

**SKRIPSI**

**STUDI PERBANDINGAN PRODUKTIVITAS PEKERJAAN  
ANTARA METODE *BOTTOM PULL* DAN *PUSH PULL* PADA  
INSTALASI *PIPELINE* DARI TN-LRG 1 KE TN-AA361/362rc**

Disusun dan diajukan oleh:

**MOHAMMAD NAUFAL IKHSAN NUR**

**D081 18 1501**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### STUDI PERBANDINGAN PRODUKTIVITAS PEKERJAAN ANTARA METODE *BOTTOM PULL* DAN *PUSH PULL* PADA INSTALASI *PIPELINE* DARI TN-LRG 1 KE TN-AA361/362rc

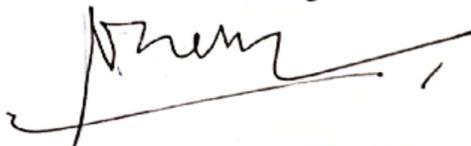
Disusun dan diajukan oleh

**MOHAMMAD NAUFAL IKHSAN NUR**  
D081 18 1501

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana pada Program Studi Teknik Kelautan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal Oktober 2022  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

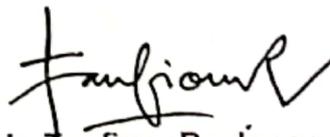
Menyetujui,

Pembimbing I,



Ir. H. Juswan, ST., MT  
NIP 196212311989031031

Pembimbing II,



Dr. Ir. Taufiqur Rachman, ST., MT  
NIP 196908021997021001

Ketua Program Studi,



Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT  
NIP 197560522002121003

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Mohammad Naufal Ikhsan Nur  
NIM : D081181501  
Program Studi : Departemen Teknik Kelautan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

"Studi Perbandingan Produktivitas Pekerjaan Antara Metode *Bottom Pull* dan *Push Pull* pada Instalasi *Pipeline* dari TN-LRG 1 ke TN-AA361/362rc"

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, 18 Oktober 2022

Yang Menyatakan



Mohammad Naufal Ikhsan Nur

## ABSTRAK

**Mohammad Naufal Ikhsan Nur** *Studi Perbandingan Produktivitas Pekerjaan Antara Metode Bottom Pull dan Push Pull Pada Instalasi Pipeline dari TN-LRG 1 ke TN-AA 361/362rc* (dibimbing oleh Juswan dan Taufiqur Rachman)

Pekerjaan instalasi *pipeline* bawah laut TN-LRG 1 ke TN-AA 361/362rc berada di area SPU Delta Mahakam, Kalimantan Timur. Pekerjaan ini bagian dari proyek Mahakam *Well Connection Tender A (Sub Package 1)*. Pada proyek instalasi *pipeline* bawah laut ini menggunakan metode *bottom pull*. Namun, pada penelitian ini akan membandingkan produktivitas pekerjaan dengan metode yang telah digunakan yakni metode *bottom pull* dan metode *push pull* sebagai metode pembandingnya. Produktivitas mencakup estimasi durasi waktu dan biaya pekerjaan. Tujuan perbandingan metode *bottom pull* dan metode *push pull* ini akan memperlihatkan hasil produktivitasnya, sehingga diketahui mana yang lebih efektif digunakan dari kedua metode tersebut. Untuk mengetahui waktu dan biaya diperlukan suatu manajemen proyek untuk perencanaan, penjadwalan, pengendalian proyek agar selesai tepat waktu dan memaksimalkan pemakaian sumber daya untuk meminimalisasi estimasi biaya. Pada penelitian ini, penulis menggunakan *software Primavera P6* agar mempermudah merancang proyek, membangun jaringan dan mengelolah data secara mudah dan tepat. Dari hasil analisa penelitian ini didapatkan metode *bottom pull* membutuhkan waktu durasi selama 36 hari dengan total biaya sebesar Rp. 1.187.742.588 dan metode *push pull* membutuhkan waktu durasi selama 40 hari dengan total biaya Rp. 1.455.648.946. Persentase produktivitas metode *bottom pull* dengan waktu yang didapatkan 11% dan biaya yang didapatkan 23% lebih efisien dibandingkan metode *push pull*. Sehingga, berdasarkan hasil analisa yang dilakukan proyek instalasi *pipeline* menggunakan metode *bottom pull* lebih efisien dibandingkan metode *push pull*.

Kata Kunci : *Pipeline, Bottom Pull, Push Pull, Waktu, Biaya*

## ABSTRACT

**Mohammad Naufal Ikhsan Nur** *Comparative Study of Work Productivity Between Bottom Pull and Push Pull Methods on Pipeline Installation from TN-LRG 1 to TN-AA 361/362rc* (Supervised by Juswan and Taufiqur Rachman)

The subsea pipeline installation work from TN-LRG 1 to TN-AA 361/362rc is in the SPU Delta Mahakam area, East Kalimantan. This work is part of the Mahakam Well Connection Tender A project (Sub Package 1). In this subsea pipeline installation project, the bottom pull method is used. However, in this study, we will compare work productivity with the methods that have been used, namely the bottom pull method and the push pull method as a comparison method. Productivity includes estimates of the time duration and cost of work. The purpose of the comparison between the bottom pull method and the push pull method is to show the productivity results, so that it can be seen which of the two methods is more effective. To find out the time and cost, a project management is needed for planning, scheduling, controlling the project so that it is completed on time and maximizing the use of resources to minimize the estimated cost. In this study the author uses Primavera P6 software to make it easier to design projects, build networks and manage data easily and precisely. From the results of the analysis of this study, it was found that the bottom pull method requires a duration of 36 days with a total cost of Rp. 1,187,742,588 and the push pull method requires a duration of 40 days with a total cost of Rp. 1,455,648,946. The percentage of productivity with the bottom pull method with the time obtained is 11% and the cost obtained is 23% more efficient than the push pull method. So based on the results of the analysis carried out by the pipe installation project using the bottom pull method is more efficient than the push pull method.

Keywords : Pipeline, Bottom Pull, Push Pull, Time, Cost

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
KATA PENGANTAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Gambaran Umum Pipa Bawah Laut.....	5
2.1.1 Pipa .....	5
2.1.2 <i>Flowline Pipeline</i> .....	6
2.1.3 <i>Riser &amp; Dogleg</i> .....	6
2.1.3.1 <i>Riser</i> .....	7
2.1.3.2 <i>Dogleg</i> .....	8
2.1.4 <i>Spool Piping</i> .....	8
2.2 Teknologi Instalasi Pipa Bawah Laut.....	8
2.2.1 <i>Pre-Lay Survey</i> .....	9
2.2.2 <i>Pipeline Installation</i> .....	10
2.2.2.1 Metode <i>S-Lay</i> .....	10
2.2.2.2 Metode <i>J-Lay</i> .....	10
2.2.2.3 Metode <i>Reel Lay</i> .....	11
2.2.2.4 Metode Instalasi <i>Towing (Tow or Pull)</i> .....	12

2.2.2.4.1 <i>Bottom Tow</i> .....	13
2.2.2.4.2 <i>Off-Bottom Tow</i> .....	13
2.2.2.4.3 <i>Surface Tow dan Mid-depth Tow</i> .....	14
2.2.2.5 Metode <i>Shore Pull</i> .....	15
2.2.2.5.1 <i>Winch</i> yang diletakkan pada <i>Laybarge</i> .....	16
2.2.2.5.2 <i>Winch</i> yang diletakkan didarat.....	16
2.2.3 <i>Tie-in/Riser Installation</i> .....	16
2.2.4 <i>Trenching Operation</i> .....	17
2.2.5 <i>As Laid Survey</i> .....	17
2.3 Tahapan Instalasi Pipa Bawah Laut.....	18
2.4 Proyek .....	26
2.5 Manajemen Proyek.....	27
2.5.1 Tahapan Umum Manajemen Proyek.....	29
2.5.1.1 Perencanaan Proyek ( <i>Planning</i> ).....	29
2.5.1.2 Pelaksanaan ( <i>Actuating</i> ) .....	30
2.5.1.3 Pengawas/Pengendalian ( <i>Controlling</i> ) .....	30
2.5.2 Manajemen Waktu.....	31
2.5.3 Manajemen Biaya.....	32
2.5.3.1 Biaya Langsung ( <i>Direct Cost</i> ).....	33
2.5.3.2 Biaya Tidak Langsung ( <i>Indirect Cost</i> ) .....	34
2.6 Penjadwalan Proyek.....	35
2.6.1 Identifikasi Aktivitas/WBS ( <i>Work Breakdown Structure</i> ).....	35
2.6.2 Penyusunan Urutan Kegiatan.....	36
2.6.3 Perkiraan Kuruan Waktu (Durasi).....	36
2.6.4 Penyusunan Jadwal ( <i>Schedule</i> ) .....	36
2.6.4.1 Diagram Balok ( <i>Bar Chart</i> ) .....	37
2.6.4.2 <i>Precedence Diagram Method</i> (PDM) .....	37
2.7 Aplikasi Penggunaan <i>Software Primavera</i> .....	38
2.7.1 Tahapan Proyek yang digunakan pada <i>Software Primavera</i> .....	38
2.7.2 Istilah-istilah pada <i>Software Primavera</i> .....	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	41
3.1 Jenis Penelitian .....	41
3.2 Lokasi Penelitian .....	41
3.3 Prosedur Penelitian .....	41

3.4 Diagram Alir.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	44
4.1 Data <i>Time Schedule</i> Proyek.....	45
4.2 Data Harga Satuan Instalasi <i>Pipeline</i> .....	46
4.3 Analisa Metode Instalasi <i>Pipeline</i> .....	47
4.3.1 Analisa Metode Instalasi <i>Bottom Pull</i> .....	48
4.3.1.1 Mobilisasi.....	48
4.3.1.2 Pekerjaan Penggalan Parit/ <i>Trenching</i> .....	49
4.3.1.3 Instalasi <i>Pipeline (Bottom Pull Work)</i> .....	50
4.3.1.4 Instalasi <i>Skid Anode</i> .....	51
4.3.1.5 <i>Tie-in Work</i> .....	52
4.3.1.6 <i>Pre-commissioning</i> .....	53
4.3.1.7 <i>Backfill Work</i> .....	54
4.3.2 Analisa Metode Instalasi <i>Push Pull</i> .....	55
4.3.2.1 Instalasi <i>Pipeline (Push Pull Work)</i> .....	56
4.3.2.1.1 Instalasi <i>PVC Concreted Pile</i> .....	57
4.3.2.1.2 Penurunan <i>Pipeline (Push Pull)</i> .....	58
4.4 Analisa Waktu Pelaksanaan.....	60
4.4.1 Analisa Waktu Metode <i>Bottom Pull</i> .....	60
4.4.1.1 <i>Scheduling</i> .....	60
4.4.1.2 Penyusunan Hubungan Keterkaitan.....	66
4.4.1.3 <i>Diagram Network</i> dan Jalur Kritis.....	69
4.4.2 Analisa Waktu Metode <i>Push Pull</i> .....	74
4.4.2.1 <i>Scheduling</i> .....	74
4.4.2.2 Penyusunan Hubungan Keterkaitan.....	79
4.4.2.3 <i>Diagram Network</i> dan Jalur Kritis.....	83
4.5 Analisa Biaya Pelaksanaan .....	88
4.5.1 Nilai Aktivitas ( <i>Resources</i> ).....	88
4.5.2 Hasil Perencanaan Biaya Proyek Menggunakan <i>Software</i>	
<i>Primavera</i> .....	88
4.5.2.1 Analisa Biaya Metode <i>Bottom Pull</i> .....	89
4.5.2.2 Analisa Biaya Metode <i>Push Pull</i> .....	93
4.6 Analisa Perbandingan .....	97
4.6.1 Metode <i>Bottom Pull</i> .....	97

4.6.2 Metode <i>Push Pull</i> .....	97
4.6.3 Presentase Produktivitas .....	97
BAB V PENUTUP .....	99
5.1 Kesimpulan .....	99
5.2 Saran .....	99
DAFTAR PUSTAKA .....	100

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Subsea Pipeline</i> [10] .....	6
Gambar 2.2	<i>Riser dan Dogleg</i> [12].....	7
Gambar 2.3	Fabrikasi <i>Spool Piping</i> [15].....	8
Gambar 2.4	Gambar Pemilihan Rute [7].....	9
Gambar 2.5	Sketsa metode instalasi <i>S-Lay</i> [17].....	10
Gambar 2.6	Sketsa metode instalasi <i>J-Lay</i> [17].....	11
Gambar 2.7	Sketsa metode instalasi <i>Reel Lay</i> [18].....	12
Gambar 2.8	Sketsa metode <i>Bottom Tow</i> [17].....	13
Gambar 2.9	Sketsa metode <i>Off-bottom Tow</i> [17].....	14
Gambar 2.10	Sketsa metode <i>Surface Tow</i> [17].....	14
Gambar 2.11	Sketsa metode <i>Mid-depth Tow</i> [17].....	14
Gambar 2.12	Sketsa instalasi pipa [17].....	15
Gambar 2.13	Metode <i>Shore Pull</i> dengan <i>Winch</i> di <i>Laybarge</i> [19].....	16
Gambar 2.14	Metode <i>Shore Pull</i> dengan <i>Winch</i> di darat [19].....	16
Gambar 2.15	Pemasangan <i>Riser</i> [20].....	17
Gambar 2.16	<i>Trenching conventional procedure</i> [22].....	20
Gambar 2.17	<i>Trenching conventional procedure</i> [22].....	20
Gambar 2.18	<i>Trenching non-conventional procedure</i> [23].....	21
Gambar 2.19	<i>Pipelaying conventional/S-lay procedure</i> [24].....	22
Gambar 2.20	<i>Bottom pull procedure</i> [25].....	23
Gambar 2.21	<i>Push pull procedure</i> [25].....	24
Gambar 2.22	<i>Flange connector</i> [26].....	24
Gambar 2.23	Proses pemasangan <i>riser</i> [24].....	25
Gambar 2.24	<i>Triple Constraint</i> [29].....	27
Gambar 2.25	Siklus Proyek [9].....	28
Gambar 2.26	Finish to start [31].....	40
Gambar 2.27	Finish to finish [31].....	40
Gambar 2.28	Start to start [31].....	40
Gambar 2.29	Start to finish [31].....	40
Gambar 3.1	Diagram Alir Tugas Akhir .....	43
Gambar 4.1	Layout Scope of Installation Pipeline Work .....	44
Gambar 4.2	Diagram Alir Instalasi metode <i>Bottom Pull</i> .....	48

Gambar 4.3	Layout Trenching Work .....	49
Gambar 4.4	Layout Skid Anode Installation .....	52
Gambar 4.5	Proses Pemasangan Riser.....	53
Gambar 4.6	Diagram Alir Instalasi metode Push Pull .....	56
Gambar 4.7	Diagram Network of Instalation Pipeline by Bottom Pull Method .....	70
Gambar 4.8	Diagram Network of Instalation Pipeline by Push Pull Method .....	84
Gambar 4.9	Diagram Batang dan Kurva S Instalasi Pipeline Menggunakan Metode Bottom Pull.....	91
Gambar 4.10	Diagram Batang dan Kurva S Instalasi Pipeline Menggunakan Metode Push Pull .....	95
Gambar 4.11	Grafik Perbandingan Waktu dan Biaya Kedua Metode.....	98

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penjabaran Siklus Proyek [9] .....	28
Tabel 4.1	Data <i>Time Schedule</i> keseluruhan proyek TN-AA381/383rc....	45
Tabel 4.2	Harga Satuan Upah Pekerja .....	46
Tabel 4.3	Harga Satuan Alat dan Bahan/ <i>Consumable</i> .....	47
Tabel 4.4	<i>Schedule Mobilization &amp; Positioning</i> .....	60
Tabel 4.5	<i>Schedule Trench Work</i> .....	61
Tabel 4.6	<i>Schedule Mobilization &amp; Positioning</i> .....	61
Tabel 4.7	<i>Schedule Bottom Pull Work (Triple Joint)</i> .....	63
Tabel 4.8	<i>Schedule Install Anode</i> .....	64
Tabel 4.9	<i>Schedule Tie-in Work</i> .....	64
Tabel 4.10	<i>Schedule Pre-commisioning</i> .....	65
Tabel 4.11	<i>Schedule Backfill Work</i> .....	65
Tabel 4.12	<i>Schedule Demobilization</i> .....	65
Tabel 4.13	Rekapitulasi Aktivitas serta Hubungannya .....	66
Tabel 4.14	<i>Schedule Mobilization &amp; Positioning</i> .....	74
Tabel 4.15	<i>Schedule Trench Work</i> .....	75
Tabel 4.16	<i>Schedule Mobilization &amp; Positioning</i> .....	75
Tabel 4.17	<i>Schedule Install the PVC Pipe for Route Boundaries</i> .....	76
Tabel 4.18	<i>Schedule Install the PVC Pipe for Route Boundaries</i> .....	78
Tabel 4.19	<i>Schedule Tie-in Work</i> .....	78
Tabel 4.20	<i>Schedule Pre-commisioning</i> .....	78
Tabel 4.21	<i>Schedule Backfill Work</i> .....	79
Tabel 4.22	<i>Schedule Demobilization</i> .....	79
Tabel 4.23	Rekapitulasi Aktivitas serta Hubungannya .....	80
Tabel 4.24	Rencana Anggaran Biaya Instalasi <i>Pipeline</i> Menggunakan Metode <i>Bottom Pull</i> .....	89
Tabel 4.25	Rencana Anggaran Biaya Instalasi <i>Pipeline</i> Menggunakan Metode <i>Push Pull</i> .....	93

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Tabel <i>Sequencing Bottom Pull Work</i> .....	104
Lampiran 2	Tabel <i>Sequencing Push Pull Work</i> .....	107
Lampiran 3	Tabel Perhitungan Biaya Instalasi <i>Pipeline</i> Menggunakan Metode <i>Bottom Pull</i> .....	110
Lampiran 4	Tabel Perhitungan Biaya Instalasi <i>Pipeline</i> Menggunakan Metode <i>Push Pull</i> .....	115

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan judul “**Studi Perbandingan Produktivitas Pekerjaan Antara Metode *Bottom Pull* dan *Push Pull* pada Instalasi *Pipeline* dari TN-LRG 1 ke TN-AA361/362rc**”.

Penulis tentu sadar bahwa skripsi ini belum mencapai harapan yang maksimal dan jauh dari redaksi kata sempurna, hal ini murni karena keterbatasan pengetahuan serta kemampuan penulis yang hanya manusia biasa dan masih dalam tahap mendewasakan diri. Untuk itu dalam sadar dan rasa hormat penulis memohon maaf atas semua kekurangan dan kesalahan yang terjadi dalam proses penulisan dan perumusan skripsi ini, serta penyusun berharap masukan dan saran serta bimbingan agar kedepannya penyusun dapat menjadi pribadi yang lebih baik lagi.

Teristimewa penulis haturkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis Bapak **H. Mohammad Natsir** dan Ibu **Hj. Nurhaeni** yang senantiasa selalu mendoakan dan memberi dukungan moril dan materil kepada penulis. Dengan rasa terima kasih dan rendah hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak **Ir. Juswan, ST., MT.** selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk memberi bimbingan dan pengarahan kepada penulis sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.
2. Bapak **Dr. Ir. Taufiqur Rachman, ST., MT.** selaku dosen pembimbing II yang selalu memberi arahan dan saran kepada penulis sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.
3. Ketua Departemen Teknik Kelautan Bapak **Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.** yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam lingkungan Departemen Teknik Kelautan.
4. Bapak **Habibie, ST., MT.** selaku dosen Departemen Teknik Kelautan UNHAS yang telah membantu saya dalam menyelesaikan penelitian ini.

5. Bapak **Dr. Eng. Firman Husain, ST., MT.** selaku dosen Pembimbing Akademik penulis selama masa perkuliahan di Departemen Teknik Kelautan UNHAS.
6. Seluruh **Dosen** dan **Staf Akademik** Departemen Teknik Kelautan UNHAS yang telah banyak memberikan pembelajaran dan pengalaman berharga kepada penulis selama menajadi mahasiswa di Departemen Teknik Kelautan.
7. Terkhusus Kanda **Andi Eka Setiawan, ST.** yang selama penyusunan skripsi ini selalu meluangkan waktu serta pikiran untuk memberi dukungan, arahan dan bimbingannya kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
8. Saudara-saudari **THRUZTER CREW** sebagai rumah kedua penulis yang dimana kekeluargaan dan kesederhanaan tercipta didalamnya. Terima kasih karena selalu ada di tengah hiruk pikuk dinamika selama perkuliahan serta tempat pendewasaan diri bagi penulis.
9. Teman-teman **Teknik Kelautan 2018** yang selalu memberi motivasi dan dukungannya serta waktu yang telah dilalui bersama dalam suka duka dan sudah bersedia untuk membantu penulis selama ini.
10. Teruntuk saudara-saudari **Pondok Ikram Apartemen (Firman Gani, Nur Azizah, Tina, Nuralamsyah, Suyono dan Deni Mulyawan)** yang banyak membantu penulis serta menyediakan tempat persinggahan yang akan dikenang.
11. Pihak-pihak lain yang telah memberikan motivasi dalam penyelesaian penelitian ini dan tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis meyakini dalam penelitian skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik sangat penulis harapkan sebagai bahan untuk menutupi kekurangan dari penulisan skripsi ini. Penulis berharap semoga tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu kelautan, bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya.

Gowa, 18 Oktober 2022

Mohammad Naufal Ikhsan Nur

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dalam suatu proyek konstruksi, manajemen proyek merupakan masalah yang penting untuk mencapai keberhasilan dalam suatu proyek. Suatu proyek dapat dikatakan berhasil jika proyek tersebut berjalan secara efektif dan efisien. Manajemen proyek ialah proses perencanaan dan pengaturan jalannya pelaksanaan proyek sesuai dengan prosedur yang berlaku untuk mendapatkan hasil yang optimal. Manajemen proyek terdiri dari beberapa aspek seperti rencana jadwal pelaksanaan, metode pelaksanaan, penyediaan sumber daya, proses pengawasan selama pelaksanaan proyek, dan lain lain [1].

Jadwal/waktu pelaksanaan proyek yang telah direncanakan biasanya tidak terlepas dari masalah-masalah yang akan timbul pada saat pelaksanaan proyek itu berlangsung sehingga dapat mengakibatkan keterlambatan, namun juga tidak menutup kemungkinan juga dapat terjadi percepatan, pada akhirnya masalah-masalah yang timbul akan mempengaruhi estimasi durasi proyek tersebut. Pengukuran keterlambatan dan percepatan aktual pekerjaan yang sudah dilakukan dapat dipakai sebagai data input dalam pengendalian proyek [2].

Survey proyek skala global yang dilakukan oleh *Project Management Institute* (PMI) dalam publikasi mereka tahun 2017 menyebutkan bahwa keberhasilan proyek sesuai jadwal sebesar 51%. Penyebabnya adalah ketidakakuratan waktu pengerjaan sebesar 26% [3]. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa manajemen proyek tidak selalu mendapatkan hasil yang baik, apabila tidak diperhatikan secara serius, dapat mengakibatkan durasi proyek menjadi lebih lama dari yang direncanakan. Sehingga manajemen waktu harus menjadi hal yang diperhatikan, baik dalam pengelolaan material, alat dan pekerja. Oleh karena itu, manajemen waktu yang baik akan mengontrol pengeluaran proyek.

Pada bangunan anjungan lepas pantai (*offshore facilities*) memerlukan suatu sistem pipa bawah laut sebagai media penyaluran minyak dan gas bumi ke anjungan ke anjungan lainnya maupun langsung pusat tangki minyak utama. Sistem pipa bawah laut inilah merupakan salah satu cara utama yang paling cepat, aman, ekonomis, dan dapat diandalkan dalam pendistribusian minyak dan gas dari

bangunan anjungan lepas pantai (*offshore*). Jalur pipa bawah laut berada di lingkungan laut mempunyai kondisi lingkungan yang sangat berbeda dengan lingkungan di darat (*onshore*). Sebelum pipa bawah laut beroperasi tentunya akan melewati proses yang disebut instalasi. Instalasi pipa migas bawah laut juga memerlukan perhatian lebih. Karena pada saat penggelaran pipa bawah laut memerlukan estimasi durasi yang telah direncanakan dan kesesuaian durasi aktual.

Pendekatan produktivitas sering dijadikan faktor penimbang terhadap durasi proyek. Penelitian pun telah banyak dilakukan, tetapi sebagian besar membahas pekerja proyek saja tidak dengan alat proyek. Pendekatan produktivitas tersebut dapat dilakukan dengan risiko proyek yang mendefinisikan penyebab keterlambatan proyek [4], dengan jam kerja untuk mengetahui pengaruh perubahan jam kerja terhadap kinerja pekerja [5] dan lainnya.

Dalam pelaksanaan instalasi pipa migas bawah laut dibutuhkan metode instalasi yang tepat sesuai dengan kondisi lingkungannya, agar tercapainya kesesuaian mutu, biaya dan waktu. Pemilihan metode yang tepat, praktis, dan cepat sangat membantu dalam penyelesaian pekerjaan instalasi pipa bawah laut. Metode instalasi menentukan durasi proses penggelaran pipa yaitu menentukan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan, jenis dan kuantitas material, alat-alat lainnya yang akan digunakan dalam instalasi pipa migas bawah laut.

Metode penentuan produktivitas terbaik dalam ilmu manajemen disebut *work study*, metode yang digunakan untuk mengetahui, memperbaiki, dan meningkatkan kinerja penggunaan sumberdaya proyek. Dengan kata lain, sebuah cara untuk mengelola sumberdaya secara tepat [6]. Instalasi pipa migas bawah laut umumnya menggunakan metode konvensional yaitu *S-Lay*, *J-Lay*, dan *Reel-Lay*. Namun selain ketiga metode tersebut terdapat metode non-konvensional dalam instalasi pipa migas bawah laut yang disebut dengan metode *Push Pull* dan *Bottom Pull*. Dimana dalam kedua metode tersebut, pipa disambung diatas *laybarge* kemudian ditarik dengan menggunakan *winch*.

Berdasarkan penjelasan diatas, pemilihan metode yang akan dibandingkan untuk pekerjaan instalasi pipa migas bawah laut pada penelitian ini ialah metode *Bottom Pull* dan metode *Push Pull*. Dari kedua metode tersebut akan analisis tingkat produktivitas pekerja dan alat, dan yang mana lebih efisien ditinjau dari efisiensi estimasi biaya dan durasi penggelaran pipa migas bawah laut milik

proyek dari PT. Pertamina Hulu Mahakam (PHM) di area SPU Delta Mahakam, Kalimantan Timur.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas, maka rumusan masalah yang menjadi kajian dalam penelitian ini, antara lain:

1. Bagaimana perbandingan estimasi durasi waktu pekerjaan instalasi *pipeline* bawah laut antara metode *Bottom Pull* dan metode *Push Pull*?
2. Berapa perbandingan estimasi biaya pekerjaan instalasi *pipeline* bawah laut antara metode *Bottom Pull* dan metode *Push Pull*?

## **1.3 Batasan Masalah**

Untuk menghindari penelitian yang meluas dan untuk membuat penelitian menjadi terarah serta mempermudah penyelesaian masalah dengan baik sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka penelitian dibatasi dengan beberapa hal sebagai berikut:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini dari PT. X.
2. Produktivitas hanya mencakup estimasi durasi waktu dan biaya pekerjaan instalasi *pipeline* dengan metode *Bottom Pull* dan metode *Push Pull* teruntuk area *site* yang dangkal.
3. Perencanaan *schedule* tidak meliputi hambatan dan faktor lingkungan (kondisi normal).
4. Upah biaya yang dihitung meliputi upah harga satuan *crew construction*, *crew barge*, dan *consumable* lainnya.
5. *Software* yang digunakan untuk menganalisa waktu dan biaya metode *Bottom Pull* dan metode *Push Pull* dalam penelitian ini adalah *Oracle Primavera P6 Project Planner*.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Dapat mengetahui perbandingan estimasi durasi waktu antara kedua metode pekerjaan instalasi *pipeline* bawah laut yaitu metode *Bottom Pull* dan metode *Push pull*.

2. Dapat mengetahui perbandingan estimasi biaya antara kedua metode pekerjaan instalasi *pipeline* bawah laut yaitu metode *Bottom Pull* dan metode *Push pull*.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai produktivitas antara kedua metode yaitu metode *Bottom Pull* dan metode *Push Pull* terhadap estimasi durasi waktu dan biaya instalasi *pipeline* bawah laut.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan skripsi ini disusun dengan menggunakan sistematika sebagai berikut:

**BAB I PENDAHULUAN;** Bab ini menjelaskan tentang latar belakang dari penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA;** Bab ini menguraikan beberapa teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

**BAB III METODE PENELITIAN;** Bab ini berisikan jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, serta model penelitian.

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN;** Bab ini menyajikan hasil dari penelitian disertai pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.

**BAB V PENUTUP;** Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang dihasilkan dari penelitian.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Gambaran Umum Pipa Bawah Laut**

Pipa bawah laut didesain untuk transportasi fluida seperti minyak, gas atau air dalam jumlah besar dan jarak yang jauh melalui laut atau daerah di lepas pantai [7]. Minyak atau gas dipompa dari *platform* melewati dasar laut sejauh berkilo-kilo meter menggunakan *pipeline* ini. Untuk mentransportasikan fluida dalam jumlah besar (dalam hal ini minyak dan gas), *pipeline* merupakan mode transportasi yang paling sering digunakan. Keunggulan menggunakan *pipeline* sebagai mode transportasi adalah lebih ekonomis, penggunaan energy yang rendah, ramah lingkungan, aman untuk manusia, tidak terpengaruh cuaca, otomatis, tingkat keamanan dan keandalannya yang tinggi [8].

Aspek fundamental penting dari desain *pipeline* adalah pemilihan material pipa. Kesesuaian material pipa tergantung pada produk kimia yang akan diangkut, tekanan dan temperatur, dan persyaratan kekuatan selama proses pengujian, instalasi penggelaran, dan operasi. Hal ini selalu dianjurkan untuk mencari saran ahli rekayasa material dalam memilih material pipa. Hal ini sama pentingnya adalah untuk menjamin mutu terhadap spesifikasi sesuai standar selama pembuatan dan pengujian pipa. Pengendalian mutu sangat penting untuk menghindari kesalahan sehingga terjadi keterlambatan pekerjaan. Bahan pipa dipilih berdasarkan aspek-aspek rancangan seperti diameter pipa, tekanan internal dan eksternal, beban kerja, suhu dari muatan yang dialirkan, standar spesifikasi, dan biaya.

#### **2.1.1 Pipa**

Sebuah silinder berongga seperti alang-alang, jerami, kayu, plastik atau logam. Pipa dapat memiliki bentuk apapun. Misalnya, lingkaran silinder, elips, persegi, dan lain-lain. Untuk tujuan buku ini, pipa harus selalu berarti silinder berongga atau padat yang dikelilingi oleh dua ko-aksial permukaan silinder yang melingkar. Pipa dapat dibuat dari berbagai bahan: kayu, beton, plastik, logam, baja dan lain-lain.

### 2.1.2 *Flowline Pipeline*

*Pipeline* yang dalam Bahasa Indonesia diistilahkan sebagai pipa penyalur, secara umum defenisinya adalah bentangan jalur pipa yang terdiri dari batangan-batangan pipa yang disambung dan berfungsi untuk mengalirkan fluida baik cara maupun gas dari satu lokasi ke lokasi yang lain. Sedangkan *line pipe* adalah setiap batang individu pipa yang memiliki karakteristik bentuk berupa “*hollow tubular*”, dan material ini merupakan elemen dasar dari *pipeline* [9].



Gambar 2.1 *Subsea Pipeline* [10]

Terdapat perbedaan untuk istilah *pipeline* (pipa penyalur) dan *line pipe* (batangan pipa). Pipa penyalur sendiri atau *pipeline* ini bisa ditinjau dari beberapa aspek untuk pengelompokannya [9]:

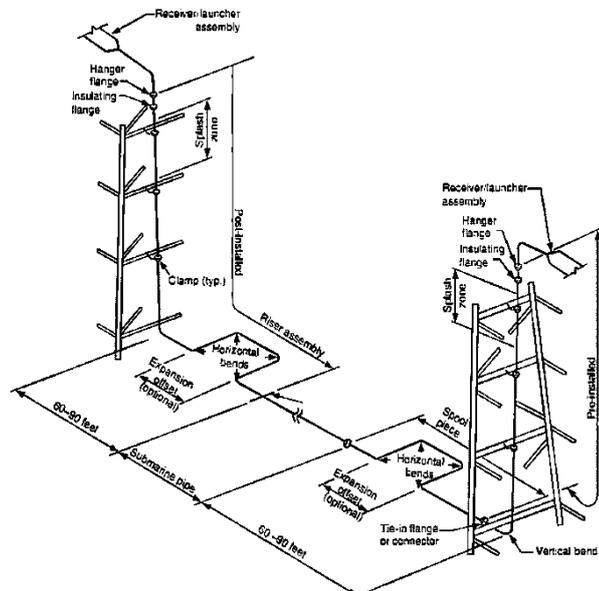
- Dari sisi jalur geografisnya ada pipa penyalur darat (*onshore pipeline*) dan pipa penyalur di laut (*offshore pipeline*, atau *submarine pipeline*).
- Dari materialnya bisa bermacam-macam: mulai dari baja, *stainless steel*, *duplex* ataupun bahan polimer seperti *polyethylene* dan *polypropylene* juga sudah digunakan untuk beberapa bentangan jalur pipa distribusi gas yang bertekanan relative rendah dibandingkan pipa transmisi.
- Dari sistem jaringannya secara garis besar ada pipa alir sumur (*wellhead line*), pipa transmisi (*transmission line*) dan ada pipa distribusi (*distribution line*), sebetulnya istilah bisa berbeda-beda tergantung bagaimana perusahaan minyak dan gas sebagai operator lahan mengidentifikasi sistem perpipaan dalam sistem operasi mereka.

### 2.1.3 *Riser & Dogleg*

*Riser* dan *dogleg* merupakan suatu sistem infastruktur jaringan pipa yang terdapat pada *offshore pipeline* sebagai saluran fluida dari kepala sumur dan

menghubungkan ke *flowline pipeline*. *Riser* dan *dogleg* salah satu bagian yang sangat penting dan harus ada dalam setiap sistem perpipaan khususnya pada pipa bawah laut. *Riser* merupakan segmen vertikal yang menghubungkan fasilitas pada *topside* dengan *subsea pipeline*. Sedangkan, *dogleg* merupakan *pipeline* yang berbentuk *expansion loop* diatas *seabed*.

Secara umum *riser* berfungsi untuk mengangkat hidrokarbon yang telah dialirkan oleh pipa dari dasar laut menuju *platform*. Sedangkan *dogleg* dibuat untuk mengakomodasi pemuaian yang terjadi pada pipa agar tegangan dan regangan akibat pemuaian tersebut langsung diterima oleh *riser*. Pemuaian pada pipa dapat terjadi karena perbedaan temperature antara pipa akibat fluida di dalamnya yang panas dengan lingkungan dasar laut yang dingin [11].



Gambar 2.2 *Riser* dan *Dogleg* [12]

### 2.1.3.1 *Riser*

Sistem *riser* pada dasarnya adalah pipa konduktor yang menghubungkan *floaters* di permukaan dan kepala sumur di dasar laut. *Riser* pada dasarnya ada dua macam, yaitu *rigid risers* dan *flexible risers*. *Riser hybrid* adalah kombinasi dari keduanya. Sistem *riser* harus diatur sedemikian rupa sehingga beban eksternal dijaga dalam batas yang dapat diterima, yaitu tegangan dan gaya penampang, VIV dan supresi, kelelahan gelombang, dan gangguan. *Riser* harus sesingkat mungkin untuk mengurangi biaya material dan pemasangan, tetapi itu harus memiliki fleksibilitas yang cukup untuk memungkinkan kunjungan besar pelampung [13].

### 2.1.3.2 Dogleg

*Dogleg* adalah jenis pipa yang menghubungkan *riser* dengan *pipeline* yang ditanam di *seabed*. *Dogleg* tidak dilapisi dengan *concreate coating*. Hal ini disebabkan pipa pada *water depth* lebih dari 14 m tidak perlu dilapisi dengan *concrete coating*. Apabila ada benda jatuh mengenai *dogleg*, maka *dogleg* akan mudah mengalami *dent* yang lebih ekstrim pipa tersebut akan putus. Peluang kemungkinan *dogleg* mengalami beban tumbukan akibat benda jatuh lebih besar jika dibandingkan dengan *pipeline* yang ada ditengah laut [14].

### 2.1.4 Spool Piping

*Spool piping* merupakan rangkaian komponen material sistem perpipaan yang difabrikasi di *workshop*, dimana terdiri dari pipa, *fitting*, *flange*, dan aksesoris lainnya. *Piping* yang digunakan untuk pekerjaan pipa yang biasanya terdiri panjang pendek berbagai macam pipa seperti di petro-kimia atau perencanaan sejenis termasuk pekerjaan pipa suatu *platform topside*.



Gambar 2.3 Fabrikasi Spool Piping [15]

## 2.2 Teknologi Instalasi Pipa Bawah Laut

Pekerjaan instalasi pipa migas bawah laut dapat dilakukan dengan kapal pemasang yang khusus. Hal ini merupakan mobilisasi material pipa laut sebelum penggelaran pipa bawah laut dengan kapal *laybarge* khusus dengan bantuan kapal AHT (*Anchor Handling Tug*), kapal *Tugboat* dan kapal LCT (*Landing Craft Tank*) dan dilakukan *positioning anchor job* sesuai *anchor pattern* yang telah dibuat sebelumnya. Pekerjaan pemasangan pipa bawah laut dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu *Pre-Lay Survey*, *Pipeline Installation*, *As Laid Survey* [16].

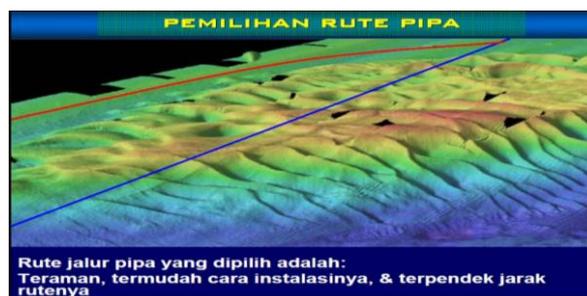
### 2.2.1 Pre-Lay Survey

Survei pra pemasangan dilakukan sebelum pemasangan pipa. Pada survei ini jalur yang akan disurvei lebih besar dibandingkan dengan survei rute pemasangan pipa, hal ini dilakukan untuk men cover jangkar dari kapal tongkang yang akan digunakan untuk pemasangan pipa. Tujuan dari survei pra pemasangan ini [16], ialah sebagai berikut:

1. Menyediakan informasi mengenai dasar laut, seperti data batimetri dan menyediakan informasi mengenai posisi pipa yang telah *existing*.
2. Mengidentifikasi endapan puing-puing berbahaya yang teridentifikasi pada saat survei rute pipa dilakukan.
3. Menyediakan informasi lanjutan dari puing-puing yang telah diketahui sebelumnya.

Pada dasarnya rute langsung dan terdekat merupakan yang terbaik, meskipun hal tersebut tidak selalu mungkin untuk dilaksanakan. Pemilihan awal rute pipa ini didasarkan pada informasi kondisi dasar laut yang telah ada dan persyaratan umum rute pipa. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan rute [7], yakni:

1. Bahaya di dasar laut seperti kerangka kapal karam, batu, karang, dan tumbuhan laut, gas-gas yang mungkin terdapat pada perairan dangkal, sarana atau fasilitas laut yang ada (seperti jaringan pipa, kepala sumur dan lain-lain), akses untuk *tie-ins*, kaki *drilling rig*, jangkar, dan pukat kapal ikan.
2. Keadaan dasar laut meliputi: *slopes*, profil, sifat tanah dasar laut yang sukar, pasir dan lempung yang bergelombang (tidak rata).
3. Penggunaan lingkungan pantai, hambatan pada waktu pemasangan pola kapal-kapal lego jangkar dan toleransi untuk peletakan pipa.
4. Dampak dari pemasangan pipa itu sendiri terhadap lingkungan sekitar tempat pemasangan pipa.



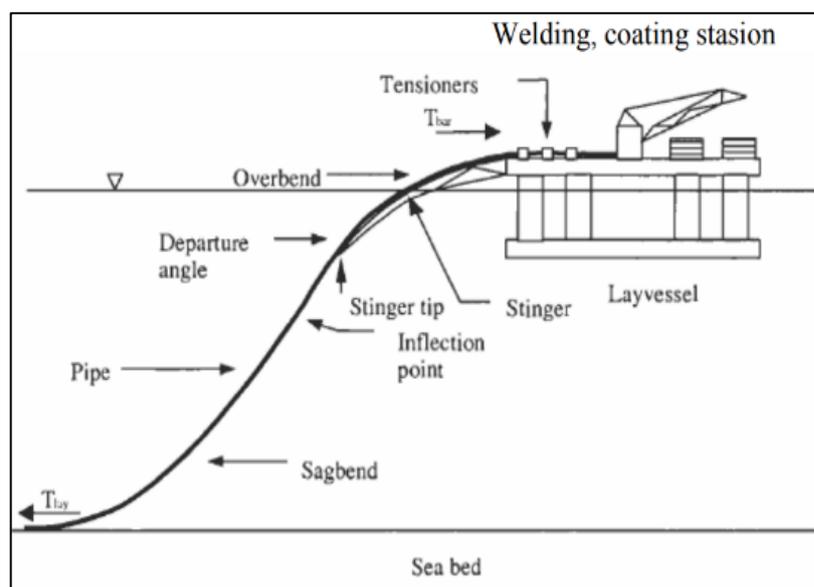
Gambar 2.4 Gambar Pemilihan Rute [7]

## 2.2.2 Pipeline Installation

Pemasangan Pemasangan pipa bawah laut terdiri dari peletakan pipa bawah laut dan *Tie-in/Riser Installation*. Pemasangan ini dapat menimbulkan sejumlah tantangan, terutama jika pemasangan pipa dilakukan pada perairan yang dalam. Terdapat tiga cara dalam peletakan pipa bawah laut, yaitu metode *tow-in*, metode *S-lay*, metode *J-lay*, metode *reel lay* [12], dan metode *Shore Pull*.

### 2.2.2.1 Metode S-Lay

Metode *S-lay* adalah metode instalasi *offshore pipeline* yang paling sering digunakan untuk perairan dengan kedalaman dangkal hingga sedang. Metode ini dilakukan dengan menggunakan *laybarge*. Selama proses instalasi, *crane* yang ditempatkan di atas *laybarge* digunakan untuk memindahkan segmen-segmen pipa, dengan panjang sekitar 12 m ke bagian *weld station* [9]. Proses pengelasan pipa dilakukan bagian *roller* pada *barge*, sedangkan keberadaan *stinger* digunakan untuk membentuk *overbend* dan ketika pipa telah menyentuh dasar perairan maka akan membentuk *sagbend*. *Overbend* dan *sagbend* pada proses ini akan membentuk seperti huruf "S" sehingga disebut metode *S-lay* [17].



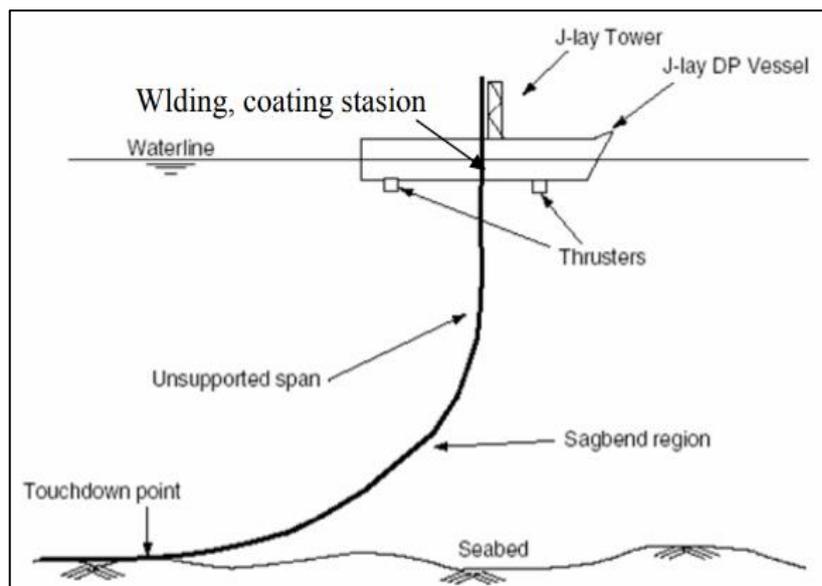
Gambar 2.5 Sketsa metode instalasi S-Lay [17]

### 2.2.2.2 Metode J-Lay

Dalam metode ini, kapal menggunakan sebuah menara sentral, biasanya dikonversi dari kapal pengeboran, untuk melakukan pengelasan pada posisi vertikal dan peluncuran pipa dari menara. Pipa dilepaskan dengan cara yang

membentuk kelengkungan *sagbending*, menghindari *overbending*, seperti yang ditunjukkan gambar dibawah. Kesulitan terbesar dalam metode ini adalah untuk melakukan pengelasan vertikal, meskipun membawa keuntungan dibandingkan dengan metode *S-lay* untuk perairan dalam. *J-lay* memiliki tingkat produksi yang relative rendah karena terbatasnya jumlah *work station*. Metode *J-lay* sangat cocok untuk perairan dalam dan tidak cocok untuk perairan dangkal [7].

Pengelasan dilakukan hanya oleh satu *section* jadi lebih lambat dari *S-lay* dan untuk mempercepat proses, teknik pengelasan yang lebih canggih seperti *friction welding*, *electron beam welding* atau laser *welding* digunakan. Pipa yang akan dipasang mempunyai sudut yang mendekati vertikal sehingga tidak butuh *tensioner*. Teknik ini sangat cocok untuk instalasi di laut dalam. Beda dengan *S-lay*, *J-lay* tidak membutuhkan *stinger*. Kecepatan pasang sekitar 1-1,5 km per hari. Ukuran pipa maksimum yang bisa diinstal adalah 32" OD (Saipem S-7000) [7].



Gambar 2.6 Sketsa metode instalasi *J-Lay* [17]

### 2.2.2.3 Metode *Reel Lay*

Metode *reel lay* merupakan metode instalasi pipa dengan cara menggulung pipa panjang pada sebuah gulungan berukuran raksasa yang kemudian pipa tersebut akan dipasang di dasar laut seperti pada pemasangan kabel bawah laut. *Barge* yang digunakan untuk menginstalasi pipa dilengkapi dengan gulungan (*reef*) raksasa yang terdapat dibagian tengah *barge*, dilengkapi pula dengan adanya

*chute* yang berfungsi sebagai landasan sebelum pipa diturunkan agar pipa tidak tertekuk pada saat instalasi [17].

Pada proses instalasi dengan metode ini pipa yang akan dipasang dibuat terlebih dahulu didarat kemudian akan ditarik dan digulung di *reel* raksasa dalam *barge*. Pada saat penggulungan kurfatur pipa harus didisain agar tidak mengalami *buckling* dan ovalisasi yang signifikan, selain itu tekukan pipa yang terjadi harus lebih kecil dari nilai leleh pipa yang digunakan [17]. Metode ini lebih murah jika dibandingkan dengan metode lain ditinjau dari sisi waktu dan biaya, namun terbatas untuk pipa dengan ukuran diameter kecil [7].



Gambar 2.7 Sketsa metode instalasi *Reel Lay* [18]

#### 2.2.2.4 Metode Instalasi *Towing (Tow or Pull)*

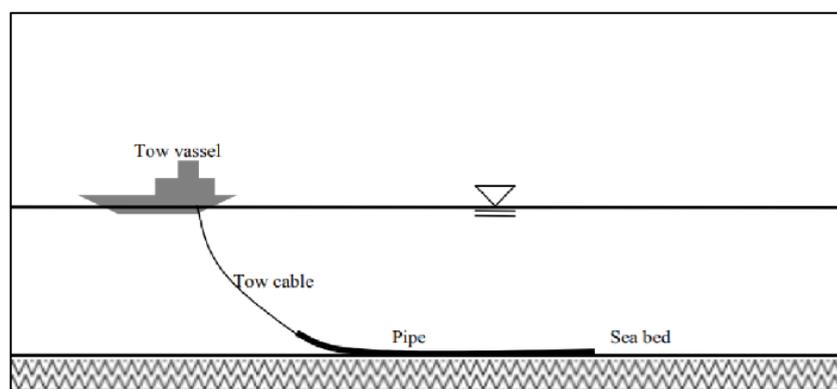
Proses instalasi dari metode *towing* ini adalah proses pengerjaan pipa dengan cara menarik pipa yang sudah dipasang pelampung (*float*) agar dapat mengapung diatas laut dan kemudian di tarik ke tempat instalasi dengan bantuan kapal *tugboat*. Dalam metode ini, semua fabrikasi dikerjakan di *onshore* termasuk pemasangan *anode* dan *coating* di sambungan. Ketika pipa telah berada pada lokasi yang telah direncanakan, modul pengapung dilepas atau diisi dengan air, sehingga pipa akan mencapai *seabed*. Metode ini cocok digunakan untuk lokasi yang terletak tidak terlalu jauh dari pantai dan dikenal ekonomis karena tidak memerlukan banyak peralatan.

Ada 4 jenis metode *towing*, berdasarkan posisi pipa terhadap dasar laut: *bottom tow*, *off-bottom tow*, *surface tow* dan *mid-depth tow*. Selain *bottom tow*, diperlukan minimal dua buah kapal, satu di depan dan satu di belakang. Dalam *controlled mid-depth tow*, kecepatan kapal harus disesuaikan dengan kedalaman pipa yang diinginkan pada saat *towing* [7].

#### 2.2.2.4.1 *Bottom Tow*

Seperti namanya, pada metode ini pipa yang telah dirakit didarat akan ditarik ke laut sampai dengan lokasi yang ditentukan tanpa menggunakan pelampung. Panjang pipa pada setiap segmen ditentukan sesuai dengan kapasitas dari *barge* penarik yang digunakan. Kapasitas *barge* penarik harus lebih besar dengan berat pipa di air ( $W_s$ ) ditambah dengan gesekan yang dialami pipa dengan tanah [17].

Dalam perencanaannya, survei rute penarikan pipa menjadi hal yang sangat mendasar untuk dilakukan. Rute yang ditentukan sangat berpengaruh terhadap disain selimut pipa (*coating*) untuk perhitungan kriteria abrasi, stabilitas selama penarikan (*towing*), ukuran kapal penarik dan panjang optimum segmen pipa. Survei rute dan survei tempat instalasi menyangkut detail investigasi terhadap kondisi tanah, arus dasar perairan, kontur dasar perairan, dan identifikasi terhadap halangan sepanjang jalur penarikan. Untuk pipa yang dibangun didaerah perairan dangkal maka pembuatan parit/*trench* perlu dilakukan sesuai dengan peraturan yang berlaku dan untuk kepentingan stabilitas pipa itu sendiri [17].

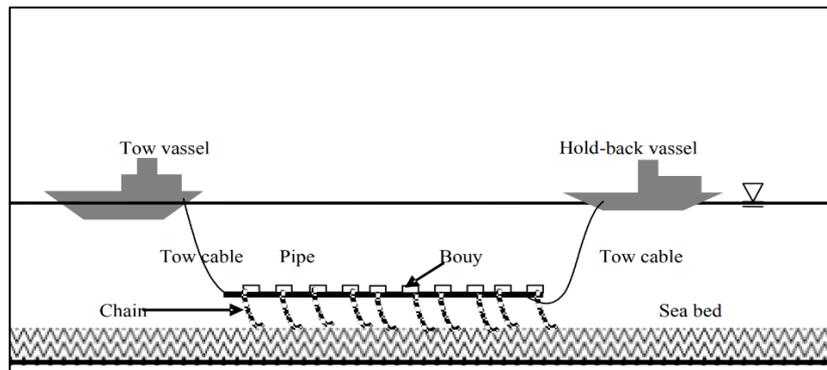


Gambar 2.8 Sketsa metode *Bottom Tow* [17]

#### 2.2.2.4.2 *Off-Bottom Tow*

*Off-bottom tow* adalah metode instalasi yang diadaptasi dari metode *mid-depth tow*. Dalam pelaksanaannya metode ini juga menggunakan dua buah kapal

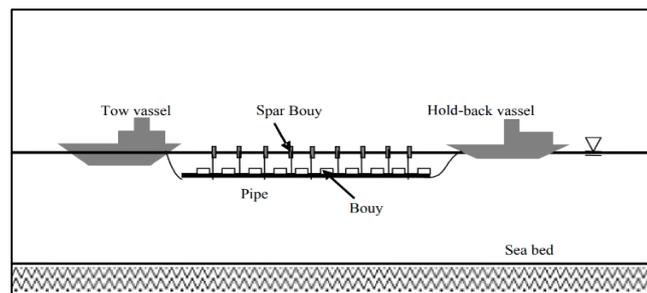
sama seperti pada metode *mid-depth tow*. Yang membedakan dari metode ini adalah digunakannya rantai yang menggantung pada setiap pelampung, rantai ini berfungsi sebagai penyeimbang agar rangkaian pipa berada pada kedalaman yang telah ditentukan dan dapat menahan pipa tetap stabil ketika ada arus lateral selama proses penarikan [19].



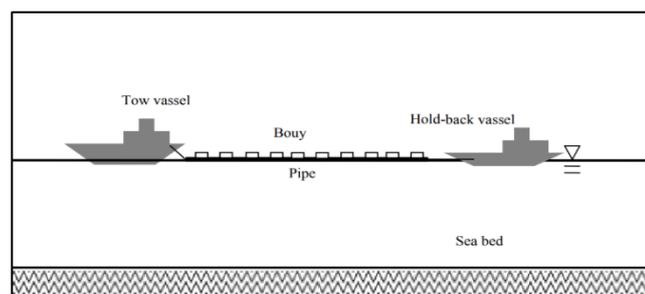
Gambar 2.9 Sketsa metode *Off-bottom Tow* [17]

#### 2.2.2.4.3 *Surface Tow* dan *Mid-depth Tow*

*Surface tow* menggunakan ponton untuk menopang pipa agar berada di permukaan atau dekat dekat permukaan air. Sedangkan *mid-depth tow* menggunakan peralatan untuk mengapungkan pipa dibawah permukaan air untuk menghindari dari beban gaya gelombang yang besar selama proses penarikan [19].

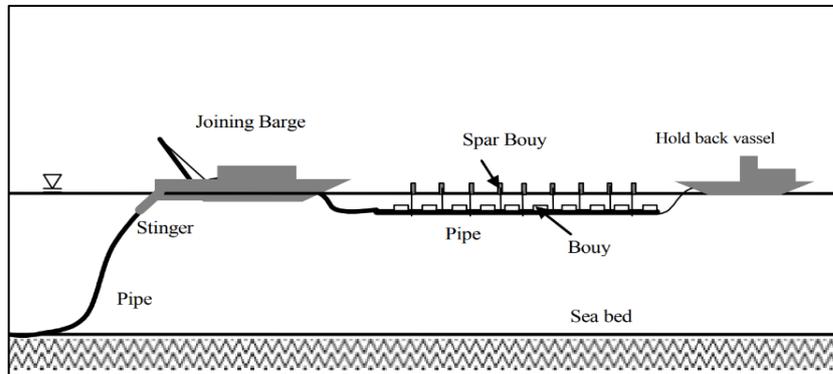


Gambar 2.10 Sketsa metode *Surface Tow* [17]



Gambar 2.11 Sketsa metode *Mid-depth Tow* [17]

Pada pelaksanaan kedua metode ini diperlukan dua buah *barge*/kapal untuk mengontrol pengapungan rangkaian pipa, dua kapal tersebut terdiri dari kapal penarik/AHT (*Anchore Handling Tug*) dan kapal penahan/*tugboat*.



Gambar 2.12 Sketsa instalasi pipa [17]

#### 2.2.2.5 Metode *Shore Pull*

Biasanya, untuk instalasi pipa dekat dengan pantai dan arahnya tegak lurus pantai digunakan teknik dengan menarik pipa dari pantai. Pipa dilas disebuah *laybarge* dimana pada ujung pipa pertama yang menuju darat dipasang *pull head*, sebuah struktur tambahan pada pipa dengan bentuk seperti *pad-eye* besar yang digunakan untuk mengaitkan tali penarik dari darat [17].

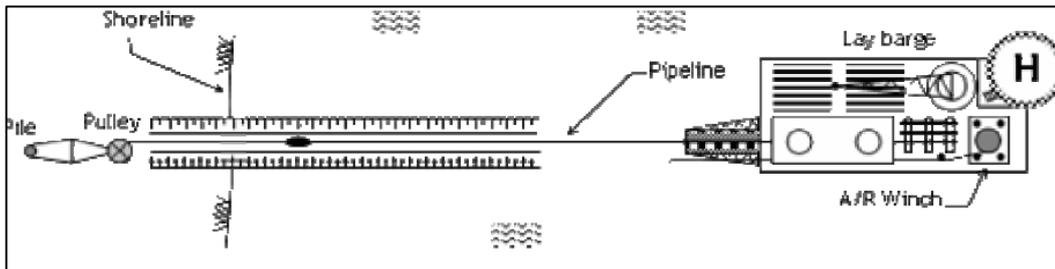
Satu atau beberapa kabel penarik dipasang pada *pull head* dan disambungkan ke *winch* yang berada di darat. Pipa yang ditarik kemudian diluncurkan ke air melalui jalur pipa yang telah ditentukan. Selama proses penarikan, hal yang penting untuk diperhatikan adalah gesekan antara pipa dan dengan tanah yang menentukan penentuan kapasitas dari *winch* yang akan digunakan. Akan tetapi, untuk mengatasi adanya gesekan tersebut dapat digunakan pelampung yang diikatkan pada pipa, fungsi dari pelampung ini adalah untuk mengapungkan pipa agar tidak bergesekan dengan tanah sehingga dapat ditarik oleh *winch* dengan kapasitas yang lebih kecil. Pelampung ini diikatkan kesetiap segmen pipa dengan jumlah tertentu sesuai disain yang direncanakan, pelampung-pelampung ini akan dilepas ketika pipa sudah semua terpasang sehingga pipa tenggelam kedalam air sesuai jalur pipa yang ditentukan.

Dalam pelaksanaannya pipa disambungkan di *barge* yang kemudian setelah diberi pelampung kemudian diturunkan, sementara *winch* menarik pipa dari darat. Hal ini dilakukan sampai pipa terpasang semua, biasanya sampai dengan pipa sampai ke darat atau ujung *trench* yang dibuat masuk kearah darat.

Berdasarkan kapasitas dari *winch* penarik yang digunakan, ada dua variasi dari metode *shore pull* [19].

### 2.2.2.5.1 *Winch* yang diletakkan pada *Laybarge*

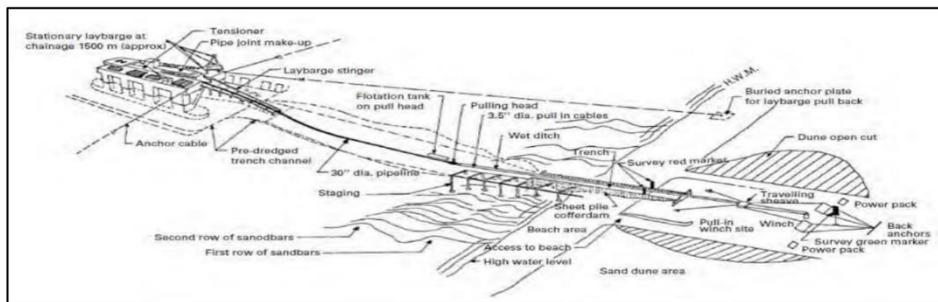
Jika total berat di air pipa yang dianalisis masih pada kapasitas dari kapasitas *winch* yang terdapat pada *laybarge* maka tidak diperlukan *winch* dengan kapasitas yang lebih besar di darat. Penarikan pipa dilakukan dengan *winch* yang ada pada *laybarge* [19].



Gambar 2.13 Metode *Shore Pull* dengan *Winch* di *Laybarge* [19]

### 2.2.2.5.2 *Winch* yang diletakkan didarat

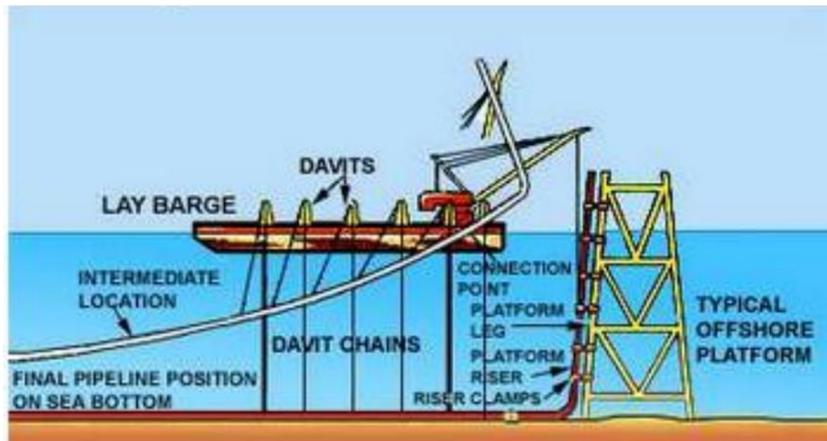
Pada keadaan dimana kapasitas *winch* yang dimiliki oleh *laybarge* tidak memenuhi kapasitas yang dibutuhkan untuk menarik pipa walaupun sudah ditambahkan alat pelampung pada pipa maka akan digunakan *winch* yang diletakkan didarat. Dengan kapasitas yang lebih besar dan memenuhi kapasitas yang dibutuhkan [19].



Gambar 2.14 Metode *Shore Pull* dengan *Winch* di darat [19]

### 2.2.3 *Tie-in/Riser Installation*

Setelah pipa selesai diletakkan didasar laut, bagian vertikal pada pipa disebut *riser*, digunakan untuk menghubungkan pipa bawah laut ke fasilitas produksi/*offshore platform*.



Gambar 2.15 Pemasangan Riser [20]

Beberapa metode dapat digunakan untuk pemasangan *riser* ini, *tie-in* atau penghubung antara pipa bawah air dengan *riser* dapat dibuat dengan pengelasan, *flanging*, atau menggunakan *mechanical connectors*. Pengelasan ialah metode paling disarankan untuk digunakan apabila memungkinkan [20].

#### 2.2.4 Trenching Operation

*Trenching operation pipelines* merupakan proses perlindungan pipa dengan membenamkan pipa ke dalam tanah, dalam kasus ini ialah membenamkan pipa bawah laut ke bawah lapisan dasar laut. Proses membenamkan pipa ini dapat dilakukan dengan tiga metode [12], yaitu:

1. *Pre trenching* yaitu pembuatan parit sebelum instalasi pipa dilakukan, metode seperti ini dilakukan apabila kondisi instalasi pipa merupakan lapisan tanah yang keras.
2. *Simultaneous trenching* yaitu proses pembuatan parit atau *trenching* dilakukan bersamaan dengan pemasangan pipa.
3. *Post trenching* yaitu proses *trenching* atau pembuatan parit dilakukan setelah pemasangan pipa dilakukan, metode ini biasanya dilakukan apabila kondisi lapisan tanah pada lokasi instalasi pipa ialah lapisan tanah yang lunak.

#### 2.2.5 As Laid Survey

Tujuan dari dilakukannya *as laid survey* ialah untuk langsung merekam posisi dan status dari pipa setelah pipa dipasang. Survei ini selalu dilakukan pada saat pemasangan pipa bawah laut atau dilakukan sesegera mungkin pada saat survei ini memungkinkan dilakukan setelah pipa sudah dipasang. Hal-hal yang didapatkan pada saat survei ini ialah sebagai berikut [20]:

1. Posisi horizontal dari pipa bawah laut dengan referensi perencanaan awal.
2. Profil vertical dari pipa bawah laut dengan memperhatikan kondisi dasar laut dari berbagai sisi pada pipa bawah laut tersebut.
3. Rekaman video dari kedua sisi dan bagian atas dari pipa bawah laut.
4. Profil melintang dengan batas interval tertentu.
5. Data lokasi dan dokumentasi kondisi fisik dari pipa bawah laut.
6. Data lokasi dan dokumentasi dari *free spans* dan *buckles*.
7. Data lokasi dan dokumentasi dari *debris* di sekitar lokasi pipa yang dapat menghalangi penggalian.
8. Menentukan posisi dari masing-masing *field joint* dan *CP anode*.

### 2.3 Tahapan Instalasi Pipa Bawah Laut

Dengan meningkatnya jumlah pembangunan *platform* lepas pantai, maka bertambah pula jumlah pemasangan *pipeline* sebagai media transportasi fluidanya. *Offshore pipeline* yang digunakan memiliki kekuatan material sesuai permintaan dari perusahaan *owner*.

Sebelum memahami proses instalasi dari *offshore pipeline*, harus dipahami terlebih dahulu bagaimana profil dari kedalaman air laut [21], sebagai berikut:

1. Perairan dangkal diasumsikan berada pada kedalaman 0-500 feet.
2. Perairan menengah diasumsikan berada pada kedalaman 500-1000 feet.
3. Perairan dalam diasumsikan berada pada kedalaman diatas 1000 feet.

Setelahnya baru dapat dilakukan tahapan-tahapan dalam proses instalasi pipa migas bawah laut, yaitu:

#### 1. *Geo Survey*

Survei geoteknik dilakukan oleh surveyor untuk mendapatkan informasi tentang batuan, kontur dasar laut/batimetri dan pasang surut muka air di area *site* untuk merancang pekerjaan yang berkaitan pondasi dengan struktur *platform* dan pipa bawah laut yang diusulkan.

#### 2. *Work Permit*

Izin kerja memuat segala kegiatan proses fabrikasi dan instalasi proyek, lengkap dengan dokumen persyaratan seperti gambar lokasi kerja, JRA (*Job Risk Assesment*), JSA (*Job Safety Analysis*), dan lain-lain. Pekerjaan tidak boleh dimulai sebelum izin kerja disahkan. Kontraktor akan menyiapkan izin kerja dan harus sesuai dengan prosedur perusahaan.

3. *Detail Engineering Design for Fabrication, Transportation, and Installation Pipeline*

Kegiatan perencanaan secara mendetail dalam bentuk proposal teknis yang meliputi gambar kerja dan daftar keseluruhan pelaksanaan pekerjaan proyek di lapangan. Aktivitasnya membutuhkan waktu yang cukup lama, waktu tersebut meliputi menerima gambar kerja proyek yang telah disahkan oleh konsultan/*owner* dan diverifikasi ditinjau dari kesesuaiannya, dan juga seluruh prosedur pelaksanaan teknis.

4. *Procurement and Fabrication*

Kegiatan ini menerima barang atau jasa. Proses ini dimulai dari persiapan barang/jasa dan menerima semua bahan material dari *company supplier/owner* yang diperlukan untuk fabrikasi dan instalasi. Kemudian, dilakukan pengecekan terhadap jumlah, spesifikasi dan ukuran material sesuai dengan permintaan oleh *company supplier/owner*. Setelah proses *procurement* selesai, maka dapat dimulai proses fabrikasi. Fabrikasi merupakan proses pembuatan/perakitan material awal meliputi pemotongan, *beveling*, pengelasan, pengujian, hingga pengecatan menjadi material yang sesuai gambar kerja dan prosedur pelaksanaan teknis.

5. *Transportasi dan Instalasi Pipa Migas Bawah Laut*

a) Tahap persiapan

➤ *Lifting and Seafastening Material*

Proses pengangkatan material proyek/*pipeline* yang telah selesai dibuat/rakit di *yard fabrication* dan dilanjutkan *loading* material menuju *laybarge* untuk dibawa ke area *site*. Prosedur LOP (*Lifting Operation Plan*) telah ditinjau dan dipahami oleh personel yang berdedikasi. *Crane* dan *rigging gear* telah dibuktikan dengan sertifikasi yang valid. Kemudian, dilanjutkan proses *seafastening*. *Seafastening* merupakan proses mengikat alat dan material proyek/*pipeline* pada *laybarge* sehingga material tidak bergerak saat proses transportasi.

➤ *Mobilization*

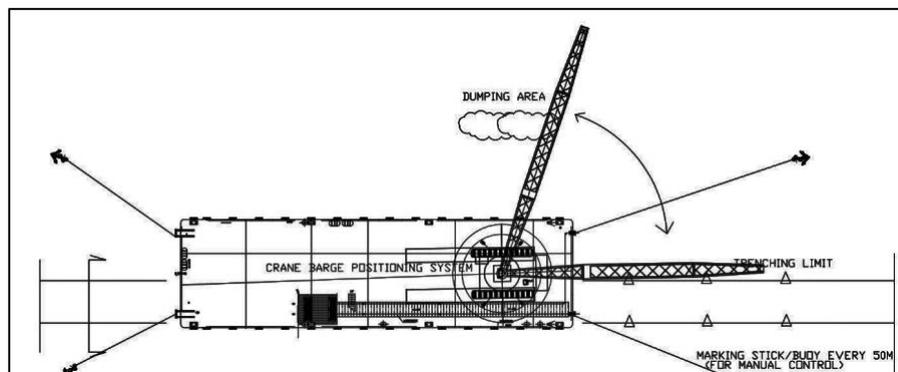
Setelah semua peralatan dan bahan di siap, barulah perjalanan dilakukan menuju area *site* dengan rute yang telah direncanakan. Selama memobilisasi seluruh material, dilakukan aktivitas *anchor drop* sesuai *anchor pattern* yang telah dibuat hingga proses instalasi selesai.

b) Instalasi Pipeline

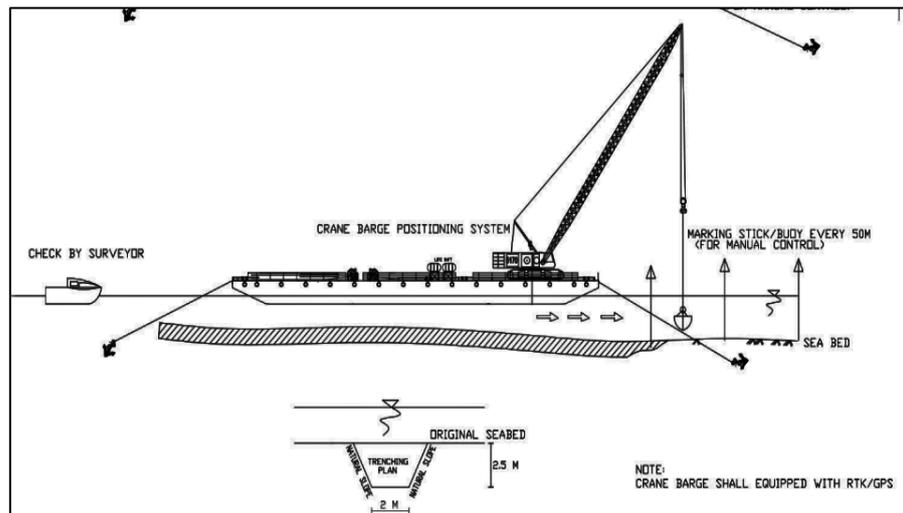
➤ Trenching/Pembuatan Parit

• Metode Konvensional

Pekerjaan ini merupakan pembuatan parit atau penggalian tanah/lumpur dengan metode alat berat/crane yang telah dipasangkan *clamp shell* dan diletakkan di atas *barge* teruntuk area *site* yang agak dalam. Pekerjaan ini dilakukan pada saat kondisi air surut dengan profil galian lebar dasar 2 m sampai 3 m dan kedalaman 2 m sampai 2,5 m dari dasar laut asli untuk penempatan pipa bawah laut.



Gambar 2.16 Trenching conventional procedure [22]

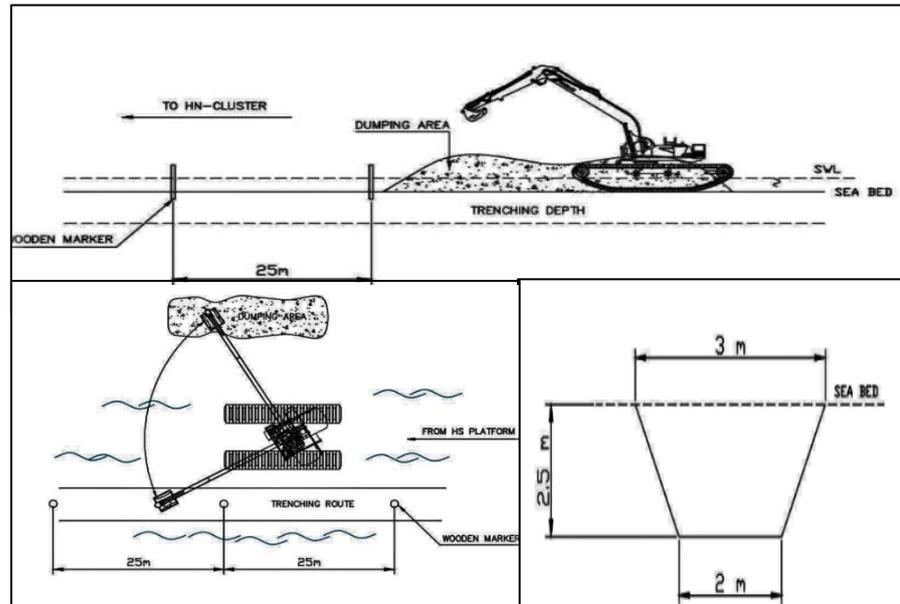


Gambar 2.17 Trenching conventional procedure [22]

• Metode Non-Konvensional

Pekerjaan ini merupakan pembuatan parit atau penggalian tanah/lumpur dengan metode alat berat *swamp backhoe* yang

langsung bekerja pada area *site* yang dangkal atau rawa-rawa. Pekerjaan ini dilakukan pada saat kondisi air surut dengan profil galian lebar dasar 2 m sampai 3 m dan kedalaman 2 m sampai 2,5 m dari dasar laut asli untuk penempatan pipa bawah laut.



Gambar 2.18 *Trenching non-conventional procedure* [23]

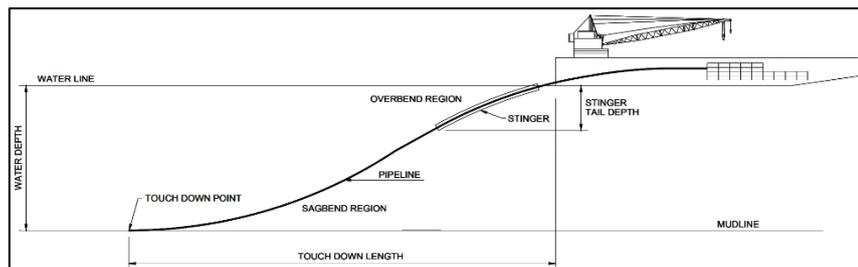
➤ *Initiation and Laying*

*Pipeline initiation* adalah bagian awal untuk memulai pemasangan pipa bawah laut. Prosesnya jangkar tersambung dengan *wire sling* dari *pipelaying barge* diletakkan dulu dibawah laut atau istilahnya di *drop*. Paralel sambungan pipa disiapkan dan pipa pertama dan kedua diangkat ke peletakkan *roller* di *barge* (proses *fit-up*, pengelasan, NDT (*Non Destructive Test*), *field joint coating*, pengujian *holiday test*, dan pemasangan paralel anoda dengan interval jarak yang telah ditentukan sesuai pada gambar kerja harus selesai lebih dulu tentunya) pada pipa bawah laut. Ujung pipa sudah dipasang *initiation head*, *initiation head* dipasang *shackle/gooseneck* dan *abandonment/deadment* dilengkapi *wire sling* dan *buoy*. Lalu *wire* dari jangkar disambung ke *initiation head/pullhead*. Kapal bergerak maju dengan ujung *initiation head* tersambung dengan jangkar sehingga *pipelaying* bisa dilaksanakan. Proses *pipelaying* adalah proses penurunan pipa yang telah keluar dari *ramp door/stinger* pada *barge* dan siap diturunkan menuju dasar laut.

- Metode Konvensional

- S-Lay

Pekerjaan ini merupakan proses penurunan pipa menuju ke dasar laut sesuai garis sumbu *trenching* yang telah dibuat sebelumnya. Pipa diselondongkan melalui *ramp door/stinger* pada buritan *barge* dan *barge* ditarik oleh kapal *tugboat/AHT (Anchor Handling Tow)*, dan jangkar pada *barge* disangkutkan ke *winch* pada kapal *AHT (Anchor Handling Tow)*. Keberadaan *stinger* digunakan untuk membentuk *overbend* dan ketika pipa telah menyentuh dasar perairan maka akan memnetuk *sagbend*. *Overbend* dan *sagbend* pada proses ini akan membentuk seperti huruf “S” sehingga disebut metode *S-Lay*. Dan metode ini diperuntukkan pada area *site* yang agak dalam.



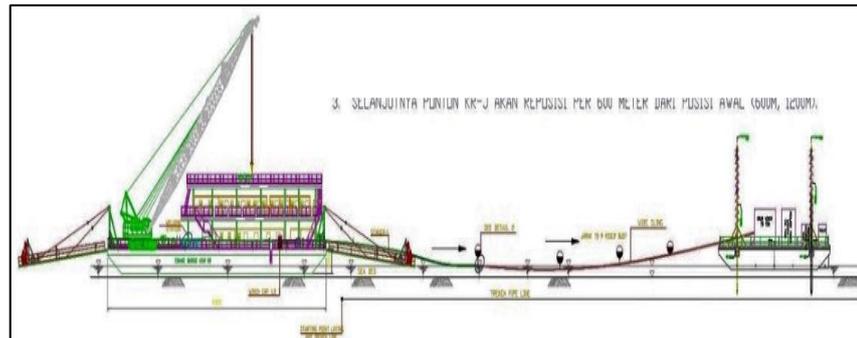
Gambar 2.19 *Pipelaying conventional/S-lay procedure* [24]

- Metode Non-konvensional/*Towing*

- *Bottom Pull*

Pekerjaan ini merupakan proses penurunan pipa menuju ke dasar laut sesuai garis sumbu *trenching* yang telah dibuat sebelumnya. Pipa diselondongkan melalui *ramp door/stinger* pada buritan *barge*. *Barge* diposisikan tetap/*stop* sesuai penempatan yang telah direncanakan dan diatur sebagai stasiun produksi utama. Kemudian, *barge/poonton* kecil sebagai stasiun penarik dan diposisikan di depan *barge* (stasiun produksi utama). *Barge/poonton* kecil dipindahkan ke titik 1 dibantu dengan *seatruck* pada saat air pasang dibawah 1 m. *Spud-can* pertama dan *spud-can* kedua dijatuhkan dibantu dengan *swamp backhoe*. *Swamp backhoe* akan menurunkan jangkar  $\pm 100$  m dari *barge/poonton* kecil. Dan pipa yang telah dipasangkan *wire*

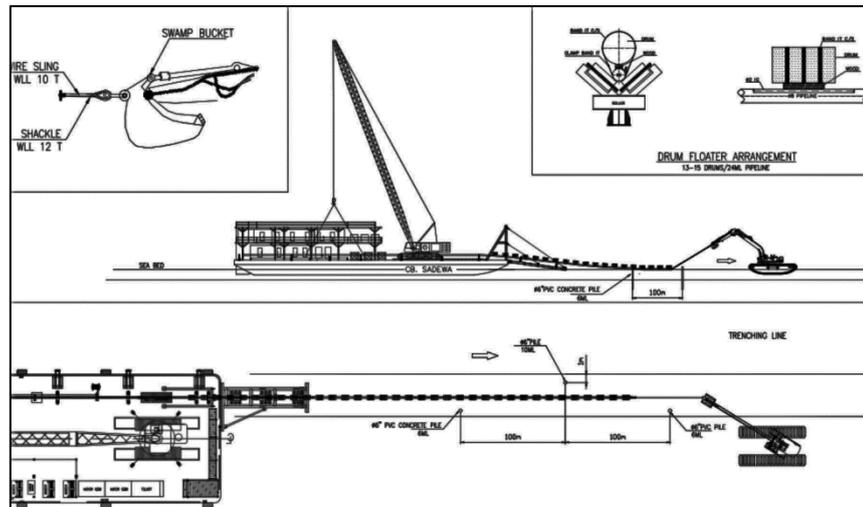
ditransfer dari *barge* ke *barge/ponton* kecil menggunakan *seatruck*. Dan perahu kayu akan memposisikan kabel anoda di paralel, *swamp backhoe* akan menggali lubang 7 m pada titik yang telah di *marking* oleh tim survei. Dan metode ini diperuntukkan pada area *site* yang dangkal atau rawa-rawa.



Gambar 2.20 *Bottom pull procedure* [25]

#### - *Push Pull*

Pekerjaan ini merupakan proses penurunan pipa menuju ke dasar laut sesuai garis sumbu *trenching* yang telah dibuat sebelumnya. Pipa diselondongkan melalui *ramp door/stinger* pada buritan *portside* lengkap dengan *roller support*. *Stinger* membantu menopang pipa. Posisi untuk membongkar *swamp backhoe* dan posisi untuk *barge* sesuai dengan *anchor pattern* dan dibantu oleh surveyor. Pipa dipasang kawat dorong dan *floating drum* sebelum diturunkan ke laut. Pipa didorong secara perlahan dengan menggunakan *air tugger winch* sampai pipa diturunkan ke air laut. *Swamp backhoe* akan memandu pipa untuk tetap berada di rute yang telah di *trenching*. Kabel/kawat pendorong dilepas dari sambungan ganda dua pipa sebelumnya, kemudian dipasang kembali ke sambungan ganda pipa selanjutnya. Kegiatan ini sampai semua pipa yang harus didorong ditarik diletakkan di atas air laut. Kemudian, *floating drum* dilepas secara bertahap jika *push pull* selesai.

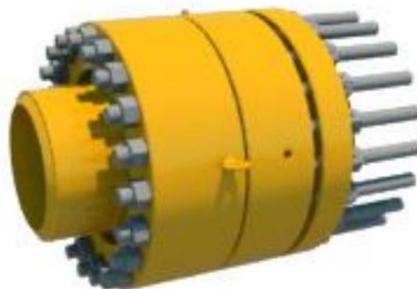


Gambar 2.21 Push pull procedure [25]

➤ *Subsea Tie-in*

Proses *tie-in* adalah proses penyambungan ujung *pipeline* terhadap ujung *riser* yang berada di dasar laut. Metode ini mungkin metode *tie-in* yang paling populer untuk *pipeline*. Penyelam diturunkan untuk mengukur dan kemudian membantu pemasangan pipa agar sesuai di antara dua ujung *pipeline* untuk berikutnya disambung menggunakan *flange* [13]. Proses detailnya adalah sebagai berikut:

1. Pada saat pipa *pipelaying* selesai dan pipa di *abandonment/deadman* (diselesaikan dan ditinggal di ujungnya) itu masih belum nyambung dengan pipa *riser*.
2. *Spool/dogleg* adalah bagian dari pipa untuk menyambung antara ujung *pipeline* dengan ujung pipa *riser* di *platform*.
3. Setiap ujung *pipeline* dan *riser* dipasang dengan *flange*.



Gambar 2.22 Flange connector [26]

4. Sehingga dua ujung dari *spool/dogleg* juga dipasang *flange*.
5. Lalu prosesnya disambung antara dua ujung *flange*.



Gambar 2.23 Proses pemasangan riser [24]

c) Precommissioning

Proses pelaksanaan pengujian pada *pipeline* yang telah diletakkan di dasar laut. Kegiatan kegiatannya meliputi:

➤ *Cleaning Inside Pipeline*

Pada kegiatan ini yang dilakukan adalah pembersihan bagian dalam *pipeline* dari *slack* akibat pengelasan dari dalam pipa.

➤ *Gauging*

Pada kegiatan ini yang dilakukan adalah bertujuan untuk pengecekan terhadap *pipeline*, apakah setelah diinstalasi terjadi *buckling* atau tidak. Caranya adalah dengan memasukkan lempengan pipa berbentuk semacam cincin kemudian dijalankan sepanjang *pipeline*, sama seperti proses *pigging*.

➤ *Flooding & Hydrotest*

*Flooding* dan *hydrotest* adalah pengisian air ke dalam *pipeline* yang bertujuan untuk membersihkan struktur bagian dalam *pipeline*. Selanjutnya kedua ujung *pipeline* diberi *valve*, dan kemudian air yang sudah ada diberi tekanan sesuai *design pressure* dari *pipeline* untuk mengecek apakah pipa mengalami kebocoran atau tidak setelah diberi tekanan.

➤ *Dewatering*

*Dewatering* adalah pengeluaran air yang berada di dalam *pipeline* hingga habis dan bersih. Kemudian *pipeline* akan mengalami proses pengelapan bagian dalam menggunakan alat. Proses ini biasa disebut *swabbing*.

➤ *Nitrogen Purgig*

Proses ini bertujuan untuk membuang atau mengeluarkan kadar oksigen (O<sub>2</sub>) dari dalam *pipeline* untuk mencegah kebakaran.

d) *Pemberian Backfill*

*Backfill* merupakan proses penimbunan kembali pada garis sumbu *trenching* yang telah dimasukkan *pipeline* menggunakan *swamp backhoe* untuk area *site* yang dangkal dan alat berat/*crane* yang telah dipasangkan *clamp shell* diatas *barge*. Pemberian *backfill* dengan penutupan beton, bahan-bahan alam, bahan urugan yang direkayasa untuk keperluan ini (*engineered backfill material-graded rock*). *Pipeline* diproteksi dengan cara ini agar *pipeline* terlindungi dari pukulan berulang karena aksi gelombang, dan pukulan jangkar yang dijatuhkan. Pemberian *backfill* pada pipa bawah laut sangat bermanfaat untuk menambah stabilitas pipa dan mengurangi resiko rusaknya pipa akibat gesekan jangkar kapal [7].

6. *Demobilization*

Proses pemindahan seluruh peralatan yang telah digunakan dan kapal *barge* yang digunakan ke tempat awal.

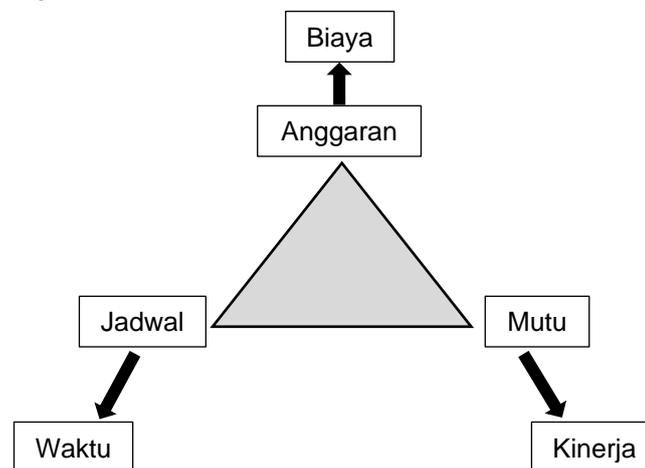
## 2.4 **Proyek**

Sebuah proyek merupakan suatu usaha atau aktivitas yang kompleks, mempunyai objektif yang spesifik yang harus diselesaikan, terdefinisi dengan jelas waktu awal dan akhirnya, mempunyai batas dana, menggunakan sumber daya (manusia, uang, peralatan, dsb), serta multifungsioanal dimana anggota proyek bias berasal dari departemen yang berbeda. Sebuah proyek juga dapat diartikan sebagai upaya atau aktivitas yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan-harapan penting dengan menggunakan anggaran dana serta sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu [27]. Proyek memiliki tiga karakteristik [28], yaitu:

1. Rangkaian kegiatan proyek tidak pernah terjadi sama persis, bersifat sementara, dan selalu terlibat grup pekerja yang berbeda-beda.[29]
2. Setiap proyek membutuhkan sumber daya, yaitu pekerja dan “sesuatu” (uang, mesin, metode, material).
3. Penyatuan visi dan misi dari sejumlah individu dengan keahlian, pemahaman, kepribadian dan ketertarikan yang bervariasi.

Didalam proses mencapai tujuan proyek, ada batasan yang harus dipenuhi. Batasan tersebut disebut tiga kendala (*triple constraint*) [29]. Ketiga kendala tersebut ialah:

1. Anggaran. Proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran. Untuk proyek dalam jumlah besar, anggarannya tidak hanya ditentukan secara total proyek, tetapi dipecah atas komponen-komponennya atau per periode tertentu. Dengan begitu penyelesaian proyek harus memenuhi sasaran anggaran per periode.
2. Jadwal. Proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan.
3. Mutu. Hasil kegiatan harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang disyaratkan.



Gambar 2.24 *Triple Constraint* [29]

Ketiga batasan tersebut bersifat Tarik menarik. Artinya, jika ingin meningkatkan hasil kualitas, maka berimbas pada biaya. Jika terjadi penekanan biaya, maka harus berkompromi dengan mutu atau jadwal.

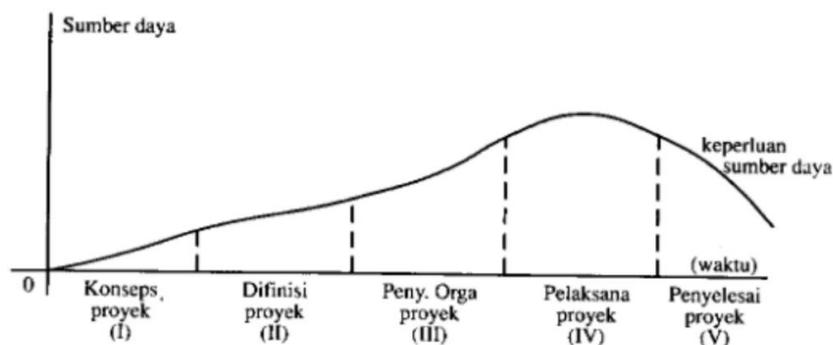
## 2.5 Manajemen Proyek

Suatu proyek membutuhkan manajemen proyek untuk perencanaan, penjadwalan, pengendalian proyek konstruksi, dan memaksimalkan pemakaian sumber daya untuk meminimalisasi masalah dalam proyek sehingga selesai tepat waktu. Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat

biaya dan tepat mutu [28]. Oleh sebab itu, maka konsep manajemen proyek meliputi [9]:

1. Proyek merupakan suatu kegiatan yang sifatnya sementara dengan tujuan tertentu memanfaatkan sumber daya yang ada.
2. Manajemen proyek adalah proses pencapaian tujuan proyek dalam suatu wadah tertentu.
3. Manajemen proyek meliputi langkah-langkah perencanaan, pelaksanaan, pengawasan dan penyelesaian proyek.
4. Kendala/hambatan proyek adalah spesifikasi kerja, jadwal waktu dan dana.
5. Bentuk organisasi yang dimaksud dalam manajemen proyek adalah organisasi fungsional, coordinator, dan tugas.

Setelah langkah-langkah tersebut dikuasai barulah memutuskan untuk mengambil keputusan untuk melakukan suatu investasi pada suatu proyek dengan tujuan mencari laba. Berikut adalah diagram siklus proyek.



Gambar 2.25 Siklus Proyek [9]

Tabel 2.1 Penjabaran Siklus Proyek [9]

Konsepsional Proyek	Defenisi Proyek	Penyusunan Organisasi	Pelaksanaan Proyek	Penyelesaian Proyek
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sasaran</li> <li>- Lingkup kerja</li> <li>- Keperluan</li> <li>- Kelayakan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rencana Anggaran</li> <li>- Jadwal</li> <li>- Dok. Tender</li> <li>- Komitmen Kerjasama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Struktur Organisasi</li> <li>- Pembentukan Tim</li> <li>- Tanggung jawab</li> <li>- Rencana Pelaksanaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pengelolaan</li> <li>- Pengendalian</li> <li>- Merencanakan Ulang</li> <li>- Pemecahan Masalah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penyusunan Dokumen</li> <li>- Penugasan Kembali</li> <li>- Pembubaran Organisasi</li> <li>- Penutupan Proyek</li> </ul>

## **2.5.1 Tahapan Umum Manajemen Proyek**

Adapun tahapan umum manajemen proyek untuk mencapai kesuksesan sebuah proyek yang teridentifikasi bila tercapai objektifnya yaitu, perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan/pengendalian.

### **2.5.1.1 Perencanaan Proyek (*Planning*)**

Perencanaan adalah suatu proses yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran termasuk menyiapkan segala sumber daya untuk mencapainya. Perencanaan memberikan pegangan bagi pelaksanaan mengenai alokasi sumber daya untuk melaksanakan kegiatan [29]. Secara garis besar, perencanaan berfungsi untuk meletakkan dasar sasaran proyek, yaitu penjadwalan, anggaran, dan mutu.

Dalam suatu proyek perencanaan merupakan bagian yang sangat penting mengingat perencanaan merupakan dasar yang digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan. Perencanaan suatu proyek meliputi berbagai hal [27], antara lain:

#### **1. Perencanaan Organisasi Proyek**

Organisasi secara umum dapat diartikan dua orang atau lebih yang melaksanakan suatu ruang lingkup pekerjaan secara bersama-sama sehingga tercipta struktur dengan bagian-bagian yang diintegrasikan sedemikian rupa, dengan kemampuan dan keahliannya masing-masing untuk mencapai tujuan sesuai yang direncanakan. Dengan adanya organisasi kerja yang baik diharapkan dapat memberikan hasil efisiensi yang tinggi dan tepat waktu. Oleh karena itu, pembentukan organisasi merupakan hal pertama yang harus direncanakan sebelum melakukan perencanaan yang lainnya.

#### **2. Perencanaan Penjadwalan Proyek**

Dalam perencanaan suatu proyek, penjadwalan adalah hal yang sangat penting dalam memproyeksikan kebutuhan sumber daya manusia, bahan/material dan peralatan. Penjadwalan merupakan tahapan menerjemahkan suatu perencanaan dengan skala waktu yang tepat. Dari penjadwalan tersebut dapat diketahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proyek, termasuk kegiatan-kegiatan yang ada didalamnya.

### 3. Perencanaan Sumber Daya Proyek

Perencanaan sumber daya proyek terdiri dari perencanaan sumber daya manusia, perencanaan sumber daya bahan/material, dan perencanaan sumber daya peralatan.

### 4. Perencanaan Biaya Proyek

Masalah keuangan merupakan hal yang sangat berpengaruh terhadap jalannya suatu proyek. Dalam hal ini, profitabilitas dan likuiditas terkait erat. Untuk menjamin adanya profitabilitas dan likuiditas proyek, maka perlu dibuat anggaran biaya proyek. Dengan demikian perencanaan terhadap biaya proyek merupakan perencanaan terhadap jumlah seluruh dana yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proyek, serta mengalokasikannya pada tiap-tiap pekerjaan yang ada.

#### **2.5.1.2 Pelaksanaan (*Actuating*)**

Pada tahap pelaksanaan suatu proyek mengacu pada perencanaan yang sudah diperhitungkan dengan matang, sehingga dalam pelaksanaan ini sebisa mungkin dihindari hambatan-hambatan yang dapat mengganggu kelancaran jalannya suatu proyek. Dalam kenyataan yang ada, seringkali pelaksanaan suatu proyek tidak sesuai dengan perencanaan. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya beberapa alasan sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan terhadap jadwal yang sudah disusun. Dengan adanya perubahan tersebut seringkali suatu proyek mengalami percepatan dan keterlambatan dalam pelaksanaannya.

Dalam kondisi normal, proyek direncanakan dengan biaya minimum dan dengan waktu pelaksanaan yang paling optimal. Pada suatu proyek yang mengalami keterlambatan, maka dapat melakukan percepatan proyek untuk mengejar keterlambatan dari yang telah dijadwalkan. Sedangkan pada kondisi proyek dipercepat maka proyek akan mempunyai waktu minimum dengan maksimum biaya yang mungkin. Akibatnya percepatan durasi kegiatan tentunya akan berpengaruh pada biaya kegiatan dan biaya total proyek. Dengan demikian harus ditentukan suatu komposisi biaya dan waktu yang paling optimal [27].

#### **2.5.1.3 Pengawas/Pengendalian (*Controlling*)**

Pengendalian akan mempengaruhi hasil akhir suatu proyek. Tujuan utama adalah meminimalisasi segala penyimpangan yang dapat terjadi selama berlangsungnya proyek. Tujuan dari pengendalian proyek yaitu optimasi kinerja

biaya, waktu, mutu, dan keselamatan kerja sehingga dapat menjadi kriteria sebagai tolak ukur [27]. Kegiatan yang dilakukan dalam proses pengendalian yaitu berupa pengawasan, pemeriksaan, maupun koreksi yang dilakukan selama proses implementasi.

### **2.5.2 Manajemen Waktu**

Manajemen waktu pada suatu proyek (*Project Time Management*) memasukkan semua proses yang dibutuhkan dalam upaya untuk memastikan waktu penyelesaian proyek [3]. Ada lima proses utama dalam manajemen waktu proyek, yaitu:

#### **1. Pendefinisian Aktivitas**

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 WBS (*Work Breakdown Structure*).

#### **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 realistis. 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.

### 2.5.3 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 [27], 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 untuk melaksanakan aktivitas proyek. Proses ini sangat berkaitan erat dengan proses estimasi biaya.

#### 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.

Variabel biaya (*cost*) merupakan suatu peranan yang sangat penting dalam manajemen konstruksi, dimana biaya harus dikendalikan semaksimal mungkin dalam waktu yang telah ditentukan. Pengendalian waktu harus memperhatikan faktor biaya, karena terdapat hubungan yang erat antara waktu penyelesaian proyek dengan biaya-biaya yang bersangkutan atau aktivitas pendukungnya [29]. Ada beberapa jenis biaya yang berhubungan dengan pembiayaan suatu proyek konstruksi, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung.

#### 2.5.3.1 Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya yang diperlukan langsung untuk mendapatkan sumber daya yang akan dipergunakan untuk penyelesaian proyek. Unsur-unsur yang termasuk dalam biaya langsung [29], yaitu:

##### 1. Biaya Material

Biaya material adalah biaya pembelian material untuk mewujudkan proyek itu termasuk biaya transportasi, biaya penyimpanan serta kerugian akibat kehilangan atau kerusakan material. Harga material didapat dari survei di pasaran atau berpedoman dari indeks biaya yang dikeluarkan secara berkala oleh Departemen Pekerjaan Umum sebagai pedoman sederhana.

##### 2. Biaya Upah

Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, biaya upah dibedakan menjadi tiga jenis, berikut:

- a) Upah harian. Besar upah yang dibayarkan persatuan waktu, misalnya harian tergantung pada jenis keahlian pekerja, lokasi pekerjaan, jenis pekerjaan dan sebagainya.

- b) Upah borongan. Besar upah ini tergantung atas kesepakatan bersama antara kontraktor dengan pekerja atas suatu jenis item pekerjaan.
  - c) Upah berdasarkan produktivitas. Besar upah ini tergantung atas banyak pekerjaan yang dapat diselesaikan oleh pekerja dalam satu satuan waktu tertentu.
3. Biaya Peralatan
- Unsur-unsur biaya yang terdapat pada biaya peralatan adalah modal, biaya sewa, biaya operasi, biaya pemeliharaan, biaya operator, biaya mobilisasi, biaya demobilisasi dan lainnya yang menyangkut biaya peralatan.
4. Biaya Sub-kontraktor
- Biaya ini diperlukan bila ada bagian pekerjaan diserahkan/dikerjakan oleh sub-kontraktor. Sub-kontraktor ini bertanggung jawab dan dibayar oleh kontraktor utama.

#### **2.5.3.2 Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)**

Biaya tidak langsung (*indirect cost*) ialah biaya yang diperlukan pada suatu proyek yang tidak dapat dihubungkan/terpisah dengan aktivitas tertentu pada proyek tersebut dan pada beberapa kasus tidak dapat dihubungkan pada proyek-proyek tertentu. Biaya tidak langsung dapat dibagi menjadi 2 jenis [29], yaitu:

1. Biaya Pengeluaran Umum (*General Overhead*)

Biaya pengeluaran umum (*general overhead*) adalah biaya yang dibutuhkan dalam suatu proyek, tetapi tidak dapat dihubungkan secara langsung pada kegiatan proyek tertentu. Contoh dari *general overhead* ialah biaya operasional kantor seperti utilitas, sewa, akuntan, pembelian dan penggajian pegawai.

2. Biaya Pengeluaran Proyek (*Project Overhead*)

Biaya pengeluaran proyek (*job or project overhead*) adalah biaya yang diperlukan pada suatu proyek tetapi tidak dapat dihubungkan secara langsung pada suatu aktivitas tertentu. Misalnya supervise lapangan (*site supervisor*), utilitas lapangan (*site utility*), asuransi proyek (*project insurance*) dan biaya penjadwalan (*scheduling cost*). Biaya tidak langsung cenderung meningkat bila durasi/waktu pelaksanaan proyek meningkat juga. Sebagai contoh kantor lapangan (*site office*), kantor lapangan biasanya disewa bulanan. Biaya dari

sewa kantor dan biaya tidak langsung yang lain akan meningkat sesuai berapa waktu pelaksanaan proyek tersebut.

## **2.6 Penjadwalan Proyek**

Perencanaan merupakan bagian terpenting untuk mencapai keberhasilan proyek konstruksi. Pengaruh perencanaan terhadap proyek konstruksi akan berdampak pada pendapatan dalam proyek itu sendiri. Hal ini dikuatkan dengan berbagai kejadian dalam proyek konstruksi yang menyatakan bahwa perencanaan yang baik dapat menghemat  $\pm 40\%$  dari biaya proyek, sedangkan perencanaan yang kurang baik dapat menimbulkan kebocoran anggaran  $\pm 400\%$  [28].

Secara umum dapat diartikan bahwa penjadwalan proyek merupakan sebuah jadwal proyeksi dari suatu proyek yang akan berfungsi sebagai pedoman utama dalam pelaksanaan 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, dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek. Dalam proses penjadwalan, penyusunan kegiatan dan hubungan antar kegiatan dibuat lebih terperinci dan sangat detail. Hal ini dimaksudkan untuk membantu pelaksanaan evaluasi proyek [27].

Selama proses pengendalian proyek, penjadwalan mengikuti perkembangan proyek dengan berbagai permasalahannya. Proses *monitoring* yang berkala selalu dilakukan untuk mendapatkan penjadwalan yang paling realistis agar alokasi sumber daya dan penetapan durasinya sesuai dengan sasaran dan tujuan proyek.

Adapun langkah-langkah dalam menentukan penjadwalan proyek, yaitu identifikasi aktivitas WBS (*Work Breakdown Structure*), penyusunan urutan kegiatan, perkiraan kurun waktu, dan penyusunan jadwal [29].

### **2.6.1 Identifikasi Aktivitas/WBS (*Work Breakdown Structure*)**

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

Dalam mengidentifikasi kegiatan sebaiknya tidak terlalu sedikit dalam pembagiannya karena akan membatasi keefektifan dalam perencanaan dan

pengendalian, juga sebaiknya tidak terlalu banyak dalam pembagiannya karena juga akan membingungkan bagi penggunanya. Dalam penentuan jumlah *level detail* WBS sebaiknya berdasarkan kebutuhan penggunaan *schedule*, tipe aktivitas (biaya, keamanan, kualitas), ukuran, kompleksitas, tipe proyek, pengalaman, peersediaan informasi yang didapat, dan karakteristik sumber daya. Dalam pengembangan WBS sebaiknya berdasarkan wilayah geografi, area konstruksi, elemen-elemen bangunan, jenis pekerjaan, dan departemen [27].

### **2.6.2 Penyusunan Urutan Kegiatan**

Setelah diurutkan menjadi komponen-komponen, lingkup proyek disusun kembali menjadi urutan kegiatan 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 informasi yang harus diperhatikan [27], 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.

### **2.6.3 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.

### **2.6.4 Penyusunan Jadwal (*Schedule*)**

Jaringan kerja yang masing-masing komponennya telah diberi kurun waktu kemudian secara keseluruhan dianalisa dan dihitung kurun waktu penyelesaian proyek, sehingga dapat diketahui jadwal induk dan jadwal untuk pelaksanaan pekerjaan dilapangan. Didalam penyusunan jadwal masukan-masukan yang diperlukan yaitu jenis-jenis aktivitas, urutan setiap aktivitas, durasi waktu aktivitas, kalender, *milestone*, dan asumsi-asumsi yang diperlukan.

Dari penjadwalan kita akan mendapatkan gambaran lamanya pekerjaan yang dapat diselesaikan, serta bagian-bagian pekerjaan yang saling terkait antara

satu dan lainnya. Penjadwalan dilakukan dengan menentukan urutan-urutan dimana aktivitas dimulai, ditunda, dan diselesaikan sehingga kebutuhan biaya dan pemakaian sumber daya disesuaikan menurut kebutuhan dan waktu pelaksanaannya. Ada beberapa metode yang biasa digunakan untuk merencanakan penjadwalan pada proyek konstruksi diantaranya *Bar Chart*, dan PDM (*Precedence Diagram Method*).

#### **2.6.4.1 Diagram Balok (*Bar Chart*)**

Dalam proyek konstruksi, metode penjadwalan yang sering digunakan adalah *bar chart*. *Bar chart* adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan dalam baris horizontal. Waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal dibagian sebelah kanan dari setiap aktivitas. Panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan biasanya aktivitas tersebut disusun berdasarkan urutan pekerjaannya [30]. Penggunaan *bar chart* lebih jauh digunakan sebagai alat control waktu dan biaya yang ditunjukkan dalam kurva S. Kelemahan *bar chart* ini adalah kurang dapat menjelaskan keterkaitan antara kegiatan yang satu dengan yang lainnya. Misalnya kegiatan fabrikasi *pipeline offshore* terjadi perubahan atau terlambat, perubahan tersebut tidak terlihat secara langsung mempengaruhi kegiatan lainnya, hal tersebut disebabkan tidak jelasnya hubungan antar kegiatan.

#### **2.6.4.2 *Precedence Diagram Method (PDM)***

Metode pembuatan diagram jaringan kerja proyek menggunakan simbol kotak sebagai representasi aktivitas proyek. Metode ini lebih memperlihatkan hubungan waktu. Pada PDM, aktivitas dinyatakan dalam bentuk kotak dan hubungan antar aktivitas dinyatakan dengan anak panah. Metode ini lebih populer dibandingkan dengan metode ADM dan lebih jelas dalam menggambarkan bentuk hubungan antar aktivitas. Metode PDM juga lebih banyak diadopsi pada *tool-tool* manajemen proyek. terdapat 4 bentuk ketergantungan pada metode PDM [30], yaitu:

1. FS (*Finish to Start*), suatu aktivitas tidak dapat dimulai selama aktivitas sebelumnya belum berakhir.
2. SS (*Start to Start*), suatu aktivitas tidak dapat dimulai selama aktivitas lain belum dimulai.

3. FF (*Finish to Finish*), suatu aktivitas tidak dapat diakhiri selama aktivitas lain berakhir.
4. SF (*Start to Finish*), suatu aktivitas tidak dapat diakhiri selama aktivitas A belum dimulai.

## **2.7 Aplikasi Penggunaan Software Primavera**

Pengelolaan proyek konstruksi bukan sebuah pekerjaan yang mudah. Ada banyak hal yang harus dikerjakan mulai dari perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, dan pengendalian proyek agar sesuai dengan tujuan awal. Proyek konstruksi dapat dikelola dengan baik dan mudah dengan bantuan aplikasi *Primavera Project Management* [31]. Pada kesempatan ini penulis menggunakan aplikasi *Primavera 6.0 (P6)* dengan fitur dan fasilitas yang lebih handal.

*Primavera Project Management* akan mempermudah mengerjakan proyek konstruksi mulai dari merancang proyek, membangun jaringan dan mengelola data secara mudah dan cepat. *Primavera* mempunyai beberapa keunggulan, diantaranya dapat menyimpan informasi proyek (*Resource & Cost*) dalam satu *database*, dan memisahkan data dalam bentuk yang berbeda, dengan informasi yang lengkap dan ditampilkan dalam satu grafik.

Dengan keunggulan tersebut maka pengelolaan proyek konstruksi dengan menggunakan *Primavera* dapat membantu para manajer proyek didalam WBS (*Work Breakdown Structure*), mengumpulkan data-data proyek untuk kemudian dilakukan pengimputan *resource* yang dibutuhkan (*labour, material, equipment, subcont, volume, dan harga satuan*), melakukan *monitoring* aktivitas pekerjaan, menampilkan informasi aktual tentang aktivitas proyek melalui tampilan kurva S, melakukan pengendalian hasil pekerjaan sesuai dengan yang telah disepakati, serta membuat hasil laporan pengendalian tersebut [31].

### **2.7.1 Tahapan Proyek yang digunakan pada Software Primavera**

Ada beberapa tahapan persiapan dalam perencanaan proyek konstruksi yang dapat dilakukan dengan menggunakan program *Primavera P6* [31]. Berikut adalah tahapan-tahapan tersebut:

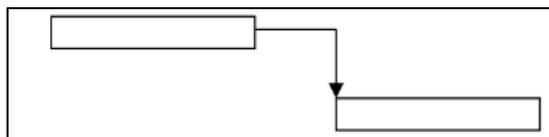
1. Perencanaan proyek. Perencanaan proyek dapat dijadikan sebuah *baseline* atau kerangka proyek dan data-data yang tersimpan merupakan suatu target sebagai laporan perencanaan proyek yang meliputi:
  - a) Penetapan tanggal dimulainya proyek,

- b) Penetapan tanggal berakhirnya proyek,
  - c) Penyusunan jenis-jenis pekerjaan yang ada,
  - d) Penentuan waktu yang dibutuhkan,
  - e) Penetapan hubungan antar pekerjaan,
  - f) Pembuatan perencanaan sumber daya,
  - g) Estimasi biaya yang diperlukan.
2. Pengawasan proyek. Penanggung jawab proyek akan mengendalikan jalannya proyek dengan menjalankan fungsi aktualisasi atau *tracking*.
  3. Laporan proyek. Mendapatkan *output* yang menunjukkan posisi proyek pada saat laporan dibuat yang meliputi:
    - a) Pembuatan *output file* yang sesuai dengan kebutuhan,
    - b) Pembuatan *filter* untuk melakukan seleksi dari setiap informasi yang akan ditampilkan pada sebuah laporan,
    - c) Pencetakan sebuah laporan tertulis.

### 2.7.2 Istilah-istilah pada *Software Primavera*

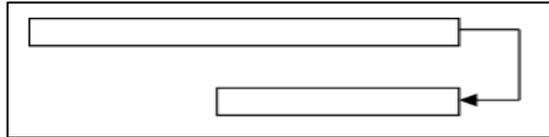
Ada beberapa istilah yang ditemukan pada program *Primavera P6*. Berikut istilah-istilah tersebut:

1. *Gantt table*. *Gantt table* adalah sekumpulan garis yang menunjukkan awal pekerjaan dan akhir pekerjaan yang direncanakan untuk item-item pekerjaan didalam suatu proyek konstruksi.
2. *Form aktivitas*. *Form aktivitas* adalah beberapa kolom yang menampilkan nama-nama pekerjaan serta durasi dan bobot pekerjaannya.
3. *Predecessor*. *Predecessor* merupakan hubungan keterkaitan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lain. Dalam *Primavera* dapat dimaksudkan dengan *relationship*. *Primavera* mengenal 4 macam hubungan antar pekerjaan [31], yaitu:
  - a) FS (*Finish to Start*). Suatu pekerjaan baru boleh dimulai jika pekerjaan yang lain selesai.



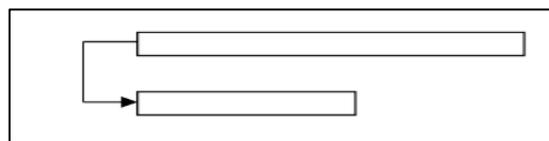
Gambar 2.26 Finish to start [31]

- b) FF (*Finish to Finish*). Suatu pekerjaan harus selesai bersamaan dengan selesainya pekerjaan yang lain.



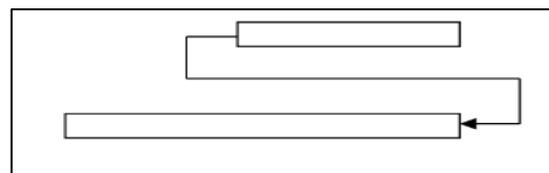
Gambar 2.27 Finish to finish [31]

- c) SS (*Start to Start*). Suatu pekerjaan harus dimulai bersamaan dengan pekerjaan lain.



Gambar 2.28 Start to start [31]

- d) SF (*Start to Finish*). Suatu pekerjaan baru boleh diakhiri jika pekerjaan lain dimulai.



Gambar 2.29 Start to finish [31]

4. *Resources*. Sumber daya, baik sumber daya manusia maupun material dalam *Primavera* disebut dengan *resources*.
5. *WBS (Work Breakdown Structure)*. *WBS* digunakan untuk mengorganisasikan pekerjaan proyek dan membagi pekerjaan-pekerjaan tersebut kedalam sub-sub pekerjaan yang dikelompokkan kedalam pekerjaan dan hubungan antara pekerjaan induk dan sub pekerjaan.