari segi ekonomi kapal ini sangat membantu dalam proses pendistribusian minyak pulau dan ekspor impor ke luar negeri sehingga negara memperoleh keuntungan yang baik jika kinerja kapal ini juga baik. Oleh sebab itu dalam rangka meningkatkan kinerja dan mutu dalam proses pendistribusian barang, diperlukan suatu proses pemeliharaan dan perbaikan kapal yang komprehensif dan holistik.

Pelaksanaan proyek reparasi kapal sering menemui berbagai kendala dalam mengoptimalkan waktu, biaya serta mutu pelaksanaan, terutama proyek yang melibatkan biaya yang cukup besar. Proyek pada umumnya memiliki batas waktu (*deadline*). Galangan kapal tidak terlepas dari adanya permasalahan dalam menangani proyek, khususnya masalah keterlambatan. Seringnya terjadi keterlambatan disebabkan oleh berbagai hal seperti keterlambatan material, kekurangan sumber daya manusia, dan perencanaan biaya yang tidak terkendali. Berkaitan dengan permasalahan tersebut, maka keberhasilan pelaksanaan sebuah proyek tepat pada waktunya merupakan tujuan yang penting baik bagi pemilik proyek maupun kontraktor. Demi kelancaran jalannya sebuah proyek dibutuhkan manajemen sumber daya yang akan mengelolah proyek dari awal hingga proyek berakhir, yakni manajemen proyek. Manajemen sumber daya proyek mempunyai sifat yang istimewa, dimana waktu kerja dimana waktu kerja manajemen dibatasi oleh jadwal yang telah ditentukan.

Sebuah proyek pada kenyataannya memiliki sumber daya yang terbatas, baik dalam bentuk orang, bahan, biaya atau alat. Tingkat kompleksitas proyek yang semakin tinggi, keterbatasan sumber daya, dan faktor lainnya membutuhkan manajemen proyek yang baik dan terintegrasi mulai dari fase perencanaan sampai fase penyelesaian proyek. Perencanaan dan kontrol biaya proyek dan waktu

merupakan isu penting, hal ini karena proyek yang diajukan oleh konsumen harus dapat selesai tepat waktu dan sesuai dengan biaya yang dianggarkan, tetapi dalam implementasinya banyak proyek tidak terealisasi dengan baik.

Proyek merupakan sesuatu yang dinamis, sehingga pelaksana harus tanggap terhadap perubahan situasi dan kondisi pada proyek, bila ingin berhasil dan sukses. Sehingga pelaksana perlu menetapkan suatu kebijakan perencanaan dalam mengantisipasi keadaan-keadaan tersebut, agar proyek dapat tetap dilaksanakan tanpa mengalami keterlambatan (Lock, 1987).

Waktu merupakan nilai elemen kritis dalam sebuah pelaksanaan proyek dan menjadi sebuah parameter penting dalam penyelenggaraan proyek yang dikenal sebagai sasaran proyek sehingga salah satu ukuran keberhasilan proyek ditentukan oleh penyelesaian proyek sesuai jangka waktu dan tanggal akhir yang telah ditetapkan dalam dokumen kontrak dan sesuai pula dengan rencana dan spesifikasinya. Hasil akhir dalam proyek tidak boleh melewati batas waktu yang telah ditentukan (Householder and Rutland, 1990)

Perencanaan waktu sebuah proyek perbaikan selalu mengacu pada perkiraan saat rencana pembuatan jadwal dibuat (*schedule master*), karena itu masalah dapat timbul apabila ada ketidaksesuaian antara rencana yang telah dibuat dengan pelaksanaan di lokasi proyek. Pada perencanaan yang cermat, dapat disusun penjadwalan proyek yang tepat yang sesuai dengan kondisi lapangan. Perencanaan proyek meliputi penjadwalan dan pembagian waktu untuk seluruh kegiatan proyek (Render dan Heizer, 2001). Dengan adanya penjadwalan proyek yang sistematis, maka jadwal proyek lebih terarah dan dapat menghindari masalah yang dapat merugikan proyek (Handoko, 2000).

Microsoft Project adalah program komputer pendukung manajemen proyek. Program ini dapat diaplikasikan pada berbagai macam proyek konstruksi, termasuk *shipbuilding*. Penyusunan jadwal pengendalian pada Microsoft Project adalah dengan menganalisa jalur kritis pekerjaan, berprinsip pada perhitungan *Critical Path Method* (CPM).

1.2 Rumusan Masalah

Melihat uraian pada latar belakang dalam penelitian ini terdapat beberapa masalah kemudian dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapa kebutuhan sumber daya tenaga kerja pada pekerjaan reparasi kapal tanker 321 GT?
2. Berapa kebutuhan sumber daya material pada pekerjaan reparasi kapal tanker 321 GT?
3. Berapa kebutuhan sumber daya peralatan pada pekerjaan reparasi kapal tanker 321 GT?
4. Berapa biaya yang dibutuhkan pada pekerjaan reparasi kapal tanker 321 GT?

1.3 Tujuan Penelitian

Melihat uraian pada rumusan masalah dalam penelitian ini terdapat beberapa tujuan untuk menjawab masalah kemudian dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Menentukan kebutuhan sumber daya tenaga kerja pada pekerjaan reparasi kapal tanker 321 GT
2. Menentukan kebutuhan sumber daya material pada pekerjaan reparasi kapal tanker 321 GT
3. Menentukan kebutuhan sumber daya peralatan pada pekerjaan reparasi kapal tanker 321 GT
4. Menentukan biaya pada pekerjaan reparasi kapal tanker 321 GT

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi landasan dalam pengembangan media pembelajaran terkait keilmuan mahasiswa teknik perkapalan utamanya dalam bidang produksi kapal.

2. Hasil dari penelitian ini dapat menjadi alternatif dalam mengestimasi waktu pengerjaan, jumlah kebutuhan sumber daya pada pengerjaan pekerjaan reparasi kapal.
3. Bagi mahasiswa , memberikan wawasan tentang penjadwalan dan biaya pada pengerjaan pekerjaan reparasi menggunakan aplikasi *Microsoft project*.
4. Bagi galangan kapal dapat menjadi referensi dalam membuat serta mengestimasi perencanaan sumber daya, biaya, serta penjadwalan pada proyek pekerjaan reparasi kapal.

1.5 Batasan Masalah

Untuk Pembahasan yang lebih terarah maka dalam penelitian ini ruang lingkup yang akan dibahas yaitu:

1. Objek penelitian dilakukan pada proyek reparasi kapal tanker 321 GT di galangan kapal
2. Jenis pekerjaan yang dibahas dalam penelitian adalah pekerjaan reparasi lambung kapal, jangkar dan rantai jangkar, kelistrikan, sistem perpipaan, serta penggerak kapal
3. Penjadwalan menggunakan bantuan perangkat lunak *Microsoft Project*.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan alur penulisan yang jelas dan memudahkan pembaca mendapatkan uraian dan makna secara sistematis, maka penyajian materi penulisan ini dijabarkan secara umum dalam kerangka penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN, pada bab ini diuraikan latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, pada bab ini dipaparkan teori-teori yang mendukung penelitian ini. Terdiri dari reparasi kapal, manajemen dan penjadwalan proyek, metode *Critical Path Method (CPM)*, serta aplikasi *Microsof Project*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN, pada bab ini dijelaskan jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, jenis dan metode pengambilan data, prosedur analisis dan diagram alur penelitian.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN, pada bab ini dijelaskan hasil dari perencanaan sumber daya serta penjadwalan proyek menggunakan aplikasi *Microsoft Project*.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN, pada bab ini dijelaskan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Pada bab ini juga berisikan saran sebagai pertimbangan dalam penyempurnaan analisis lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA, berisikan referensi referensi yang digunakan pada penelitian ini

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Reparasi Kapal

Perawatan (*maintenance*) dan perbaikan suatu kapal sangat diperlukan agar dapat mempertahankan ketahanan serta mempertahankan status layak jalan kapal. Sesuai dengan peraturan *class*, suatu kapal perlu adanya perbaikan secara berkala dengan jangka waktu yang telah ditentukan. Perawatan serta perbaikan secara berkala. Untuk memenuhi permintaan pasar, industri galangan kapal harus mampu memenuhi beberapa kriteria yang sering dijadikan pertimbangan oleh *customer*, seperti harga jual yang kompetitif ketepatan dan kecepatan waktu dalam proses reparasi serta memiliki kualitas yang relatif baik

Reparasi sebuah kapal merupakan proses memperbaiki atau mengganti bagian-bagian kapal yang sudah tidak layak dan tidak memenuhi standar minimal kelayakan untuk berlayar baik dari peraturan *statutory* maupun kelas. Reparasi sendiri pada umumnya menyangkut tiga hal yaitu, badan kapal, permesinan kapal, dan *outfitting*. Dari ketiga hal tersebut biasanya dilakukan perbaikan untuk komponen yang masih bisa digunakan atau dilakukan penggantian bagi komponen yang benar-benar sudah tidak memenuhi regulasi dan peraturan.

Dari ketiga hal tersebut biasanya dilakukan perbaikan untuk komponen yang masih bisa digunakan atau dilakukan penggantian bagi komponen yang benar-benar sudah tidak memenuhi regulasi dan peraturan. Dengan pentingnya sebuah reparasi pada kapal, maka membuka perwakilan manajemen jasa perbaikan di daerah yang strategis serta bisa difungsikan untuk mempermudah jangkauan terhadap area lokasi kapal, sehingga waktu tempuh ke lokasi kapal yang diperbaiki akan lebih cepat. Dibukanya perwakilan manajemen jasa perbaikan sebagai bagian dalam pengembangan manajemen pada sektor usaha jasa guna menjangkau konsumen pengguna jasa serta sebagai bentuk jawaban terhadap pengguna jasa, bahwasanya pelayanan memuaskan yang diberikan oleh penyedia jasa merupakan prioritas utama (Khamdilah et al., 2021).

Reparasi kapal merupakan sebuah tindakan pengembalian fungsi dan kondisi komponen kapal dalam rangka mempertahankan kelayakan pada kapal

sehingga dapat beroperasi secara maksimal. Reparasi juga dapat berarti memperbaiki, mengganti komponen atau material yang rusak, dan termasuk ke dalam pemeliharaan kapal. Jenis-jenis pemeliharaan kapal, sebagai berikut:

a. *Corrective Maintenance*

Merupakan pemeliharaan yang telah direncanakan dan didasarkan pada kelayakan waktu operasi yang telah ditentukan pada buku petunjuk alat tersebut. Pemeliharaan ini merupakan “*general overhaul*” yang meliputi pemeriksaan, perbaikan, dan penggantian terhadap setiap bagian-bagian alat yang tidak layak pakai lagi, baik karena rusak maupun batas maksimum waktu operasi yang telah ditentukan.

b. *Preventive Maintenance*

Merupakan tindakan pemeliharaan yang terjadwal dan terencana. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi masalah-masalah yang dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen atau alat dan menjaganya selalu tetap normal selama dalam operasi.

c. *Improvement Maintenance*

Merupakan tindakan perawatan yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan sama sekali kebutuhan terhadap *maintenance*.

d. *Predictive Maintenance*

Merupakan perawatan yang bersifat prediksi, dalam hal ini merupakan evaluasi dari perawatan berkala (*preventive maintenance*). Pendeteksian ini dapat dievaluasi dari indikator-indikator yang terpasang pada instalasi suatu alat dan juga dapat melakukan pengecekan vibrasi dan alignment untuk menambah data dan tindakan perbaikan selanjutnya.

e. *Run to Failure Maintenance*

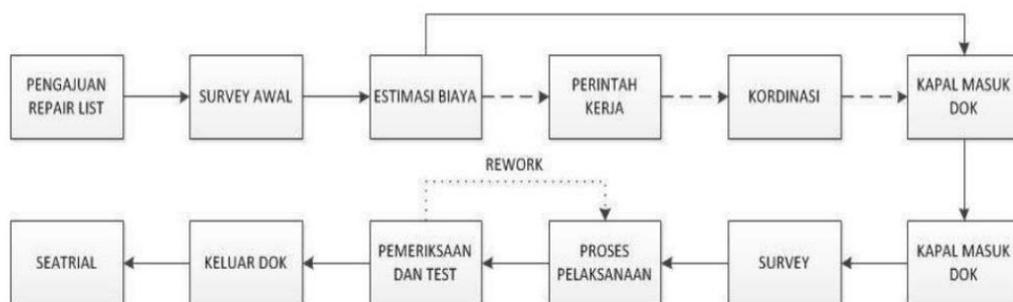
Merupakan perbaikan yang dilakukan tanpa adanya rencana terlebih dahulu. Dimana kerusakan terjadi secara mendadak pada suatu alat atau produk yang sedang beroperasi, yang mengakibatkan kerusakan bahkan hingga alat tidak dapat beroperasi.

Reparasi kapal sebagian besar dilakukan pada konstruksi dan permesinan kapal. Kedua komponen tersebut memiliki jenis dan tingkat kesulitan yang berbeda

dalam reparasinya, sehingga membagi pekerjaan kapal dalam dua zona pengerjaan akan memudahkan analisa masalahnya. Hal ini dapat juga memudahkan proses pengidentifikasian list perbaikan kapal. Proses perbaikan kapal sendiri mempunyai tiga tahapan, yaitu:

- a. Persiapan perbaikan
- b. Proses perbaikan
- c. Pengecekan hasil perbaikan

Alur proses perbaikan kapal adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Proses pengerjaan kapal

Dapat diketahui bahwa proses perbaikan kapal adalah proses panjang yang melibatkan banyak pihak seperti galangan, klasifikasi, dan pemilik (*owner*). Berdasarkan pada Gambar 1, pada tahap awal perbaikan kapal pihak owner akan mengajukan list komponen kapal yang rusak dan perlu dilakukan perbaikan. Namun seiring dengan proses perbaikan kapal, akan ada beberapa tambahan pengerjaan yang diajukan galangan atau klasifikasi untuk dikerjakan. Nantinya tambahan pekerjaan tersebut harus disetujui oleh pihak owner. Aktivitas dan kegiatan yang dilakukan dalam proses perbaikan kapal berbeda-beda tergantung jenis survey yang dilakukan. Jenis survey itu sendiri dibedakan berdasarkan waktu dan kebutuhan dari kapal tersebut. Beberapa jenis survey berdasarkan klasifikasi yang umum adalah:

- a. *Annual Survey*, survei yang dilakukan setahun sekali. Survei ini dilakukan diatas dok ataupun diatas air, dengan ketentuan pemeriksaan diatas dok tidak boleh melebihi 2 tahun. Survei ini mengutamakan bagian kapal yang terendam di bawah garis air, survey ini meliputi survei konstruksi, instalasi mesin, listrik dan perlengkapan kapal. Hendaknya saat melakukan annual survei, kapal

melakukan survei bawah kapal terlebih dahulu agar kapal cepat keluar dari dok, karena semakin lama kapal berada di dok biaya yang dikeluarkan juga semakin mahal. Untuk survei bagian atas air dapat dilakukan diatas air untuk menghemat biaya.

- b. *General Survey*, survei yang dilakukan empat tahun sekali Pada survei ini dilakukan survei secara keseluruhan, baik permesinan dan sistem bantuannya.
- c. *Emergency Survey*, survei yang dilakukan secara tiba-tiba atau diluar jadwal seperti saat kapal mengalami bencana baik tabrakan ataupun kandas.

Kegiatan survei yang dilakukan pada setiap docking berbeda-beda sesuai dengan peraturan klasifikasi dan kebutuhan dari kapal tersebut. Namun berdasarkan rules dari klasifikasi, maka setiap docking kapal akan dilakukan perbaikan berupa:

- 1) Perbaikan dan perawatan konstruksi kapal
- 2) Perbaikan dan perawatan lambung
- 3) Perbaikan dan perawatan mesin.
- 4) Perbaikan dan perawatan outfitting.
- 5) Perbaikan dan perawatan sistem perpipaan.
- 6) Perbaikan dan perawatan sistem kelistrikan.

2.2 Pengerjaan Reparasi Kapal

2.2.1 Proses docking slipway

Proses docking kapal dimulai dengan mengiring kapal dari tempat penambatannya hingga masuk area slipway dengan menggunakan 2 kapal tunda. Kapal yang akan docking ke atas slipway menggunakan lori yang ditarik oleh selling (tali labrang). Selling ditarik menggunakan *winch hauler* (boom). Proses pemanduan kapal hingga berada diatas slipway melibatkan 8 orang (1 orang mandor, 2 orang helper, 1 orang operator winch, 4 orang penyelam). Pengangkatan kapal keatas slipway dilakukan pada saat air laut sedang pasang dengan meletakkan lunas kapal ke atas suatu tatakan yang bergerak diatas rel, kemudian setelah lunas kapal duduk diatas tatakan dengan baik dan air laut mulai surut, maka kapal ditarik dengan kerekan keatas slipway. Setelah berada diatas slipway, pekerjaan reparasi kapal bisa dilakukan.

2.2.2 Pembersihan dan Pengecatan Badan Kapal

a. Penyekrapan kapal

Penyekrapan dilakukan untuk menghilangkan teritip laut (*sea barnacle*) dan remis/kerang (*mussle*) yang menempel pada lambung kapal secara manual dengan menggunakan alat sekrap. Melakukan sekrap digalangan kapal dapat dikatakan mudah karena tidak memerlukan keahlian khusus. Peralatan yang digunakan antara lain :

- Alat sekrap atau sering disebut kape, yaitu alat berbentuk pipih yang terbuat dari besi menyerupai segitiga sama kaki dan memiliki gagang yang terbuat dari besi. Ukuran lebar ujung kape antara 10 – 15 cm sedangkan panjang gagang kape bervariasi antara 70 – 250 cm. Fungsi alat ini untuk merontokkan teritip dan kerang yang menempel.
- Sekop yang fungsinya untuk mengumpulkan teritip dan kerang yang berserakakan
- Bak/kotak besar untuk menampung teritip dan kerang.
- Scaffolding atau perancah yang digunakan sebagai tempat berpijak pada ketinggian untuk menjangkau area yang tinggi.

b. Sweepblasting lambung kapal

Sweepblasting merupakan kegiatan yang dilakukan untuk membersihkan pelat kapal dari sisa cat dan karat dengan cara menyemprot permukaan pelat menggunakan pasir khusus berdiameter 0,5-1,0 mm. hal ini bertujuan agar cat dapat menempel dengan baik pada permukaan pelat. Alat yang digunakan adalah kompresor berdaya tekan 30 bar yang disambungkan dengan selang panjang dan nozzle pada ujung selang.

Alat-alat utama yang digunakan untuk blasting adalah:

1. Compressor sebagai media utama untuk penekanan udara.
2. Tandon angin sebagai tempat untuk penyimpanan angin.
3. Separator sebagai alat untuk menyaring udara dari minyak dan air
4. Pot Blast sebagai tangki untuk menyimpan pasir (steel grade)
5. Selang Blasting (blast hawse)
6. Nozle.

Sedangkan tools pendukung lain yakni:

1. Valve (katub-katub)
2. Holder (Ditempatkan antara nozzle dan blast hose)
3. T - Pipe (pencampuran angin dengan pasir)
4. Kopling (sambungan selang)

Alat keselamatan kerja untuk proses blasting adalah

1. APD (Alat Pelindung Diri) standart
2. Respirator (alat Bantu pernafasan)
3. Depment valve (katub yang dioperasikan langsung oleh blaster)



Gambar 2 Sandblasting lambung kapal

c. Pengecatan Badan Kapal

Pengecatan badan kapal dapat dilakukan dengan kuas cat, roller maupun unit semprot cat sesuai dengan tingkat daerah kesulitan pengecatan. Jenis cat yang digunakan adalah : cat dasar, cat AC (*anti corrosive*/anti karat) dan cat AF (*anti fouling*/anti binatang atau tumbuhan laut). Pengecatan dilakukan setelah badan kapal selesai diblasting. Sebelum dicat, badan kapal harus benar-benar bersih dari debu atau sejenisnya. Karena apabila masih ada debu yang menempel kemudian dicat akan menimbulkan kondensasi yang lama kelamaan akan menyebabkan munculnya blistering (lubang-lubang kecil karena catnya terkelupas). Badan kapal dibagi menjadi 3 bagian, yaitu bagian bottom (bagian yang tercelup air), bottop, dan bagian top side.

Pengecatan lambung kapal dilakukan dengan alat airspray, kuas dan roller. Sebelum melakukan pengecatan kapal harus benar – benar dalam keadaan

bersih dari debu atau sejenisnya karena dapat menimbulkan kondensasi yang lama kelamaan akan menyebabkan munculnya blistering (lubang – lubang kecil). Pengecatan menggunakan 3 jenis cat yaitu cat primer, cat anti corrosive, dan cat anti fouling. Interval antar cat antara 4 jam – 3 hari.

Pengecatan dilakukan setelah lambung kapal dalam keadaan bersih. Pada kasus reparasi kapal dilakkan dalam tiga tahap menggunakan:

- 1) Cat primer tahan karat (*rust prevention primer coat*) berfungsi sebagai pelapis dasar untuk melindungi pengaruh gangguan luar dari alam seperti cuaca.
- 2) Cat anti korosi, berfungsi untuk melindungi labung kapal dari karat atau memperlambat proses korosi pada lambung. Cat ini merupakan cat khusus dibawah air.
- 3) Cat anti fuoling, berfungsi untuk mencegah menempelnya tumbuhan dan hewan bawah laut seperti teritip pada permukaan lambung kapal. Untuk efektivitasnya terhadap alam maka setelah pengecatan harus langsung diturunkan dari dok dan dibiarkan mengapung di air. Waktu toleransi yang diperbolehkan sebelum kapal diturunkan dari dok, untuk cat yang baik 2 x 24 jam dan cat biasa 1 x 24 jam. Apabila sampai batas toleransi kapal belum diturunkan maka fungsi cat tersebut akan kurang efektif.

Urutan pengerjaan *coating* pada masing – masing bagian berbeda-beda.

Untuk bagian bottom urutannya, yaitu :

- 1) Pembersihan binatang laut yang menempel pada badan kapal dengan cara di scrub.
- 2) Setelah itu badan kapal dicuci menggunakan air tawar dengan tujuan untuk mengurangi kadar garam.
- 3) Kemudian dilakukan *sand blasting*. *Sand blasting* ini dibedakan menjadi 2 yaitu full blast dan sweep spot. *Full blast* semua pelat di blasting sampai cat pada pelat terkelupas, sedangkan sweep spot di blasting hanya pada bagian yang berkarat dan bagian yang tidak berkarat cukup di sweep saja. Untuk

proses sweep spot lapisan AC (*Anti Corrosion*) pada cat sebelumnya harus terkelupas agar cat primer bisa menempel pada pelat.

- 4) Setelah dilakukan blasting langkah selanjutnya adalah pengecatan pada badan kapal dengan cat primer atau disebut lapisan AC (*Anti corrosion*) lapis pertama dengan ketebalan kurang lebih 150 mikron.
- 5) Setelah itu dicat dengan menggunakan sealer atau disebut lapisan AC lapis ke dua dengan ketebalan kurang lebih 100 mikron.
- 6) Kemudian di cat dengan AF (*Anti Fouling*) lapis pertama
- 7) Langkah terakhir adalah pemberian AF (*Anti Fouling*) lapis kedua.
- 8) Pemberian *anti fouling* ini bertujuan untuk mengurangi binatang laut yang menempel pada badan kapal.

Ada beberapa definisi penggunaan dan istilah yang digunakan dalam teknologi pengecatan antara lain (Akbar, 2019):

a) Volume Solid

Volume solid (VS) mengungkapkan angka sebagai persentase rasio:

$$VS = \frac{DFT (\mu m)}{WFT (\mu m)} \times 100\% \quad (3)$$

$$= \dots\dots\dots(\mu m)$$

dimana,

VS = Volume Solid (%)

DFT = Dry film thickness (μm)

WFT = Wet film thickness (μm)

Model lain telah ditentukan sebagai rasio antara dry film thickness dan wet film thickness dari lapisan diterapkan dalam ketebalan yang ditunjukkan dalam kondisi laboratorium, dimana tidak ada kerugian cat telah ditentukan.

b) *Dry Film Thickness (DFT)*

Dry film thickness (DFT) adalah lapisan ketebalan kering minimum yang direkomendasikan oleh pabrik pembuat cat, yang berfungsi untuk memberikan lapisan proteksi suatu objek. Ketebalan film kering untuk sebuah aplikasi dapat ditentukan jika volume precent solid dan ketebalan film basah diketahui,

Informasi ini dapat diperoleh dari lembar data teknis cat (PDS). Persamaan untuk menghitung ketebalan film kering adalah:

$$DFT = \frac{WFT (\mu\text{m}) \times VS (\%)}{100\%} \quad (4)$$

$$= \dots\dots\dots(\mu\text{m})$$

dimana,

DFT = Dry film thickness (μm)

WFT = Wet film thickness (μm)

VS = Present Volume Solid (%)

c) Theoretical Spreading Rate (TSR)

Tingkat penyebaran teoritis dari cat dalam ketebalan film kering diberikan pada permukaan objek luasan, dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$TSR = \frac{VS (\%) \times 10}{DFT (\mu\text{m})} \quad (5)$$

$$= \dots\dots\dots(\text{m}^2/\text{liter})$$

dimana,

TSR = Theoretical Spreading Rate (m)

DFT = Dry film thickness (μm)

VS = Present Volume Solid (%)

d) Practical Spreading Rate (PSR)

Tingkat penyebaran praktikal dari cat setelah dikurangi oleh loss factor pada permukaan objek luasan, dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$PSR = TSR \times Loss Factor \quad (6)$$

$$= \dots\dots\dots(\text{m}^2/\text{liter})$$

dimana,

PSR = Practical Spreading Rate (m)

TSR = Theoretical Spreading Rate (m^2/liter)

LF = Presentase kehilangan material cat (%)

e) Konsumsi cat dengan daya sebar cat

Konsumsi teoritis lapisan dapat ditentukan jika area padat persen volume (%VS) dan ketebalan film kering (DFT) yang diinginkan diketahui. Persamaan untuk mendapatkan konsumsi teoritis adalah:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi Cat} &= \frac{\text{Area (m}^2\text{)} \times \text{DFT } (\mu\text{m})}{10 \times \text{VS } (\%)} & (7) \\ &= \dots\dots\dots (\text{liter}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi Cat} &= \frac{\text{Area (m}^2\text{)}}{\text{PSR} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{l}} \right)}. & (8) \\ &= \dots\dots\dots (\text{liter}) \end{aligned}$$

dimana,

Konsumsi Cat = (liter)

DFT = Dry film thickness (μm)

VS = Present Volume Solid (%)

f) Konsumsi cat dengan faktor kehilangan dan kekasaran permukaan.

Blast cleaning akan meningkatkan kekasaran permukaan dengan demikian akan menambah volume permukaan yang akan dicat. Kekasaran permukaan tergantung pada saat dilakukan persiapan permukaan yang diinginkan. Sehingga konsumsi cat akan bertambah akibat dari factor kekasaran permukaan. Jumlah cat yang diperlukan untuk mengisi kekasaran ditunjukkan di bawah ini:

$$\begin{aligned} \text{Konsumsi Cat} &= \frac{\text{Area (m}^2\text{)} \times \text{DV} \left(\frac{\text{L}}{\text{m}^2} \right) \times 100}{10 \times \text{VS } (\%)} & (9) \\ &= \dots\dots\dots (\text{liter}) \end{aligned}$$

Keterangan: Area = (m^2)

DV = Dead volume (liter/m

VS = Present Volume Solid (%)

LF = Loss factor (%)

Tabel 1 Tingkat Kekasaran Permukaan

Kekasaran Permukaan (mikron)	Dead volume (l/m ²)
30	0.02
45	0.03
60	0.04
75	0.05

2.2.3 Pemeriksaan dan Pemotongan Pelat Badan Kapal

a. Pemeriksaan Tebal Plat

Sebelum dilakukan pengelasan tebal kulit, ditentukan terlebih dahulu titik-titik yang dicurigai mengalami pengurangan ketebalan dengan menggunakan palu ketok. Kemudian disediakan alat yang akan digunakan antara lain : Unit Ultrasonic Test, gerinda, paselin, palu dan tangga. Untuk mempermudah pekerjaan dibantu dengan gambar rencana umum dan gambar kerja (Bukaan kulit lambung) untuk meletakkan titik-titik yang akan diuji ketebalannya. Titik-titik uji yang telah ditentukan digerinda sampai terlihat warna pelat aslinya. Kemudian dipaselin untuk mencegah karat. Pekerjaan selanjutnya dengan bantuan unit ultrasonic test, tester pada bagian yang telah digerinda dengan cara menempelkan kabel dari alat tersebut pada titik uji. Maka jarum skala akan menunjukkan skala ketebalan pelat dalam satuan milimeter. Setelah diketahui ketebalannya kita bandingkan dengan tebal pelat semula. Apabila tebal pelat setelah diuji ketebalannya berkurang >20% dari tebal pelat semula, maka perlu dilakukan replating.

b. Pemotongan Pelat Badan Kapal

Kulit lambung dipotong untuk diganti dengan pelat baru karena dideteksi pelat lama terdapat pengurangan ketebalan sehingga melebihi batas toleransi class. Peralatan yang digunakan antara lain : mesin las listrik, palu ketok, kapur tulis, tackle, mesin brander potong, dan material pelat pengganti. Proses pengerjaannya dengan bagian kulit yang akan dipotong diberi tanda (digambar

pada pelat yang akan dipotong) dengan kapur tulis sebagai batas penanda untuk alur pemotongan pelat. Masing-masing bagian dilakukan pemotongan sesuai alur dari frame/gading tempat pemotongan. Pemotongan pelat yang akan diganti dilakukan dengan menggunakan alat yang dihubungkan pada sebuah regulator dan terhubung ke tabung yang berisi gas elpiji. Jadi pada alat tersebut terdapat 2 buah kabel berwarna merah dan hijau, kabel berwarna merah mengalirkan gas elpiji sedangkan yang berwarna hijau mengalirkan gas oksigen. Cara kerjanya memanfaatkan tekanan gas elpiji yang keluar dengan campuran gas oksigen. Perlu diperhatikan pada saat pemotongan pelat sekitar frame. Karena panas dari brander potong dapat mengakibatkan kerusakan pada frame. Setelah pelat dipotong bagian permukaan sisa-sisa yang kasar dihaluskan dengan gerinda.

2.2.4 Penggantian Pelat Badan Kapal

Pelat yang diganti adalah pelat dengan tebal dibawah 80% dari tebal semula. Proses pengerjaannya adalah :

1. Pelat dibersihkan dengan sand blasting.
2. Untuk pelat yang tipis dan tidak merata dilas dan digerinda sampai permukaannya rata dengan permukaan sekitarnya.
3. Untuk pelat yang tipis dan merata dipotong pada bagian tersebut dengan menggunakan las potong sesuai gambar bukaan kulit.
4. Untuk menggantinya dipasang pelat dengan ketebalan yang sama dengan tebal pelat asal dengan mengelaskan pada bagian pelat yang dipotong.

2.2.5 Pemeriksaan dan Pemeliharaan Peralatan di Bawah Garis Air

Kerusakan umum poros baling-baling adalah kelonggaran (clearance) antara poros baling baling dengan bantalannya dan pembengkokan poros. Bila dilihat dengan mata telanjang pembengkokan poros baling-baling tidak terlihat. Oleh karena itu poros baling-baling harus dicabut. Pencabutan poros baling-baling memperhatikan beberapa kondisi yaitu syarat dari class ang mengharuskan pencabutan ini setiap empat tahun sekali atau keadaan lain yang dikehendaki oleh

class ataupun pemilik kapal, misalnya bila dalam perhitungan class didapatkan garis Tengah minimum poros lebih besar dari garis tengah terkecil.

Sebelum pencabutan poros baling-baling dilakukan beberapa tahap pekerjaan yaitu pembongkaran pintle kemudi, pencabutan baling-baling dan poros baling-baling. Setelah dicabut kemudian baling-baling dan porosnya dibawa ke bengkel. Di bengkel, poros baling-baling diuji menggunakan alat yang disebut dengan keyway test untuk mengetahui besarnya pembengkokan dan keretakan pada poros baling-baling. Untuk pebengkokan yang besar, poros baling-baling cukup diluruskan dan bila terjadi keretakan maka harus diganti. Pekerjaan ini juga dilakukan berdasarkan persetujuan class dan hasil negosiasi pihak galangan dengan pemilik kapal.

Pada baling-baling yang mengalami kavitasi;lubang lubang pada permukaannya cukup ditutup memakai bahan yang sama dan dilas. Bila daun baling-baling yang parah maka disambung dengan bahan yang sama. Dalam penyambungan daun baling-baling harus diperhatikan keserasian kelengkungan karena berhubungan dengan pitch propeller.

a. Propeller

1) Melepas propeller

Peralatan yang dipakai: Mesin brander besar, hammer besar, kunci pas besar, bul-bul, tackle, paju dari kayu, pelat tebal dengan ukuran tertentu.

Proses pengerjaan:

- Membuat paju dan memasang pelat tebal, *tackle* dan baut pada propeler.
- Memasang paju pada pelat tebal.
- Pelat tebal ditekan sekeras mungkin dengan mengeraskan baut.
- Paju dipukul sampai masuk.
- Propeler akan lepas dengan sendirinya dan diangkat dengan tackle.
- Jika diperlukan dilakukan pemanasan setempat di sela daun propeler.

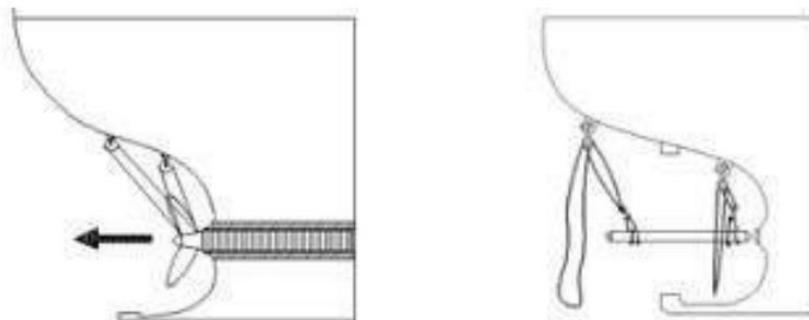
2) Pelepasan poros propeller

Poros yang telah lama digunakan harus dirawat, untuk itu poros tersebut harus dilepas dulu dari dudukannya untuk dibawa ke bengkel mekanik dan dilakukan perawatan. Sebelum dilepas gap antara poros dengan *liner* diukur terlebih dahulu dengan menggunakan alat yang dinamakan *wear down gap*. Selisih antara gap awal dengan gap setelah pengukuran maksimal 3 mm.

Apabila lebih dari 3 mm, maka perlu direpair atau diganti. Peralatan yang digunakan untuk melepas propeler antara lain : Majun kaos, *hoist/tackle crane* 5 ton, *gantry crane* 25 ton, kawat baja diameter 35 mm, tangga bantu.

Proses pengerjaan :

- 1) *Hoist* dipasang pada bul-bul/kupingan di buritan dengan posisi di sebelah belakang, kanan dan kiri.
- 2) Tali baja diikat simpul pada poros propeler yang terlihat, dihubungkan dengan masing-masing rantai hoist.
- 3) *Hoist* di belakang dikeraskan sehingga secara perlahan poros tertarik keluar dari stern tube-nya.
- 4) Poros diangkat perlahan ke lantai dok dengan diberi bantalan balok kayu, lalu diangkat dengan gantry crane ke bengkel mekanik.
- 5) Selain perawatan pada poros biasanya juga dilakukan pengecekan seal. Apabila seal telah aus, maka seal tersebut akan diganti.



Gambar 3 Pelepasan propeller dan poros propeller

3) Pemeriksaan kelurusan poros propeller

Untuk pemeriksaan poros propeler digunakan mesin bubut yang telah dirangkai dengan batang penunjuk pada eretan memanjang. Poros propeler dipasang pada mesin bubut. Saat mesin dihidupkan eretan memanjang beserta batang penunjuk bergerak sepanjang poros. Batang penunjuk yang ujungnya dipasang dengan permukaan poros akan menyentuh poros jika poros tidak rata permukaannya atau melengkung pada diameter yang tetap.

Untuk meluruskan kembali poros propeler yang bengkok dilakukan dengan mengepress dengan mesin press pada bagian yang melengkung

cembung sampai lurus kembali. Dapat juga dilakukan dengan pengelasan setempat kemudian dibubut sampai permukaannya rata kembali dengan permukaan yang tidak bengkok, halus dan diameternya sesuai dengan yang diharapkan.

4) Pengujian *colour check* / MPT

Dilakukan untuk mengetahui keretakan yang mungkin terjadi pada shaft/poros propeler.

Proses pengerjaan :

- Poros propeler dibersihkan dari oli dan kotoran dengan memakai cleaner dan dibiarkan sampai kering.
- Poros yang telah bersih disemprot dengan cat penetrant berwarna merah dan didiamkan beberapa saat agar bila ada kemungkinan terjadi keretakan, penetrant dapat meresap. Kemudian dilap sampai bersih/tidak berbekas.
- Disemprot developer berwarna putih, setelah kering kemudian diperiksa. Jika terdapat bekas bercak/garis berwarna merah berarti ada keretakan pada poros propeler.

5) Balancing propeller

Dilakukan untuk memastikan bahwa masing-masing daun propeller sama agar gaya yang dihasilkan oleh propeler dapat optimal.

Proses pengerjaan :

- Membuat poros sesuai dengan poros sebenarnya (diameternya sama).
- Menandai masing-masing daun propeler (dengan nomor atau angka).
- Memasang propeler pada poros propeler.
- Memasang poros dan propelernya pada mesin balancing.

- Memutar dan mengamati poros dan propeler.
- Daun propeler yang beratnya tidak sama saat berputar daun propeler yang terberat akan selalu berhenti di bawah. Jika terjadi hal demikian daun propeler yang terberat digerinda merata dan balancing lagi sampai didapat berat masing-masing daun propeler sama.
- Hal yang sama untuk daun propeler yang dominan paling ringan, dilas dulu kemudian digerinda sampai beratnya sama.

6) Pemasangan propeller

Peralatan yang digunakan : hoist, tali baja, hammer, kunci L, kunci pas baut propeler, brander potong, kunci ring.

Proses pengerjaan :

- Tali baja diikat pada propeler dan ditarik menuju poros propeler.
- Dengan hoist, propeler diletakkan pada tepat pada lubang dengan poros.
- Propeler ditarik sampai terpasang dengan baik pada porosnya, demikian juga dengan pasek/spee-nya.
- Poros didorong sampai ujung poros masuk ke dalam boss propeler.
- Propeler di tarik masuk dengan menggunakan crane tackle selain dengan dorongan para pekerja sampai propeler terpasang secara keseluruhan.
- Dipasang ring shield dan rubber gasket di luar dan di dalam badan kapal untuk menjaga kedap sambungan boss poros dengan ujung poros.
- Baut dipasang dan dikuatkan dengan memasang baut-baut penguatnya dan dikuatkan lagi dengan mengikat bonet penutup propeller dengan baut pengikatnya sebanyak 10 buah.

b. Daun Kemudi

1) Melepas daun kemudi

Proses pengerjaan :

- Memasang bul-bul pada sisi-sisi daun kemudi dengan dilas.
- Memecah semam penutup baut dengan palu.
- Melepas baut-baut baik yang di luar maupun yang ada didalam badan kapal, jika perlu, dilakukan pemanasan terlebih dahulu dengan brander potong untuk memudahkannya.
- Daun kemudi diangkat sedikit untuk melepaskan sole piece.
- Daun kemudi digeser dan diturunkan dengan perlahan-lahan.
- Daun kemudi di bawa ke bengkel mekanik untuk mendapatkan perawatan dan pemeliharaan.

2) Memasang daun kemudi

Sebelum dipasang pada tempatnya, daun kemudi terlebih dahulu di periksa apakah masih layak pakai atau tidak, jika sudah tidak layak apakah harus diganti atau hanya perlu diperbaiki saja. Proses pengerjaan :

pengerjaan :

- Memasang 2 kupingan (bul-bul) pada buritan kapal dan 2 buah lagi pada sisi kanan dan kiri daun kemudi.
- Memasang hoist pada masing-masing kupingan.
- Menempatkan poros kemudi pada lubang sole piece dan menjaga posisi daun kemudi tetap tegak.
- Memasang baut-baut pada flens poros dan menguatkannya dengan mengelaskan pelat pada masing-masing barisan baut flens kemudi kiri dan kanan.



Gambar 4 Pemasangan propeller

3) Pemasangan *Zinc Anode*

Peralatan yang dipakai anatar lain : alat ukur/meteran, kapur tulis, zinc anode, dan mesin las. Pemasangan zinc anode pada bagian kapal yang tercelup didalam air laut dimaksudkan untuk mengurangi korosi yang terjadi di sekitar daerah yang dipasang *zinc anode*. Hal ini disebabkan zinc anode mampu mengelektrolisis air laut. Sehingga proses pengkaratan badan kapal dapat diperlambat. Jarak pemasangan *zinc anode* pada arah memanjang kapal disekitar lambung $\pm 6,5$ meter dan arah vertikal ± 4 22 meter. Untuk pemasangan pada daun kemudi dipasang secukupnya (± 4 buah).

2.2.6 Pemeriksaan Hasil Las-lasan (tes kekedapan)

a. Menggunakan kapur dan solar

Sepanjang hasil lasan bagian luar diolesi dengan kapur dan bagian dalam diolesi solar. Setelah ditunggu beberapa saat jika kapur tetap kering dan berwarna putih, berarti hasil lasan baik. Tetapi jika kapur terdapat bercak-bercak solar, berarti hasil lasan terdapat retak/penetrasinya kurang baik. Jika terjadi hal yang demikian maka hasil lasan harus digouging dan dilakukan pengelasan kembali.

b. Menggunakan air bertekanan

Sambungan las/alur las bagian luar disemprot dengan air bertekanan ± 7 kg/cm² dan pengecekan dilakukan pada bagian dalam. Jika sambungan las baik, maka tidak akan terjadi perembesan dibalik lasan. Test ini biasanya dilakukan pada bangunan baru.

c. Menggunakan udara bertekanan

Tangki dikosongkan, ditutup dan dialirkan udara bertekanan kedalamnya sampai tekanan tertentu (2 kg/cm²). Memasang manometer agar diketahui tekanan udara didalamnya dan untuk mempertahankan tekanan udara tersebut sampai pengujian selesai. Pada bagian luar tangki, pada alur lasan diolesi dengan cairan detergen/sabun. Jika terjadi gelembung-gelembung sabun pada permukaan lasan, berarti hasil lasan tidak baik (tidak kedap). Sehingga harus digouging untuk selanjutnya dilas kembali. Jika tidak terdapat gelembung, maka hasil lasan baik (kedap air).

2.2.7 Perawatan jangkar, rantai jangkar, dan bak jangkar

Mula-mula rantai jangkar diturunkan dengan crane, setelah itu jangkar dipasangkan dengan cara melepas keling yang digunakan untuk menyambungkan rantai. Setelah jangkar terpasang keling tersebut dipasang lagi disusul dengan pemberian material timah yang bertujuan untuk mencegah karat pada keeling. Setelah semuanya selesai jangkar kemudian dinaikkan.

Perawatan terhadap jangkar, rantai jangkar maupun bak rantai merupakan pembersihan karat-karat yang menempel di permukaan. Saat kapal naik dok rantai dan jangkar diturunkan dari kapal, kemudian dibersihkan dari karat. Selama berlayar mata rantai dapat mengalami pengaratan, pembengkokan atau putus. Saat kapal dalam masa perbaikan, mata rantai diukur dengan mengambil beberapa contoh mata rantai dalam satu segel. Biasanya kapal-kapal memiliki segel dan tiap segel panjangnya kurang lebih 25 m. contoh yang diambil biasanya pada pinggir atau bagian tengah segel. Bila pada hasil pengukuran terdapat pembengkokan yang cukup parah, maka rantai dipotong untuk kemudian disambung lagi dengan segel sesuai dengan jumlah segel yang dipotong.

Kerusakan umum yang dialami jangkar selama masa pelayaran adalah korosi. Setelah jangkar diturunkan kemudian dibersihkan dari karat dan binatang atau tumbuhan laut yang menempel, diwaterjet dan dikalibrasi. Bila sudah dilakukan pemeriksaan class atau surveyor maka jangkar dan rantainya dicat dengan jenis cat bitumastic.

Setelah jangkar diturunkan dari bak maka lumpur yang terdapat pada bak dibuang kemudian dibersihkan dan dicat.

2.2.8 Pemeriksaan Kelistrikan Kapal

Pemeriksaan kelistrikan kapal dilakukan agar penyuplaian listrik pada kapal selalu tersedia saat kapal berlabuh, bongkar muat , manuvering dan yang lainnya. Untuk memastikan agar tetap berfungsi dan mencukupi dalam penyediaan listrik pada saat kegiatan tersebut dilakukan memeriksa peralatan kelistrikan pada kapal dan instalasinya baik generator, emergency generator,

motor listrik, dan saluran kabel-kabel pada kapal atau yang lainnya dengan memperbaiki atau mengganti bagian-bagian yang rusak.

2.2.9 Pemeriksaan Perpipaan pada Kapal

Pemeriksaan pipa dilakukan untuk menjaga agar pipa saat menyalurkan cairan berfungsi dengan baik. Pemeriksaan pipa kebanyakan dilakukan secara visual, pemeriksaan visual dilakukan dengan memastikan apakah pipa itu tidak terjadi kebocoran saat menyalurkan cairan tersebut, dan bila terjadi kebocoran bisa diperbaiki atau diganti baru. Pemeriksaan berikutnya bisa dilakukan dengan menggoreskan kertas lakmus atau yang lainnya yang digunakan untuk pengecekan saluran cairan yang mudah terbakar seperti saluran bahan bakar kapal. Dilakukan juga pemeriksaan pada valve pipa jika sudah tidak berfungsi bisa diganti baru.

2.2.10 Perawatan sea chest dan sea valve

Sea chest merupakan saluran sangan laut yang berfungsi sebagai tempat untuk menyediakan air pendingin untuk mesin induk, pemadam kebakaran atau menyediakan air untuk mencuci dek. Umumnya setiap kapal memiliki dua buah sea chest yang dipasang dibagian bawah kamar mesin dan mendekati bilga kapal. Pada mulut sea chest terdapat sea grating yang berbentuk seperti saringan untuk mencegah sampah laut masuk ke dalam saluran air. Pada kapal yang sedang docking, sea grating dibuka, dibersihkan dari Binatang dan tumbuhan laut yang menempel (disekrap) kemudian dicat dengan menggunakan cat bitumastic.

Perawatan pada sea valve merupakan perawatan dan perbaikan pada klep-klep pipa sarangan laut. Sea valve dibuka dan dibersihkan. Klepnya diukur terhadap dudukannya sampai rapat agar tidak terjadi perembesan air. Pada klep dipasang reamers packing yaitu suatu lapisan kedap air terbuat dari campuran lilin dan asbes. Setelah klep dalam keadaan baik baru dipasang lagi dudukannya.

2.2.11 Perawatan propeller dan as propeller

Kerusakan umum poros baling-baling adalah kelonggaran (clearance) antara poros baling baling dengan bantalannya dan pembengkokan poros. Bila dilihat dengan mata telanjang pembengkokan poros baling-baling tidak terlihat. Oleh karena itu poros baling-baling harus dicabut. Pencabutan poros baling-baling memperhatikan beberapa kondisi yaitu syarat dari class yang mengharuskan pencabutan ini setiap empat tahun sekali atau keadaan lain yang dikehendaki oleh class ataupun pemilik kapal, misalnya bila dalam perhitungan class didapatkan garis Tengah minimum poros lebih besar dari garis tengah terkecil.

Sebelum pencabutan poros baling-baling dilakukan beberapa tahap pekerjaan yaitu pembongkaran pintle kemudi, pencabutan baling-baling dan poros baling-baling. Setelah dicabut kemudian baling-baling dan porosnya dibawa ke bengkel. Di bengkel, poros baling-baling diuji menggunakan alat yang disebut dengan keyway test untuk mengetahui besarnya pembengkokan dan keretakan pada poros baling-baling. Untuk pembengkokan yang besar, poros baling-baling cukup diluruskan dan bila terjadi keretakan maka harus diganti. Pekerjaan ini juga dilakukan berdasarkan persetujuan class dan hasil negosiasi pihak galangan dengan pemilik kapal.

Pada baling-baling yang mengalami kavitasi; lubang lubang pada permukaannya cukup ditutup memakai bahan yang sama dan dilas. Bila daun baling-baling yang parah maka disambung dengan bahan yang sama. Dalam penyambungan daun baling-baling harus diperhatikan keserasian kelengkungan karena berhubungan dengan pitch propeller.

2.2.12 Ultrasonic test

Pada saat kapal berlayar terjadi penipisan plat akibat interaksi dengan alam. Ultrasonic test merupakan sebuah uji untuk mengetahui ketebalan plat lambung. Pada plat lambung ditandai titik-titik yang akan diuji (menyebar dari bagian Haluan ke bagian buritan baik lambung kiri dan kanan). Semakin banyak titik maka hasilnya akan makin baik. Setelah diuji akan diketahui ketebalan plat

saat itu. Toleransi dari BKI adalah 70-80% dari ketebalan semula saat kapal dibangun, apabila ketebalan kurang dari batas toleransi maka plat harus diganti atau ditambal (one side welding). Uji ini tidak selalu dilakukan pada setiap kapal yang docking tetapi tergantung dari permintaan pemilik kapal begitu pula dengan banyaknya titik-titik yang diuji. Setelah didapatkan hasilnya maka kulit kapal dibuatkan gambar bagian mana yang harus diganti dan sebagai dokumen untuk periode docking berikutnya.

2.2.13 Perawatan Kemudi dan tongkat kemudi

Kemudi dan tongkat kemudi dicabut, kemudian dilakukan pengukuran clearance tongkat kemudi. Batasan clearance sama dengan poros baling-baling. Kemudian tongkat kemudi dibawa ke bangkel untuk cek kelurusan.

2.3 Proyek

Karakteristik proyek konstruksi dapat dipandang dalam tiga dimensi yaitu unik, melibatkan sebuah sumber daya, dan membutuhkan organisasi. Proses penyelesaiannya harus berpegang pada tiga kendala (*triple constrain*) sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan, sesuai *time schedule*, dan sesuai biaya yang direncanakan. Ketiganya diselesaikan secara simultan (Hervianto, 2005). Ciri-ciri tersebut di atas menyebabkan industri jasa konstruksi berbeda dengan industri lainnya, misalnya manufaktur.

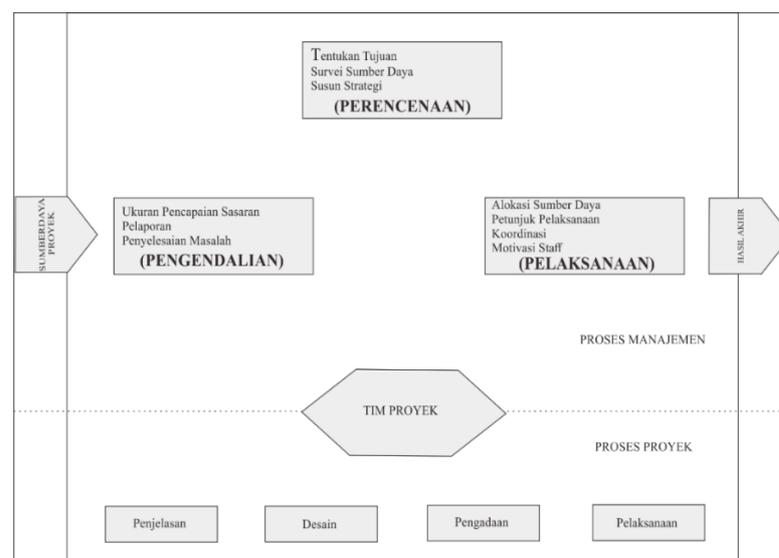
Menurut Project Management Book Of Knowledge (PMBOK) (Guide, 2000 dikutip oleh Santosa, 2009) Proyek merupakan serangkaian aktivitas atau tugas yang memiliki spesifikasi yang harus dicapai dengan spesifikasi tertentu, memiliki tanggal mulai dan selesai, memiliki keterbatasan biaya, memerlukan sumber daya manusia dan non-manusia, mesin, peralatan, dan biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan.

Proyek merupakan gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia, material, peralatan, dan modal atau biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan (Husen, 2010).

2.4 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian, keterampilan, cara dan teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja, biaya, mutu dan waktu, serta keselamatan kerja (Husen, 2010).

Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu (Hervianto, 2005).



Gambar 5 Sistem Manajemen Proyek (sumber; Husen, 2010)

2.2.14 Manajemen Sumber Daya

Dalam suatu proyek manajemen merupakan bagian yang sangat penting mengingat manajemen merupakan dasar yang digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan. Manajemen suatu proyek meliputi berbagai hal yaitu :

1. Manajemen sumber daya manusia

Sumber daya manusia yang ada pada suatu proyek dapat dikategorikan sebagai tenaga kerja tetap dan tenaga kerja tidak tetap. Pembagian kategori ini dimaksudkan agar efisiensi perusahaan dalam mengelola sumber daya dapat maksimal dengan beban ekonomis yang memadai.

2. Manajemen sumber daya peralatan
Dalam penentuan alokasi sumber daya peralatan yang akan digunakan dalam suatu proyek. Kondisi kerja serta kondisi peralatan perlu diidentifikasi dahulu. Tujuannya agar tingkat kebutuhan pemakaian dapat direncanakan secara efektif dan efisien.
3. Manajemen sumber daya material
Hampir sama halnya dengan pengelola peralatan, material harus dikelola dengan sebaik baiknya agar kebutuhannya mencukupi pada waktu dan tempat yang diinginkan. Untuk proyek manufaktur, ketepatan waktu ataupun kesesuaian jumlah yang diinginkan sangat memengaruhi jadwal lainnya. Oleh karena itu, dikenal pula istilah Just in Time di mana pemesanan, pengiriman serta ketersediaan material saat dilokasi sesuai dengan jadwal yang direncanakan.

2.2.15 Manajemen Biaya

Manajemen biaya proyek (*Project Cost Management*) melibatkan semua proses yang diperlukan dalam pengelolaan proyek untuk memastikan penyelesaian proyek sesuai dengan anggaran biaya yang telah disetujui. Hal utama yang sangat diperhatikan dalam manajemen biaya proyek adalah biaya dari sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek, sebagai berikut:

1. Perencanaan Sumber Daya
Perencanaan sumber daya merupakan proses untuk menentukan sumber daya dalam bentuk fisik (manusia, peralatan, material) dan jumlahnya yang diperlukan
2. Estimasi Biaya
Estimasi biaya adalah proses untuk memperkirakan biaya dari sumber daya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek. Bila proyek dilaksanakan melalui sebuah kontrak, perlu dibedakan antara perkiraan biaya dengan nilai kontrak. Estimasi biaya melibatkan perhitungan kuantitatif dari biaya-biaya yang muncul untuk menyelesaikan proyek. Sedangkan nilai kontrak merupakan keputusan dari segi bisnis di mana perkiraan biaya yang didapat dari proses estimasi merupakan salah satu pertimbangan dari keputusan yang

diambil.

3. Penganggaran Biaya

Penganggaran biaya adalah proses membuat alokasi biaya untuk masing-masing aktivitas dari keseluruhan biaya yang muncul pada proses estimasi. Dari proses ini didapatkan cost baseline yang digunakan untuk menilai kinerja proyek.

4. Pengendalian Biaya

Pengendalian biaya dilakukan untuk mendeteksi apakah biaya aktual pelaksanaan proyek menyimpang dari rencana atau tidak. Semua penyebab penyimpangan biaya harus terdokumentasi dengan baik sehingga langkah-langkah perbaikan dapat dilakukan.

2.2.16 Manajemen Waktu

Manajemen waktu pada suatu proyek (Project Time Management) memasukkan semua proses yang dibutuhkan dalam upaya untuk memastikan waktu penyelesaian proyek (PMI 2000). Ada lima proses utama dalam manajemen waktu proyek, yaitu:

1. Pendefinisian Aktivitas

Merupakan proses identifikasi semua aktivitas spesifik yang harus dilakukan dalam rangka mencapai seluruh tujuan dan sasaran proyek (*project deliverables*). Dalam proses ini dihasilkan pengelompokan semua aktivitas yang menjadi ruang lingkup proyek dari level tertinggi hingga level yang terkecil atau disebut *Work Breakdown Structure (WBS)*.

2. Urutan Aktivitas

Proses pengurutan aktivitas melibatkan identifikasi dan dokumentasi dari hubungan logis yang interaktif. Masing-masing aktivitas harus diurutkan secara akurat untuk mendukung pengembangan jadwal sehingga diperoleh jadwal yang realistik. Dalam proses ini dapat digunakan alat bantu komputer untuk mempermudah pelaksanaan atau dilakukan secara manual. Teknik secara manual masih efektif untuk proyek yang berskala kecil atau di awal tahap proyek yang berskala besar, yaitu bila tidak diperlukan pendetailan yang rinci.

3. Estimasi Durasi Aktivitas

Estimasi durasi aktivitas adalah proses pengambilan informasi yang berkaitan dengan lingkup proyek dan sumber daya yang diperlukan yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan estimasi durasi atas semua aktivitas yang dibutuhkan dalam proyek yang digunakan sebagai input dalam pengembangan jadwal. Tingkat akurasi estimasi durasi sangat tergantung dari banyaknya informasi yang tersedia.

4. Pengembangan Jadwal

Pengembangan jadwal berarti menentukan kapan suatu aktivitas dalam proyek akan dimulai dan kapan harus selesai. Pembuatan jadwal proyek merupakan proses iterasi dari proses input yang melibatkan estimasi durasi dan biaya hingga penentuan jadwal proyek.

5. Pengendalian Jadwal

Pengendalian jadwal merupakan proses untuk memastikan apakah kinerja yang dilakukan sudah sesuai dengan alokasi waktu yang sudah direncanakan. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengendalian jadwal adalah:

- a. Pengaruh dari faktor-faktor yang menyebabkan perubahan jadwal dan memastikan perubahan yang terjadi disetujui.
- b. Menentukan perubahan dari jadwal.
- c. Melakukan tindakan bila pelaksanaan proyek berbeda dari perencanaan awal proyek.

2.5 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan Proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan, material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek (Husen, 2010).

Penjadwalan dalam pengertian proyek konstruksi merupakan perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, dimana setiap aktivitas harus

dilaksanakan agar proyek selesai tepat waktu dengan biaya yang ekonomis (Callahan, 1992 dikutip oleh Walean, 2012). Selama proses pengendalian proyek, penjadwalan mengikuti perkembangan proyek dalam berbagai permasalahannya. Proses *monitoring* serta *updating* selalu dilakukan untuk mendapatkan penjadwalan yang paling realistis agar alokasi sumber daya dan penetapan durasinya sesuai dengan sasaran dan tujuan proyek.

Secara umum penjadwalan mempunyai manfaat-manfaat seperti berikut (Husen, 2010):

1. Memberikan pedoman terhadap unit pekerjaan atau kegiatan mengenai batas-batas waktu untuk mulai dan akhir masing-masing tugas.
2. Memberikan sarana bagi manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realitis dalam penentuan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu.
3. Memberikan sarana untuk menilai kemajuan pekerjaan.
4. Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, dengan harapan proyek dapat selesai sebelum waktu yang ditetapkan.
5. Memberikan kepastian waktu pelaksanaan pekerjaan.
6. Merupakan sarana penting dalam pengendalian proyek.

Adapun langkah-langkah dalam menentukan penjadwalan proyek, yaitu (Soeharto, 1999):

1. Identifikasi aktivitas (*Work Breakdown Structure*)
2. Penyusunan urutan kegiatan
3. Perkiraan kurun waktu
4. Penyusunan jadwal

2.4.1 *Work Breakdown Structure* (WBS)

WBS biasanya merupakan diagram terstruktur dan hierarki berupa diagram pohon (*tree structure diagram*). Penyusunan WBS dilakukan dengan cara *top down*, dengan tujuan agar komponen-komponen kegiatan tetap berorientasi ke tujuan proyek.

Proses penjadwalan diawali dengan mengidentifikasi aktivitas proyek. Setiap aktivitas diidentifikasi agar dapat dimonitor dengan mudah dan dapat dimengerti pelaksanaannya, sehingga tujuan proyek yangtelah ditentukan dapat terlaksana sesuai dengan jadwal.

Beberapa hal yang dapat dipakai sebagai pedoman penyusunan WBS (Ervianto, 2004): Susunan WBS dibuat bertingkat (level) menurut ketelitian spesifikasi pekerjaannya. Susunan WBS dibuat atas dasar penguraian yang diskrit dan logis. Jumlah level sesuai dengan kebutuhan tingkat pengelolanya Jumlah elemen pekerjaan tiap level sesuai dengan kebutuhan pengelolanya.

Tiap elemen WBS diberi nomor, dengan penomoran yang sesuai dengan tingkat level-nya. Elemen pekerjaan dalam WBS merupakan pekerjaan yang terukur. Penyusunan Urutan Kegiatan.

Setelah diuraikan menjadi komponen-komponen, lingkup proyek disusun kembali menjadi urutan kegiatan sesuai dengan logika ketergantungan (jaringan kerja).

Di dalam penyusunan urutan kegiatan adalah bagaimana meletakkan kegiatan tersebut di tempat yang benar, apakah harus bersamaan, setelah pekerjaan yang lain selesai atau sebelum pekerjaan yang lain selesai. Pada penyusunan urutan kegiatan sendiri ada beberapa informasi yang harus diperhatikan, yaitu :

1. Technological constraints, yang meliputi metode konstruksi, prosedur dan kualitas.
2. Managerial constraints, yang meliputi sumber daya, waktu, biaya, dan kualitas.
3. External constraints, yang meliputi cuaca, peraturan, dan bencana alam.

2.4.2 Perkiraan Kurun Waktu (Durasi)

Setelah terbentuk jaringan kerja, masing-masing komponen kegiatan diberikan perkiraan kurun waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan yang bersangkutan, juga perkiraan sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan tersebut.

Berikut ini merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung durasi kegiatan

- Perhitungan durasi kegiatan dengan produktivitas pekerjaan

$$\text{Durasi kegiatan} = \frac{\text{Beban pekerjaan}}{\text{Produktivitas pekerjaan} \times \text{jumlah tenaga kerja}}$$

(1)

- Perhitungan durasi kegiatan pada pekerjaan dengan data jam orang (*man hour*)

$$\text{Durasi kegiatan} = \frac{\text{Jam orang (Man Hour)}}{\text{Tenaga kerja}}$$

(2)

2.4.3 Time Schedule Curve S (Kurva S)

Kurva S adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana. Dari sinilah diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan proyek.

Untuk membuat kurva S, jumlah persentase kumulatif bobot masing-masing kegiatan pada suatu metode diantara durasi proyek diplotkan terhadap sumbu vertical sehingga bila hasilnya dihubungkan dengan garis, akan membentuk kurva S. Bentuk demikian terjadi karena volume kegiatan pada bagian awal biasanya masih sedikit, kemudian pada pertengahan meningkat dalam jumlah cukup besar, lalu pada akhir proyek volume kegiatan kembali mengecil. Untuk menentukan bobot pekerjaan, pendekatan yang dilakukan dapat perhitungan persentase berdasarkan biaya per item pekerjaan/kegiatan dibagi total anggaran atau berdasarkan volume rencana dari komponen kegiatan terhadap volume total kegiatan.

2.4.4 Network Planning (Metode Jaringan Kerja)

Network planning diperkenalkan pada tahun 1950-an oleh tim perusahaan Dupont dan Rand Corporation untuk mengembangkan sistem kontrol manajemen. Metode ini dikembangkan untuk mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki ketergantungan yang kompleks. Metode ini relatif lebih sulit, hubungan antar kegiatan jelas, dan dapat memperlihatkan kegiatan kritis. Dari informasi network planning-lah monitoring serta tindakan koreksi kemudian dapat dilakukan, yakni dengan memperbaharui jadwal. Akan tetapi, metode ini perlu dikombinasikan dengan metode lainnya.

Menurut Husen (2009:138), ada beberapa tahapan penyusunan network scheduling yaitu sebagai berikut:

1. Menginventarisasi kegiatan-kegiatan dari paket terakhir WBS berdasarkan item pekerjaan, lalu diberi kode kegiatan untuk mempermudah identifikasi.
2. Memperkirakan durasi setiap kegiatan dengan mempertimbangkan jenis pekerjaan, volume pekerjaan, jumlah sumber daya, lingkungan kerja, serta produktivitas pekerja.
3. Penentuan logika ketergantungan antar kegiatan dilakukan dengan tiga kemungkinan hubungan, yaitu kegiatan yang mendahului (*predecessor*), kegiatan yang didahului (*successor*), serta bebas.
4. Perhitungan analisis waktu serta alokasi sumber daya, dilakukan setelah langkah-langkah diatas dilakukan dengan akurat dan teliti.

2.4.5 Gantt Chart (Diagram Balok)

Diagram balok ditemukan oleh H.L. Gantt pada tahun 1917. Diagram ini paling banyak digunakan pada penjadwalan proyek konstruksi karena kemudahannya. Diagram balok disusun dengan maksud mengidentifikasi unsur waktu dari urutan dalam merencanakan suatu kegiatan terdiri dari saat dimulai sampai saat selesai.

Diagram balok masih digunakan secara luas disebabkan karena bagan balok mudah dibuat dan dipahami oleh setiap level manajemen sehingga amat berguna sebagai alat komunikasi dalam pelaksanaan proyek. Gantt Chart juga diartikan sebagai suatu diagram yang terdiri dari sekumpulan garis yang menunjukkan saat mulai dan saat selesai yang direncanakan untuk item-item pekerjaan didalam proyek.

2.6 Critical Path Method (CPM)

Menurut Levin dan Kirkpatrick (1972), metode jalur kritis (Critical Path Method-CPM), yakni metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek-proyek merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. CPM mengasumsikan bahwa waktu kegiatan diketahui pasti sehingga hanya memerlukan satu perkiraan waktu untuk tiap kegiatan inilah perbedaan utamanya dengan metode PERT (Heizer & Render,2006). Sama halnya dengan PERT, CPM juga menggunakan jaringan kerja untuk menggambarkan kegiatan proyek.

Dalam melakukan analisis jalur kritis menurut Heizer dan Render (2014), digunakan proses two-pass yang terdiri atas forward pass dan backward pass untuk menentukan jadwal waktu suatu aktivitas. ES dan EF ditentukan selama forward pass. LS dan LF ditentukan selama backward pass. ES (earliest start) adalah waktu paling awal suatu aktivitas dapat dimulai dengan asumsi semua pendahulunya sudah selesai. EF (earliest finish) adalah waktu paling awal suatu aktivitas dapat selesai. LS (late start) adalah waktu terakhir suatu aktivitas dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek. LF (late finish) adalah waktu terakhir suatu aktivitas dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

2.5.1 Pengertian CPM

Metode jalur kritis critical path method (CPM) menurut Levin dan Kirkpatrick (1972) yaitu metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek-proyek merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan di antara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. Metode CPM banyak digunakan oleh

kalangan industri atau proyek konstruksi. Cara ini dapat digunakan jika durasi pekerjaan dapat diketahui dan tidak terlalu berfluktuasi.

Sedangkan Siswanto (2007) mendefinisikan CPM sebagai model manajemen proyek yang mengutamakan biaya sebagai objek yang dianalisis. CPM merupakan analisa jaringan kerja yang berupaya mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan waktu penyelesaian total proyek. Penggunaan metode CPM dapat menghemat waktu dalam menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek.

2.5.2 Jaringan Kerja

Jaringan kerja merupakan jaringan yang terdiri dari serangkaian kegiatan untuk menyelesaikan suatu proyek berdasarkan urutan dan ketergantungan kegiatan satu dengan kegiatan lainnya. Sehingga suatu pekerjaan belum dapat dimulai apabila aktifitas sebelumnya belum selesai dikerjakan. Menurut Hayun (2005) simbol-simbol yang digunakan dalam menggambarkan suatu jaringan adalah sebagai berikut:

- a.  (anak panah/busur), menyatakan sebuah aktifitas yang dibutuhkan oleh proyek. Aktifitas ini didefinisikan sebagai hal yang memerlukan duration (jangka waktu tertentu). Tidak ada skala waktu, anak panah hanya menunjukkan awal dan akhir suatu aktifitas.
- b.  (lingkaran kecil/simpul/node) menyatakan suatu kejadian atau peristiwa.
- c.  (anak panah terputus-putus) menyatakan aktifitas semu (dummy activity). Dummy ini tidak mempunyai durasi waktu, karena tidak menghabiskan resource (hanya membatasi mulainya aktifitas). Bedanya dengan aktifitas biasa adalah aktifitas dummy tidak memakan waktu dan sumber daya, jadi waktu aktifitas dan biaya sama dengan nol.
- d.  (anak panah tebal) menyatakan aktifitas pada lintasan kritis.

Simbol-simbol tersebut digunakan dengan mengikuti aturan-aturan sebagai berikut (Hayun, 2005):

- a. Di antara dua kejadian (event) yang sama, hanya boleh digambarkan satu anak panah.
- b. Nama suatu aktivitas dinyatakan dengan huruf atau dengan nomor kejadian.

- c. Aktivitas harus mengalir dari kejadian bernomor rendah ke kejadian bernomor tinggi.
- d. Diagram hanya memiliki sebuah saat paling cepat dimulainya kejadian (initial event) dan sebuah saat paling cepat diselesaikannya kejadian (terminal event).
Langkah-langkah dalam menyusun jaringan kerja CPM menurut Soeharto (1999) yaitu:
 - a. Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek, menguraikan, memecahkannya menjadi kegiatan-kegiatan atau kelompok kegiatan yang merupakan komponen proyek.
 - b. Menyusun kembali komponen-konponen pada butir 1, menjadi mata rantai dengan urutan yang sesuai logika ketergantungan.
 - c. Memberikan perkiraan kurun waktu bagi masing- masing kegiatan yang dihasilkan dari penguraian lingkup proyek.
 - d. Mengidentifikasi jalur kritis (critical path) dan float pada jaringan kerja.

2.5.3 Durasi Kegiatan Waktu

Durasi kegiatan dalam metode jaringan kerja adalah lama waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan dari awal sampai akhir. Kurun waktu pada umumnya dinyatakan dengan satuan jam, hari, atau minggu. Penghitungan durasi pada metode CPM digunakan untuk memperkirakan waktu penyelesaian aktivitas, yaitu dengan cara single duration estimate. Cara ini dilakukan jika durasi dapat diketahui dengan akurat dan tidak terlalu berfluktuasi. Rumus yang digunakan untuk menghitung durasi kegiatan adalah (Soeharto, 1999):

$$D = \frac{V}{Pr.N} \quad (1)$$

Keterangan:

D = durasi kegiatan

V = volume kegiatan

Pr = produktivitas kerja rata-rata

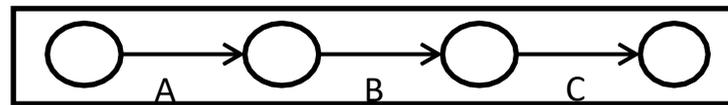
N = jumlah tenaga kerja dan peralatan

2.5.4 Jalur Kritis

Jalur kritis menurut Render dan Jay (2006) merupakan sebuah rangkaian aktivitas - aktivitas dari sebuah proyek yang tidak bisa ditunda waktu pelaksanaannya dan menunjukkan hubungan yang saling berkaitan satu sama lain. Semakin banyak jalur kritis dalam suatu proyek, maka akan semakin banyak pula aktivitas yang harus diawasi. Akumulasi durasi waktu paling lama dalam jalur kritis akan dijadikan sebagai estimasi waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Jalur kritis diperoleh dari diagram jaringan yang memperlihatkan hubungan dan urutan kegiatan dalam suatu proyek.

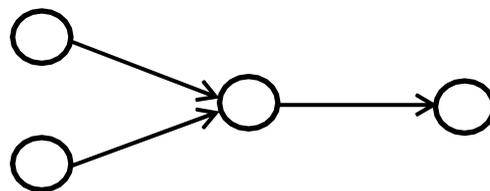
Logika ketergantungan kegiatan-kegiatan tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

- a. Jika kegiatan A harus diselesaikan dahulu sebelum kegiatan B dapat dimulai dan kegiatan C dapat dimulai setelah kegiatan B selesai, hubungan kegiatan-kegiatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



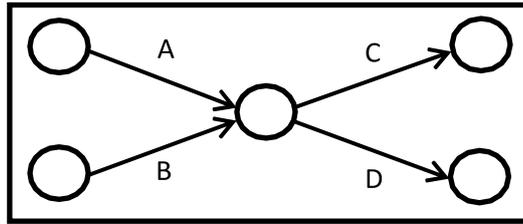
Gambar 6 Kegiatan A pendahulu kegiatan B & kegiatan B pendahulu kegiatan C (Sumber: Render & Jay, 2006)

- b. Kegiatan A dan B harus selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai, hubungan kegiatannya dapat dilihat pada Gambar 3.



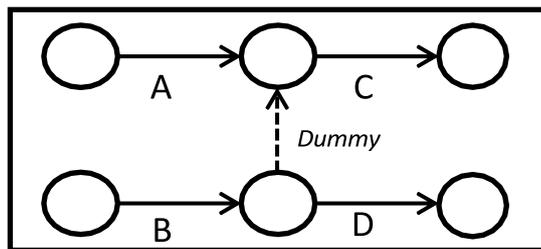
Gambar 7 Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C (Sumber: Render & Jay, 2006)

- c. Jika kegiatan A dan B harus dimulai sebelum kegiatan C dan D, hubungan kegiatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 8 Kegiatan A dan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D (Sumber: Render & Jay, 2006)

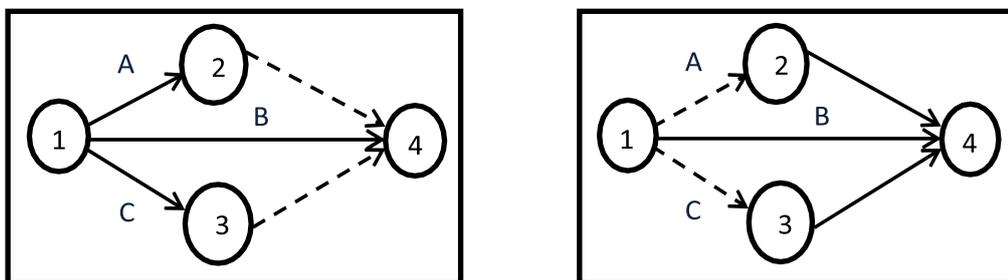
- d. Jika kegiatan A dan B harus selesai sebelum kegiatan C dapat dimulai, tetapi D sudah dapat dimulai bila kegiatan B sudah selesai, hubungan kegiatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 9 Kegiatan B merupakan pendahulu kegiatan C dan D (Sumber: Render & Jay, 2006)

Fungsi dummy (- - - →) di atas adalah untuk memindahkan seketika itu juga (sesuai dengan arah panah) keterangan tentang selesainya kegiatan B.

- e. Jika kegiatan A, B, dan C mulai dan selesai pada lingkaran kejadian yang sama, maka hubungan kegiatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.5



Atau

Gambar 10 Kegiatan A, B, dan C mulai dan selesai pada kejadian yang (Sumber: Render & Jay, 2006)

Langkah untuk menentukan lintasa atau jalur kritis adalah dengan membuat perhitungan maju (*forward pass*) dan perhitungan mundur (*backward pass*).

- a. Perhitungan Maju

Perhitungan maju dimulai dari start (initial event) menuju finish (terminal event) untuk menghitung waktu penyelesaian tercepat suatu kegiatan (EF). Dalam mengidentifikasi jalur kritis dipakai suatu cara yang disebut hitungan maju. Prosedur menghitung waktu penyelesaian tercepat (EF) adalah :

1. Menentukan nomor dari peristiwa – peristiwa dari kiri ke kanan, mulai dari peristiwa nomor 1 berturut – turut sampai dengan nomor maksimal
2. Menentukan nilai ES untuk peristiwa nomor satu (paling kiri) sama dengan nol.
3. Selanjutnya dapat dihitung nilai EF peristiwa-peristiwa berikutnya dengan rumus dibawah. Apabila terdapat beberapa kegiatan (termasuk *dummy*) menuju atau dibatasi oleh peristiwa yang sama, maka diambil nilai EF yang maksimum.

$$EF = (ES + D) \quad (2)$$

Dimana :

ES : Waktu mulai paling cepat (Earliest Start) dari event

EF : Waktu selesai (Earliest Finish) dari event

D : Durasi untuk melaksanakan kegiatan

b. Perhitungan Mundur

Perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu paling akhir untuk memulai dan mengakhiri masing – masing kegiatan, tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan yang dihasilkan dari hitungan maju. Prosedur menghitung saat paling lambat (LS) adalah :

1. Menentukan nilai LF peristiwa terakhir (paling kanan) sesuai dengan nilai EF kegiatan terakhir.
2. Selanjutnya dapat dihitung nilai LS peristiwa – peristiwa dari kanan ke kiri, dengan rumus di bawah, dengan memperhatikan kegiatan – kegiatan yang berasal dari peristiwa tertentu.
3. Apabila terdapat lebih dari satu kegiatan (termasuk *dummy*) berasal dari peristiwa tertentu, maka dipilih nilai LS minimum.

$$LS = (LF - D) \quad (3)$$

Dimana :

LF : Waktu selesai paling lambat (*Latest finish*)

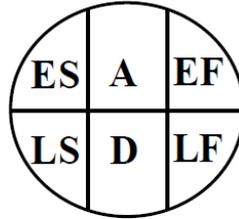
LS : Waktu mulai paling lambat (*Latest start*)
 D : Durasi

2.5.5 Jadwal Aktivitas

Guna mengetahui jalur kritis kita menghitung dua waktu awal dan akhir untuk setiap kegiatan, sebagai berikut:

- Mulai terdahulu (earliest start – ES), yaitu waktu terdahulu suatu kegiatan dapat dimulai, dengan asumsi semua pendahulu sudah selesai.
- Selesai terdahulu (earliest finish – EF), yakni waktu terdahulu suatu kegiatan dapat selesai.
- Mulai terakhir (latest start – LS), yaitu waktu terakhir suatu kegiatan dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.
- Selesai terakhir (latest finish – LF), yaitu waktu terakhir suatu kegiatan dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

Dalam suatu proyek, jadwal aktivitas dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 11 Gambaran aktivitas proyek

Keterangan:

A = Nama aktivitas

D = Durasi waktu suatu aktivitas ES = Earliest start

LS = Latest start EF = Earliest finish LF = Latest Finish

Hambatan aktivitas dapat terjadi dalam pelaksanaan suatu proyek, untuk itu harus ada waktu slack dalam setiap kegiatan. Waktu slack (slack time) merupakan waktu bebas yang dimiliki oleh setiap kegiatan untuk bisa diundur tanpa menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Waktu slack dapat dirumuskan sebagai berikut:

Slack = LS – ES atau Slack = LF - EF Keterangan:

Slack = Waktu bebas LS = Latest start

ES = Earliest start

LF = Latest Finish

EF = Earliest finish

2.5.6 Langkah-Langkah Dalam Menggunakan Metode CPM

Menurut Heizer & Render (2014) CPM keduanya memiliki enam langkah dasar sebagai berikut :

- a. Mendefinisikan proyek dan menyiapkan struktur pecahan kerja.
- b. Membangun hubungan antara kegiatan. Memutuskan kegiatan mana yang harus lebih dahulu dikerjakan dan mana yang harus mengikuti yang lain.
- c. Menggambarkan jaringan 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.
- b) Menggunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek.

2.7 Microsoft Project

Microsoft Project Professional merupakan software administrasi proyek yang digunakan untuk melakukan perencanaan, pengelolaan, pengawasan, dan pelaporan data dari suatu proyek. Kemudahan penggunaan dan keleluasaan lembar kerja serta cakupan unsur-unsur proyek menjadikan software ini sangat mendukung proses administrasi sebuah proyek. Microsoft project memberikan unsur-unsur manajemen proyek yang sempurna dengan memadukan kemudahan penggunaan, kemampuan, dan fleksibilitas sehingga penggunaanya dapat mengatur proyek secara lebih efisien dan efektif. Kita akan mendapatkan informasi, mengendalikan pekerjaan proyek, jadwal, laporan keuangan, serta mengendalikan kekompakan tim proyek, Adapun manfaat dari Microsoft Project adalah :

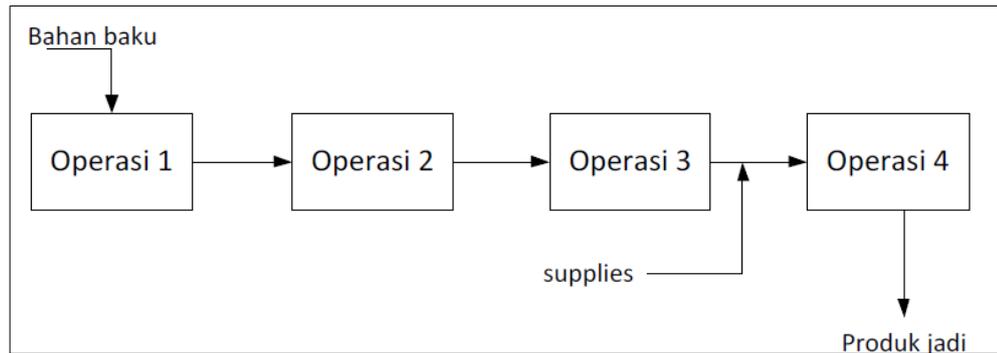
- a. Menyimpan detail mengenai proyek di dalam database-nya yang meliputi detail tugas-tugas beserta hubungannya satu dengan yang lain, sumber daya yang dipakai, biaya, jalur kritis, dan lain-lain.
- b. Menggunakan informasi tersebut untuk menghitung dan memelihara jadwal, biaya dan elemen-elemen lain termasuk juga menciptakan suatu rencana proyek.
- c. Melakukan pelacakan selama proyek berjalan untuk menentukan apakah proyek akan dapat diselesaikan tepat waktu dan sesuai anggaran yang direncanakan atau tidak.

Adapun istilah-istilah yang sering digunakan dalam Microsoft project adalah *task, duration, start, finish, predecessor, resource, cost, baseline, gann chart, tracking* dan *malistone* (Wowor et al., 2013).

2.8 Peta Proses (*Proses chart*)

2.8.1 Pengertian Peta Proses (*Process Chart*)

Dalam menguraikan tahapan pengerjaan suatu benda dari phase analisis sampai ke phase akhir operasi dapat di perjelas dengan menggunakan peta proses. Peta proses adalah alat yang sangat penting didalam pelaksanaan studi mengenai operasi manufakturing dalam suatu sistem produksi, lewat peta-peta ini kita bisa melihat semua langkah atau kejadian yang dialami oleh suatu benda kerja dari masuk ke pabrik sampai akhirnya menjadi produk jadi, baik produk lengkap maupun bagian dari produk lengkap. Peta proses secara umum dapat didefinisikan sebagai gambar grafik yang menjelaskan setiap operasi yang terjadi dalam proses manufakturing. Peta proses yang paling sederhana adalah proses secara awal. Dalam block diagram ini akan diagram ini akan digambarkan struktur proses yang harus dilalui didalam operasi kerja pembuatan suatu jenis produk. Jumlah dari tahapan proses yang harus dilalui akan bergantung pada kompleks tidaknya desain produk yang harus dibuat.



Gambar 12 Blok Diagram

Penggunaan blok diagram ini merupakan bentuk peta proses sederhana yang dibuat untuk menganalisis tahapan proses yang harus dilalui dalam pelaksanaan operasi manufaktur suatu produk secara analitis dan logis. Untuk keperluan lebih kompleks maka ada tiga model peta proses lain yang umum dipakai sebagai alat untuk menganalisis proses produksi dan juga akan berguna didalam perencanaan tata letak pabrik. Ketiga model peta proses tersebut ialah operation process chart, flow process chart, dan flow diagram. Untuk keperluan pembuatan peta process ini maka American Society of Mechanical Engineers (ASME) telah dibuat beberapa simbol standar yang menggambarkan macam/jenis aktifitas yang umum dijumpai dalam proses produksi, yaitu sebagai berikut :

Tabel 2 Simbol-simbol dalam Peta Proses (ASME Standar)

SIMBOL ASME	NAMA KEGIATAN	DEFINISI KEGIATAN
	OPERASI	Kegiatan operasi terjadi bilamana sebuah obyek (benda kerja/bahan baku) mengalami perubahan bentuk secara fisik maupun kimiawi, perakitan dengan obyek lainnya atau di urai-rakit, dan lain-lain.
	INSPEKSI	Kegiatan inspeksi terjadi bilamana sebuah obyek mengalami pengujian ataupun pengecekan ditinjau dari segi kuantitas ataupun kualitas
	TRANSPORTASI	Kegiatan transportasi terjadi bilamana sebuah obyek dipindahkan dari satu lokasi yang lain. Bila gerakan perpindahan tersebut merupakan bagian operasi/inspeksi seperti halnya dengan loading/ unloading -material maka hal tersebut bukan termasuk kegiatan transportasi
	MENUNGGU (DELAY)	Proses menunggu terjadi bila material, benda kerja, operator atau fasilitas kerja dalam keadaan berhenti atau tidak mengalami kegiatan apapun.
	MENYIMPAN (STORAGE)	Proses penyimpanan terjadi bila obyek disimpan dalam jangka waktu yang cukup lama. Disini obyek akan disimpan secara permanen dan dilindungi terhadap pengeluaaran/pemindahan tanpa ijin khusus.
	AKTIFITAS GANDA	Bila di kehendaki untuk menunjukkan kegiatan-kegiatan yang secara bersama dilakukan oleh operator pada stasiun kerja yang sama, seperti kegiatan operasi yang harus dilakukan bersama dengan kegiatan inspeksi

(Sumber: Wignjosoebroto, 2003)

2.8.2 Peta Proses Operasi (*Operation Process Chart*)

Peta proses operasi akan menunjukkan langkah- langkah secara kronologis dari semua operasi inspeksi, waktu longgar dan bahan baku sampai keproses pembungkusan (packaging) dari produk jadi yang dihasilkan. Peta ini akan melukiskan peta operasi dari seluruh komponen-komponen dan sub-assemblies sampai ke main assembly (Wignyosoebrata, 2003).

Peta proses operasi ini merupakan suatu diagram yang menggambarkan langkah-langkah proses yang akan dialami bahan (bahan-bahan) baku mengenai urutan-urutan operasi dan pemeriksaan. Sejak dari awal sampai menjadi produk jadi utuh maupun sebagai komponen, dan juga memuat informasi-informasi yang diperlukan untuk analisis lebih lanjut, seperti: waktu yang dihabiskan, material yang digunakan, dan tempat atau alat atau mesin yang dipakai. Peta proses operasi (*operation process chat*) umumnya digunakan untuk menggambarkan urutan-urutan kerja khususnya untuk kegiatan-kegiatan yang produktif saja seperti operasi dan inspeksi (Wignyosoebrata,2003).

1. Kegunaan Peta Proses Operasi

Dengan adanya informasi-informasi yang bisa dicatat melalui Peta Proses Operasi, maka bisa memperoleh banyak manfaat diantaranya;

- a. Bisa mengetahui kebutuhan akan mesin dan penganggarnya.
- b. Bisa memperkirakan kebutuhan akan bahan baku (dengan memperhitungkan efisiensi di tiap operasi/pemeriksaan).
- c. Sebagai alat untuk menentukan tata letak pabrik.
- d. Sebagai alat untuk melakukan perbaikan cara kerja yang sedang
- e. dipakai.
- f. Sebagai alat untuk latihan kerja.

2. Prinsip-prinsip Pembuatan Peta Proses Operasi

Untuk bisa menggambarkan Peta Proses Operasi dengan baik, ada beberapa prinsip yang perlu diikuti sebagai berikut:

- a. Pertama-tama pada baris paling atas dinyatakan kepala “Peta Proses Operasi” yang diikuti oleh identifikasi lain seperti: nama obyek, nama pembuat peta, tanggal dipetakan cara lama atau cara sekarang, nomer peta dan nomor gambar.

- b. Material yang akan diproses diletakan diatas garis horizontal, yang menunjukkan bahwa material tersebut masuk kedalam proses.
- c. Lambang-lambang ditempatkan dalam arah vertical, yang menunjukkan terjadinya perubahan proses.
- d. Penomoran terhadap suatu kegiatan operasi diberikan secara berurutan sesuai dengan urutan operasi yang dibutuhkan untuk pembuatan produk tersebut atau sesuai dengan proses yang terjadi.

2.9 SOP Koordinasi Proyek Kapal Reparasi

Menurut PT IKI, SOP koordinasi kapal reparasi adalah sebagai berikut

a. Memperoleh Order dari Customer

Tahap pertama pada saat sebuah kapal akan melakukan reparasi adalah melakukan order dimana pada tahap ini Divisi Pemasaran akan menerima surat permintaan docking space, penawaran serta repair list.

b. Membuat Estimasi biaya

Setelah pihak Divisi pemasaran menerima order dari customer maka selanjutnya Departemen kalkulasi membuat estimasi biaya proyek kapal reparasi yang berisi angka atau nilai perkiraan dari suatu biaya proyek. Estimasi biaya diperoleh melalui perhitungan jumlah biaya yang diperlukan untuk bahan/material dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan proyek.

c. Pembahasan Kajian Proyek dan analisis resiko

Estimasi biaya yang telah dibuat oleh Departemen Kalkulasi kemudian dikaji oleh Departemen Mr, Pemasaran, Keuangan, Logistik dan PPP. Hal ini dilakukan dilakukan untuk meningkatkan peluang positif dan meminimalisir peluang negatif atau merugikan yang mungkin benar-benar terjadi dalam proyek.

d. Proposal proyek

Setelah melakukan pembahasan kajian dan analisis resiko proyek dan estimasi biaya dinyatakan sudah baik maka selajutnya Departemen Kalkulasi akan membuat Proposal Proyek. Adapun jika hasil pembahasan

kajian dan analisis resiko proyek dinyatakan tidak baik maka akan dilakukan Kembali estimasi biaya oleh Departemen Kalkulasi.

e. Persetujuan Proposal Proyek

Proposal yang telah dibuat oleh Derpartemen Kalkulasi harus mendapatkan persetujuan dari direksi Proyek. Apabila Proposal Proyek tidak disetujui oleh Direksi maka akan dilakukan kembali proses estimasi biaya proyek oleh Departemen Kalkulasi

f. Mengirim Surat Penawaran dan Docking Space ke Owner

Setelah Proposal Proyek telah disetujui oleh Direktur maka Divisi Pemasaran akan mengirim surat penawaran dan docking space ke Owner kapal yang akan direparasi.

g. Menerima Persetujuan Owner

Setelah melakukan pengiriman Surat Penawaran dan Docking Space ke pemilik kapal yang akan direparasi maka selajutnya Owner Kapal akan menerima Persetujuan Owner. Setelah itu, Divisi Pemasaran kan membuat surat Konfirmasi Docking.

h. Pembuatan Kontrak Proyek Reparasi dan SP3 (Surat Perintah Pelaksanaan Proyek)

Dengan adanya persetujuan Owner kapal maka akan dibuat kontrak proyek reparasi oleh Mgr. Hukum. Langkah selanjutnya setelah adanya persetujuan Owner dan Pembuatan Kontrak Proyek Reparasi adalah membuat SP3 (Surat Pelaksanaan Proyek). Surat tersebut berisi yang dibuat oleh Departemen PPP.

i. Kapal Masuk dan Pelaksanaan Arrival Meeting (AM)

Setelah Pembuatan Kontrak Proyek Reparasi dan SP3 (Surat Perintah Pelaksanaan Proyek) maka kapal akan masuk ke galangan dan akan dilakukan Arrival Meeting (AM) oleh tim pemasaran, tim produksi, tim planner dan K3LH PT IKI (Persero) serta Owner Surveyor. Arrival Meeting merupakan tahap penelitian daftar reparasi dan penyusunan jadwal kerja detail untuk mendapatkan daftar reparasi yang disusun secepatnya yang kemungkinan terjadi penambahan atau pengurangan pekerjaan dari daftar repair list yang akan disepakati oleh pihak OS kapal dengan PT IKI. Dari

pelaksanaan Arrival meeting ini keluar Dokumen AM, BA serah terima kapal masuk.

- j. Menerima JO dan Membuat Bon Permintaan Material
Setelah dilakukan Arrival meeting (MA) maka langkah berikutnya bagian bengkel akan menerima JO dan membuat Bon Permintaan Material.
- k. Menerbitkan Usulan Pembelian
Pada tahap ini bagian Gudang akan menerbitkan usulan pembelian material.
- l. Menerbitkan SPK/PO
Pada tahap ini divisi logistik akan menerbitkan Surat Perintah Kerja (SPK)/Purchase Order (PO) sebagai persetujuan pembelian material.
- m. Koordinasi dan Kontrol Schedule Proyek
Selanjutnya Kepada Proyek (Kapro) akan melakukan koordinasi dan juga control terhadap schedule dan progress proyek. Koordinasi dan kontrol ini dilakukan sebagai upaya agar proyek berjalan sesuai dengan progres
- n. Mengevaluasi tambahan/pengurangan Pekerjaan
Evaluasi adanya tambahan atau pengurangan pekerjaan dilakukan oleh Kepala Proyek (Kapro). Dari evaluasi ini akan timbul list penambahan atau pengurangan pekerjaan jika ada.
- o. Menyampaikan Pekerjaan Tambahan/Pengurangan ke Owner
List penambahan/pengurangan pekerjaan yang diterbitkan oleh Kapro berdasarkan evaluasi akan disampaikan kepada Owner melalui bagian Kalkulasi. List pekerjaan tersebut sebelumnya telah diestimasi oleh bagian kalkulasi sebelum akhirnya disampaikan ke Owner dengan adanya Surat Penawaran. Setelah Owner menerima surat penawaran yang berisi list penambahan/pengurangan pekerjaan ke Owner maka Owner akan memilih untuk menyetujui atau tidak menyetujui penambahan/pengurangan pekerjaan tersebut. Apabila Owner setuju maka akan dilanjutkan ke proses selanjutnya. Apabila Owner tidak setuju maka Divisi Pemasaran akan menyampaikan pembatalan Order Tambah/Kurang ke Pimpinan Proyek (Pimpro).
- p. Rapat Progres

Setelah adanya persetujuan Owner terhadap penambahan/pengurangan pekerjaan serta kontrol schedule proyek oleh Kepala Proyek (Kapro) maka selanjutnya akan dilakukan rapat progress bersama Departemen PPP yang kemudian akan memunculkan Laporan Progres Fisik.

q. Penagihan Termin

Pada tahap ini Departemen Keuangan akan melakukan penagihan termin yaitu tagihan atas pencapaian bobot pekerjaan berdasarkan hasil rapat progres yang telah dilakukan sebelumnya.

r. Pembuatan laporan S'note

Laporan s'note dibuat oleh Kepala Proyek (Kapro) dimana laporan ini berisi tentang laporan pekerjaan selama docking.

s. Delivery Kapal

Kepala Proyek (Kapro) akan melakukan penyerahan Kapal. Pada tahap ini dokumen administrasi kapal akan keluar.

t. Menerbitkan Final Bill

Pada tahap ini Departemen Kalkulasi akan menerbitkan tagihan terakhir yang berisi tagihan terakhir terhadap semua biaya selama proses reparasi dan docking kapal.

u. Klarifikasi Teknis, Volume dan negosiasi harga dengan Owner

Pada Tahap ini akan dilankukan klarifikasi teknis, volume dan negosiasi harga dengan owner. Negosiasi ini dilakukan oleh Tim negosiasi dan akan keluar B A negosiasi

v. Menerbitkan invoice dan dokumen pendukung lainnya

Departemen keuangan akan menerbitkan invoice yang berisi daftar tagihan beserta dokumen pendukung lainnya

w. Pelunasan biaya reparasi

Pada tahap ini Owner akan melakukan pelunasan biaya reparasi berdasarkan invoice yang telah dikeluarkan oleh Departemen keuaangan.