

SKRIPSI

PERENCANAAN PEMASANGAN INSTALASI PIPA PADA BANGUNAN KAPAL BARU(*NEW BUILDING*) DENGAN MENGUNAKAN METODE PERT(*PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE*) STUDI KASUS GALANGAN KAPAL PT. IKI (PERSERO) MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh:

**MUH. HUSNUL MUBARAK
D091181323**



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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PERENCANAAN PEMASANGAN INSTALASI PIPA PADA BANGUNAN KAPAL BARU(*NEW BUILDING*) DENGAN MENGUNAKAN METODE PERT(*PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE*) STUDI KASUS GALANGAN KAPAL PT. IKI (PERSERO) MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh

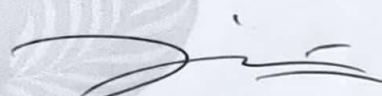
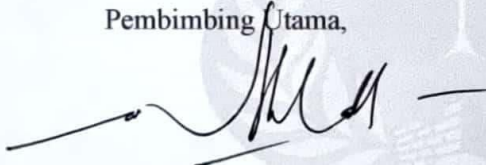
Muh. Husnul Mubarak
D091181323

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 09 November 2023,
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Surya Hariyanto, S.T., M.T

Andi Husni Sitepu, S.T., M.T.

NIP 197107022000121001

NIP 197702712001121001

Ketua Program Studi,



Dr.Eng. Faisal Mahmuddin, S.T.M.Inf.Tech.,M.Eng

NIP 198102112005011003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Muh. Husnul Mubarak
NIM : D091181323
Program Studi : Teknik Sistem Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**PERENCANAAN PEMASANGAN INSTALASI PIPA PADA BANGUNAN
KAPAL BARU(*NEW BUILDING*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE
PERT(*PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE*) STUDI KASUS
GALANGAN KAPAL PT. IKI (PERSERO) MAKASSAR**

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

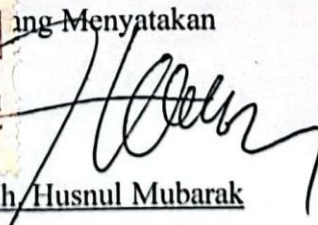
Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul 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, 09 November 2023

Yang Menyatakan



METERAI TEMPEL
3751AKX707096805

Muh. Husnul Mubarak

ABSTRAK

MUH. HUSNUL MUBARAK. *PERENCANAAN PEMASANGAN INSTALASI PIPA PADA BANGUNAN KAPAL BARU (NEW BUILDING) DENGAN MENGGUNAKAN METODE PERT (PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE) STUDI KASUS GALANGAN KAPAL PT. IKI (PERSERO) MAKASSAR* (dibimbing oleh Surya Haryanto dan Andi Husni Sitepu)

Pembangunan kapal sangat erat kaitannya dengan waktu dan biaya dalam proses pembangunan secara keseluruhan. Kesuksesan suatu galangan dapat dilihat apabila mampu menyelesaikan pembangunan kapal dengan tepat waktu, namun tetapi tak sedikit pula galangan yang memiliki masalah terkait keterlambatan waktu produksi dengan jadwal perencanaan pembangunan yang dibuat. Dalam penelitian ini penulis akan menggunakan metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) dalam membuat *schedule* pemasangan sistem instalasi perpipaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui durasi yang dibutuhkan dalam pelaksanaan proyek pemasangan instalasi pipa yang lebih efisien. PERT adalah metode penjadwalan proyek dengan menggunakan tiga dugaan waktu untuk setiap kegiatannya yaitu, durasi optimis (*a*), memungkinkan (*m*), dan pesimis (*b*) sehingga akan mendapatkan durasi yang lebih realistis serta kemungkinan (*probabilitas*) berhasilnya proyek terlasana sesuai dengan *schedule* dapat tercapai. Setelah dilakukan penjadwalan ulang menggunakan metode PERT pada proyek pemasangan sistem instalasi perpipaan pada kapal FERY yang sedang dibangun di PT. Industri Kapal Indonesia didapatkan durasi 311 hari berdasarkan jumlah seluruh aktifitas durasi yang diharapkan (*Te*). Kemungkinan (*probability*) berhasilnya penjadwalan proyek yang telah dibuat menggunakan metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) adalah sebesar 0,9901 atau 99%

Kata Kunci: Kapal baru, sistem instalasi pipa, strategi perencanaan proyek, metode PERT.

ABSTRACT

MUH. HUSNUL MUBARAK. *PLANNING OF PIPE INSTALLATION IN NEW BUILDING USING PERT METHOD (PROGRAM EVALUATION AND REVIEW TECHNIQUE) CASE STUDY OF PT. IKI (PERSERO) MAKASSAR*
(supervised by Surya Haryanto and Andi Husni Sitepu)

Shipbuilding is closely related to time and costs in the overall development process. The success of a shipyard can be seen if it is able to complete ship construction on time, but not a few shipyards have problems related to delays in production time with the development planning schedule made. In this study the authors will use the PERT method (Program Evaluation and Review Technique) in making a piping installation system installation schedule. This study aims to determine the duration needed in the implementation of a more efficient pipe installation project. PERT is a project scheduling method using three time estimates for each activity, namely, optimistic (a), possible (m), and pessimistic (b) durations so that a more realistic duration and probability (probability) of the successful completion of the project will be obtained according to the schedule. achieved. After rescheduling using the PERT method on the project of installing a piping installation system on the FERY ship that is being built at PT. The Indonesian Ship Industry obtained a duration of 311 days based on the sum of all activities of the expected duration (T_e). The probability of successful project scheduling that has been made using the PERT (Program Evaluation and Review Technique) method is 0.9901 or 99%.

Keywords: New ship, pipeline installation system, project planning strategy, PERT method.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
KATA PENGANTAR	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	14
1.1 Latar Belakang	14
1.2 Rumusan Masalah.....	15
1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan	16
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan	16
1.5 Batasan Penelitian.....	16
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	18
2.1 Industri Galangan Kapal	18
2.2 Sistem Instalasi Perpipaan	18
2.3 Komponen Instalasi Sistem Pipa.....	19
2.4 Jenis Sambungan Pipa	20
2.5 Jenis Fitting Pada Pipa	21
2.6 Pipe Piece Family Manufacturing (PPFM).....	21
2.7 Sistem Pipa Yang Ada Di Atas Kapal.....	22
2.7.1 General Service System.....	22
2.7.1 Main Engine And Auxiliary Engine System	24
2.7.3 Domestic System And Accomodation.....	25
2.8 Manajemen Proyek.....	26

2.9	Metode Perencanaan Penjadwalan	26
2.9.1	Bagan Balok (BarChart)	27
2.9.2	Network Diagram	27
2.9.3	CPM (Critical Path Method)	28
2.9.4	PERT (Program Evaluation and Review Technique)	32
2.10	Strategi perencanaan proyek menggunakan metode PERT / CPM	34
BAB 3 METODE PENELITIAN/PERANCANGAN		38
3.1	Waktu Dan Lokasi Penelitian	38
3.2	Teknik Pengumpulan Data	38
3.3	Variabel Penelitian	39
3.4	Teknik Pengolahan Data	40
3.5	Prosedur Penelitian	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		43
4.1	Gambaran Umum PT. Industri Kapal Indonesia (Persero)	43
4.1.1	Sejarah Singkat Perusahaan	43
4.1.2	Visi Dan Misi Perusahaan	44
4.2	Prosedur Pemasangan Instalasi Pipa	45
4.3	Alat Dan Fasilitas Penunjang Proyek	45
4.4	Man Power	47
4.5	Data Penelitian	48
4.6	Perhitungan Durasi Yang Diharapkan (Te)	49
4.7	Penentuan Deviasi Standar (S) Perencanaan Pemasangan Instalasi Pipa	53
4.8	Penentuan Varians (V) Aktivitas Pemasangan Instalasi Pipa	53
4.9	Pembuatan Diagram Jaringan Kerja (Network Diagram)	54
4.10	Analisis Critical Path Method	56
4.11	Penentuan Target Waktu Penyelesaian	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	59
DAFTAR PUSTAKA		60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Diagram AOA metode CPM.....	31
Gambar 2 lokasi penelitian bertempat di Jl. Galangan Kapal No.31, Kaluku Bodoa, Kec. Tallo, Makassar	38
Gambar 3 Penampakan kapal penyebrangan lintas lembar – padang bai	39
Gambar 4 Cakupan wilayah PT. IKI (Persero) Makassar	44
Gambar 5 Diagram jaringan kerja.....	55
Gambar 6 Kurva distribusi nilai Z	58

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Peralatan dan fasilitas penunjang proyek.....	46
Tabel 2 Jumlah man power	47
Tabel 3 Durasi optimis (a), pesimis (b), paling mungkin (m).....	48
Tabel 4 Durasi dari aktivitas yang diharapkan (Te).....	52
Tabel 5 Deviasi standar pada setiap aktivitas dengan durasi a,m dan b	53
Tabel 6 Varians aktivitas perencanaan pemasangan instalasi pipa	54

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
PERT	Program Evaluation and Review Technique
CPM	Critical Path Method
a	Durasi optimis
m	Durasi yang paling mungkin
b	Durasi pesimis
Te	<i>Time Expected</i> (durasi yang diharapkan)
V	Varians
S	Deviasi standar
Z	Distribusi nilai probabilitas

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel distribusi nilai Z.....	61
Lampiran 2 Surat Persetujuan penelitian	62
Lampiran 3 Surat Pengantar ke konstruksi pipa	63
Lampiran 4 Jadwal Perencanaan PT. IKI.....	64
Lampiran 5 Data man power.....	64
Lampiran 6 Wiring diagram pipa duga, isi, udara	65
Lampiran 7 Wiring diagram pipa air tawar.....	66
Lampiran 8 Wiring diagram pipa bilga ballast	67
Lampiran 9 Wiring diagram pipa pembuangan air kotor.....	68
Lampiran 10 Wiring diagram pipa pemadam kebakaran sprinkle	69
Lampiran 11 wiring diagram pipa pemadam kebakaran water deluge	70
Lampiran 12 Wiring diagram pipa bahan bakar	71
Lampiran 13 Wiring diagram pipa minyak lumas	72
Lampiran 14 Wiring diagram pipa sistem pendingin mesin	73
Lampiran 15 Material pipa instalasi perpipaan pada kapal Penyebrangan Lintas Lembar – Padang Bai	74
Lampiran 16 Proses fabrikasi sistem instalasi pipa.....	74
Lampiran 17 Proses fabrikasi pipa induk.....	75
Lampiran 18 Pemasangan valve pada pipa induk	75
Lampiran 19 Pengetesan uji kebocoran instalasi pipa	76
Lampiran 20 Pengetesan uji kebocoran pada pipa utama	77
Lampiran 21 Pemasangan instalasi pipa	77
Lampiran 22 Pemasangan pipa utama.....	78
Lampiran 23 Gambar isometrik instalasi perpipaan pada ruang mesin	79

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim.

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'aalamiin, puji dan syukur hanya kepada Allah Subhaanahu Wata'ala yang telah memberikan petunjuk kepada hamba – hamba Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **Perencanaan Pemasangan Instalasi Pipa pada Bangunan Kapal Baru (*New Building*) Dengan Menggunakan Metode PERT (*Program Evaluation And Review Technique*) Studi Kasus Galangan Kapal PT. IKI (Persero) Makassar.** Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Waliyullah Nabi Muhammad Shalallahu 'Alaihi Wasallam beserta seluruh keluarga dan para sahabat.

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat akademik dalam menyelesaikan program strata 1 (S1) Sarjana Teknik Sistem Perkapalan, yang nantinya dapat memberikan kontribusi kepada pembaca untuk dijadikan referensi dan menambah pengetahuan dalam manajemen proyek, khususnya dalam industri galangan.

Terselesainya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu dengan hati yang tulus, penulis mengucapkan banyak terima kasih. Terkhusus kepada kedua orang tua penulis Ayahanda Mustam Hardi dan Ibunda tercinta Nurleli yang tidak henti – hentinya melangitkan doa dan permohonannya kepada yang Maha Kuasa, serta atas kasih sayang, nasihat dan dukungan yang diberikan kepada penulis, yang merupakan motivasi terbesar bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Adapun pihak – pihak lain yang telah membimbing dan membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sehingga penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak Surya Haryanto, S.T.,M.T. Selaku pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu dan pikirannya untuk memberikan pengarahan dan bimbingannya hingga terselesainya skripsi ini.
2. Bapak Andi Husni Sitepu, S.T.,M.T. Selaku pembimbing 2 yang telah meluangkan waktu dan pikirannya untuk memberikan pengarahan dan bimbingannya hingga terselesainya skripsi ini.
3. Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T.,M. Tech, M. Eng. Selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Dosen – dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu, motivasi serta bimbingannya selama proses perkuliahan.
5. Staf tata usaha Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu segala aktivitas administrasi selama perkuliahan.
6. Teman – teman ZIZTER2018 yang telah kebersamai segala aktivitas baik didalam maupun diluar kampus, serta atas bantuan, saran dan motivasinya.
7. Kepada saudara – saudari THRUZTER2018 yang telah kebersamai, memberikan bantuan, dukungan serta doanya semoga dibalas oleh Allah SWT.
8. Dan kepada semua pihak – pihak yang terlibat namun tidak sempat penulis sebutkan satu persatu.

Gowa, 09 November 2023

Muh. Husnul Mubarak

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam mendukung program pemerintah menjadikan Indonesia sebagai poros maritim, maka diperlukan sebuah usaha strategis dalam memajukan galangan kapal agar mampu memenuhi kebutuhan pasar akan ketersediaan kapal sebagai sarana transportasi laut yang menjadi konektivitas antar pulau, yang mampu mendorong perekonomian nasional maupun internasional.

Pembangunan sebuah proyek tidaklah mudah, banyak hal yang harus diperhitungkan dan dikelola dengan tepat, baik dari segi waktu maupun dari segi biaya untuk mendapatkan hasil yang maksimal, karena dalam pengerjaan proyek pembangunan kapal setiap pekerjaan yang dilakukan saling berhubungan satu dan yang lainnya, sehingga jika terjadi kegagalan di satu kegiatan maka akan berpengaruh ke kegiatan selanjutnya. Jika hal itu terjadi maka akan berakibat pada penambahan waktu dan pembengkakan biaya yang menghambat proses pengerjaan proyek (Adelia Maharani dkk, 2020)

Dalam beberapa kasus proyek pembangunan kapal baru (*new building*), permasalahan yang sering terjadi ialah penentuan durasi pengerjaan suatu proyek yang kurang optimal, sehingga produktivitas suatu galangan menjadi kurang maksimal. Dalam pengerjaan proyek pembangunan sebuah kapal, terdapat beberapa faktor yang dapat menghambat pengerjaan sebuah proyek, seperti kurangnya SDM, serta kurangnya fasilitas galangan yang mendukung efisiensi dalam proses pengerjaan proyek tersebut.

Oleh karena itu dibutuhkan manajemen proyek yang baik dalam suatu pengerjaan atau produksi pembangunan sebuah kapal, sehingga dapat mengendalikan pengerjaan sebuah proyek agar lebih efisien dan efektif, dengan mempertimbangkan ketersediaan SDM dan fasilitas yang dimiliki. Dengan pengendalian proyek yang baik, maka galangan dapat meningkatkan mutu dan produktivitas, serta dapat juga menekan biaya dalam pelaksanaan pengerjaannya.

Dalam proses pembangunan sebuah kapal, terdapat banyak jenis pengerjaan. Salah satunya adalah pemasangan sistem instalasi pipa di atas kapal. Pemasangan sistem instalasi pipa pada kapal adalah proses pengerjaan diluar konstruksi. Maka diperlukan perhatian khusus dalam proses pengerjaannya agar pengerjaan proyek

pembanguna kapal dapat lebih efisien dan efektif.

Dalam proses pemasangan sistem instalasi pipa pada bangunan kapal baru (*new building*), terdapat banyak alur kegiatan mulai dari prose fabrikasi, fit up, welding dan pengecekan hingga proses instal pada kapal. Maka diperlukan manajemen proyek yang baik dalam proses pemasangan instalasi pipa pada kapal, agar perencanaan pemasangan instalasi pipa pada kapal lebih terstruktur dan terencana sehingga dapat menentukan durasi optimal dalam proses pengerjaanya.

Salah satu metode yang dapat diterapkan dalam perencanaan penjadwalan pemasangan instalasi perpipaan pada kapal ialah metode PERT. Metode PERT menyajikan data yang lebih bervariasi, sehingga dapat menentukan durasi waktu pengerjaan yang optimal, juga dapat menentukan jalur kritis pada alur kegiatan dalam proses pemasangan instalasi pipa agar proses pemasangan sistem instalasi pipa pada kapal lebih efisien.

Berdasarkan permasalahan diatas dan beberapa pertimbangan dari peneliti, maka dilakukan penelitian lapangan pada salah satu perusahaan galangan kapal yang berdomisili di wilayah kota Makassar, PT. IKI (Persero) dan objek penelitian pada salah satu kapal yang sedang proses pembangunan dan telah pada tahap *construction*.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan utama pada saat perencanaan jadwal proyek pembangunan kapal dan dapat dijadikan bahan rekomendasi dalam proses penjadwalan pembangunan kapal baru khususnya pada pemasangan instalasi perpipaan, sehingga dapat menentukan waktu penjadwalan yang lebih efisien dalam realisasi pengerjaan pembangunan kapal baru.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan dikemukakan adalah:

1. Bagaimana menentukan durasi proyek pemasangan instalasi pipa pada bangunan kapal baru yang lebih efisien menggunakan metode PERT (*Program Evaluation And Review Technique*).
2. Bagaimana perbandingan durasi pemasangan sistem instalasi perpipaan pada PT. IKI dengan reschedule proyek menggunakan metode PERT (*Program Evaluation And Review Technique*).

3. Berapa persen kemungkinan/probabilitas berhasilnya penjadwalan yang telah dibuat menggunakan metode PERT (*Program Evaluation And Review Technique*).

1.3 Tujuan Penelitian/Perancangan

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Mendapatkan kondisi rill dan penjadwalan proses pemasangan instalasi pipa pada kapal FERI (Ro – Ro) yang sedang di bangun di PT. IKI (Persero) Makassar.
2. Dapat mengetahui perbandingan durasi serta urutan pengerjaan yang menjadi jalur kritis dalam pengerjaan proyek pemasangan sistem instalasi perpipaan pada bangunan kapal baru di PT. IKI (Persero) Makassar.
3. Berapa tingkat persentase kemungkinan (*probabilitas*) berhasilnya penjadwalan proyek yang telah dibuat.

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini anataranya lain:

1. Mengoptimalkan jadwal proyek pemasangan instalasi pipa pada bangunan kapal baru berdasarkan perencanaan yang memungkinkan dilaksanakan lebih awal serta memperhatikan lintasan kritis dari alur pengerjaan pemasangan instalasi pipa sehingga dapat direalisasikan.
2. Merencanakan *schedule* pada masing-masing kegiatan pekerjaan dengan skema waktu yang optimal dan efisien.
3. Dapat mengetahui berapa persen kemungkinan (*probabilitas*) berhasilnya penjadwalan yang telah dibuat menggunakan metode PERT.

1.5 Batasan Penelitian

Dari rumusan masalah diatas, maka peneliti memberikan batasan pada beberapa hal sebagai berikut:

1. Objek penelitian studi kasus hanya dilakukan di galangan kapal PT. IKI (Persero) Makassar.
2. Objek kapal yang diteliti adalah kapal FERI (RO – RO) yang sedang di bangun di lokasi galangan PT. IKI (Persero) Makassar.
3. Fasilitas ataupun peralatan yang ada di galangan PT. IKI (Persero) Makassar,

diasumsikan dalam hal ini tidak ada penambahan.

4. Data penelitian diperoleh berdasarkan data primer dan data yang diperoleh dari wawancara langsung kepada responden dari Sub – Kontraktor selaku pelaksana proyek maupun pihak galangan sendiri selaku perencana proyek.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Galangan Kapal

Galangan kapal merupakan suatu industri yang didalamnya terjadi proses transformasi masukan berupa material (besi baja, kayu, *fiber glass*, dll) yang menjadi suatu keluaran (*output*) yang dapat berupa kapal, atau bangunan lepas pantai dan bangunan apung lainnya. Industri galangan produk akhirnya termasuk dalam klasifikasi *Product Oriented* atau *job shops production* sering kali dapat juga disebut sebagai industri yang bekerja berdasarkan pesanan (*job order*). Jumlah atau *volume* produksi yang dihasilkan sering kali rendah dan umumnya digunakan untuk memenuhi pesanan yang spesifik dan oleh karenanya banyak pekerjaan yang harus dilaksanakan. Galangan adalah suatu tempat untuk membangun atau mereparasi kapal-kapal jadi galangan harus memiliki tanah atau lahan dan *wafer form* atau garis pantai. Berdasarkan aktivitasnya galangan dapat dibagi menjadi sebagai berikut :

- Galangan bangunan baru
- Galangan khusus reparasi
- Galangan bangunan baru dan reparasi

Orientasi bangunan baru merupakan jenis galangan yang melakukan pembangunan kapal – kapal baru sesuai pesanan dari owner. Orientasi reparasi adalah merupakan jenis galangan yang melakukan pekerjaan perawatan perbaikan kapal. Orientasi bangunan baru dan reparasi merupakan galangan yang berfungsi multi yaitu melakukan pembuatan kapal baru dan perawatan/perbaikan serta modifikasi kapal (Bibit Syahputra dkk,2017).

2.2 Sistem Instalasi Perpipaan

Pipa adalah suatu batang silinder berongga yang dapat berfungsi untuk dilalui atau mengalirkan zat cair, uap, gas ataupun zat padat yang dapat dialirkan, yaitu berjenis serbuk/tepung. Instalasi pipa di kapal digunakan untuk mengalirkan fluida dari satu tangki/compartmen ke tangki lain, atau dari satu tangki ke peralatan permesinan di kapal, atau mengalirkan fluida dari kapal keluar kapal atau sebaliknya. Selain itu terdapat instalasi pipa yang lain berfungsi mengalirkan gas non-cair seperti pipa gas buang, pipa sistem CO₂, atau instalasi pipa yang mengalirkan udara dan uap bertekanan.

2.3 Komponen Instalasi Sistem Pipa

Sistem instalasi pipa terdiri dari komponen – komponen yang mendukung proses pemindahan fluida. Komponen – komponen yang diperlukan dalam instalasi sistem pipa antara lain (A.K Zahra, dkk 2019).

a. Pipa

Pipa adalah bagian utama dari sistem pipa yang berfungsi menyalurkan fluida. Pembagian kelas pipa diatur oleh Biro Klasifikasi Indonesia yang didasarkan pada tekanan dan temperatur kerjanya. Sistem pipa harus dilaksanakan sepraktis mungkin dengan bengkokan dan sambungan las atau *brazing* sedapat mungkin dengan flens atau sambungan yang dapat dilepas dan dipindahkan jika perlu semua pipa harus dilindungi sedemikian rupa sehingga terhindar dari kerusakan mekanis dan harus ditumpu/ dijepit sedemikian rupa untuk menghindari getaran.

b. Valve (Katup)

Alat pemutus dan alat pengaruh aliran (*valve*) adalah peralatan yang berguna untuk memutuskan, menghubungkan, serta merubah arah ke bagian yang lain dari sistem pipa dan juga untuk mengontrol aliran dan tekanan dari fluida.

c. Valve Gear

Pengatur katup (*valve gear*) adalah peralatan untuk mengontrol katup pada sistem pipa baik dari tempat itu (*local control*) maupun dari tempat yang jauh (*remote control*).

d. Flens (Flange)

Pipa sesuai dengan panjangnya dihubungkan dengan flens untuk pipa baja. Flens baja dibentuk dengan las bubut, ulir atau menambah pipa. Dimana kedua ujung pipa yang akan disambung dipasang flens kemudian diikat dengan baut (*bolt*). Flens pipa dikelompokkan menurut besarnya tekanan yang disesuaikan dengan tenaga kerja maksimum ataupun diatasnya. Tetapi tekanan kerja maksimum pada uap, udara kompresi, udara/gas, air, minyak dan lain – lain, instalasi pipa disesuaikan dengan besarnya tekanan dan kondisi fluida.

e. Peralatan Lain,

Peralatan ini biasanya digunakan dalam sistem tertentu, antara lain adalah sebagai berikut.

- Pipa khusus untuk pemasukan (*pipe line*).

- Kotak lumpur (*mud boxes*).
- Saringan pemasukan (*grating*).
- *Separator* untuk memisahkan air laut dengan lumpur, pasir dan batu.
- *Steam trap* untuk menampung pengembunan uap air di dalam sistem pipa.
- *Sprinklers* yaitu sistem pemadam dengan menggunakan air bertekanan dalam pipa.
- Pompa untuk menghisap dan memindahkan fluida antar tanki, atau dari luar kapal ke dalam kapal atau sebaliknya.

2.4 Jenis Sambungan Pipa

Satu potong pipa diistilahkan dengan *spool*. Dalam membentuk *rooting* yang diinginkan perlu dilakukan penyambungan *spool* satu dengan *spool* lainnya. Berikut jenis – jenis sambungan pada pipa: (A.K Zahra dkk, 2019).

1. Sambungan Las

Penyambungan dilakukan dengan cara pengelasan. Dalam pengelasannya menggunakan jenis penyambungan *but weld joint*. Pada umumnya sambungan dengan jenis ini dilakukan pada pipa yang memiliki ukuran besar.

2. Sambungan Soket

Penyambungan dilakukan dengan menggunakan soket. Di mana pipa memiliki diameter yang berbeda yaitu pipa satu memiliki diameter yang lebih besar dari pipa yang lain dan pipa yang memiliki diameter yang lebih kecil akan dimasukkan ke pipa yang memiliki diameter lebih besar.

3. Sambungan Ulir

Penyambungan dilakukan dengan menggunakan ulir. Jenis sambungan ini mudah diaplikasikan dan dapat diterapkan apabila penyambungan dengan jenis pengelasan tidak dapat dilakukan.

4. Sambungan *Flange*

Penyambungan dilakukan dengan menggunakan *flange*. Di mana *flange* itu sendiri merupakan mekanisme pengencangan yang tidak permanen dan menggunakan baut sebagai media pengencang.

2.5 Jenis *Fitting* Pada Pipa

Fitting merupakan komponen perpipaan yang memiliki fungsi untuk mengubah aliran, menyebarkan aliran, memperbesar atau memperkecil aliran. Terdapat berbagai macam *fitting* sesuai dengan fungsi yang dimiliki. Berikut ini jenis – jenis *fitting* pada pipa : (A.K Zahra dkk, 2019).

1. *Fitting Elbow*

Elbow merupakan jenis *fitting* yang memiliki fungsi untuk memblokkkan ke arah aliran fluida pada pipa. Pada umumnya *elbow* yang sering di gunakan yaitu *elbow* dengan sudut 45 dan 90 derajat.

2. *Fitting Tee*

Tee merupakan jenis *fitting* yang memiliki fungsi untuk membagi aliran fluida. Pada *fitting* jenis ini, koneksi *fitting* memiliki cabang yang ukuran diameter pipa utamanya disebut dengan *straight tee*.

3. *Fitting Reducer*

Reducer merupakan jenis *fitting* yang memiliki fungsi untuk mengurangi aliran fluida. pengurangan aliran fluida yang dimaksud yaitu karena pengaruh dari pengurangan diameter.

2.6 Pipe Piece Family Manufacturing (PPFM)

PPFM merupakan bentuk lain dari *Group Technology* (GT) yang berhasil diterapkan oleh *Ishikwajima-Harima Heavy Industries Co, Ltd* (IHI) Jepang. Merupakan metode komperhensif yang menyederhanakan pembuatan pipa yang diperlukan dalam campuran varietas dan kuantitas dalam kelompok – krlompok yang memiliki atribut desain dan manufaktur yang cukup mirip untuk membuat pekerjaan menjadi praktis. PPFM diterapkan dalam tujuh tingkat manufaktur dalam pengerjaannya. (A.K Zahra dkk, 2019)

1. *Material Receiving*

Merupakan tahap penerimaan material pipa dan persiapan di mana tahap ini merupakan tahap pertama pada *manufacturing level*.

2. *Pipe Piece Fabrication*

Merupakan tingkat kedua dari *manufacturing level* di mana pada tahap ini pipa mulai di proses dan area masalah dikelompokkan berdasarkan material pipa (baja, *nonferrous*, *polyvinylchloride*, dan lain sebagainya), cabang, *bore* (kecil, sedang atau besar). Pada tahap *fabrication*, pengerjaan pipa – pipa

dikelompokkan sesuai dengan tabel klasifikasi pipa pada metode PPFM. Proses pengerjaan yang dilakukan pada tahap *fabrication* diantaranya *marking*, *cutting*, dan *bending*.

3. *Pipe Piece Assembly*

Merupakan tingkatan ketiga dari *manufacturing level* di mana pada tahap ini dilakukan beberapa perakitan beberapa potongan pipa, *flanges*, *sleeves*, dan lain sebagainya. Untuk perakitan yang *lebih* kompleks tidak dilakukan pada proses ini dan dilakukan pada proses berikutnya. Selain itu pengerjaan utama yaitu *welding* dan *grinding*.

Pipe Piece Joinning merupakan tingkatan keempat dari *manufacturing level* di mana pada tahap ini dilakukan penyambungan potongan pipa secara kompleks baik itu pipa lurus, pipa cabang, *elbows*, *tees*, *sleeves*, dan lain sebagainya. Proses – proses pengerjaan yang dilakukan pada tahap *pipe piece joinning* diantaranya *joinning*, merupakan proses penggabungan sub-rakitan atau rakitan awal yang telah dilakukan pada tahap *pipe piece assembly*. Selain itu pengerjaan utama yaitu *welding* dan *grinding*.

4. *Testing & Coating*

Testing dan *coating* merupakan tingkatan kelima dan keenam secara berurutan dari *manufacturing level* pada PPFM. *Testing* merupakan proses untuk memastikan bahwa tidak terjadi cacat pengerjaan. Setelah dilakukan pengujian tahap selanjutnya yaitu *coating*, merupakan proses pelapisan yang dilakukan pada material pipa yang berfungsi untuk melindungi material dari proses karat.

5. *Palletizing*

Palletizing merupakan tingkatan terakhir dari *manufacturing level* pada PPFM. Pada tahap ini dilakukan penyortiran dan penegelompokan semua potongan sesuai dengan pallet atau bagiannya pada sistem perpipaan kapal.

2.7 Sistem Pipa Yang Ada Di Atas Kapal

Instalasi perpipaan di kapal dilihat dari fungsi dan tujuannya dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok (Aulia Windyandari dkk, 2013).

2.7.1 *General Service System*

Sistem Pelayanan secara umum ini bertujuan untuk menjamin keselamatan

kapal selama pelayaran . Sistem ini meliputi: Sistem Bilga ,Sistem Ballast , dan Sistem Pemadam Kebakaran.

1. Sistem Bilga

Sistem bilga adalah salah satu sistem perpipaan dalam kapal yang berfungsi mengeluarkan air dalam jumlah sedikit yang berasal dari ruangan – ruangan yang dikumpulkan menjadi satu ke bilga dan sumur. Dalam perencanaan sistem bilga pada kapal bahan yang biasa digunakan adalah pipa dari bahan timah hitam, dengan pertimbangan agar pipa yang nantinya dipakai dalam sistem bilga ini dapat terlindungi dari kerusakan mekanis, memiliki sifat yahan terhadap korosi air laut.

Komponen sistem bilga:

- *Bilge Pump* (pompa bilga yang berfungsi untuk memompa aliran fluida dari dari suatu titik ke titik yang lain dalam sistem bilga).
- *Separator* (alat yang berfungsi sebagai pemisah antara minyak dan air).
- *Bellmouth* (komponen yang berfungsi sebagai penyerap cairan dalam tangki untuk selanjutnya dialirkan menuju komponen lain dalam sistem bilga).
- *Bilge Valve* (katup bilga yang berperan sebagai pembuka dan penutup aliran yang dapat dikontrol secara otomatis maupun manual).
- *Bilge Sludge / Bilge Source* (disebut juga sumur bilga berfungsi sebagai tempat penampungan air yang berasal dari rembesan – rembesan, sisa pencucia geladak, tangki – tangki dan lain – lain).
- *Filter* (alat yang memisahkan kotoran yang berupa benda padat).

2. Sistem Ballast

Suatu sistem perpipaan dalam kapal yang berfungsi menjaga ketabilan kapal pada saat pelayaran, yang umumnya mempunyai berat volume 8 – 12% dari total displacement kapal. Untuk sistem ballast dalam kapal ini menggunakan pipa berbahan *galvanis*.

Komponen sistem ballast :

- *H.S.C (hight sea chest* / lubang pengisapan yang dipasang pada lambung kapal di bawah garis air).
- *L.S.C (low sea chest* / lubang pengisapan yang dipasang pada samping kapal di bawah air).
- *Ballast Pump* (pompa yang berfungsi untuk mengisi / mengosongkan tangki ballast).

- *Ballast Valve* (katup yang berfungsi untuk menutup dan membuka aliran fluida dalam sistem pengisian pengosongan tangki ballast).

3. Sistem Pemadam kebakaran

Merupakan sistem yang berguna untuk mengatasi / menghentikan terjadinya kebakaran di atas kapal secara keseluruhan ataupun bagian.

Komponen sistem pemadam kebakaran:

- *H.S.C (hight sea chest)* / lubang pengisapan yang dipasang pada lambung kapal di bawah garis air).
- *L.S.C (low sea chest)* / lubang pengisapan yang dipasang pada samping kapal di bawah garis air).
- *Hydrant* (sumber distribusi air laut yang terletak pada main deck disekitar geladak ruang muat dengan jarak peletakannya tidak lebih dari 25 meter antara satu *hydrant* dengan *hydrant* lainnya dengan pertimbangan sebagai kemudahan untuk diacapai oleh awak kapal).
- Pipa utama dan pipa cabang (berfungsi sebagai jalur air laut untuk memadamkan api yang disebar secara merata ke seluruh kapal).
- *Fire Hoses* (untuk mengatur jenis *semprotan* air).
- *Sprinkle* (discharge air laut untuk memadamkan kebakaran yang terletak pada deck house (5 liter/menit/m²), yang peletakannya disesuaikan dengan pembagian ruangan – ruangan akomodasi pada masing – masing deck).

2.7.1 Main Engine And Auxiliary Engine System

Sistem ini bertujuan dalam pemenuhan segala kebutuhan untuk permesinan kapal. Main engine and auxilary engine system meliputi : sistem bahan bakar, sistem pelumasan serta siste pendingin.

1. Sistem bahan bakar

Sistem perpipaan dalam kapal yang berfungsi mensuplay bahan bakar dari tangki induk ke tangki harian yang kemudian digunakan oleh mesin induk dan mesin bantu dalam operasinya. Bahan yang dipergunakan dalam pemakaian pipa pada sistem bahan bakar adalah pipa tanpa baja sambungan (*Seamless Drawing Stell Pipe*).

Komponen sistem bahan bakar:

- *F.O Tank* (tangki induk bahan bakar yang berfungsi sebagai tangki layanan

dalam sistem bahan bakar)

- *Bellmouth* (komponen yang berfungsi sebagai penyerap cairan dalam tangki untuk selanjutnya dialirkan menuju komponen – komponen lain dalam sistem bahan bakar kapal).
- *Viscous Regulator* (alat yang berfungsi sebagai pengatur agar minyak bahan bakar dapat lebih cair).
- *F.O Valve* (katup yang berfungsi menutup atau membuka aliran bahan bakar).
- *F.O Pump* (pompa yang berfungsi sebagai penyalur fluida ke satu titik ke titik yang lain)
- *Stariner / Filter* (memisahkan kotoran yang berupa cairan).
- *Heater* (pemanas).

2. Sistem minyak lumas

Merupakan salah satu sistem perpipaan dalam kapal yang berfungsi sebagai penyalur atau pendistribusi cairan minyak untuk kebutuhan ME, AE dan mesin – mesin yang lain. Bahan yang dipergunakan dalam pemakaian pipa pada sistem minyak pelumas adalah pipa dari baja tempa atau besi kuningan (besi tempa).

Komponen sistem minyak lumas :

- *L.O Tank* (tangki minyak pelumas berfungsi sebagai tangki layanan dalam sistem bahan bakar).
- *Bellmouth* (komponen yang berfungsi sebagai penyerap cairan dalam tangki untuk selanjutnya dialirkan menuju komponen – komponen lain dalam sistem bahan bakar kapal).
- *L.O Valve* (katup yang berfungsi menutup/membuka aliran minyak pelumas).
- *L.O Pump* (pompa yang berfungsi sebagai penyalur fluida ke satu titik ke titik yang lain).
- *Strainer / Filter* (memisahkan antara kotoran dengan minyak pelumas).
- *Purifier* (menyaring minyak pelumas dengan air).
- *L.O Separator* (memisahkan minyak dengan air).
- *L.O Cooler* (mendinginkan minyak pelumas).
- *Heater* (pemanas).

2.7.3 Domestic System And Accomodation

Salah satu instalasi sistem yang bertujuan dalam pemenuhan kebutuhan

kebutuhan untuk seluruh penumpang dan crew dari kapal yang berhubungan dalam pemenuhan kebutuhan air tawar dan sistem sanitary.

2.8 Manajemen Proyek

Manajemen adalah proses yang berkaitan dengan pencapaian tujuan atau sasaran. Itu manajer merencanakan, mengatur, mengatur, mengarahkan, dan mengendalikan untuk mencapai suatu tujuan dengan kendala pada ikatan, biaya, dan kinerja produk akhir. Teks ini akan berurusan terutama dengan fungsi perencanaan dan kontrol ini, dan hanya secara perifer dengan urusan organisasi. Perencanaan adalah bukti komitmen sumber daya dengan cara yang paling efektif (Joseph J. Moder dkk, 1970)

Proyek merupakan suatu kegiatan usaha yang kompleks, sifatnya tidak rutin, memiliki keterbatasan terhadap waktu (*time*), anggaran (*cost*) dan sumber daya (*resources*) serta memiliki spesifikasi tersendiri atas produk yang akan dihasilkan. Dalam penyelenggaraan suatu proyek, kegiatan yang akan dihadapi sangat kompleks. Hal ini tentu memerlukan suatu manajemen yang baik sehingga pada akhir proyek dapat berjalan sesuai dengan rencana.

Mengelola proyek dapat diartikan secara umum manajemen proyek sebagai suatu rangkaian kegiatan dalam proyek pembangunan diawali dalam proses perencanaan, pengaturan, kepemimpinan, dan pengendalian segala unsur – unsur yang terdapat pada proyek tersebut, sehingga dapat mencapai target yang direncanakan.

Keberhasilan ataupun kegagalan pelaksanaan proyek sering disebabkan kurang terencanaanya kegiatan proyek serta pengendalian yang kurang efektif sehingga kegiatan proyek menjadi tidak efisien. Hal ini mengakibatkan keterlambatan, menurunnya kualitas pekerjaan, dan membengkakkan biaya pelaksanaan. Keterlambatan penyelesaian proyek dapat merugikan kedua belah pihak, baik dari segi waktu maupun biaya (Hossaini dkk, 2021).

2.9 Metode Perencanaan Penjadwalan

Melaksanakan suatu proyek adalah proses mengubah masukan (*input*) yang berupa kegiatan dan sumber daya menjadi keluaran (*output*) seperti yang sudah ditentukan. Banyak terjadi keterlambatan dalam proses pelaksanaan, pembiayaan yang melampaui batas anggaran dan masalah yang timbul dalam pelaksanaan

proyek. Oleh karena itu, tim proyek harus dapat menyediakan perencanaan input secara cukup terperinci sehingga seluruh kegiatan proyek dapat dijadwalkan, dianggarkan, dimonitoring, dan dikendalikan dengan baik (Lenggogeni, 2013:48)

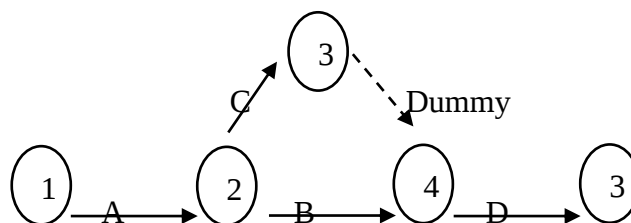
2.9.1 Bagan Balok (*BarChart*)

Dalam *BarChart*, kegiatan digambarkan dengan balok horizontal. Panjang balok menyatakan lama kegiatan dalam skala waktu yang dipilih. Bagan balok terdiri atas sumbu y yang menyatakan kegiatan atau paket kerja dari lingkup proyek dan digambarkan sebagai balok, sedangkan sumbu x menyatakan satuan waktu dalam hari, minggu, atau bulan sebagai durasinya (Tommy Aro, 2017).

2.9.2 *Network Diagram*

Beberapa hal yang digunakan sebagai pedoman dalam pembuatan network diagram adalah sebagai berikut:

- Dalam penggambaran , *network* diagram harus jelas dan mudah untuk dibaca.
- Harus dimulai dari *event*/kejadian dan diakhiri pada *event*/kejadian.
- Kegiatan disimbolkan dengan anak panah yang digambar garis lurus dan boleh patah.
- Dihindari terjadinya perpotongan antara anak panah.



Untuk membentuk visualisasi dari *network planning* , perlu digunakan simbol – simbol yaitu:

1.  **Arrow**, (anak panah), menyatakan sebuah kegiatan / aktivitas yang memerlukan durasi (jangka waktu tertentu)
2.  **Node**, merupakan lingkaran yang menyatakan sebuah kegiatan atau peristiwa (event) sebagai awal atau akhir atau pertemuan dari satu atau beberapa kegiatan.
3.  **Double Arrow**, bentuknya merupakan arah panah sejajar, yang menunjukkan kegiatan lintasan kritis (*critical path*).

4.  **dummy**, bentuknya merupakan arah panah putus – putus yang menyatakan kegiatan semu untuk membatasi mulainya kegiatan.

2.9.3 CPM (*Critical Path Method*)

Metode CPM (*Critical Path Method*) adalah suatu metode yang menggunakan diagram anak panah untuk menentukan lintasan kritis dari suatu perencanaan kegiatan, sehingga disebut juga metode lintasan kritis (Pardede, 2014).

Metode CPM bertujuan untuk mengetahui kegiatan atau pekerjaan yang memiliki tingkat resiko terhadap keterlambatan pelaksanaan, sehingga dapat menentukan tingkat prioritas. Kebijakan dalam penyelenggaraan suatu proyek (Puspitasari, 2017)

Bentuk CPM memberikan informasi kegiatan yang dilaksanakan terlebih dahulu atau kegiatan setelahnya serta durasi dari kegiatan tersebut sehingga dapat memperkirakan waktu yang dibutuhkan dalam penyelesaian kegiatan sehingga dapat menentukan prioritas atau pengawasan lebih agar kegiatan dapat selesai sesuai rencana.

Beberapa istilah yang digunakan dalam metode CPM diantaranya:

1. ES (*Earliest Start Time*) merupakan istilah durasi atau waktu tercepat suatu kegiatan yang dapat dimulai dengan memperhatikan waktu kegiatan serta persyaratan pada urutan pengerjaan.
2. LS (*Latest Start Time*) merupakan istilah durasi atau waktu paling lambat untuk memulai suatu kegiatan.
3. EF (*Earliest Finish Time*) merupakan istilah durasi atau waktu tercepat kegiatan dapat diselesaikan.
4. LF (*Latest Finish Time*) merupakan waktu paling lambat dalam menyelesaikan suatu kegiatan pengerjaan.

Dalam metode CPM terdapat pula istilah *slack time*, yaitu waktu penundaan suatu kegiatan tanpa mengubah jangka waktu proyek secara keseluruhan. Adapun istilah *Slack Time* didapatkan dengan menggunakan rumus berikut:

$$S_{ij} = LS_{ij} - ES_{ij} \text{ atau } S_{ij} = LF_{ij} - EF_{ij}$$

Metode ini memiliki karakteristik sebagai berikut (Husen, 2008)

- 1) *Diagram Network* dibuat untuk menggambarkan kegiatan serta *node*-nya

menggambarkan peristiwanya/*event*. Node pada permulaan anak panah ditentukan sebagai I- *Node*. Sedangkan pada akhir anak panah ditentukan sebagai J-*node* dan hubungan keterkaitannya adalah *Finish-start*.

2) Menggunakan perhitungan maju (*forward pass*) . Dimulai dengan star (intial event) menuju finish (terminal event). Untuk menghitung waktu penyelesaian tercepat suatu kegiatan (EF), waktu tercepat terjadinya kegiatan (ES) dan saat paling cepat dimulainya suatu peristiwa (E) aturan hitungan maju (*forward pass*) adalah sebagai berikut:

- a. Kegiatan awal, maka suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan yang mendahuluimya (predecessor) telah selesai
- b. Waktu selesai paling awal suatu kegiatan dengan waktu mulai paling awal ditambah kurun waktu kegiatan yang mendahuluinya.

$$EF (i-j) = ES (i-j) + t (i-j)$$

Jika suatu kegiatan memiliki dua atau lebih kegiatan terdahulu yang saling berkaitan. Maka waktu mulai paling awal (ES) kegiatan tersebut dengan waktu selesai paling awal (EF) terbesar dari kegiatan terdahulu. Dalam memperoleh waktu mulai awal ($EET_i = \text{Earliest Event Time node } i$) pada I-*Node* dan waktu mulai paling awal ($EET_j = \text{Earliest Event Time node } j$) pada J-*Node* dari seluruh kegiatan, dengan mengambil nilai maksimumnya , begitu juga dengan nilai seperti dibawah ini:

- ES (*Earliest Start*) : Paling cepat untuk memulai kegiatan.
- EF (*Earliest Finish*) : Paling cepat untuk akhiri kegiatan.

3) Menggunakan perhitungan mundur (*backward pass*)

Dimulai dari Finish menuju Start untuk mengidentifikasi saat paling lambat terjadinya suatu kegiatan (*LF*), waktu paling lambat terjadinya suatu kegiatan (*LS*) dan saat paling lambat saat peristiwa terjadi. Aturan hitungan mundur (*backward pass*) adalah sebagai berikut:

- a) Waktu mulai paling akhir suatu kegiatan sama dengan waktu selesai paling akhir dikurangi kurun waktu berlangsungnya kegiatan yang bersangkutan.

$$LS (I - j) = LF (I - j) - t \quad (2.3)$$

- b) Apabila suatu kegiatan terpecah menjadi dua kegiatan atau lebih, maka waktu paling akhir (LF) kegiatan tersebut sama dengan waktu mulai paling paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang terkecil. Agar memperoleh waktu selesai paling lambat ($LET_i = Latest Event Time node i$) pada I-Node dan waktu selesai paling lambat ($LET_j = Latest Event Time node j$) pada J-Node dari seluruh kegiatan, dengan mengambil nilai minimumnya, begitu juga dengan nilai seperti dibawah ini:

- $LF (Latest Finish)$: Paling lambat untuk akhir kegiatan.
- $LS (Latest Start)$: Paling lambat untuk memulai kegiatan.

- 4) Dari 2 peristiwa tersebut tidak diperbolehkan dalam 2 kegiatan, sehingga untuk menghindarinya digunakan kegiatan semu atau *dummy* yang tidak mempunyai durasi.
- 5) CPM (*Critical Path Method*) atau metode lintasan kritis, yang dilakukan hanya menggunakan satu jenis durasi pada kegiatannya. Lintasan kritis adalah lintasan dengan jumlah kegiatan yang mempunyai durasi terpanjang yang dapat diketahui bila kegiatannya mempunyai Total Float, $TF = 0$.
- 6) Float batas atau toleransi keterlambatan suatu kegiatan dapat dimanfaatkan untuk optimasi waktu dan alokasi sumber daya. Jenis – jenis Float sebagai berikut:

- a) $TF (Total Float)$

Waktu tenggang maksimum merupakan suatu keadaan kegiatan boleh terlambat tanpa menunda waktu penyelesaian proyek. Untuk menentukan lintasan kritis untuk mempercepat durasi proyek, bila nilai

$$TF = 0.$$

$$TF_{ij} = LET_j - EET_i - Durasi_{ij} \quad (Event \text{ Oriented})$$

(2.4)

$$= LF - EF = LS - ES \quad (Activity \text{ Oriented})$$

b) FF (*Free Float*)

Waktu tenggang yang diperoleh dari saat paling awal peristiwa j dan saat paling awal peristiwa i dengan selesainya kegiatan tersebut. Untuk alokasi sumber daya dan waktu dengan memindahkannya ke kegiatan lain.

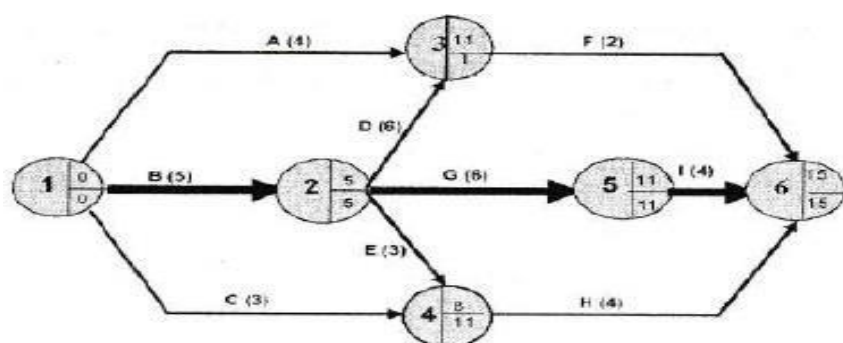
$$FF_{ij} = EET_j - EET_i - Durasi_{ij}$$

(2.5)

c) IF (*Independent Float*)

Waktu tenggang yang diperoleh dari saat paling awal peristiwa j dan saat paling lambat peristiwa j dengan selesainya kegiatan tersebut.

$$IF_{ij} = EET_j - EET_i - Durasi_{ij}$$



Gambar 1 Diagram AOA metode CPM

Sumber (Husen,2008)

Hasil perhitungan arah maju (*Forward pass*) untuk mendapatkan nilai ES dan EF seta arah mundur (*Backward Pass*) untuk mendapatkan nilai LF dan LS. Pada *node* yang menunjukkan nomer event i , EET_i

menunjukkan nilai ES, sedangkan pada nomor event j , LET_j menunjukkan nilai LF. Nilai $EF = ES + \text{Durasi kegiatan}$ dan nilai $LS = LF - \text{durasi kegiatan}$.

2.9.4 PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

Tahun 1958, Booz Allen Hamilton menemukan metode penjadwalan suatu proyek yang diberi nama diagram PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), teknik ini dipergunakan dalam perencanaan dan penjadwalan suatu proyek yang kompleks dan besar untuk mempermudah dalam proses, disebabkan diagram PERT mampu mendeteksi ketidakpastian suatu proyek tanpa perlu mengetahui durasi pada setiap aktifitas.

Metode PERT mampu memberikan perkiraan waktu untuk menyelesaikan waktu suatu kegiatan. Metode PERT juga menjelaskan parameter lain untuk mengukur ketidakpastian secara kuantitatif seperti *standar deviasi* dan *varians*. Metode PERT menampung adanya unsur – unsur yang belum pasti, kemudian menganalisis kemungkinan – kemungkinan sejauh mana proyek menyimpang atau memenuhi (Mas'ud, 2017)

Pada PERT, penekanan diarahkan kepada suatu kegiatan yang mendapatkan kurun waktu yang paling akurat. Menurut Krajewski (2010) *The Statistical analysis approach requires that activity times be stadien term of three reasonable times estimates (optimistic time, most likely time, and pessimistic time), with three estimates the project manager has enough information to estimate probability that an activity will be completed on schedule*. Artinya bahwa dalam melakukan perkiraan waktu proyek cukup menggunakan tiga waktu yang dirincikan sebagai berikut: (Caesaron, 2015).

- 1) Prakiraan waktu yang paling optimis (α).
- 2) Waktu realistis (m)
- 3) Waktu pesimis (b)

$$te = \text{expected duration} = \frac{\alpha + 4m + b}{6}$$

(1)

Standar deviasi dan Varians kegiatan, estimasi kurun waktu kegiatan dalam metode PERT memakai rentang waktu dengan menandai derajat ketidakpastian yang berkaitan dengan proses estimasi kurun waktu kegiatan. Besarnya suatu

ketidakpastian ini tergantung pada besarnya angka yang diperkirakan untuk a dan b. Parameter yang menjelaskan masalah ini dikenal sebagai deviasi standar dan varians. Berdasarkan ilmu statistik, angka deviasi standar adalah sebesar 1/6 dari rentang distribusi (b – a) atau bila ditulis dengan rumus adalah sebagai berikut:

Deviasi standar kegiatan:

$$S = \frac{1}{6} (b - a)$$

(2)

Varians kegiatan:

$$V(te) = s^2$$

(3)

Dimana:

S = Deviasi standar kegiatan

V(te) = Varians kegiatan

Kemungkinan/ketidakpastian mencapai target jadwal pada metode PERT dinyatakan dengan Z yaitu hubungan antara waktu yang diharapkan (EET) dengan target $T(d)$ dengan rumus sebagai berikut:

$$Deviasi\ z = \frac{T(d) - EET}{s}$$

(4)

Dimana:

Z = Kemungkinan target yang hendak dicapai.

$T(d)$ = Target waktu penyelesaian proyek.

EET = Waktu paling awal peristiwa.

s = Standar deviasi.

Dengan menggunakan tabel distribusi normal akan dapat menentukan presentase proyek selesai pada target $T(d)$.

2.10 Strategi perencanaan proyek menggunakan metode PERT / CPM

Dalam perencanaan dan pengendalian proyek, salah satu metode yang digunakan adalah metode PERT (Project Evaluation and Review Technique) dan CPM (Critical Path Method - Metode Jalur Kritis). Kedua metode ini merupakan metode yang cukup banyak digunakan dalam perencanaan dan pengendalian proyek (Abdurrasyid dkk, 2019).

a. Manajemen Resiko

Manajemen risiko adalah suatu aktivitas pengelolaan terhadap risiko yang berpotensi muncul pada suatu proyek, dapat dengan menggunakan metode dan peralatan-peralatan tertentu. Manajemen risiko menyediakan lingkungan yang ditopang berbagai ilmu pengetahuan sehingga secara proaktif membuat keputusan untuk:

1. Terus-menerus menilai (memperkirakan) kesalahan (risiko) apa yang terjadi atas proyek.
2. Menentukan risiko-risiko penting yang harus digauli (dihadapi).
3. Mengimplementasikan strategi menggauli (menghadapi) risiko.

b. Jalur Kritis

Jalur kritis adalah rangkaian kegiatan atau pekerjaan kritis yang terdapat pada suatu proyek. Dalam penjadwalan proyek selain umur proyek jalur kritis merupakan suatu hal yang perlu diperhatikan dan dimonitor dengan baik, karena jalur kritis akan berpengaruh terhadap terlambat atau tidaknya suatu proyek. Manajer proyek harus memberikan perhatian lebih intensif kepada kegiatan yang berada pada lintasan itu dibandingkan dengan kegiatan yang lain.

c. Metode PERT

Teknik metode PERT (*Program Evaluation Review Technique*) adalah suatu metode yang digunakan dalam evaluasi suatu proyek yang bertujuan untuk mengurangi sebanyak mungkin adanya penundaan, konflik, maupun gangguan terhadap kegiatan suatu proyek, termasuk di dalamnya melakukan koordinasi dan sinkronisasi dengan berbagai bagian dari keseluruhan pekerjaan agar dapat dilakukan percepatan terhadap penyelesaian suatu proyek. Metode ini melakukan penyusunan jadwal dan anggaran dari suatu pekerjaan di awal sebelum dilaksanakannya suatu proyek sehingga aktifitas pekerjaan dapat terkendali dan lebih teratur.

Pada teknik PERT, dikenal 3 waktu penyelesaian kegiatan, yaitu waktu

optimis (O), waktu paling mungkin (M) dan waktu pesimis (P). Pada setiap kegiatan waktu yang diharapkan adalah waktu rata-rata penyelesaian kegiatan.

d. Metode CPM

Metode CPM adalah suatu metode atau cara dan tahapan yang digunakan dalam perencanaan dan pengendalian dengan menggunakan prinsip pembentukan jaringan di mana metode ini cukup banyak digunakan pada pengelolaan suatu proyek. Metode CPM, memastikan jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek sudah diketahui pada awal sebelum pengerjaan, termasuk waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek serta hubungan antara sumber yang digunakan. Metode CPM memberikan hasil analisis pada jaringan kegiatan suatu proyek berupa optimasi biaya total proyek dengan cara mempersingkat waktu total penyelesaian proyek yang dilaksanakan.

Dalam proses identifikasi jalur kritis, hal yang pertama dilakukan adalah perhitungan mundur (backward pass) dan menghitung perhitungan maju (forward pass). Perhitungan maju (forward pass) dalam metode PERT dan CPM dilakukan untuk dapat menghitung waktu selesai paling awal dari suatu pekerjaan (EF), waktu mulai tercepat terjadinya suatu pekerjaan (ES) dan saat paling cepat dimulainya suatu pekerjaan (E), diawali dari Start (initial event) hingga Finish (terminal event). Sedangkan perhitungan mundur (backward pass) dilakukan untuk mendapatkan perhitungan waktu penyelesaian paling lambat suatu pekerjaan (LF), waktu paling lambat terjadinya suatu pekerjaan (LS) dan saat paling lambat dimulainya suatu pekerjaan (L), dimulai dari Finish hingga Start. Setelah selesai melakukan perhitungan maju dan perhitungan mundur, berikutnya yang harus dilakukan adalah perhitungan kelonggaran waktu (float/slack) dari aktivitas yang terdiri atas total float dan free float. Apabila suatu kegiatan tidak mempunyai kelonggaran atau dengan kata lain $S = SF = 0$ maka aktivitas tersebut disebut kegiatan kritis. Kegiatan-kegiatan kritis ini akan membentuk lintasan kritis yang biasanya dimulai dari start(initial event) sampai finish (terminal event). Oleh karena itu, lintasan kritis inilah yang perlu dikendalikan.

e. Perbedaan metode PERT dan CPM

1. Metode PERT dan CPM memiliki perbedaan sebagai berikut:

Penerapan metode, metode PERT digunakan pada perencanaan dan pengendalian proyek yang belum pernah dikerjakan sebelumnya, adapun

metode CPM penggunaannya untuk melakukan penjadwalan dan pengendalian aktivitas yang sudah pernah dikerjakan sebelumnya sehingga waktu, data, serta biaya setiap unsur kegiatan telah diketahui lebih dulu oleh *evaluator*.

2. Waktu pengerjaan, metode PERT menggunakan tiga jenis waktu pengerjaan yaitu yang tercepat, terlama serta terlayak, adapun pada metode CPM hanya terdiri dari satu jenis informasi waktu pengerjaan saja, yaitu waktu yang paling tepat dan layak untuk menyelesaikan suatu proyek.
3. Fokus metode, pada metode PERT yang fokus ditekankan adalah pada faktor ketepatan waktu, karena menurut metode ini dengan memangkas waktu maka berdampak pada menurunnya biaya proyek, sedangkan pada metode CPM focus yang ditekankan adalah pada ketepatan biaya proyek rencana dengan realisasi.
4. Pada metode PERT anak panah menunjukkan tata urutan (hubungan presidentil) sedangkan pada CPM tanda panah adalah kegiatan.

f. Tahapan metode PERT

Tahapan pada metode PERT adalah sebagai berikut:

1. Melakukan inisialisasi kegiatan dan predecessornya, hasil digramnya diperlihatkan oleh gambar 2. Hasil tahapan penelitian berbasis SDLC spiral.
2. Selanjutnya konsep probabilitas dengan memberikan perkiraan rentang waktu yang lebih besar pada tiga elemen yaitu, angka estimasi untuk suatu kegiatan, waktu optimis, waktu realistis dan waktu pesimis. Untuk waktu realistis durasi yang digunakan adalah durasi yang ada pada data tabel 2.
3. Dilanjutkan dengan menghitung waktu estimasi (TE) dengan rumus:

$$TE(i) = \frac{a+4m+b}{6}$$

(1)

te= expected duration

a = waktu optimis

m = waktu realistis

b = waktu pesimis

4. Menghitung nilai 'Var' pada setiap pekerjaan dari keseluruhan yang didapat dari penggunaan rumus di bawah ini, yaitu:

$$\text{Var}(te) = S^2$$

(2)

$\text{Var}(te)$ = Varians Kegiatan

S = Deviasi Standar Kegiatan

T_a = Waktu Optimis

T_p = Waktu Pesimis

5. Menghitung perhitungan maju atau menghitung ES (Earliest Activity Start Time), karena S merupakan awal kejadian (start), maka waktu mulai tercepat $ES_{start} = 0$
6. Menghitung perhitungan mundur atau menghitung LF (Latest Activity Finish Time), karena F merupakan akhir kegiatan besarnya waktu selesai terlama sama dengan waktu mulai tercepat.
7. Menghitung perhitungan slack atau kelonggaran waktu,

menggunakan rumus: $S = LS - ES$

(3)

8. Menentukan apakah kegiatan tersebut jalur kritis atau tidak. Suatu kegiatan yang tidak mempunyai kelonggaran atau tidak boleh melebihi batas waktu (float) disebut kegiatan kritis. Dengan kata lain apabila total slack kegiatan tersebut sama dengan 0, maka kegiatan tersebut adalah kegiatan kritis.
 9. Menghitung variansi proyek secara keseluruhan dengan menggunakan rumus: $\text{Var} = \sum \text{var}$
- (4)

10. Menghitung standar variansi proyek dengan rumus:

$$S_d = \sqrt{\text{varians}}$$

(5)

11. Menghitung nilai deviasi normal dengan rumus:

$$Z = [\text{batas waktu (n)} - \text{waktu penyelesaian yang diharapkan}] / S$$

(6)