

## **TUGAS AKHIR**

# **STUDI OPTIMASI BIAYA ALAT BERAT PADA PEKERJAAN PONDASI DENGAN METODE TIME COST TRADE OFF PADA PROJECT PEMBANGUNAN TERMINAL LPG PRESSURIZED 4X3000 MT MEDAN-BELAWAN**

*Diajukan Untuk Memperoleh Syarat-Syarat  
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**NARWAN HIDAYAT**

**1607210114**



# **UMSU**

**Unggul | Cerdas | Terpercaya**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

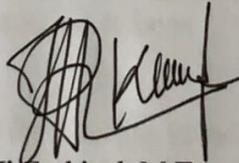
Nama Lengkap : Narwan Hidayat  
NPM : 1607210114  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Skripsi : Studi Optimasi Waktu Dan Biaya Alat Berat Pada Pekerjaan Pondasi Dengan Menggunakan *Metode Time Cost Trade Off* Pada Project Pembangunan Terminal LPG *Pressurized 4x3000 MT Medan-Belawan*  
Bidang Ilmu : Transportasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Agustus 2020

Mengetahui dan menyetujui:

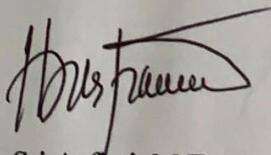
Dosen Pembimbing I



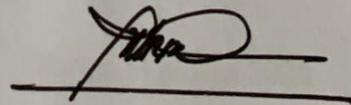
Ir.Hj Zurkiyah M.T

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing I



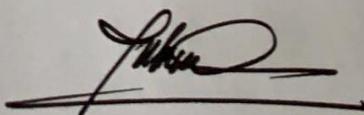
Ir. Sri Asfati, M.T



Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Narwan Hidayat  
Tempat / Tanggal Lahir : Medan / 04 April 1998  
NPM : 1607210114  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Studi Optimasi Waktu Dan Biaya Alat Berat Pada Pekerjaan Pondasi Dengan Menggunakan *Metode Time Cost Trade Off* Pada *Project* Pembangunan Terminal LPG *Pressurized 4x3000 MT* Medan-Belawan”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Agustus 2020

Saya yang menyatakan,

A rectangular stamp with a grid border. Inside the stamp, there is a circular emblem on the right side. Below the emblem, the text 'METERAI' and '5000' are visible. A handwritten signature in black ink is written across the stamp.

Narwan Hidayat

## ABSTRAK

### **STUDI OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA ALAT BERAT PADA PEKERJAAN PONDASI DENGAN METODE *TIME COST TRADE OFF* PADA PROJECT PEMBANGUNAN TERMINAL LPG PRESSURIZED 4X3000 MT MEDAN-BELAWAN (STUDI KASUS)**

Narwan Hidayat  
1607210114  
Ir.Hj ZURKIYAH M.T

Di dalam perencanaan suatu proyek di samping variabel waktu dan sumber daya, variabel biaya (*cost*) mempunyai peranan yang sangat penting. Biaya (*cost*) merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen, dimana biaya yang timbul harus dikendalikan seminim mungkin. Pengendalian biaya harus memperhatikan faktor waktu, karena terdapat hubungan erat antara waktu penyelesaian proyek dengan biaya-biaya proyek yang bersangkutan. Terjadinya keterlambatan pada pekerjaan pemancangan pondasi untuk tangki LPG *pressurized* Medan-Belawan merupakan kesalahan pengendalian ataupun manajemen biaya. Diketahui biaya awal yang dibutuhkan untuk pengoperasian alat berat *hydraulic jack* dan *service crane* pada pekerjaan pondasi tersebut ialah sebesar Rp 1.960.200.000 dengan jumlah total 480 titik dari 4 sub pekerjaan. Kemudian dengan menggunakan metode *time cost trade off* pada *project* pembangunan terminal LPG *Pressurized* 4x3000 MT Medan-Belawan maka hasil analisis diketahui Nilai produktivitas alat berat *hydraulic jack (vibratory pile driver)* dan *service crane* pada pekerjaan pondasi di *project* pembangunan terminal LPG *presurrized* 4x3000 MT ialah sebesar 0,75% dikarenakan 1 alat HSPD bisa memancang 6 batang tiang pancang dan dalam tempo waktu pekerjaan yang ada di pembangunan tersebut yaitu 8 jam/hari. Kemudian setelah di analisa maka diketahui besarnya biaya yang dibutuhkan dalam penambahan alat untuk pengoperasian pada pekerjaan pondasi tersebut ialah sebesar Rp 1.729.348.000.

Kata kunci: Produktivitas, HSPD, Manajemen biaya.

## ABSTRACT

### **OPTIMIZATION STUDY OF TIME AND HEAVY EQUIPMENT COSTS ON FOUNDATION WORK USING THE TIME COST TRADE OFF METHOD IN THE 4 X 3000 MT PRESSURIZED LPG TERMINAL CONSTRUCTION PROJECT, MEDAN-BELAWAN (CASE STUDY)**

Narwan Hidayat  
1607210114  
Ir.Hj ZURKIYAH M.T

*In planning a project, in addition to the time and resource variables, the cost variable has a very important role. Cost (cost) is one of the important aspects in management, where the costs incurred must be controlled to a minimum. Cost control must pay attention to the time factor, because there is a close relationship between the project completion time and the project costs concerned. The delay in foundation erection work for the Medan-Belawan pressurized LPG tank was a cost management or control error. It is known that the initial costs needed to operate the hydraulic jack heavy equipment and service cranes on the foundation work is Rp. 1,960,200,000 with a total of 480 points from 4 sub jobs. Then by using the time cost trade off method in the construction project of the LPG Pressurized 4x3000 MT terminal in Medan-Belawan, the results of the analysis show that the productivity value of the hydraulic jack (vibratory pile driver) and service crane on foundation work in the 4x3000 MT LPG terminal construction project is equal to 0.75% because 1 HSPD tool can stake 6 piles and within the time frame of the work in the construction is 8 hours / day. Then after analyzing it, it is known that the amount of costs needed to add tools for operation of the foundation work is Rp 1,729,348,000.*

*Keywords: Productivity, HSPD, Cost management*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Studi Optimasi Biaya Alat Berat Pada Pekerjaan Pondasi Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Project Pembangunan Terminal LPG Pressurized 4 X 3000 MT (Medan-Belawan)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Ir.Hj Zurkiyah MT. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Ir. Sri Asfiati MT selaku Dosen Pembimbing 1 dan penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain Selaku Dosen Pembimbing 2 dan penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Ibu Hj Irma Dewi, ST, Msi sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Teristimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Narno dan Ibunda tercinta Hamidah Lubis yang telah berjuang membesarkan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada penulis.

6. Seluruh civitas akademika Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis.
7. Teman dan rekan seperjuangan Teknik Sipil Dinda Tri Mutiara, Fahmi, Muhammad Dewangga, Wahyu Satria, Muhammad Ardiansyah, Alvin Dwi Rizky, M.Zikril Aulia dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik sipil.

Medan, Februari 2020

Penulis

Narwan Hidayat

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.5.1 Manfaat teoritis	3
1.5.2 Manfaat praktis	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Proyek Dan Manajemen Proyek	5
2.2 Biaya Proyek	5
2.2.1 Biaya langsung	5
2.2.2 Biaya tidak langsung	6
2.3 Penjadwalan Proyek	6
2.4 Mempercepat Waktu Penyelesaian Proyek	6
2.4.1 Pelaksanaan percepatan durasi	6
2.4.2 Hubungan waktu dan biaya	7
2.5 Metode <i>Time Cost Trade Off</i>	7
2.6 Produktivitas	9

2.6.1	Defenisi Produktifitas	9
2.6.2	Tipe produktivitas	10
2.6.3	Efisiensi kerja	11
2.7	Faktor Yang Mempengaruhi Pemilihan Alat Berat	12
2.8	Alat Berat Pada Macam-macam Proyek Konstruksi	13
2.9	Sumber Alat Berat	21
2.9.1	Alat berat yang dibeli oleh kontraktor	21
2.9.2	Alat berat yang disewa atau beli oleh kontraktor	21
2.9.3	Alat berat yang disewa oleh kontraktor	22
2.10	Biaya Alat Berat	22
2.10.1	Nilai waktu terhadap uang	22
2.10.2	Biaya kepemilikan alat berat	23
2.10.3	Depresiasi	23
2.11	Efisiensi Alat	24
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1	Bagan alir penelitian	26
3.2	Lokasi dan waktu penelitian	27
3.2.1	Lokasi penelitian	27
3.2.2	Waktu penelitian	28
3.3	Pengambilan data	28
3.3.1	Data primer	28
3.3.2	Data sekunder	31
3.4	Prosedur Pemancangan	32
3.5	Analisis Penelitian	33
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1	Produktivitas Alat Berat	35
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	45

## DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alat Berat HSPD	14
Gambar 2.2 Bagian-bagian HSPD	17
Gambar 2.3 Alat <i>Hydraulic Jack Pile Driver</i> (HSPD) kapasitas 420 Ton	19
Gambar 2.4 Detail Alat <i>Hydraulic Static Pile Driver</i> (HSPD)	19
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	26
Gambar 3.2 Lokasi penelitian	27
Gambar 3.3 Titik Pemancangan	27
Gambar 3.4 Alat HSPD Untuk Pemancangan Pondasi	28
Gambar 3.5 Proses Pengangkatan Tiang Pancang	29
Gambar 3.6 Proses Pengangkatan Tiang Pancang Ke Lokasi Titik Pemancangan	29
Gambar 3.7 Peneliti Sedang Memperoleh Sumber Data Lapangan Melalui Pekerja	30
Gambar 3.8 Proses Pengelasan Pada Tiang Pancang	30
Gambar 4.1 Grafik Biaya Kontrak Awal Untuk Pekerjaan Pondasi	36
Gambar 4.2 Grafik Biaya Denda Keterlambatan	38
Gambar 4.3 Grafik Biaya Penambahan 2 Alat Berat	39
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Total Biaya Pekerjaan	40
Gambar 4.5 Grafik Lama Pekerjaan Sebelum Penambahan Alat Berat	41
Gambar 4.6 Grafik Lama Pekerjaan Setelah Penambahan 2 Alat Berat	43
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Percepatan Waktu Pekerjaan Sebelum Dan Sesudah Penambahan Alat Berat	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Hydraulic Static Pile Driver</i>	15
Tabel 3.1 Jadwal Jam Kerja di Pekerjaan Pemancangan Pondasi LPG <i>Pressurized</i>	31
Tabel 3.2 Perjanjian Nilai Kontrak Untuk Pekerjaan Pondasi	32
Tabel 4.1 Perjanjian Nilai Kontrak Untuk Pekerjaan Pondasi	36
Tabel 4.2 Jumlah Denda Akibat Terjadinya Keterlambatan Pekerjaan Pondasi	37
Tabel 4.3 Biaya Penambahan 2 Alat Berat Disetiap Pekerjaan Pondasi	38
Tabel 4.4 Lamanya Waktu Pekerjaan Sebelum Penambahan Alat Berat	40
Tabel 4.5 Lamanya Waktu Pekerjaan Setelah Penambahan Alat Berat	42

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Annual
AP	= Actual Productivity
CM	= Centi Meter
C.RF	= Controllable Reduction Factor
CT	= Waktu Siklus
F	= Future
HSPD	= Hydraulic Static Pile Driver
I	= Interest
IP	= Ideal Productivity
LPG	= Liquefied Petroleum Gas
M	= Meter
MT	= Metrik Ton
OP	= Obtainable Productivity
P	= Present
RF	= Reduction Factor
S	= Salvage
T	= Time
TCTO	= Time cost trade off
UC.RF	= Uncontrollable Reduction Factor

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 latar Belakang

Perkembangan pusat dunia jasa konstruksi telah ditandai dengan adanya pembangunan gedung-gedung dan fasilitas lainnya yang semakin besar dan kompleks. Hal ini merupakan peluang bisnis sekaligus tantangan bagi masyarakat dunia usaha khususnya usaha jasa konstruksi. Dalam pengembangan proyek konstruksi berbagai hal dapat terjadi yang dapat menyebabkan bertambahnya waktu pelaksanaan dan membengkaknya biaya pelaksanaan (Kisworo, 2017).

Proyek pada umum memiliki batas waktu (*deadline*), artinya proyek harus diselesaikan sebelum atau tepat pada waktu yang telah ditentukan. Berkaitan dengan masalah proyek ini maka keberhasilan pelaksanaan sebuah proyek tepat pada waktunya merupakan tujuan yang penting baik bagi pemilik proyek maupun kontraktor. Aktivitas dalam suatu proyek bermacam-macam. Dalam aktivitas-aktivitas tersebut terdapat sumber daya yang ditugaskan, peralatan yang dibutuhkan, dan sebagai metode pelaksanaan yang diterapkan sehingga dapat diperkirakan durasi dan biaya untuk menyelesaikan tiap aktivitas. (Setiawan et al., 2012)

Pada pelaksanaan proyek konstruksi sering terjadi ketidaksesuaian antara jadwal rencana dan realisasi di lapangan yang dapat mengakibatkan penambahan waktu pelaksanaan dan pembengkakan biaya pelaksanaan. Keterlambatan dapat diatasi dengan melakukan percepatan dalam pelaksanaannya agar dapat mencapai target rencana.

Percepatan dapat dilakukan tidak hanya untuk mengatasi masalah keterlambatan. Apabila ada permintaan secara khusus dari *owner* untuk mempercepat proyek, maka percepatan tersebut juga dapat diterapkan pada proyek pembangunan terminal LPG *presurized* 4x3000 MT Belawan kecamatan Medan Belawan.

Waktu dan biaya sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dan kegagalan proyek. Tolak ukur keberhasilan proyek biasanya dilihat dari waktu penyelesaian

yang singkat dengan biaya yang minimal tanpa meninggalkan mutu hasil pekerjaan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang sebagaimana disajikan di atas, maka permasalahan yang diperlukan untuk tujuan adalah:

1. Berapa besar produktifitas alat berat yang digunakan pada *project* pembangunan terminal LPG *pressurized* 4 x 3000 MT?
2. Berapa perkiraan biaya alat *hydraulic jack (vibratory pile driver)* dan *service crane*?
3. Berapa biaya penambahan alat berat *hydraulic jack (vibratory pile driver)* pondasi akibat keterlambatan pekerjaan pondasi?

## 1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat berat yang digunakan adalah *hydraulic jack (vibratory pile driver)* dan *service crane* pada pekerjaan pondasi di *project* pembangunan terminal LPG *presurrized* 4 x 3000 MT.
2. Penelitian dilakukan pada cuaca cerah.
3. Tidak membahas alat berat pada pekerjaan lain selain pekerjaan pondasi.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mendapatkan nilai produktivitas alat berat *hydraulic jack (vibratory pile driver)* dan *service crane* pada pekerjaan pondasi di *project* pembangunan terminal LPG *presurrized* 4x3000 MT.
2. Mengetahui besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pengoperasian alat berat *hydraulic jack* dan *service crane* pada pekerjaan pondasi di *project* pembangunan terminal LPG *presurrized* 4 x 3000 MT.

3. Mengetahui biaya penambahan alat berat *hydraulic jack (vibratory pile driver)* pada pekerjaan pondasi di *project* pembangunan terminal LPG *pressurized* 4 x 3000 MT.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang didapat pada penelitian ini adalah:

### **1.5.1 Manfaat Teoritis**

1. Menambah wawasan bagi peneliti mengenai optimalisasi pengolahan alat berat pada pekerjaan pondasi terminal LPG *pressurized* 4 x 3000 MT.
2. Menambah referensi bagi pengamat tentang wacana manajemen proyek alat berat pengelolaan dan pemanfaatan yang lebih baik.

### **1.5.2 Manfaat Praktis**

1. Mengetahui cara proses pemancangan pada pembangunan terminal LPG *pressurized* 4 x 3000 MT.
2. Mengetahui bagaimana proses pemasangan alat *hydraulic jack* dan *service crane*.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada tugas akhir ini sebagai berikut:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Didalam bab ini akan menguraikan penjelasan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini akan menguraikan penjelasan mengenai biaya pada alat berat, atau landasan teori yang digunakan untuk memberikan penjelasan mengenai studi yang diterapkan di proyek dan penerapan pada proyek.

### BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan menampilkan bagaimana metode penelitian yang digunakan awal sampai akhir dan biaya untuk alat berat pada pekerjaan pondasi.

### BAB 4 ANALISA DATA

Pelaksanaan pekerjaan yang dibahas pada bab ini antara lain: pekerjaan pemancangan pada pondasi, dan biaya pada alat berat.

### BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran yang didapat dari data dan penulisan laporan tugas akhir.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Proyek dan Manajemen Proyek

Proyek merupakan suatu usaha/aktivitas yang kompleks, tidak rutin, dibatasi oleh waktu, anggaran, *resources*, dan spesifikasi performansi yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Manajemen proyek adalah aplikasi pengetahuan (*knowledges*), keterampilan (*skills*), alat (*tools*) dan teknik (*techniques*) dalam aktivitas-aktivitas proyek untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan proyek.

Manajemen proyek dilaksanakan melalui aplikasi dan integrasi tahapan proses manajemen proyek *initiating, planning, executing, monitoring* dan *controlling* serta akhirnya *closing* keseluruhan proses proyek tersebut (Santosa,2013).

#### 2.2 Biaya Proyek

Selama masa konstruksi, suatu proyek memerlukan berbagai jenis sumber daya (4M) antara lain tenaga kerja, material, metode dan peralatan. Kebutuhan sumber daya akan mempengaruhi masalah keuangan seperti masalah biaya dan pendapatan proyek. Biaya yang digunakan pada proyek adalah biaya total. Total biaya untuk setiap durasi waktu adalah jumlah biaya langsung dan biaya tidak langsung.(Di et al., 2016).

##### 2.2.1 Biaya Langsung

Biaya langsung secara umum menunjukkan biaya tenaga kerja (menggaji buruh, mandor, pekerja), material dan bahan yang diperlukan, peralatan, dan biaya untuk pemakaian peralatan yang mempunyai hubungan erat dengan aktivitas proyek.

Biaya langsung adalah semua biaya yang dikeluarkan secara langsung berhubungan erat dengan aktivitas proyek yang sedang berjalan. Biaya untuk

durasi waktu yang dibebankan (*imposed duration date*) akan lebih besar dari biaya untuk durasi waktu yang normal (Rani,2014).

### **2.2.2 Biaya Tidak Langsung**

Biaya tidak langsung tidak dapat dihubungkan dengan paket kegiatan dalam proyek. Biaya tidak langsung secara langsung bervariasi dengan waktu, oleh karena itu pengurangan waktu akan menghasilkan pengurangan dalam biaya tidak langsung.

Biaya tidak langsung adalah biaya yang diperlukan untuk kegiatan proyek api tidak berhubungan langsung dengan kegiatan yang bersangkutan. Bila pelaksanaan akhir proyek mundur dari waktu yang sudah direncanakan maka biaya tidak langsung ini akan menjadi besar. Menurut Widyatmoko (2008), biaya tidak langsung tersebut meliputi biaya *overhead*, biaya tidak terduga, dan keuntungan.

## **2.3 Penjadwalan Proyek**

Penjadwalan proyek merupakan pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan yang ada (Husen, 2011). Penjadwalan proyek terdiri dari metode *Gantt Chart*, kurva S, dan metode *networking* (jaringan kerja).

## **2.4 Mempercepat Waktu Penyelesaian Proyek**

Mempercepat waktu penyelesaian proyek berarti melakukan usaha untuk menyelesaikan proyek dengan durasi waktu yang lebih cepat (*crashing*). *Crashing* dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis (Evrianto,2004).

### **2.4.1 Pelaksanaan Percepatan Durasi**

Beberapa cara melaksanakan percepatan pada suatu aktivitas meliputi penjadwalan penambahan jam kerja (lembur), penambahan jumlah tenaga kerja, penggunaan peralatan berat dan perubahan metode konstruksi di lapangan (Frederika, 2010).

## 2.4.2 Hubungan Waktu dan Biaya

Dengan diadakannya percepatan proyek ini akan terjadi pengurangan durasi kegiatan. Besarnya biaya total sangat tergantung oleh lamanya waktu pelaksanaan proyek. Keduanya akan berubah sesuai dengan waktu kemajuan proyek walaupun tidak dapat dihitung dengan rumus tertentu, akan tetapi umumnya semakin lama proyek berjalan maka makin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan (Soeharto, 1999).

## 2.5 Metode *time cost trade off*

Evrianto (2004) berpendapat bahwa *time cost trade off* adalah suatu proses yang disengaja sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua pekerjaan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada pekerjaan yang berada pada jalur kritis.

*Time cost trade off* merupakan kompresi jadwal untuk mendapatkan proyek yang lebih menguntungkan dari segi waktu (durasi), biaya, dan pendapatan. Tujuannya adalah memampatkan proyek dengan durasi yang dapat diterima dan meminimalisasi biaya total proyek. Pengurangan durasi proyek dilakukan dengan memilih aktivitas tertentu berada pada jalur kritis. Selanjutnya melakukan kompresi dimulai dari lintasan kritis yang mempunyai nilai *cost slope* terendah. (Di et al., 2016)

Di dalam perencanaan suatu proyek di samping variabel waktu dan sumber daya, variabel biaya (*cost*) mempunyai peranan yang sangat penting. Biaya (*cost*) merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen, dimana biaya yang timbul harus dikendalikan seminimal mungkin. Pengendalian biaya harus memperhatikan faktor waktu, karena terdapat hubungan erat antara waktu penyelesaian proyek dengan biaya-biaya proyek yang bersangkutan.

Sering terjadi suatu proyek harus diselesaikan lebih cepat dari pada waktu normalnya. Dalam hal ini pimpinan proyek dihadapkan kepada masalah bagaimana mempercepat penyelesaian proyek dengan biaya minimum. Oleh karena itu perlu dipelajari terlebih dahulu hubungan antara waktu dan biaya. Analisis mengenai pertukaran waktu dan biaya disebut dengan *time cost trade off* (Pertukaran Waktu dan Biaya).

Didalam analisa *time cost trade off* ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Apabila waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang.

Ada beberapa macam cara yang dapat digunakan untuk melaksanakan percepatan penyelesaian waktu proyek. Cara-cara tersebut antara lain:

- a. Penambahan jumlah jam kerja (Kerja Lembur);
- b. Penambahan tenaga kerja;
- c. Pergantian atau penambahan peralatan;
- d. Pemilihan sumber daya manusia yang berkualitas;
- e. Penggunaan metode konstruksi yang efektif.

Cara-cara tersebut dapat dilaksanakan secara terpisah maupun kombinasi, misalnya kombinasi penambahan jam kerja sekaligus penambahan jumlah tenaga kerja, biasa disebut dengan giliran (*shift*), dimana unit pekerja untuk pagi sampai sore berbeda dengan unit pekerja untuk sore sampai malam.(M. R. A. Mandiyo Priyo, 2015)

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.

*Times cost trade off* adalah suatu proses yang disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis.(Aslam et al., 2015)

Novitasari (2014) menyebutkan bahwa mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Ada kalanya jadwal proyek harus dipercepat dengan berbagai pertimbangan dari pemilik proyek. Proses mempercepat kurun waktu tersebut disebut *crash* program.

Frederika (2010) menyatakan bahwa durasi percepatan maksimum dibatasi oleh luas proyek atau lokasi kerja, namun ada empat faktor yang dapat dioptimumkan untuk melaksanakan percepatan suatu aktivitas, yaitu meliputi penambahan jumlah tenaga kerja, penjadwalan lembur, penggunaan alat berat dan

pengubahan metode konstruksi di lapangan.

## 2.6 Produktivitas

Produktivitas merupakan hal penting yang harus diperhatikan, khususnya pada proyek konstruksi yang tergantung waktu dan biaya. Hwang *and* Liu (2010) menegaskan bahwa produktivitas merupakan tolok ukur keberhasilan suatu pekerjaan. Proyek konstruksi dapat dikatakan berhasil, jika diselesaikan dengan biaya dan waktu yang minimum, sehingga diperlukan prediksi produktivitas yang akurat untuk perencanaan dan kontrol operasi konstruksi.

### 2.6.1 Definisi Produktivitas

Definisi produktivitas yang dikemukakan para pakar berbeda-beda. Secara umum produktivitas didefinisikan sebagai hubungan antara *output* dan *input* yang dihasilkan dari suatu proses (Isnaniah, 2007; Tridian, 2009; dan O'Grady, 2009).

Produktivitas juga diartikan sebagai tingkatan yang mengindikasikan efisiensi sistem produksi (Bernold *and* AbouRizk, 2010) dengan pemanfaatan sumber-sumber untuk memproduksi barang-barang. Dalam konstruksi, Neil *and* Knack (1984) mendefinisikan produktivitas sebagai unit *output* produksi dibagi personil tiap jam masukan. Produktivitas dalam industri konstruksi dapat dideskripsikan dalam terminologi faktor kinerja, angka produksi, angka satuan orang-jam, dan lainnya (Dozzi *and* AbouRizk, 1993).

Dalam manajemen, produktivitas merupakan usaha untuk mengukur keefektifan manajemen keahlian, pekerja, material, peralatan, perkakas, dan ruang pekerjaan untuk menghasilkan sebuah penyelesaian bangunan, pabrik, struktur, atau fasilitas tetap lainnya dengan biaya terendah (Oglesby *et al.*, 1989).

Dari uraian di atas, pengertian produktivitas dikelompokkan menjadi 3, yaitu:

- 1) Rumusan umum bahwa produktivitas adalah hubungan dari apa yang dihasilkan (*output*) terhadap keseluruhan peralatan produksi yang dipergunakan (*input*) atau tingkatan yang mengindikasikan efisiensi sistem produksi.
- 2) Dalam konstruksi bahwa produktivitas adalah unit *output* produksi dibagi

personil atau peralatan tiap jam *input* atau produksi tiap alat atau personil yang digunakan.

- 3) Dalam manajemen bahwa produktivitas merupakan usaha mengukur keefektifan manajemen sumber daya untuk menyelesaikan pekerjaan dengan biaya rendah.

Hal ini menunjukkan bahwa produktivitas mempunyai pengertian yang berbeda-beda tergantung sudut pandang tinjauan atau terminologi kajiannya. Secara umum, produktivitas dapat digambarkan secara sederhana dengan perbandingan antara *output* dan *input* (Park, 2006; Wignjosoebroto, 2008). Pengertian produktivitas HSPD lebih mengacu pada terminologi konstruksi, yaitu sejumlah unit produk yang dihasilkan tiap jam, tiap hari, atau periode waktu lainnya. Pengertian produktivitas tersebut mempunyai muara yang sama dengan pengertian secara umum di atas, seperti yang ditunjukkan O'Grady (2009) dalam Pers. 2.1.

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{output}}{\text{total pekerjaan perhari}} \quad (2.1)$$

Sumber daya yang digunakan atau faktor *input* berupa semua atau beberapa sumber untuk memproduksi *output*. *Output* terdiri dari tenaga kerja, peralatan, material, modal, energi, waktu, dll., merupakan hasil nyata yang dihasilkan oleh suatu proses. Rasio antara *output* dan *input* ini dapat berbentuk *output* yang dihasilkan oleh aktivitas kerja dibagi dengan waktu kerja. *Output* dapat juga berupa pekerjaan terselesaikan dan *input* berupa jumlah jam kerja (Gibson, 2009). Proses aplikasi Pers. 2.1 untuk menentukan produktivitas pemancangan adalah dengan menghitung banyaknya tiang pancang yang dipancangkan (sebagai *output*) oleh HSPD (sebagai sumber daya yang digunakan) tiap satuan waktu.

### 2.6.2 Tipe Produktivitas

Produktivitas dapat dibedakan menjadi 3 tipe (Kim *et al.*, 2008), yaitu *Ideal Productivity (IP)*, *Actual Productivity (AP)*, dan *Obtainable Productivity (OP)*. *IP* merupakan produktivitas yang menganggap segala sesuatunya sempurna, sedangkan pada kenyataannya faktor-faktor produktivitas mempunyai

kesempurnaan yang terbatas, sehingga *IP* tidak dapat dihitung dan tidak dapat dicapai di lapangan. *AP* merupakan produktivitas yang dicapai di lapangan dan menunjukkan nilai produktivitas nyata melalui pengamatan langsung. *OP* merupakan nilai produktivitas tertinggi yang dapat dicapai di lapangan dengan kinerja terbaik dari suatu kelompok pekerja dan peralatannya, disebut juga dengan produktivitas optimum.

Faktor-faktor yang menghambat produktivitas untuk mencapai *IP* disebut *Reduction Factor (RF)*. *RF* terdiri dari: *C-RF (Controllable-RF)* yaitu *RF* yang dapat dikontrol (misalnya: rencana lapangan, jadwal rencana kerja, dan kesetiaan pekerja) dan *UC-RF (Uncontrollable-RF)* yaitu *RF* yang tidak dapat dikontrol (misalnya: kondisi cuaca dan kondisi lapangan).

### 2.6.3 Efisiensi Kerja

Produktivitas peralatan dipengaruhi oleh berbagai faktor, maka diperlukan angka efisiensi kerja sebagai faktor koreksi (Partanto, 2000; Nurhakim, 2004). Efisiensi kerja tergantung pada banyak faktor, antara lain: topografi, keahlian operator, pemilihan standar pemeliharaan dan hal-hal lain yang berkaitan dengan operasi alat (Komatsu, 2006). Penentuan besarnya efisiensi kerja sangat sulit diukur, karena banyak faktor yang mempengaruhi, tetapi berdasar pengalaman-pengalaman dapat ditentukan efisiensi kerja yang mendekati kenyataan (Rochmanhadi, 1985).

Alat *HSPD* mempunyai kesamaan prinsip kerja dengan *excavator* yaitu diam di tempat untuk beraktivitas. *Excavator* diam di tempat untuk menggali, mengangkat, dan membuang hasil galian dengan menggerakkan *bucket* pada *boom*, sedangkan *HSPD* diam di tempat untuk mencengkeram dan menekan atau menarik tiang pancang dengan menggerakkan *grip* pada *boom*.

Menurut Halpin (1990) dan Halpin *and* Riggs (1992) bahwa menit produktif tiap jam penggunaan peralatan akan bervariasi dengan kondisi kerja tertentu, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor: cuaca, tipe dan keberadaan peralatan, efektivitas manajemen, dan akses ke lokasi kerja. Faktor-faktor tersebut sulit diukur satu persatu, sehingga bila tanpa pengetahuan yang detail tentang kondisi kerja, maka dapat digunakan standar praktis dengan berasumsi pada kondisi rata-rata yaitu 50

menit tiap jam waktu produktif.

## 2.7 Faktor yang mempengaruhi pemilihan alat berat

Pemilihan alat berat dilakukan pada tahap perencanaan, dimana jenis, jumlah, dan kapasitas alat merupakan faktor-faktor penentu. Tidak setiap alat berat dapat dipakai untuk setiap proyek konstruksi. Oleh karena itu alat berat dapat dipakai untuk setiap proyek konstruksi. Oleh karena itu pemilihan alat berat yang tepat sangatlah diperlukan. Apabila terjadi kesalahan dalam pemilihan alat berat maka akan terjadi keterlambatan di dalam pelaksanaan, biaya proyek yang membengkak, dan hasil yang tidak sesuai dengan rencana.

Dalam pemilihan alat berat, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan sehingga kesalahan dalam pemilihan alat dapat dihindari. Faktor faktor tersebut antara lain:

a. Fungsi yang harus dilaksanakan

Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti untuk menggali, mengangkut, meratakan permukaan, dan lain-lain.

b. Kapasitas peralatan.

Pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang dipilih harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan.

c. Cara operasi

Alat berat dipilih berdasarkan arah (*horizontal* maupun *vertikal*) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan, dan lain lain.

d. Pembatasan dari metode yang dipakai

Pembatasan yang mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya, dan pembongkaran. Selain itu metode konstruksi yang dipakai dapat membuat pemilihan alat dapat berubah.

e. Ekonomi

Selain biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan faktor penting di dalam pemilihan alat berat.

f. Jenis proyek

Ada beberapa jenis proyek yang umumnya menggunakan alat berat. Proyek-proyek tersebut antara lain proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi,

pembukaan hutan, dam, dan lain-lain.

g. Lokasi proyek

Lokasi proyek juga merupakan hal lain yang diperhatikan dalam pemilihan alat berat. Sebagai contoh lokasi proyek di dataran tinggi memerlukan alat berat yang berbeda dengan lokasi proyek di dataran rendah.

h. Jenis dan daya dukung tanah

Jenis tanah di lokasi proyek dan jenis material yang akan dikerjakan dapat mempengaruhi alat berat yang akan dipakai. Tanah dapat dalam kondisi padat, lepas, keras, atau lembek.

i. Kondisi lapangan

Kondisi dengan medan yang sulit dan medan yang baik merupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat berat.

## **2.8 Alat berat pada macam-macam proyek konstruksi**

Peralatan dalam pekerjaan konstruksi diartikan sebagai alat lapangan (alat berat), peralatan laboratorium, peralatan kantor (misalnya komputer) dan peralatan lainnya.

Setiap proyek konstruksi memerlukan beberapa jenis alat berat, namun tidak mencakup semua alat berat yang ada. Jenis-jenis proyek yang pada umumnya menggunakan alat berat adalah proyek gedung, pelabuhan, jalan, dam, irigasi, dan lain-lain.

Alat berat yang digunakan antara lain adalah alat pemancang tiang pondasi, *crane*, *truck*, *concrete mixer* atau *concrete mixer truck*, alat pemadat, dan *HSPD* (*Hydraulic Static Pile Driver*) alat penggali seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1: Alat berat *HSPD* (PT. Barata Indonesia).

Dalam proyek konstruksi, khususnya pekerjaan pondasi, terdapat 2 jenis pondasi yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Salah satu pondasi dalam yang biasa digunakan adalah pondasi tiang pancang. Pondasi tiang pancang berfungsi meneruskan beban konstruksi di atasnya ke tanah keras, sebagai penopang konstruksi. Salah satu masalah yang timbul adalah bagaimana memasukkan tiang pancang ke dalam tanah sebagai pondasi bangunan. Masalah tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan mesin pancang. Mesin pancang merupakan sumber daya penting untuk menyelesaikan proyek pemancangan. Penggunaan mesin pancang harus mempertimbangkan kondisi proyek secara seksama dan mengembangkan alternatif yang memberikan potensi keberhasilan (Peurifoy *et al.*, 2006). Berbagai mesin pancang dapat digunakan untuk pemancangan dengan mempertimbangkan mekanisme kerja alat dan keuntungannya, sehingga tujuan pekerjaan dapat tercapai.

Sistem pemancangan yang relatif baru digunakan adalah *jacking system*, menggunakan alat *hydraulic jack-in pile* (Chow and Tan, 2010). *Hydraulic jack-in pile* adalah suatu alat pemancangan tiang pancang dengan menekan masuk tiang ke dalam tanah, menggunakan beban statis dongkrak hidrolik yang menggunakan imbalanced berat (*counterweight*) (Chan, 2006; Jackson, 2008). Alat

ini mempunyai maksimum gaya tekan 6000 kN (saat ini tersedia alat dengan gaya tekan 12.000 kN (Tianwei, 2013)), dapat memancang ukuran tiang 0,25 m sampai 0,6 m dengan beban desain lebih dari 2500 kN (Tan *and* Ling, 2001).

Salah satu alat *hydraulic jack-in pile* adalah *HSPD* yang mempunyai beberapa seri yaitu ZYB, ZYC, ZYJ, dan YJD (Alibaba, 2012). Seri, gambar, spesifikasi, tipe, dan kapasitas tekan alat tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.1. Masing-masing seri mempunyai beberapa tipe yang tergantung kapasitasnya. Misalnya ZYC 120 berarti alat *HSPD* seri ZYC tipe 120 dengan tenaga tekan 120 ton. Parameter alat *HSPD* seri YJD dan seri ZYC, sedangkan seri ZYB dan ZYJ hampir sama dengan seri ZYC.

Seri ZYB, ZYC, dan ZYJ memiliki model alat dan prinsip kerja yang sama. Model ini memiliki 2 mesin penggerak yaitu mesin *crane* dan mesin *HSPD*, sehingga memerlukan 2 operator. Seri YJD hanya memiliki satu mesin penggerak dengan 1 operator, sehingga memerlukan alat bantu *crane* untuk menyiapkan tiang pancang. Penggunaan alat seri YJD kurang efisien, karena memerlukan alat bantu *crane* dalam melaksanakan aktivitasnya, dan memerlukan ruang yang lebih besar untuk penempatan kedua alat. Jenis seri alat dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1: *Hydraulic Static Pile Driver* (Alibaba, 2012)

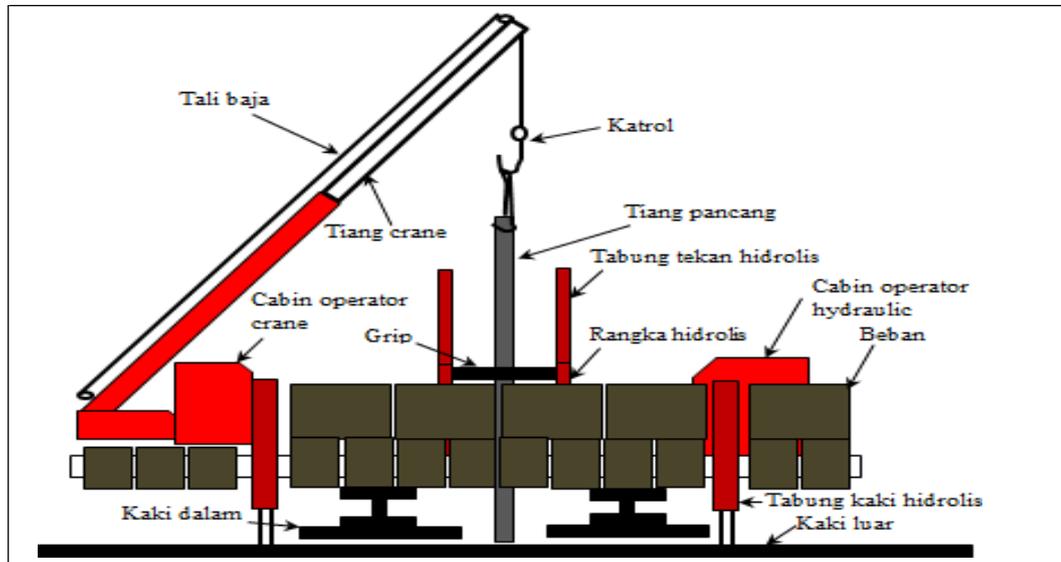
Seri Alat	Gambar alat	Spesifikasi	Tipe	Kapasitas tekan
ZYB		Memiliki 2 mesin penggerak, yaitu <i>crane</i> dan <i>HSPD</i> .	ZYB 120	120 ton-
		Menggunakan 2 operator.	ZYB 1000	1000 ton

Tabel 2.1: Lanjutan

`Seri alat	Gambar alat	Spesifikasi	Tipe	Kapasitas tekan
ZYC		<p>Memiliki 2 mesin penggerak, yaitu <i>crane</i> dan <i>HSPD</i>.</p> <p>Menggunakan 2 operator.</p>	<p>ZYC 80</p> <p>ZYC 1200</p>	<p>80 ton-</p> <p>1200 ton</p>
ZYJ		<p>Memiliki 2 mesin penggerak, yaitu <i>crane</i> dan <i>HSPD</i>.</p> <p>Menggunakan 2 operator.</p>	<p>ZYJ 120</p> <p>ZYJ 1000</p>	<p>120 ton-</p> <p>1000 ton</p>
YJD		<p>Memiliki 1 mesin penggerak, yaitu <i>HSPD</i>.</p> <p>Menggunakan 1 operator.</p>	<p>YJD 120</p> <p>YJD 400</p>	<p>120 ton-</p> <p>400 ton</p>

Bagian-bagian utama alat seri ZYB, ZYC, dan ZYJ yaitu: konstruksi rangka alat dengan dua kabin operator dan imbang berat yang bersifat portabel seperti

yang diilustrasikan pada Gambar 2.3 berdasar foto dari lapangan.



Gambar 2.2: Bagian-Bagian HSPD.

Alat HSPD digerakkan dengan energi listrik yang dibangkitkan oleh generator pembangkit yang terpisah dengan rangka alat. Seperti halnya robot, alat tersebut dapat bergerak maju, mundur, dan menyamping yang dikendalikan oleh operator HSPD. Jumlah pekerja pada alat HSPD sebanyak 5 orang yang terdiri dari 2 orang operator (*crane* dan HSPD), 1 orang tukang las, dan 2 orang pekerja yang bertugas mengikat tiang pancang untuk ditarik oleh *crane* dan memosisikan tiang pancang pada *grip* HSPD. Operator *crane* bertugas menyiapkan tiang pancang dari lokasi tumpukan tiang pancang hingga tiang pancang masuk ke *grip* HSPD, sedangkan operator HSPD bertugas menekan tiang pancang hingga masuk ke dalam tanah. Jika ada penyambungan tiang pancang maka dilakukan oleh tukang las.

Mekanisme pemancangan menggunakan alat HSPD (Habib, 2012) berdasarkan pengamatan lapangan. Mekanisme tersebut terdiri dari beberapa aktivitas, yaitu:

- a. Menyiapkan tiang pancang (dilakukan oleh pekerja dan operator *crane*), terdiri dari:
  1. Mengikat tiang pancang.
  2. Mengangkat tiang pancang hingga tegak.
  3. Memutar lengan *crane* hingga tiang pancang berada di atas lubang *grip* (klem tiang pancang).

4. Menurunkan tiang pancang hingga tiang pancang terjepit oleh *grip*.
- b. Menekan tiang pancang ke-1 (dilakukan oleh operator *HSPD*) hingga tiang pancang masuk ke dalam tanah, sedangkan operator *crane* menyiapkan tiang pancang berikutnya hingga posisi tiang siap dilas.
- c. Mengelas sambungan ke-1 (dilakukan oleh tukang las) hingga kedua tiang pancang terikat oleh las ikat.
- d. Menekan tiang pancang ke-2 dilakukan dengan cara yang sama dengan poin b.
- e. Memindahkan alat (dilakukan oleh operator *HSPD*) menuju titik pancang berikutnya.

Produsen menawarkan alat *HSPD* dengan menampilkan keunggulan alat ini yaitu: tidak gaduh, tidak ada getaran, sedikit polusi, tidak meninggalkan sampah di lokasi, dan cocok pada kondisi: lapisan lempung, tanah lunak, dan pasir. Selain itu, tenaganya konstan dengan sedikit kehilangan tenaga dan konsumsi energi hemat 30% (Tianwei, 2013). Alat ini cocok untuk lokasi proyek sensitif, seperti pada daerah padat penduduk dan lokasi yang sudah banyak bangunan, hal ini merupakan masalah untuk metode pemancangan lainnya (BPP, 2009). Alat ini juga menunjukkan pengurangan getaran tanah 10 sampai 50 kali dibanding *dynamic pilling* serta kebisingan yang ditimbulkan jauh di bawah yang lainnya (Whiteet al., 2002).

Berdasarkan parameter alat (Alibaba, 2012; Tianwei, 2013), alat *HSPD* mampu memancarkan tiang pancang bujursangkar berukuran 20 sampai 60 cm dan tiang pancang bulat berdiameter 30 – 80 cm dengan panjang tiap tiang 12 sampai 15 m. *HSPD* mempunyai gaya tekan hingga 1.200 ton dengan kecepatan tekan 0,8 sampai 7,8 m/menit, serta mampu bergerak maju atau menyamping pada lapisan tanah permukaan yang cukup padat. Khususnya pada *HSPD* seri ZYC tipe 120B-B, mampu memancarkan tiang pancang bujursangkar berukuran 20 sampai 30 cm dan tiang pancang bulat berdiameter 30 cm dengan panjang 12 m, gaya tekan 120 ton dengan kecepatan tekan 0,9 sampai 3,0 m/menit.

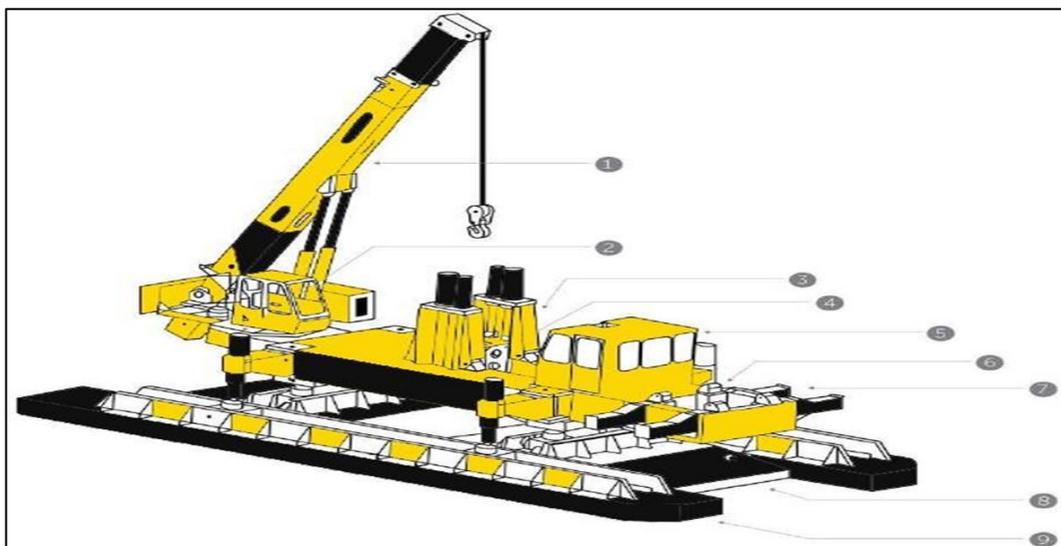
Alat ini sudah dilengkapi dengan *crane* sebagai alat angkat tiang pancang. Kelemahan *HSPD* ditunjukkan dengan berat alat yang cukup tinggi, sehingga memerlukan kondisi tanah permukaan yang cukup padat dengan

topografi yang datar, agar posisi alat stabil dan mudah melakukan gerakan, serta sulit dioperasikan untuk pemancangan di air.

Tiap seri alat dibatasi oleh gaya tekan tertentu, sehingga terbatas juga kemampuannya untuk menembus lapisan tanah atau *flens* yang keras. Mengingat kekuatan dan kelemahan alat *HSPD* itu, maka penggunaan alat harus mempertimbangkan faktor-faktor pemilihan alat seperti yang terlihat pada Gambar 2.4 dan Gambar 2.5 mengenai uraian dari setiap bagian *HSPD* itu sendiri.



Gambar 2.3: Alat *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD) Kapasitas 420 Ton.



Gambar 2.4: Detail alat *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD).

Berikut ialah detail dari tiap bagian HSPD pada Gambar 2.5:

1. *Crane*
2. *Vertical Momen Mechanism*
3. *Pilling Platform*
4. *Pile Clamping Box*
5. *Main Cabin*
6. *Side Pilling Instalation Set*
7. *Assistant Cantilever*
8. *Cross Motion and Rotary Mechanism/Short Base*
9. *Longitudinal Motion and Rotary Mechanism/Long Base*

Beberapa ketentuan untuk dapat dilakukannya pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang pancang sistem *jack-in pile*, yaitu sebagai berikut:

1. Lebar jalan menuju area proyek minimal 12 m dan dapat dilalui truk tronton untuk mengangkut material tiang pancang dengan beban sekitar 20 ton.
2. Pintu masuk ke area proyek dengan lebar minimal 4,5 m untuk jalan masuk alat pancang dan crane hidrolik serta truk.
3. Area diatas jalan masuk bebas dari kabel listrik/kabel telepon (minimal ada tinggi bebas 4,5 m yang dapat dilewati).
4. Untuk pekerjaan tiang pancang dalam bangunan, misalnya bangunan gudang, ketinggian bangunan minimal 9 m dan ada tempat dengan ketinggian 12 m untuk penyetelan alat pancang.

Ada beberapa macam kapasitas alat HSPD yang sering digunakan dalam pekerjaan proyek yaitu:

1. HSPD 120, Tekanan maksimum 120 ton, bisa untuk memancang tiang pancang kotak ukuran 20 x 20 cm sampai 35 x 35 cm, dan spun pile ukuran diameter 30 sampai 35 cm.
2. HSPD 150, Tekanan maksimum 150 ton, bisa untuk memancang tiang pancang kotak ukuran 20 x 20 cm sampai 35 x 35 cm, dan spun pile ukuran diameter 30 sampai 40 cm.
3. HSPD 240, Tekanan maksimum 240 ton, bisa untuk memancang tiang pancang kotak ukuran 20 x 20 cm sampai 45 x 45 cm, dan spun pile ukuran diameter 30 sampai 50 cm.

4. HSPD 320, Tekanan maksimum 320 ton, bisa untuk memancang tiang pancang kotak ukuran 20 x 20 cm sampai 50 x 50 cm, dan spun pile ukuran diameter 30 sampai 50 cm.

HSPD 420, Tekanan maksimum 420 ton, bisa untuk memancang tiang pancang kotak ukuran 20 x 20 cm sampai 55 x 55 cm, dan spun pile ukuran diameter 30 sampai 60 cm.

Faktor-faktor pertimbangan pemilihan alat pancang adalah: ukuran dan tipe tiang, jumlah tiang, karakter tanah, lokasi proyek, topografi lokasi, tipe *crane* yang ada, pemancangan di darat atau di air (Assakkaf, 2003; *Peurifoyet al.*, 2006), kedekatan dan keberadaan, ukuran alat, dampak kebisingan, pengaruh getaran, hambatan kerja, dan batasan jarak ruang gerak (*U.S. Army Corps of Engineers*, 2004).

## **2.9 Sumber Alat Berat**

Di dalam dunia konstruksi alat-alat berat yang dipakai dapat berasal dari bermacam-macam sumber, antara lain alat berat yang dibeli oleh kontraktor, alat berat yang disewa-beli, dan alat berat yang disewa.

### **2.9.1 Alat Berat yang Dibeli oleh Kontraktor**

Perusahaan konstruksi dapat membeli alat berat sebagai aset perusahaan. Keuntungan dari pembelian ini adalah biaya pemakaian per jam yang sangat kecil jika alat tersebut dipergunakan secara optimal. Keuntungan lain dari kepemilikan alat adalah bonafiditas bagi perusahaan konstruksi karena kadang-kadang dalam proses tender pemilik proyek melihat kemampuan suatu kontraktor berdasarkan alat yang dimilikinya.

### **2.9.2 Alat Berat yang Disewa atau Beli (*Leasing*) oleh Kontraktor**

Pengadaan alat juga dapat berasal dari perusahaan *leasing* alat berat. Sewa-beli alat umumnya dilakukan jika pemakaian alat tersebut berlangsung dalam jangka waktu yang lama.

Yang dimaksud dengan sewa-beli adalah pengadaan alat dengan pembayaran

pada perusahaan *leasing* dalam jangka waktu yang lama dan akhir masa sewa beli tersebut alat menjadi milik pihak penyewa. Biaya pemakaian umumnya lebih tinggi dari pada memiliki alat tersebut, namun terhindar dari resiko investasi alat yang besar di awal.

### **2.9.3 Alat Berat yang Disewa oleh Kontraktor**

Perusahaan konstruksi juga dapat mengadakan alat berat dari perusahaan penyewaan. Alat berat yang disewa umumnya dalam jangka waktu yang tidak lama. Biaya pemakaian alat berat sewa adalah yang tertinggi, akan tetapi tidak akan berlangsung lama karena penyewaan alat dilakukan pada waktu yang singkat. Pada metode ini juga perusahaan konstruksi terbebas dari biaya investasi alat yang cukup besar.

## **2.10 Biaya Alat Berat**

Biaya alat berat dapat dibagi di dalam dua kategori, biaya kepemilikan alat dan biaya pengoperasian alat. Kontraktor yang memiliki alat berat harus menanggung biaya yang disebut biaya kepemilikan alat berat (*ownership cost*). Pada saat alat berat dioperasikan maka akan ada biaya pengoperasian (*operation cost*).

Perhitungan biaya kepemilikan alat berat didasarkan pada ilmu ekonomi rekayasa. Pada ilmu ini uang mempunyai nilai terhadap waktu. Sebagai contoh nilai uang sebesar satu juta rupiah saat ini tidak akan sama nilainya dengan beberapa tahun yang akan datang. Atau dapat dikatakan terdapat nilai waktu terhadap uang (*time value of money*). Konsep dari nilai waktu terhadap uang dinotasikan dengan waktu (*time T*) dan bunga (*interest I*).

### **2.10.1 Nilai Waktu Terhadap Uang**

Dalam ilmu ekonomi rekayasa dikenal beberapa istilah yang berkaitan dengan kepemilikan alat berat, yaitu nilai pada tahun sekarang (*P, Present*), nilai pada  $n$  tahun yang akan datang (*F, Future*), nilai rangkaian seragam (*A, Annual*), nilai sisa aset pada akhir tahun ke- $n$  (*S, salvage*) dan jumlah tahun ( $n$ ).

### **2.10.2 Biaya Kepemilikan Alat Berat**

Biaya kepemilikan alat berat terdiri dari beberapa faktor. Faktor pertama adalah biaya investasi pembelian alat. Jika pemilik meminjam uang dari bank untuk membeli alat tersebut maka akan ada biaya bunga pinjaman. Faktor kedua adalah depresiasi atau penurunan nilai alat yang disebabkan bertambahnya umur alat. Faktor ketiga yang juga penting adalah pajak. Faktor keempat adalah biaya yang harus dikeluarkan pemilik untuk membayar asuransi alat. Dan faktor terakhir adalah biaya yang harus dikeluarkan untuk menyediakan tempat penyimpanan alat.

### **2.10.3 Depresiasi**

Depresiasi adalah penurunan nilai alat yang dikarenakan adanya kerusakan, pengurangan dan harga pasaran alat. Penurunan nilai alat ini berkaitan erat dengan semakin meningkat umur alat atau juga *out of date*. Perhitungan depresiasi diperlukan untuk mengetahui nilai alat setelah pemakaian alat tersebut selama suatu masa tertentu.

Selain itu bagi pemilik alat dengan menghitung depresiasi alat tersebut maka pemilik dapat memperhitungkan modal yang akan dikeluarkan di masa alat sudah tidak dapat digunakan dan alat baru harus dibeli. Dalam pelaksanaannya depresiasi juga dapat dimasukkan juga ke dalam biaya operasional pada perhitungan biaya perawatan alat berat.

Dilihat dari jenisnya maka ada tiga jenis penyusutan yaitu penyusutan fisik, penyusutan fungsional, dan penyusutan akibat perubahan ekonomi. Yang dimaksud dengan penyusutan fisik adalah berkurangnya kemampuan fisik sebuah aset karena aus. Akibat dari penyusutan fisik adalah meningkatnya biaya operasional dan pemeliharaan yang pada akhirnya akan menurunkan produktivitasnya dan keuntungan. Penyusutan fungsional biasanya terjadi karena alat dianggap telah kuno sehingga penentuannya lebih sulit dibandingkan dengan penyusutan fisik. Penyusutan fungsional salah satunya di akibatkan oleh berubahnya permintaan pasar karena munculnya mesin dengan teknologi baru. Penyusutan jenis ketiga yaitu penyusutan akibat perubahan ekonomi sangat sulit diramalkan.

## 2.11 Efisiensi Alat

Dalam pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan alat berat terdapat faktor yang mempengaruhi produktivitas alat yaitu efisiensi alat. Bagaimana efektivitas alat tersebut bekerja tergantung dari beberapa hal yaitu:

- a. Kemampuan operator pemakai alat;
- b. Pemilihan dan pemeliharaan alat;
- c. Perencanaan dan pengaturan letak alat;
- d. Topografi dan volume pekerjaan;
- e. Kondisi cuaca;
- f. Metode pelaksanaan.

Cara umum dipakai untuk menentukan efisiensi alat adalah dengan menghitung berapa menit alat tersebut bekerja secara efektif dalam satu jam. Contohnya jika dalam satu jam waktu efektif alat bekerja adalah 45 menit maka dapat dikatakan efisiensi alat adalah  $45/60$  atau  $0,75$ .

Dalam menentukan durasi suatu pekerjaan maka hal-hal yang perlu diketahui adalah volume pekerjaan dan produktivitas alat tersebut. Produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang dicapai (*output*) dengan seluruh sumber daya yang digunakan (*input*).

Namun, untuk mengetahui produktivitas alat pancang *jack-in pile* tipe *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD) ditinjau dari panjang tiang berdasarkan durasi/lamanya pemancangan maka digunakan Pers 2.3.

$$\text{Produktivitas } Q = \frac{\text{Kedalaman } q}{\text{waktu pemancangan CT}} \times \text{efisiensi kerja alat} \quad (2.2)$$

Pada umumnya dalam suatu pekerjaan terdapat lebih dari satu jenis alat yang dipakai. Sebagai contoh pekerjaan penggalian dan pemindahan tanah. Umumnya alat yang dipakai adalah *excavator* dan untuk menggali, *loader* untuk memindahkan hasil galian kedalam bak *truck* dan *truck* digunakan untuk pemindahan tanah.

Karena ketiga jenis contoh alat tersebut mempunyai produktivitas yang berbeda-beda, maka perlu diperhitungkan untuk mempersingkat durasi pekerjaan.

Salah satu cara menghitung jumlah alat adalah:

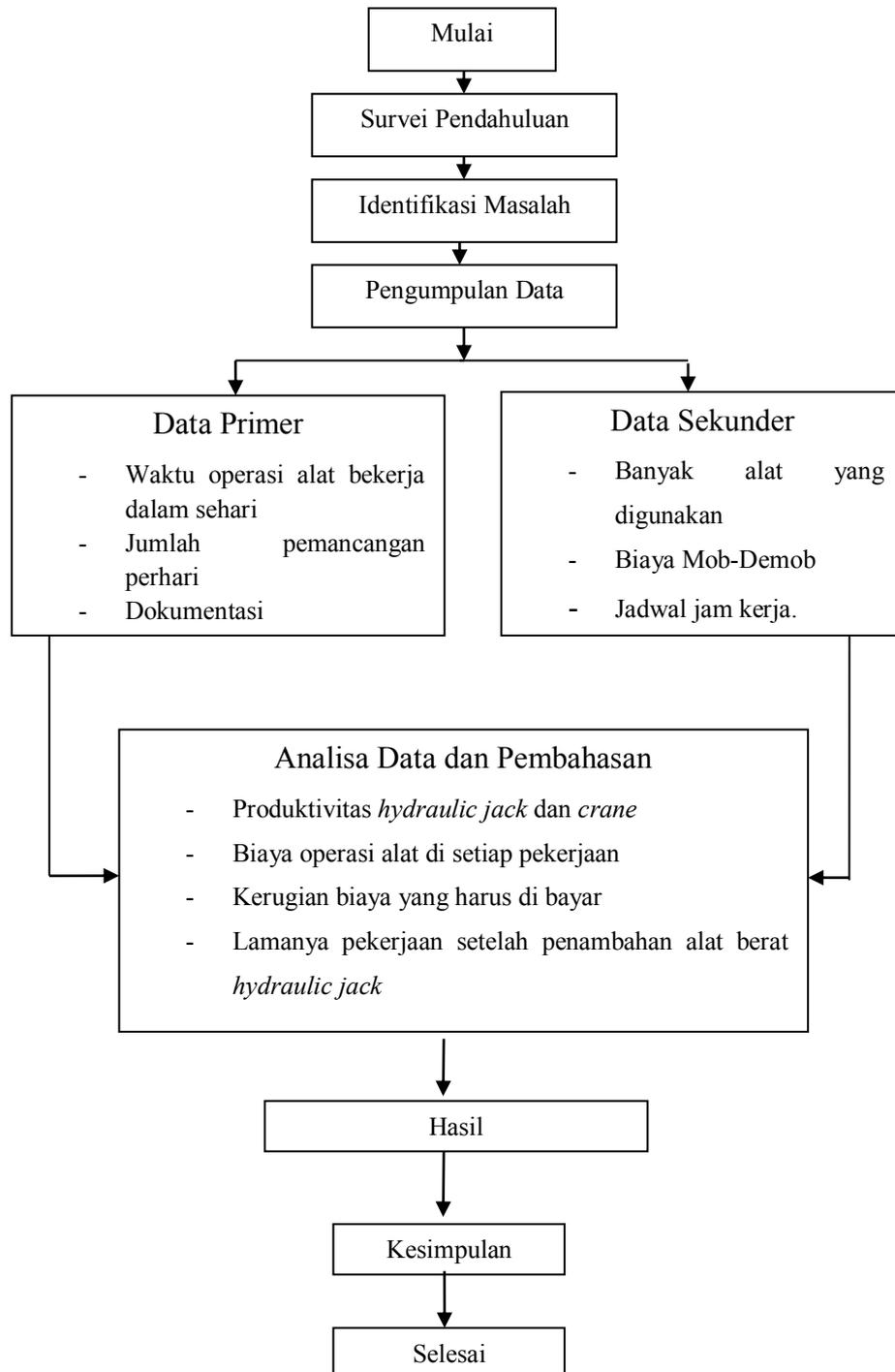
- a. Tentukan alat mana yang mempunyai produktivitas terbesar.
- b. Asumsikan alat dengan produktivitas terbesar berjumlah satu.
- c. Hitung jumlah alat jenis lainnya dengan selalu berpatokan pada alat dengan produktivitas terbesar.

Kemudian untuk menghitung Biaya mobilisasi dan demobilisasi alat HSPD yang dikeluarkan untuk 1 titik lokasi tiang pancang dari total seluruh lokasi titik pancang maka digunakan Pers 2.5.

$$\text{Biaya Per titik} = \frac{\text{Nilai total pekerjaan pemancangan}}{\text{jumlah total titik pemancangan}} \quad (2.3)$$

**BAB 3**  
**METODOLOGI PENELITIAN**

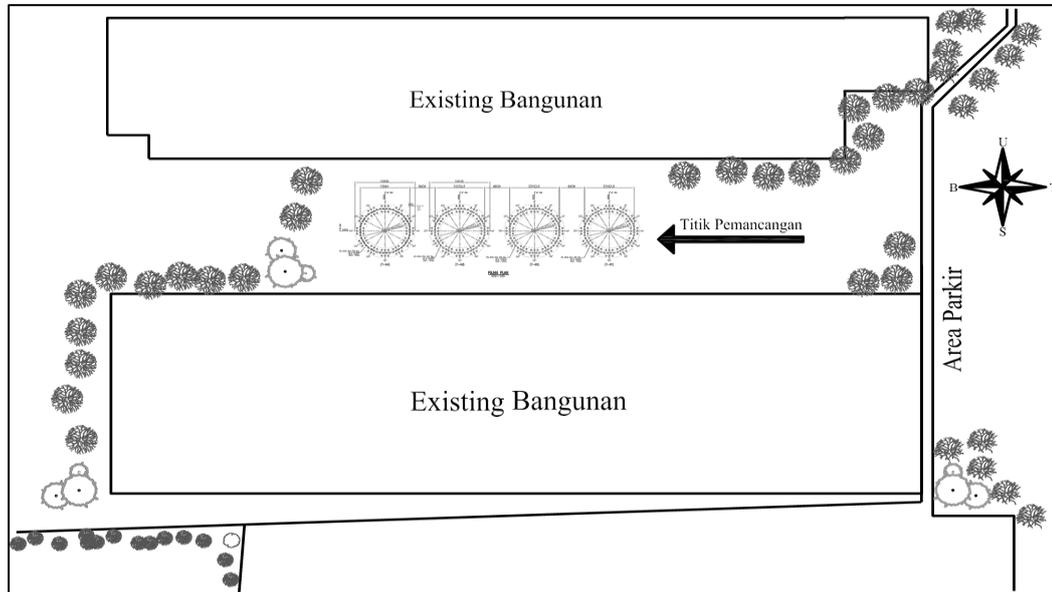
**3.1 Bagan Alir Penelitian**



Gambar 3.1 Bagan alir penelitian.

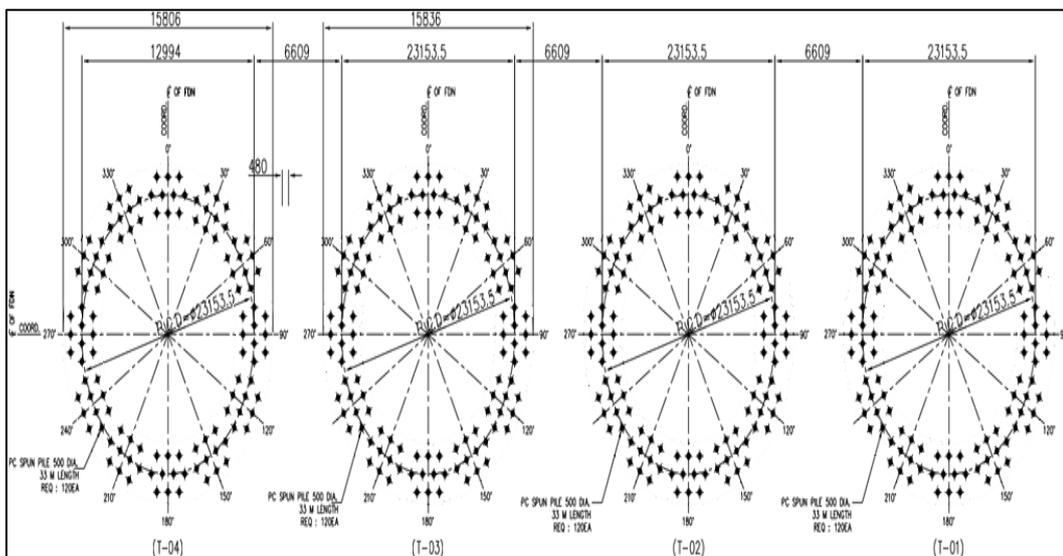
### 3.2 Lokasi Dan Waktu Penelitian

#### 3.2.1 Lokasi Penelitian



Gambar 3.2: Lokasi penelitian.

Lokasi dan waktu penelitian dilakukan di jalan minyak Kecamatan Medan Belawan Kabupaten Deli Serdang. Proyek ini dimulai pada Tanggal 28 Juli 2018 sampai dengan 27 Agustus 2020, dan pada saat penelitian proyek lagi bekerja pemancangan di Tanggal 5 Oktober 2019, detail pemancangan terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3: Titik Pemancangan

### 3.2.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan pada Tanggal 5 Oktober 2019 di jalan Minyak Kecamatan Medan Belawan Kabupaten Deli Serdang.

### 3.3 Pengambilan Data

Data yang diperoleh adalah data primer dan data sekunder. Data sekunder di peroleh dari PT. BARATA INDONESIA (persero) yang berada di jalan Medan-Binjai kecamatan Medan Sunggal.

#### 3.3.1 Data Primer

Data primer yang di dapat pada penelitian ini adalah:

- data terjadinya keterlambatan pada pekerjaan pemancangan pondasi untuk tangki LPG *pressurized* Medan-Belawan.
- Dokumentasi pada pekerjaan pemancangan pondasi untuk tangki LPG *pressurized* Medan-Belawanyang bisa dilihat pada Gambar 3.4 sampai Gambar 3.8.



Gambar 3.4: Alat HSPD untuk pemancangan pondasi



Gambar 3.5: Proses Pengangkatan Tiang Pancang



Gambar 3.6: Proses pengangkatan tiang pancang ke lokasi titik pemancangan



Gambar 3.7: Peneliti sedang memperoleh sumber data lapangan melalui pekerja



Gambar 3.8: Proses pengelasan pada tiang pancang

### 3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dalam format yang sudah tersusun atau terstruktur yang berasal dari instansi terkait yang berwenang adapun data yang diperoleh yaitu:

- a. *Schedule* jam kerja pada pekerjaan pemancangan pondasi untuk tangki LPG *pressurized* Medan-Belawan yang telah terlampir pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Jadwal jam kerja di pekerjaan pemancangan pondasi LPG *pressurized*.

No	Hari	Jadwal Kerja	
		Jam Masuk	Jam Keluar
1	Senin	08.00	17.00
2	Selasa	08.00	17.00
3	Rabu	08.00	17.00
4	Kamis	08.00	17.00
5	Jum'at	08.00	17.00
6	Sabtu	08.00	17.00

Seperti terlihat pada Tabel 3.1 bahwa tidak adanya waktu atau jam lembur pada pekerjaan tersebut.

- b. Data Jumlah Pemancangan perhari.

Pada 1 alat HSPD bisa memancang 6 batang tiang pancang dan penyewaan alat berat di kontrak perjanjian sebesar 2 alat berat HSPD. Jadi 1 hari pekerjaan pemancangan dalam 8 jam/hari bisa mencapai 12 batang tiang pancang dari 2 alat berat HSPD (*hydraulic static pile driver*).

- c. Biaya mobilisasi & demobilisasi alat.

Berikut ialah data yang didapat dari PT. BARATA INDONESIA (persero) pada pekerjaan pemancangan pondasi untuk tangki LPG *pressurized* Medan-Belawan yang telah terlampir pada Tabel 3.1.

Tabel 3.2: Perjanjian nilai kontrak untuk pekerjaan pondasi.

No	Uraian Pekerjaan	Hari	Harga (Rp)
1	Pekerjaan persiapan Mob-Demob alat HSPD	2	Rp 105.000.000
2	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,01	42	Rp 475.200.000
3	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,02	82	Rp 475.200.000
4	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,03	122	Rp 475.200.000
5	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 45 m, K600 T,04	167	Rp 534.600.000
		Total	RP 1.960.200.000

### 3.4 Prosedur Pemancangan menggunakan HSPD

Prosedur kerja *jacking pile* pada pekerjaan pondasi untuk tangki LPG *pressurized* Medan-Belawan terdiri dari beberapa tahap yaitu:

- a. melakukan koordinasi mengenai urutan kerja/prioritas dengan mempertimbangkan urutan penyelesaian pekerjaan yang diminta dan kemampuan akses kerja dengan tujuan utama adalah tercapainya produktivitas yang terbaik.
- b. Mengarahkan pile driver ke titik pemancangan dengan mengacu pada urutan yang telah disepakati.
- c. Tiang pancang diletakkan sedekat mungkin dengan lokasi pemancangan. Hal tersebut sangat disarankan agar menghindari terjadinya pemindahan berulang ulang yang dapat menimbulkan resiko tiang rusak.

- d. Membuat titik bantu agar membantu kontrol terhadap pergeseran pemancangan.
- e. Tiang yang akan dipancang diberi tanda/markings tiap 1 meter atau sesuai yang ditentukan.
- f. Proses pemancangan dimulai dengan memasukkan tiang pancang kedalam *grip/clamping box* kemudian *grip* digerakkan naik sampai batas atas dan akan mengikat/memegangi tiang. Tiang siap ditekan.
- g. Operator memeriksa HSPD, Unit dalam keadaan rata dengan bantuan “alatnivo” yang terdapat dalam ruangan operator. Kelurusan tiang dapat dikontrol dengan menggunakan waterpass.
- h. Pada ruang kontrol dilengkapi dengan manometer *oil pressure* untuk mengetahui tekanan yang diberikan kepada tiang pancang.
- i. Jika *grip* menekan sampai bagian pangkal lubang mesin, maka penekanan dihentikan dan *grip* bergerak naik untuk memulai melakukan pemasukan tiang pancang sambungan.
- j. Setelah tiang sambungan dijepit erat oleh *grip*, kemudian mulai dilakukan penekanan mendekati *bottom pile*, penekanan dihentikan jika tiang sudah bersentuhan. Proses pengelasan sambungan.
- k. Jika dalam proses penekanan tiang sudah tidak dapat ditekan lagi dimanater dapat sisa tiang pancang dipermukaan tanah, maka diperlukan pemotongan tiang pancang rata dengan tanah atau sesuai dengan elevasi yang telah direncanakan.
- l. Laporan pemancangan harus mendapat persetujuan dari pengawas dari pihak owner atau dari MK.

### 3.5 Analisis Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap sebagai berikut:

- a. Merumuskan masalah yang terjadi pada project pembangunan terminal LPG *pressurized*. Seperti biaya normal dan denda akibat terjadinya keterlambatan pekerjaan.
- b. Mengumpulkan data primer dan data sekunder.

- c. Mengetahui besarnya produktivitas alat berat *hydraulic jack pile driver* pada project pembangunan terminal LPG *pressurized* 4x3000MT dengan menggunakan Pers 2.1.
- d. Menganalisis *normal cost* dan *crash cost*. Pelaksanaan penambahan alat berat dilakukan pada kondisi normal dan penambahan dilakukan untuk menghindari denda yang ada dengan alternatif penambahan alat berat.
  - 1. *Normal cost* mengetahui biaya disetiap pekerjaan alat berat pada masing masing tangki LPG *pressurized*, dan perhitungan biaya denda yang sudah terjadi keterlambatan.
  - 2. Setelah melakukan analisis pada selanjutnya menghitung biaya penambahan alat berat HSPD (*hydraulic jack pile driver*) dengan biaya yang lebih murah atau hemat dengan menggunakan metode *time cost trade off* pada penelitian ini.
  - 3. Setelah mendapatkan hasil dari penambahan biaya alat berat, selanjutnya menghitung lamanya waktu pekerjaan di dengan biaya normal berapa lama waktu pekerjaan dan selanjutnya menghitung lamanya waktu pekerjaan setelah penambahan alat berat yang sudah ada.
- e. Membuat grafik perbandingan pada biaya *normal cost* dan biaya penambahan alat berat.
- f. Membuat grafik antara lamanya waktu pekerjaan dengan *normal cost* dan setelah penambahan alat dengan menggubakan metode *time cost trade off*.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Produktivitas alat berat

Mengingat pekerjaan yang ditinjau hanya biaya pekerjaan alat berat pada pondasi saja, maka produktivitas alat berat HSPD (*hydraulic static pile driver*) di analisa dengan menggunakan Pers.2.1

$$\text{Produktivitas} = \frac{6}{8} = 0,75$$

Produktivitas 1 alat berat HSPD (*hydraulic static pile driver*) ialah 0,75 karena 1 alat HSPD bisa memancang 6 batang tiang pancang dan penyewaan alat berat di kontrak perjanjian sebesar 2 alat berat HSPD. Jadi 1 hari pekerjaan pemancangan dalam 8 jam/hari bisa mencapai 12 batang tiang pancang dari 2 alat berat HSPD (*hydraulic static pile driver*). Namun jika dilihat dari segi efisiensi kerja, kedalaman  $q$  dan dengan menggunakan Pers 2.3 maka hasilnya ialah:

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas } Q &= \frac{40}{102} \times 0,75 \\ &= 0,29 \text{ m/menit (Untuk pemancangan dengan kedalaman 40m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas } Q &= \frac{45}{102} \times 0,75 \\ &= 0,30 \text{ m/menit (Untuk pemancangan dengan kedalaman 45m)} \end{aligned}$$

Kemudian untuk menghitung Biaya mobilisasi dan demobilisasi alat HSPD yang dikeluarkan untuk 1 titik lokasi tiang pancang dari total seluruh lokasi titik pancang maka digunakan Pers 2.5. Biaya per titik pekerjaan:

$$\text{untuk kedalaman 40 m} = \frac{475.200.000}{120} = 3.960.000$$

$$\text{untuk kedalaman 45 m} = \frac{534.600.000}{120} = 4.455.000$$

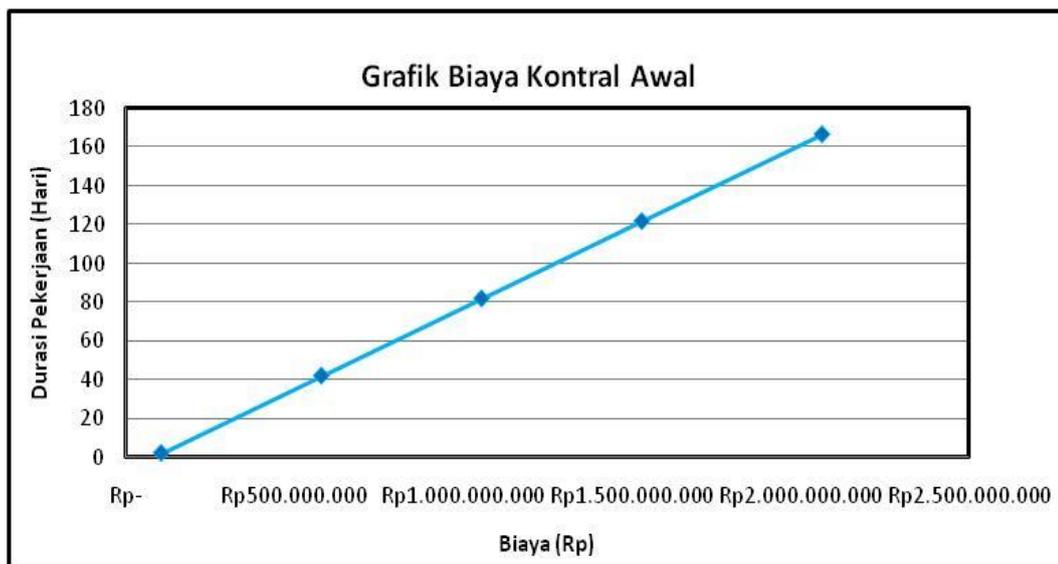
Maka biaya yang dikeluarkan untuk 1 titik lokasi tiang pancang dengan kedalaman 40 m yaitu Rp.3.960.000,- dan biaya yang dikeluarkan untuk 1 titik lokasi tiang pancang dengan kedalaman 45 m yaitu Rp.4.455.000,-

Selanjutnya ialah biaya awal perjanjian kontrak sebelum terjadi *crash cost* terlihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1:Perjanjian nilai kontrak untuk pekerjaan pondasi.

No	Uraian Pekerjaan	Hari	Harga (Rp)
1	Pekerjaan persiapan Mob-Demob alat HSPD	2	Rp 105.000.000
2	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,01	42	Rp 475.200.000
3	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,02	82	Rp 475.200.000
4	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,03	122	Rp 475.200.000
5	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 45 m, K600 T,04	167	Rp 534.600.000
		Total	RP 1.960.200.000

Selanjutnya data tersebut di analisa dalam bentuk grafik melalui aplikasi *Microsoft Excel* dan telah terlampir pada Gambar 4.1.



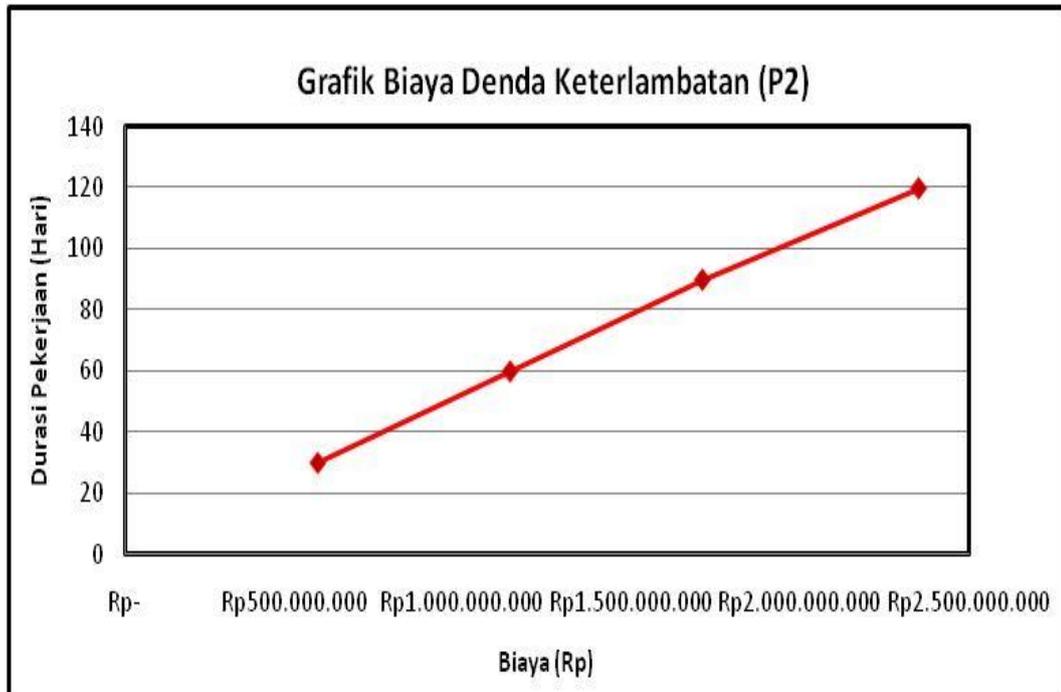
Gambar 4.1: Grafik biaya kontrak awal untuk pekerjaan pondasi.

Dalam penelitian ini, terjadi keterlambatan pekerjaan sebanyak 120 atau 4 bulan dari semua pekerjaan, sedangkan perjanjian awal pada kontrak peminjaman alat hanya 5,5 bulan jadi denda yang harus dibayar kepada penyewa alat dari pihak pertama ke pihak kedua sebesar 1%. Selanjutnya peneliti menghitung jumlah denda yang dikarenakan keterlambatan dari pekerjaan tersebut dan telah terlampir pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Jumlah denda akibat terjadinya keterlambatan.

No	Uraian pekerjaan	Hari	Bobot denda	Harga (Rp)	Harga total denda
1	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,01	30	1%	Rp 4.752.000	Rp 570.240.000
2	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,02	60	1%	Rp 4.752.000	Rp 570.240.000
3	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,03	90	1%	Rp 4.752.000	Rp 570.240.000
4	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 45 m, K600 T,04	120	1%	Rp 5.346.000	Rp 641.520.000
				Total	Rp 2.352.240.000

Selanjutnya data dari biaya denda keterlambatan dan durasi pekerjaan tersebut di analisa dalam bentuk grafik melalui aplikasi *Microsoft Excel* dan telah terlampir pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2: Grafik biaya denda keterlambatan.

Denda pada Tabel 4.2 sudah ada perjanjian didalam kontrak awal sebelum pekerjaan dimulai, dan denda tersebut sebesar 1% di setiap pekerjaan. Pada pekerjaan T,01-T,03 harga atau jumlah dendanya sama karena jumlah pondasinya sama yaitu 480 batang dan di T,04 berjumlah 540 batang. Jadi harga tidak langsung atau *crash cost* bisa digunakan untuk biaya penambahan alat dengan menggunakan metode TCTO (*Time Cost Trade Off*) dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Biaya penambahan 2 alat berat di setiap pekerjaan pondasi.

No	Uraian pekerjaan	Hari	Harga (Rp)
1	Pekerjaan persiapan Mob-Demob alat HSPD	2	Rp 144.000.000
2	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,01	32	Rp 263.848.000

Tabel 4.3: Lanjutan.

No	Uraian pekerjaan	Hari	Harga (Rp)
3	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,02	62	Rp 399.032.000
4	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,03	92	Rp 507.400.000
5	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 45 m, K600 T,04	122	Rp 415.068.000
		Total	Rp 1.729.348.000

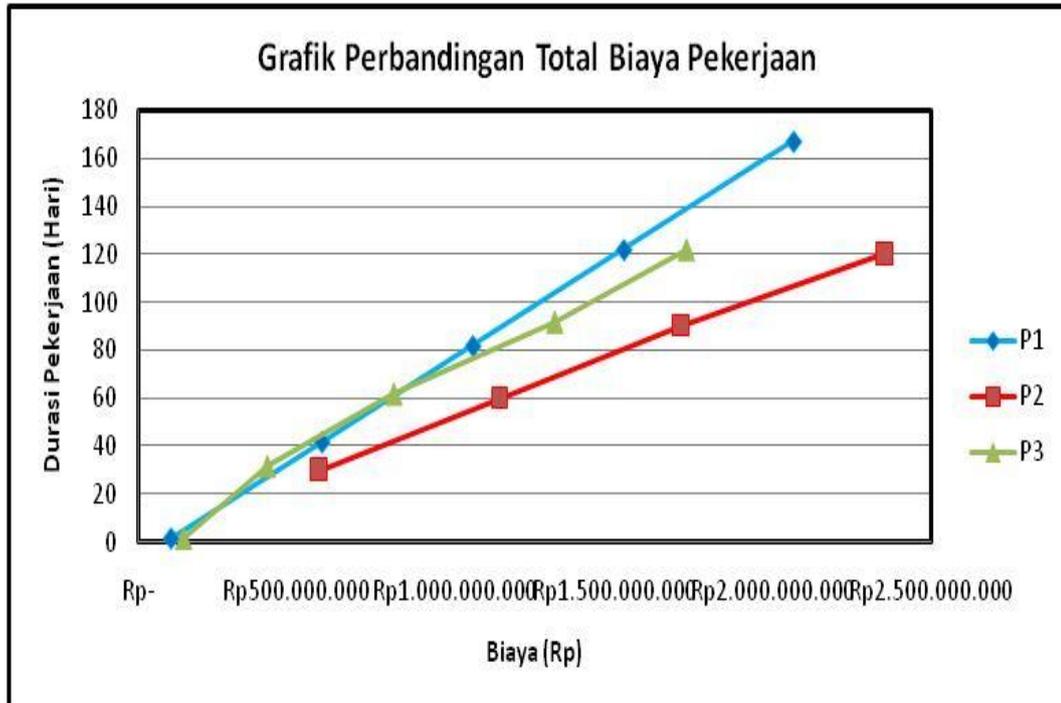
Selanjutnya data dari biaya penambahan alat dan durasi pekerjaan tersebut di analisa dalam bentuk grafik melalui aplikasi *Microsoft Excel* dan telah terlampir pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3: Grafik biaya penambahan 2 alat berat di setiap pekerjaan pondasi.

Hasil dari penambahan alat berat pondasi HSPD (*Hydraulic Static Pile Driver*) dengan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* lebih murah atau hemat, biaya denda yang harus dibayar pihak pertama yaitu PT Barata Indonesia

kepada pihak kedua yaitu PT Karya Serdang Indonesia sebesar Rp 2.352.240.000 disetiap pekerjaannya sebesar 1% dendanya bisa digunakan untuk membayarkan penambahan sewa 2 alat berat lainnya. Dan hasil dari ketiga gambar grafik melalui aplikasi *Microsoft Excel* bisa dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4: Grafik perbandingan total biaya pekerjaan.

Dan hasil lamanya waktu pekerjaan sebelum penambahan alat dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Lamanya waktu pekerjaan sebelum penambahan alat berat HSPD.

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah (batang)	Hasil per hari	Waktu pekerjaan (hari)
1	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,01	480	12	40

Tabel 4.4: Lanjutan.

No	Uraian Pekerjaan	Jumlah (batang)	Hasil per hari	Waktu pekerjaan (hari)
2	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,02	480	12	40
3	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,03	480	12	40
4	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 45 m, K600 T,04	540	12	45
			Total	165 hari/ (5,5 bulan)

Selanjutnya dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* dan didapatkan grafik lama pekerjaan sebelum adanya penambahan alat berat yang telah terlampir pada Gambar 4.5.



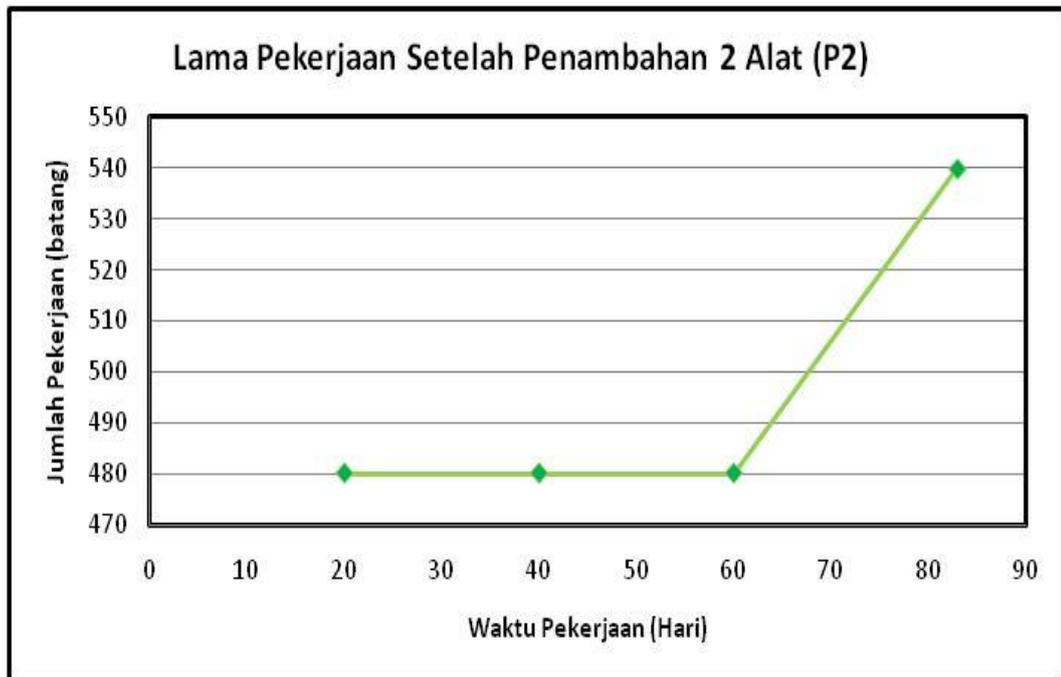
Gambar 4.5: Grafik lama pekerjaan sebelum penambahan alat berat.

Dan hasil lamanya pekerjaan setelah penambahan 2 alat berat HSPD dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5: Lamanya waktu pekerjaan setelah penambahan alat berat HSPD.

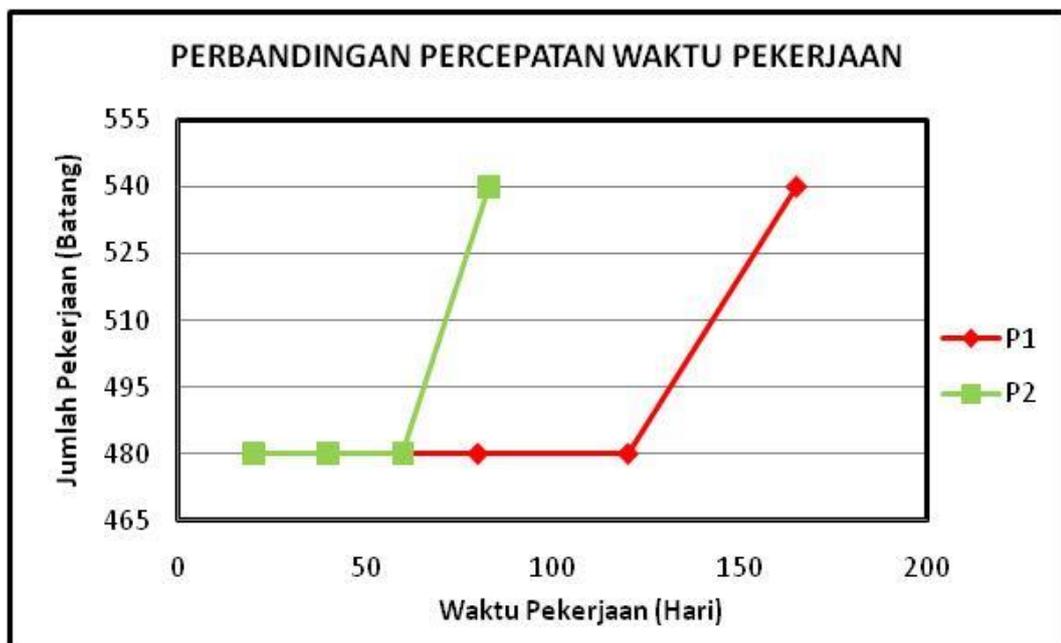
No	Uraian Pekerjaan	Jumlah (batang)	Hasil per hari	Waktu pekerjaan (hari)
1	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,01	480	24	20
2	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,02	480	24	20
3	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 40 m, K600 T,03	480	24	20
4	PC spun pile Ø500 mm, 120 titik, 45 m, K600 T,04	540	24	23
			Total	83 hari/ (2 bulan 23 hari)

Selanjutnya dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* dan didapatkan grafik lama pekerjaan setelah adanya penambahan alat berat yang telah terlampir pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6: Grafik lama pekerjaan setelah penambahan 2 alat berat HSPD.

Kemudiandengan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* dan didapatkan perbandingan percepatan waktu pekerjaan antara sebelum dan sesudah adanya penambahan alat berat yang telah terlampir pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7: Grafik perbandingan percepatan waktu pekerjaan sebelum dan sesudah penambahan alat berat.

Terlihat dari Gambar 4.7 adanya perbedaan yang drastis atau bisa dikatakan signifikan dengan adanya penambahan alat berat yang berguna untuk mempercepat waktu pekerjaan. Jadi hasil dari perhitungan mulai dari nilai uang dan lamanya hari pekerjaan akan lebih hemat dan lebih cepat dengan menggunakan metode *time cost trade off*. Dan uang denda yang dibayar pihak pertama kepada pihak kedua bisa digunakan untuk biaya penambahan sewa 2 alat berat HSPD (*hydraulic static pile driver*).

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan hasil studi optimasi waktu dan biaya alat berat pada pekerjaan pondasi dengan menggunakan metode *time cost trade off* pada *project* pembangunan terminal LPG *Pressurized 4x3000* MT Medan-Belawan seperti dijelaskan pada bab sebelumnya. Selain itu dibahas kelemahan studi dan saran-saran untuk studi lanjutan.

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi mengenai optimasi waktu dan biaya alat berat pada pekerjaan pondasi dengan menggunakan metode *time cost trade off* pada *project* pembangunan terminal LPG *Pressurized 4x3000* MT Medan-Belawan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai produktivitas alat berat *hydraulic jack (vibratory pile driver)* dan *service crane* pada pekerjaan pondasi di *project* pembangunan terminal LPG *presurrized 4x3000* MT ialah sebesar 0,75% dikarenakan 1 alat HSPD bisa memancang 6 batang tiang pancang dan dalam tempo waktu pekerjaan yang ada di pembangunan tersebut yaitu 8 jam/hari.
2. besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pengoperasian alat berat *hydraulic jack* dan *service crane* pada pekerjaan pondasi tersebut ialah sebesar Rp 1.960.200.000 dengan jumlah total 480 titik dari 4 sub pekerjaan.
3. Setelah di analisa pada Bab 4 maka diketahui besarnya biaya yang dibutuhkan dalam penambahan alat pada pekerjaan pondasi tersebut ialah sebesar Rp 1.729.348.000.

#### 5.2 Saran

1. Penjadwalan proyek sebaiknya disesuaikan dengan tanggal aktivitas aktual agak tidak mengalami kerugian yang fatal di kedepannya.

2. Untuk pengerjaan metode *Time Cost Trade Off* harus dilakukan iterasi/ perulangan sampai penjadwalan tersebut tidak bisa di *crashing* lagi sehingga bisa didapatkan biaya optimum.
3. Alternatif tambahan percepatan sebaiknya juga memakai waktu lembur pada pekerjaan tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afifuddin, M., & Rani, H. A. (2015). Analisa Waktu Dan Biaya Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus: Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung Dprk Aceh Timur Tahap I). *Jurnal Teknik Sipil*, 4(3), 241–248. <https://doi.org/10.24815/jts.v4i3.12404>
- Ardika, O. P. C., Sugiarto, & Handayani, F. S. (2014). Analisis Time Cost Trade Off dengan Penambahan Jam Kerja pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor Ring Road Seksi II A). *E-Journal Matriks Teknik Sipil*, (September), 273–280.
- Aslam, A., Indriyani, R., Sipil, J. T., Teknik, F., Teknologi, I., Nopember, S., ... Hakim, R. (2015). *Analisa Time Cost Trade Off pada Proyek Pasar Sentral Gadang Malang*. 4(1).
- Brawijaya, P. U. (n.d.). *Kata Kunci: Time cost trade off percepatan pembangunan proyek, efisiensi*.
- Di, P., Lampung, B., Ma, A., & Mela, A. F. (2016). Analisis Time Cost Trade Off Untuk Mengejar Keterlambatan Pelaksanaan. *Jurnal Rekayaa*, 20(1).
- Dwiretnani, A., & Daulay, I. A. (2019). Kinerja Alat Hydraulic Static Pile Driver (HSPD) Pada Proyek Perluasan Terminal Bandara Sultan Thaha Jambi. *Jurnal Talenta Sipil*, 2(2), 67. <https://doi.org/10.33087/talentasipil.v2i2.20>
- Frederika, A. (2010). ANALISIS PERCEPATAN PELAKSANAAN DENGAN MENAMBAH JAM KERJA OPTIMUM PADA PROYEK KONSTRUKSI (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Badung). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14(2), 113–126.
- Jaya, A. A., Yakin, K., & Bustamin, M. O. (2019). Kajian Pengaruh Percepatan Waktu Pekerjaan Konstruksi Terhadap Biaya Proyek Bess Mansion Apartement Surabaya. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 2(2), 69. <https://doi.org/10.25139/jprs.v2i2.1930>
- Kisworo, R. W. (2017). Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur Dan Jumlah Alat. *Matriks Teknik Sipil*, (September 2017), 766–776.
- Mandiyo Priyo, M. R. A. (2015). *Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia*. 18(1), 30–43.
- Mandiyo Priyo, S. S. (2017). Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Jalan Bugel-Galur-Poncosari Cs. Tahap I, Provinsi D.I. Yogyakarta . *Semesta Teknika*, 20(2), 172–186.
- Muhyi, A., & Hasan, N. (2018). *Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Jembatan Krueng Tingkeum Kabupaten Bireuen A-165 A-166*. 2(1), 165–170.

- Priyo, M., & Risa Anggriani Paridi, M. (2018). Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi Pembangunan Gedung Olah Raga (Gor). *Semesta Teknika*, 21(1), 72–84. <https://doi.org/10.18196/st.211213>
- Setiawan, B. B., Teknik, J., Universitas, S., Jakarta, M., Jurusan, D., Sipil, T., & Muhammadiyah, U. (2012). Analisis Pertukaran Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off ( Tcto ) Pada Proyek Pembangunan Gedung Di Jakarta. *Jurnal Konstruksia*, 4(1), 25–34.
- Studi, P., Perpipaan, D. T., Teknik, J., Kapal, P., Perkapalan, P., & Surabaya, N. (2018). *OPTIMASI DAN PENYUSUNAN ULANG SCHEDULE PROYEK PEMBANGUNAN PIPA GAS GRISSIK – PUSRI DENGAN MENGGUNAKAN METODE PRECEDENCE DIAGRAM METHOD – TIME COST TRADE OFF*. 205–210.
- Surat, B., Menteri, K., & Nomor, P. (1986). *Bab 2 kajian pustaka*. (2012), 11–43.
- Teknik, F., Studi, P., Sipil, T., & Maret, U. S. (2017). *PENERAPAN TIME COST TRADE OFF DALAM OPTIMALISASI BIAYA DAN WAKTU DENGAN PENAMBAHAN SHIFT KERJA DAN KAPASITAS ALAT ( STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL SOLO – SEMARANG , RUAS BAWEN – SOLO SEKSI II )*. (November 2016), 733–743.

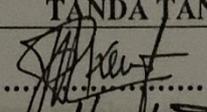
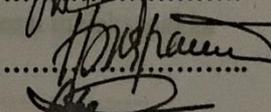
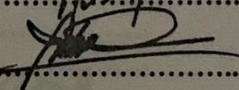
**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2019 – 2020**

Peserta seminar

Nama : Narwan Hidayat

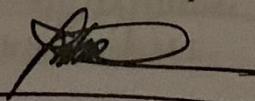
NPM : 1607210114

Judul Tugas Akhir : Studi Optimasi Biaya Alat Berat Pada Pekerjaan Pondasi Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Project Pembangunan Terminal LPG Pressurized 4 x 3000 MT Medan –Belawan.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Ir.Zurkiyah.M.T	:	
Pemanding – I	: Ir.Sri Asfiati.M.T	:	
Pemanding – II	: DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc	:	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1607210114	Narwan Hidayat	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 24 Muharram 1442 H  
11 September 2020 M

Ketua Prodi. T.Sipil

  
DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc

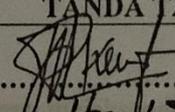
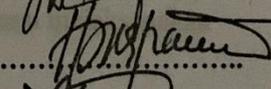
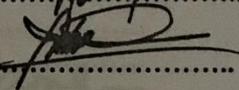
**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2019 – 2020**

Peserta seminar

Nama : Narwan Hidayat

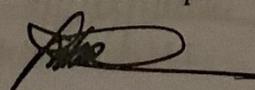
NPM : 1607210114

Judul Tugas Akhir : Studi Optimasi Biaya Alat Berat Pada Pekerjaan Pondasi Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Project Pembangunan Terminal LPG Pressurized 4 x 3000 MT Medan –Belawan.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I	: Ir.Zurkiyah.M.T	: 	
Pemanding – I	: Ir.Sri Asfiati.M.T	: 	
Pemanding – II	: DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc	: 	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1607210114	Narwan Hidayat	
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 24 Muharram 1442 H  
11 September 2020 M

Ketua Prodi. T.Sipil

  
DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Narwan Hidayat  
NPM : 1607210114  
Judul T.Akhir : Studi Optimasi Biaya Alat Berat Pada Pekerjaan Pondasi Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Project Pembangunan Termini-LPG Pressurized 4 x 3000 MT Medan-Belawan.  
Dosen Pembimbing - I : Ir.Zurkiyah.M.T  
Dosen Pembimbing - I : Ir.Sri Asfiati.M.T  
Dosen Pembimbing - II : DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc

KEPUTUSAN

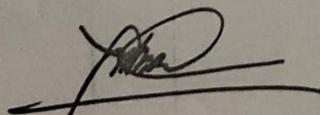
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*- Perbaikan angka di Bab 4.*

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

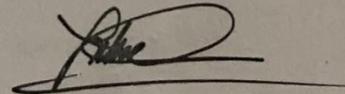
Medan 24 Muharram 1442H  
11 September 2020 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Sipil



DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc

Dosen Pembimbing- II



DR.Fahrizal Z.S.T.M.Sc

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA DIRI PENYUSUNAN

Nama Lengkap : Narwan Hidayat  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 04 April 1998  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Alamat : Jalan. Karya Jaya Gg.Eka Amal No.211 N  
Agama : Islam  
Nama Ayah : Narno  
Nama Ibu : Hamidah Lubis  
No. Handphone : 081361437229  
E\_mail : [Narwanhidayat@gmail.com](mailto:Narwanhidayat@gmail.com)

### RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	Taman Kanak-kanan	Arafah 2	2004
2	Sekolah Dasar (SD)	Swasta Eria Medan	2010
3	Sekolah Menengah Pertama (SMP)	Smp Negeri 2 Medan	2013
4	Sekolah Menengah Atas (SMA)	Sma Negeri 2 Medan	2016
5	Perguruan Tinggi (Strata 1)	Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2016 - selesai