

**SKRIPSI**

**ANALISIS Pengerukan di Depan Pintu DOCK  
SEMARANG DAN ALUR SUPITAN PT. PAL INDONESIA**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**WAHYUNA FITRIANI  
D081 19 1008**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****ANALISIS Pengerukan di Depan Pintu Dock Semarang  
dan Alur Supitan PT. PAL Indonesia**

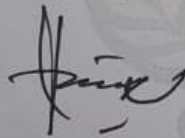
Disusun dan diajukan oleh:

**Wahyuna Fitriani**  
D081 19 1008

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 18 Agustus 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Ashury, ST., MT.  
NIP. 19740318 200604 1001

Pembimbing Utama,



Dr. Hasdinar Umar, ST., MT.  
NIP. 19780428 200312 2002

Ketua Program Studi,



Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.  
NIP. 19750605 200212 1003

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Wahyuna Fitriani  
NIM : D081 19 1008  
Program Studi : Teknik Kelautan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **Analisis Pengerukan di Depan Pintu Dock Semarang dan Alur Supitan PT. PAL Indonesia**

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, Agustus 2023

Yang Menyatakan Tanda Tangan



Wahyuna Fitriani

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT zat yang Maha Indah dengan segala keindahan-Nya, zat yang Maha Pengasih dengan segala kasih sayang-Nya. Alhamdulillah berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir ini dengan judul **“ANALISIS Pengerukan di Depan Pintu DOCK SEMARANG DAN ALUR SUPITAN PT. PAL INDONESIA”**. Shalawat serta salam senantiasa dilimpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW sebagai pembawa risalah Allah SWT dan penyempurna seluruh risalah-Nya.

Tugas akhir ini berisikan tentang analisis pada pekerjaan pengerukan yang dilakukan di lokasi PT. PAL Indonesia yang mencakup penentuan area keruk, luas dan volume area keruk, serta Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam pengerjaan pengerukan tersebut.

Izinkanlah penulis untuk menyampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah berjasa memberikan motivasi dalam rangka menyelesaikan tugas akhir ini. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
2. Orang tua serta keluarga besar penulis yang setiap hari memanjatkan do'a agar penulis mendapat yang terbaik, segala dukungan dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Ashury, ST., MT. dan Ibu Dr. Hasdinar Umar, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang selalu mengajarkan disiplin waktu dan memberi bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT. dan Bapak Fuad Mahfud Assidiq, ST., MT. selaku dosen penguji pada tugas akhir ini.
5. Seluruh Dosen Departemen Teknik Kelautan yang telah memberikan ilmu yang banyak selama proses perkuliahan.
6. Seluruh Staf/Pegawai Departemen Teknik Kelautan yang telah membantu dalam hal administrasi selama proses perkuliahan hingga selesainya Tugas Akhir ini.
7. Bapak Andre Tsani dan Kakanda Aswar selaku Staff PT. PAL Indonesia yang telah membantu penulis dalam pengumpulan data-data penelitian yang dibutuhkan.

8. Barisan para mantan yang sempat memberi semangat dan dukungan selama proses perkuliahan. Walaupun pada akhirnya kita kembali asing dan memilih jalan yang terbaik.
9. Teman-teman PAZZANGER yang selalu memberi dukungan dan kritik dari segala perjalanan kuliah hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
10. Serta seluruh pihak yang telah membantu penulis yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu.

Semoga kebaikan yang diberikan oleh semua pihak kepada penulis menjadi amal sholeh yang senantiasa mendapat balasan dan kebaikan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Aamiin.

Gowa, Agustus 2023

Wahyuna Fitriani

## ABSTRAK

**Wahyuna Fitriani (D081191008). Analisis Pengerukan Di Depan Pintu *Dock* Semarang Dan Alur Supitan PT. PAL Indonesia (Di bimbing oleh Ashury, S.T., M.T. dan Dr. Hasdinar Umar, S.T., M.T.)**

PT. PAL Indonesia terletak di bagian utara kota Surabaya, Ibukota Provinsi Jawa Timur yang merupakan dermaga tertutup dengan bentuk fisik dermaga tipe pier yang pintu masuk kolam labuhnya bersebelahan dengan muara sungai Kalimas dan langsung berhadapan dengan selat Madura. Pada studi ini menganalisis pengerukan di depan pintu *dock* Semarang dan alur supitan PT. PAL Indonesia yang memiliki kedalaman 3 meter sehingga dapat menghambat keluar-masuknya kapal dari PT. PAL Indonesia yang memiliki *draft* 4-6 meter. Pengerukan dilakukan untuk menciptakan pelabuhan baru, tempat berlabuh atau jalur air, atau untuk memperdalam fasilitas yang ada agar memungkinkan kapal dengan sarat yang besar dapat mengaksesnya. Analisis ini bertujuan untuk menentukan jenis kapal keruk yang digunakan sesuai dengan kondisi tanah dan kondisi perairan area keruk PT. PAL Indonesia, waktu keruk, menghitung volume keruk, dan menghitung rencana anggaran biaya pengerukan.

Penelitian ini termasuk jenis penelitian kuantitatif. Pengumpulan data primer yaitu data batimetri lokasi pengerukan di PT. PAL Indonesia yang diperoleh secara langsung pada lokasi penelitian, sedangkan untuk data sekunder yaitu data tanah yang diperoleh dari Perusahaan PT.PAL Indonesia dan data pasang surut air laut lokasi penelitian diperoleh dari *website* Badan Informasi Geospasial. Metode perhitungan luas dan volume keruk menggunakan rumus Simpson.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengerukan dilakukan dengan menggunakan jenis kapal *grab dredger*, dengan luas area keruk depan pintu *dock* Semarang yaitu 3.150 m<sup>2</sup> dengan 8 potongan segmen yang berjarak masing-masing 10 meter, sedangkan luas area keruk di area alur supitan yaitu 10.500 m<sup>2</sup> dengan pembagian segmen-segmennya dibagi menjadi 10 potongan yang jaraknya masing-masing 15 meter. Total volume keruk mencapai 43.600 m<sup>3</sup> dengan lama pengerjaan 18 hari, dan total biaya sebesar Rp.5.899.652.000.

**Kata kunci:** Biaya, Pengerukan, PT. PAL Indonesia, Volume Keruk, Waktu Keruk.

## ABSTRACT

**Wahyuna Fitriani (D081191008). Analysis of Dredging in Front of Semarang Dock Door and Supitan Groove of PT. PAL Indonesia. (Supervised by Ashury, S.T., M.T. and Dr. Hasdinar Umar, S.T., M.T.)**

*PT. PAL Indonesia is located in the northern part of the city of Surabaya, the capital of East Java Province. PT. PAL Indonesia is a closed wharf with the physical form of a pier-type pier where the entrance to the anchorage is adjacent to the mouth of the Kalimas river and directly facing the Madura Strait. This study analyzes the dredging in front of the Semarang dock door and the PT. PAL Indonesia which has a depth of 3 meters so that it can inhibit the entry and exit of ships from PT. PAL Indonesia which has a draft of 4-6 meters. Dredging is undertaken to create new harbours, berths or waterways, or to deepen existing facilities to allow vessels with heavy drafts to access them. This analysis aims to determine the type of dredger used in accordance with soil conditions and water conditions in the dredging area of PT. PAL Indonesia, dredging time, calculating dredging volume, and calculating the dredging budget plan.*

*This research is a type of quantitative research. Primary data collection, namely dredging location bathymetry data at PT. PAL Indonesia obtained directly at the research location, while for secondary data, namely soil data obtained from the Company PT. PAL Indonesia and sea tide data for the research location obtained from the Geospatial Information Agency website.*

*From the results of the study it can be concluded that dredging was carried out using a grab dredger, with an area of dredging in front of the Semarang dock door, namely 3,150 m<sup>2</sup> with 8 cut segments each 10 meters apart, while the dredging area in the supitan channel area is 10,500 m<sup>2</sup> with segment division segment is divided into 10 pieces that are 15 meters apart. The total dredge volume reached 43,600 m<sup>3</sup> with 18 days of work time, and a total cost of IDR 5,899,652,000.*

**Keywords:** *C00osts, Dredging, Dredging Time, Dredging Volume, PT. PAL Indonesia.*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR ISTILAH .....	xii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....	xiiiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Pelabuhan .....	5
2.2 Bathimetri .....	5
2.3 Pasang Surut .....	6
2.4 Sedimentasi .....	7
2.4.1 Transpor Sedimen .....	8
2.4.2 Sedimen Tersuspensi .....	8
2.4.3 <i>Bulking Factors</i> .....	9
2.5 Pengerukan .....	10
2.5.1 Tipe-tipe Pengerukan .....	10
2.5.2 Tujuan Pengerukan .....	11
2.5.3 Proses Pengerukan .....	11
2.5.4 Kapal Keruk .....	11



2.6	Volume Keruk .....	16
2.6.1	Metode <i>Cross Section</i> .....	16
2.6.2	Perhitungan Simpson .....	17
2.7	Waktu Keruk .....	21
2.8	Rencana Anggaran Biaya (RAB) .....	22
2.9	Penelitian Terdahulu .....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		28
3.1	Waktu dan Lokasi .....	28
3.2	Pengumpulan Data .....	28
3.3	Teknik Pengumpulan Data.....	29
3.4	Metode Penelitian .....	29
3.5	Diagram Alir Penelitian .....	30
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....		33
4.1	Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	33
4.2	Kondisi Area Pengerukan .....	33
4.3	Batimetri.....	35
4.4	Data Pasang Surut .....	36
4.5	Data Tanah .....	36
4.6	Pemilihan Kapal Keruk .....	38
4.7	Volume Keruk .....	40
4.7.1	<i>Pembuatan Cross Section Area</i> .....	40
4.7.2	Perhitungan Luas Area Keruk .....	42
4.7.3	Perhitungan Volume Area Keruk .....	42
4.8	Waktu Keruk .....	44
4.9	Analisis Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pekerjaan Pengerukan .....	47
4.9.1	Biaya Persiapan Pengerukan .....	48
4.9.2	Analisis Biaya pada Operasional Kapal Keruk .....	49
4.9.3	Perhitungan Volume Pekerjaan dan Rencana Anggaran Biaya .....	51
BAB V PENUTUP .....		53
5.1	Kesimpulan .....	53
5.2	Saran .....	53
DAFTAR PUSTAKA .....		54
LAMPIRAN		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skematika Survei Batimetri .....	4
Gambar 2.2 Konfigurasi <i>Spring Tide</i> dan <i>Neap Tide</i> .....	6
Gambar 2.3 Alat Keruk Cakram di Atas Tongkang .....	11
Gambar 2.4 Alat Keruk Penggali di Atas Tongkang .....	12
Gambar 2.5 Kapal Keruk Timba .....	13
Gambar 2.6 <i>Cutter Suction Dredge (CSD)</i> .....	14
Gambar 2.7 Contoh Penerapan Irisan Melintang Pada Peta Batimetri .....	16
Gambar 2.8 Bidang Lengkung (Simpson 1) .....	17
Gambar 2.9 Bidang Lengkung (Simpson II) .....	18
Gambar 2.10 Bidang Lengkung yang Mempunyai Bidang Sisa .....	18
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian di PT PAL Indonesia .....	26
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian .....	30
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian di PT PAL Indonesia.....	31
Gambar 4.2 <i>Layout Area Keruk</i> .....	32
Gambar 4.3 Peta Batimetri Area Keruk Depan Pintu <i>Dock</i> Semarang dan Alur Supitan PT. PAL Indonesia .....	33
Gambar 4.4 Grafik Pasang Surut .....	34
Gambar 4.5 Data Uji Tanah di PT. PAL Indonesia .....	35
Gambar 4.6 Kapal Tongkang <i>Golden Deer I</i> .....	37
Gambar 4.7 Kapal <i>Tug Bout Golden Deer II</i> .....	37
Gambar 4.8 <i>Cross Section Area Keruk</i> .....	39
Gambar 4.9 Lokasi <i>Dumping Area</i> .....	44

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Besar Butiran Berdasarkan Skala Wentworth .....	8
Tabel 2.2 <i>Bulking Factors</i> untuk tipe tanah berbeda .....	8
Tabel 2.3 Tinjauan Empiris .....	24
Tabel 4.1 Data Kapal <i>Tugboat</i> .....	37
Tabel 4.2 Data Kapal Tongkang .....	38
Tabel 4.3 Perhitungan Luas pada Potongan B1 .....	40
Tabel 4.4 Perhitungan Volume Keruk .....	41
Tabel 4.5 <i>Bulking Factors</i> .....	41
Tabel 4.6 Waktu Pekerjaan Pengerukan .....	42
Tabel 4.7 Daftar Harga Satuan .....	46
Tabel 4.8 Biaya Tahap Awal Pengerukan .....	47
Tabel 4.9 Analisis Biaya Operasional Kapal Keruk .....	49
Tabel 4.10 Rencana RAB Pekerjaan Pengerukan .....	50

## DAFTAR ISTILAH

- Backhoe Dredger* : Kapal keruk yang menggunakan excavator untuk darat, diletakkan di atas tongkang.
- Bucket Ladder* : Kapal keruk yang dilengkapi dengan beberapa alat seperti timba/bucket yang bergerak secara simultan untuk mengangkat sedimen dari dasar air.
- Capital Dredging* : Jenis pengerukan yang digunakan dalam pengerjaan pelabuhan, alur pelayaran, waduk, atau area yang akan digunakan sebagai industri.
- Cross Section* : Metode dengan membuat garis sayatan yang memotong lapisan tanah penutup, kemudian dihitung luas masing- masing sayatan dan akhirnya dapat ditentukan volume dengan menggunakan jarak antar sayatan.
- Cutter Suction Dredger* : Kapal keruk yang berupa tabung untuk menghisap dengan kepala pemotong yang berada di pintu penghisap untuk mengeruk material keras seperti batu.
- Diurnal Tide* : Pasang surut harian tunggal yang pasang surutnya hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari. Nilai Formzhal lebih besar dari 3,0.
- Dredging* : Pemandahan material dari dasar bawah air dengan menggunakan peralatan keruk atau setiap kegiatan yang merubah konfigurasi dasar atau kedalaman perairan seperti laut, sungai, danau, pantai ataupun daratan sehingga mencapai elevasi tertentu dengan menggunakan peralatan kapal keruk.
- Grab Dredger* : Kapal keruk yang memiliki konstruksi yang simpel berukuran kecil, memiliki tali untuk mengangkat *grab/clamshell*.
- Maintenance Dredging* : Jenis pengerukan yang dilakukan untuk membersihkan siltation yang terjadi secara alami.

- Mixed Tide Prevailing Diurnal* : Pasang surut campuran condong harian tunggal yang pasang surutnya tiap harinya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut tetapi terkadang dengan dua kali pasang dan dua kali surut yang sangat berbeda dalam tinggi dan waktu. Nilai Formzhal berkisar 0,25-1,5.
- Mixed Tide Prevailing Semi Diurnal* : Pasang surut campuran condong harian ganda yang pasang surutnya terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari dan terkadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan tinggi air dan waktu yang berbeda. Nilai Formzhal berkisar 0-0,25.
- Remedial Dredging* : Jenis pengerukan yang dapat dilakukan pada wilayah yang telah dikeruk namun mengalami kesalahan.
- Semi Diurnal Tide* : Pasang surut harian ganda yang pasang surutnya terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang tingginya hampir sama dalam satu hari. Nilai Formzhal berkisar 1,5-3,0,
- Split hopper barge* : Kapal dengan bak penampungan terbuka besar atau membelah menjadi dua bagian yang digunakan untuk memuat dan mengangkat material yang dikeruk.
- Trailing Suction Hopper Dredger* : Kapal keruk menyeret pipa pengisap ketika bekerja, dan mengisi material yang diisap tersebut ke satu atau beberapa penampung (*hopper*) di dalam kapal.

## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

d	Jarak antar segmen .....	(m)
$f_1$	= Angka kedalaman awal .....	(m)
$f_2$	= Angka kedalaman awal .....	(m)
$f_n$	= Angka kedalaman ke-n .....	(m)
A	= Luas potongan .....	(m)
$A_1$	= Luas segmen awal .....	$(m^2)$
$A_2$	= Luas segmen kedua .....	$(m^2)$
Z	= Data kedalaman awal .....	(m)
T	= Tinggi transduser dari sekoci .....	(m)
D	= Kedalaman sebenarnya .....	(m)
V	= Volume pengerukan .....	$(m^3)$
Pmax	= Produktivitas maksimal .....	$(m^3/jam)$
H	= Kapasitas <i>hopper</i> kapal keruk .....	$(m^3)$
n	= Jumlah segmen	

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pelabuhan adalah suatu perairan yang terlindung dari pengaruh gelombang, badai, dan arus agar kapal-kapal mendarat, berlabuh, berputar, dan bersandar dengan mudah dan aman. Sehingga pemuatan, pembongkaran, dan semua operasi dilakukan dengan lancar (Triadmojo, 2009).

Van Rijn (1993) menyatakan bahwa faktor permasalahan umum dalam pemilihan lokasi pembangunan pelabuhan adalah proses sedimentasi yang terjadi secara terus menerus sehingga dapat terjadi pendangkalan. Pergerakan material sedimen pada proses sedimentasi dipengaruhi oleh pergerakan arus dan pasang surut.

Soemarto (1995) menyatakan bahwa sedimentasi dapat didefinisikan sebagai pengangkutan, melayangnya (suspensi) atau mengendapnya material fragmentasi oleh air. Sedimentasi di pelabuhan nantinya dapat disebabkan oleh pergerakan kapal sehingga mengakibatkan pergerakan air dari depan ke belakang kapal, dan juga mencampurkan mencampurkan material sedimen di sekitar Pelabuhan, hal ini yang nantinya akan berpengaruh terhadap alur pelayaran pada suatu kolam labuh. Alur pelayaran digunakan untuk memandu kapal memasuki pelabuhan sampai berhenti di dermaga, serta kapal meninggalkan dermaga ke laut lepas. Alur masuk ke pelabuhan biasanya sempit dan dangkal. Alur-alur tersebut merupakan tempat terjadinya arus, terutama yang disebabkan oleh pasang surut. Untuk mencapai kondisi pengoperasian yang ideal pada alur, kedalaman air di alur masuk harus cukup dalam untuk memungkinkan pelayaran pada muka air terendah dengan kapal terbesar yang masuk dan bermuatan penuh. Kestabilan kedalaman alur pelayaran sangat penting untuk keselamatan kapal yang keluar masuk pelabuhan.

PT PAL Indonesia adalah perusahaan galangan kapal dan pelayaran milik negara yang terkait erat dengan sarana pelabuhan. Pemeliharaan fasilitas kolam labuh PT PAL Indonesia banyak menerapkan aplikasi dari ilmu dalam bidang pemetaan laut. Divisi Kawasan yang tersedia pada PT PAL Indonesia memiliki tugas untuk menjaga perawatan kolam pelabuhan. Dermaga di kolam labuh PT PAL Indonesia juga melayani pemeliharaan dan perbaikan pada kapal melalui fasilitas dock, baik dock gali maupun dock apung yang ada. KRI yang dimiliki TNI AL selain melakukan pemeliharaan dan perbaikan juga diproduksi PT. PAL Indonesia.

Kedalaman pada area depan pintu *dock* Semarang dan alur supitan yaitu 3 meter, sehingga dapat menghambat keluar nya KRI dr. Radjiman Wedyodiningrat-992 yang memiliki *draft* 4.5 meter dan juga dapat menghambat keluar masuknya kapal di perairan PT. PAL Indonesia. Oleh karena itu dilakukannya pengerukan pada daerah depan pintu *dock* Semarang dan area alur supitan.

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Iqbal (2019) dengan judul “Analisis Volume Pengerukan di Kolam Labuh PT. PAL Indonesia” dengan hasil penelitian yang menjelaskan bahwa terjadinya kedangkalan pada area perairan PT. PAL Indonesia yang hanya memiliki kedalaman <4,3 meter sehingga perlu dilakukannya pengerukan pada area perairan di PT. PAL Indonesia.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu terletak pada lokasi pengerukan dan jumlah volume yang dikeruk. Pada penelitian ini juga menjelaskan mengenai kondisi tanah pada area pengerukan, menentukan kapal yang digunakan untuk pekerjaan pengerukan, menghitung waktu yang digunakan selama pekerjaan pengerukan, dan jumlah biaya yang diperlukan untuk pekerjaan pengerukan yang belum sempat dijelaskan oleh peneliti sebelumnya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pemilihan kapal keruk untuk pelaksanaan keruk di PT. PAL Indonesia?
2. Berapa jumlah volume keruk pada area depan pintu *dock* Semarang dan alur supitan di PT. PAL Indonesia?
3. Berapa lama waktu yang digunakan selama pengerukan di PT. PAL Indonesia?
4. Berapa besar biaya dari pelaksanaan pengerukan yang dilakukan di PT. PAL Indonesia?



### 1.3 Tujuan Penelitian

Dalam penyusunan penelitian ini terdapat beberapa tujuan yang sebagai berikut:

1. Menganalisis bagaimana pemilihan kapal keruk untuk pelaksanaan keruk di PT. PAL Indonesia.
2. Menghitung nilai volume sedimen yang akan dikeruk pada area depan pintu *dock* Semarang dan alur supitan di PT. PAL Indonesia.
3. Menghitung waktu yang digunakan selama pengerukan di PT. PAL Indonesia.
4. Menghitung berapa besar biaya dari pelaksanaan pengerukan yang dilakukan di PT. PAL Indonesia.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan referensi dan pertimbangan keamanan kapal-kapal yang keluar-masuk di perairan PT. PAL Indonesia. Dapat juga sebagai referensi bagi peneliti dalam perencanaan proyek serupa dikemudian hari.

### 1.5 Batasan Masalah

Untuk lebih mengarahkan penelitian ini, maka perlu adanya masalah. Batasan masalahnya yaitu tidak memperhitungkan laju sedimentasi.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan penelitian ini dibagi dalam beberapa bagian untuk mendapatkan alur penulisan yang jelas, dan sistematis sekaligus memungkinkan pembaca agar dapat menginterpretasikan hasil tulisan ini secara tepat, maka sistematika penulisan pada penelitian pengerukan ini sebagai berikut:

#### BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab yang pertama ini penulis menguraikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian yang terkait dengan pengerukan di PT. PAL Indonesia.

#### BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab kedua ini penulis menjelaskan mengenai kerangka acuan tentang teori singkat yang terkait dengan pengerukan di PT. PAL Indonesia yang digunakan dalam membahas dan menyelesaikan permasalahan penelitian.

#### BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ketiga berisi penjelasan mengenai penelitian yang meliputi lokasi penelitian, waktu penelitian, metode pengumpulan data, teknik

pengumpulan data, metode penelitian, diagram alur penelitian dan juga studi terdahulu terkait penelitian yang serupa.

**BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab keempat berisi tentang pengolahan data yang ada untuk mengetahui besar volume yang akan dikeruk, produktivitas kapal keruk serta perhitungan rencana anggaran biaya (RAB).

**BAB V : PENUTUP**

Pada bab yang terakhir ini penulis menyimpulkan hasil dari penelitian dan menambahkan saran untuk penelitian berikutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

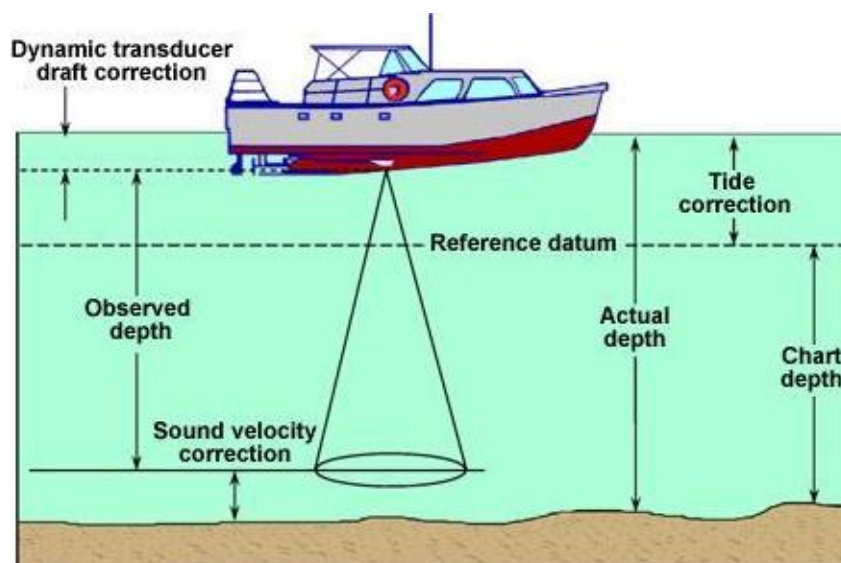
#### 2.1 Pelabuhan

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Tahun 2009 tentang Pelabuhan No. 61 mendefinisikan pelabuhan sebagai tempat yang terdiri dari daratan dan perairan sekitarnya dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintah dan kegiatan ekonomi yang digunakan sebagai tempat sandar kapal, berlabuh, naik turun penumpang dan bongkar muat barang yang dilengkapi fasilitas keselamatan pelayaran (Triadmojo, 2009).

Bagi pengelola Pelabuhan, Pelabuhan adalah bisnis yang dapat digunakan, jika dikelola dengan baik, untuk menghasilkan keuntungan. Manajemen yang buruk dapat menyebabkan kerugian finansial. Dalam kerangka nasional, tujuan non-keuangan dari sebuah pelabuhan mungkin memiliki kepentingan strategis (Ashury, 2023).

#### 2.2 Batimetri

Batimetri adalah gambaran kondisi permukaan dasar laut (*seabed surface*) yang disajikan dalam bentuk garis-garis kontur yang menunjukkan nilai kedalaman di suatu perairan. Pengukuran kedalaman dilakukan pada titik-titik yang dipilih untuk menggambarkan area yang akan dipetakan, dan pada titik-titik tersebut juga dilakukan pengukuran untuk menentukan posisi. Titik-titik tempat dilakukan pengukuran untuk penentuan posisi dan kedalaman disebut sebagai titik fiks perum (Poerbandono dan Djunansjah, 2005).



Gambar 2.1 Skematika Survei Batimetri

(Sumber : <https://www.handaselaras.com/survei-batimetri>)

Data hasil pengukuran kedalaman yang dilakukan tidak dapat langsung digunakan karena masih belum dilakukan koreksi terhadap elevasi pasang surut. Untuk proses pertama, menggunakan *Software MapSource* untuk menginput dan mengoreksi data lalu data pasang surut dianalisis untuk dapat menentukan elevasi muka air yang kemudian dijadikan acuan elevasi untuk diikatkan ke *Bench Mark* (Pedoman Teknis Pengerukan Alur Pelayaran dan/atau Kolam Pelabuhan, 2017). Kemudian menghitung kedalaman sebenarnya dengan nilai elevasi pasang surut yang menjadi acuan elevasi *bench mark* adalah 0 LWS. Data elevasi tersebut diolah menggunakan *Microsoft Excel* dengan rumus sebagai berikut:

$$P - T = rt \dots\dots\dots (1)$$

Setelah menghitung koreksi pasang surut maka dapat dihitung kedalaman sebenarnya menggunakan rumus berikut:

$$D = Z - rt \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

Z = Data kedalaman awal (m)

T = Tinggi transduser dari sekoci (m)

P = Pasang surut saat pengukuran kedalaman (m)

rt = Total koreksi (m)

D = Kedalaman sebenarnya (m)

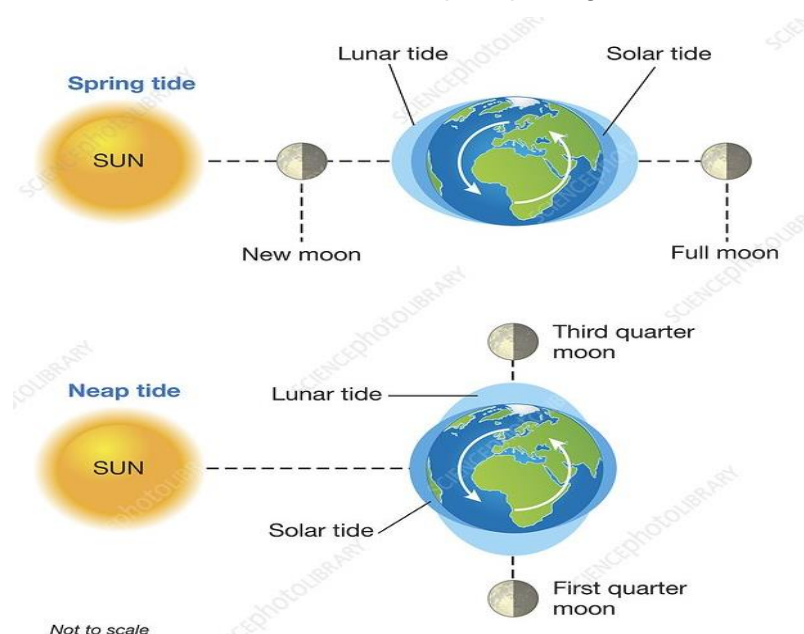
### 2.3 Pasang Surut

Perairan di seluruh belahan bumi memiliki karakteristik pasang surut yang berbeda. Karakteristik pasang surut di suatu perairan berdasarkan tipe pasang surut, tipe pasang surut ditentukan oleh tiap komponen harmonik dari pasang surut yang dijelaskan sebagai berikut (Triadmojo, 1999):

1. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*) merupakan pasang surut yang hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari. Nilai *Formzhal* lebih besar dari 3,0.
2. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*) merupakan pasang surut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang tingginya hampir sama dalam satu hari. Nilai *Formzhal* berkisar 1,5-3,0,
3. Pasang surut campuran condong harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) merupakan pasang surut yang tiap harinya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut tetapi terkadang dengan dua kali pasang dan dua kali surut yang sangat berbeda dalam tinggi dan waktu. Nilai *Formzhal* berkisar 0,25-1,5.

4. Pasang surut campuran condong harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*) merupakan pasang surut yang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari dan terkadang terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dengan tinggi air dan waktu yang berbeda. Nilai *Formzhal* berkisar 0-0,25.

Tipe pasang surut juga dibedakan berdasarkan waktu terjadinya yaitu pasang surut purnama (*spring tide*) dan pasang surut perbani (*neap tide*). Pasang surut purnama adalah saat posisi matahari segaris dengan sumbu bumi dan bulan sehingga menimbulkan pasang tertinggi, pada titik ini di permukaan bumi yang berada pada sumbu kedudukan relatif bumi, bulan dan matahari. Sedangkan pasang surut perbani merupakan saat posisi matahari tegak lurus dengan sumbu bumi dan bulan, sehingga pasang surut minimum pada titik di permukaan bumi yang tegak lurus sumbu bumi dan bulan seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Konfigurasi *Spring Tide* dan *Neap Tide*  
(Triadmojo, 1999)

## 2.4 Sedimentasi

Sedimentasi adalah peristiwa pengendapan material batuan yang telah diangkut oleh tenaga air atau angin (Adlin, 2017). Pada saat pengikisan terjadi, air membawa batuan mengalir ke sungai, danau, dan akhirnya sampai di laut. Pada saat kekuatan pengangkutannya berkurang atau habis, batuan diendapkan di daerah aliran air. Karena itu pengendapan ini bisa terjadi di sungai, danau, dan di laut. Batuan hasil pelapukan secara berangsur diangkut ke tempat lain oleh tenaga air, angin, dan gletser (es yang mengalir secara lambat). Air mengalir di

permukaan tanah atau sungai membawa batuan halus baik terapung, melayang atau digeser di dasar sungai menuju tempat yang lebih rendah. Hembusan angin juga bisa mengangkat debu, pasir, bahkan bahan material yang lebih besar. Makin kuat hembusan itu, makin besar pula daya angkutnya. Di padang pasir misalnya, timbunan pasir yang luas dapat dihembuskan angin dan berpindah ke tempat lain. Sedangkan gletser, walaupun lambat gerakannya, tetapi memiliki daya angkut besar.

#### **2.4.1 Transpor Sedimen**

Van Rijn, (1993) menjelaskan bahwa transpor sedimen terbagi menjadi dua jenis, yaitu transport sedimen (*bed load*) dan sedimen tersuspensi (*suspended load*). Transpor sedimen dasar terjadi jika kecepatan aliran fluida melebihi tegangan kritis pergerakan sedimen, tetapi tidak cukup kuat untuk mengangkat butiran pada keadaan melayang, sedangkan transpor sedimen tersuspensi terjadi jika arus cukup cepat dan butiran cukup halus sehingga butiran akan diangkat pada keadaan melayang bahkan sampai ketinggian beberapa meter di atas dan terbawa arus. Terkadang ada butiran sedimen yang terus menerus melayang, meskipun fluida mengalir pada kecepatan yang rendah untuk waktu yang cukup lama. Pergerakan sedimen ini disebut *wash load*.

#### **2.4.2 Sedimen Tersuspensi**

Secara umum terdapat dua jenis sedimen di perairan dekat pantai, yaitu kohesif dan nonkohesif. Sedimen kohesif merupakan sedimen yang tahanan erosinya bergantung pada kohesif antara partikel dan material terangkut dalam bentuk suspensi. Salah satu bentuk sedimen kohesif adalah material *Total Suspended Solid (TSS)* seperti lumpur (*clay*) dan pasir halus (*sand*), sedangkan sedimen nonkohesif merupakan jenis sedimen yang terdiri atas partikel/butiran terpisah seperti pasir yang gerakannya bergantung pada sifat fisik butiran. Pembagian kedua jenis tersebut berdasarkan ukuran artikel sedimen. Partikel yang lebih kecil 63  $\mu\text{m}$  *silt* dan *clay* masuk kategori sedimen kohesif, sedangkan partikel lebih besar dari 63  $\mu\text{m}$  seperti pasir masuk kategori sedimen nonkohesif (Sachoemar dan Purwandani, 2009).

Berdasarkan skala Wentworth, klasifikasi butiran sedimen dapat dibedakan sesuai dengan besar ukuran butir seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Klasifikasi Besar Butiran Berdasarkan Skala *Wentworth*

Ukuran Butiran (mm)	Nama Besar Sedimen	Jenis Sedimen
>256	<i>Boulder</i> /bongkahan	
64 - 256	<i>Couple</i> /berangkal	
4 - 64	<i>Pebble</i> /kerakal	
2 - 4	<i>Granule</i> /kerikil	
1 - 2	<i>Very coarse sand</i> /pasir sangat kasar	Nonkohesif
1/2 - 1	<i>Coarse sand</i> /pasir kasar	
1/4 - 1/2	<i>Medium sand</i> /pasir sedang	
1/8 - 1/4	<i>Fine sand</i> / pasir halus	
1/16 - 1/8	<i>Very fine sand</i> / pasir sangat halus	
1/256 – 1/16 < 1/256	<i>Silt</i> /lanau	Kohesif

(Sumber: Effendi, 2000)

### 2.4.3 Bulking Factors

Hasil kinerja telah ditentukan oleh kuantitas *in situ* dari tanah pengerukan didalam satu periode waktu yang diberikan. Didalam prakteknya, karakteristik dan terutama kepadatan dari tanah akan berubah selama proses pengerukan berlangsung. Perubahan kepadatan disebabkan oleh bentukan lubang di tanah. Dimana akan terisi air disaat proses pengerukan terganggu. Jadi ketika kapal keruk mengangkat tanah dari dasar laut yang dimana tanah akan memenuhi *hopper* atau area reklamasi, volumenya akan lebih besar ketika memenuhi *in situ*. Peningkatan ini dapat dinyatakan dalam persentasi volume *in situ* atau rasio dari dua volume yang akan diketahui sebagai *bulking factor* (Bray, 1979).

Tabel 2.2 *Bulking factors* untuk tipe tanah yang berbeda.

Soil Type	<i>Bulking Factor (B)</i>
<i>Hard rock (blasted)</i>	1.50-2.00
<i>Medium rock (blasted)</i>	1.40-1.80
<i>Soft rock (unblasted)</i>	1.25-1.40
<i>Gravel, hardpacked</i>	1.35
<i>Sand, hardpacked</i>	1.25-1.35
<i>Sand, medium to hard</i>	1.15-1.25
<i>Sand, soft</i>	1.05-1.15
<i>Silts, freshly deposited</i>	1.00-1.10
<i>Silts, consolidated</i>	1.10-1.40
<i>Clay, very hard</i>	1.15-1.25
<i>Clay, medium to soft hard</i>	1.10-1.15
<i>Clay, soft</i>	1.00-1.10
<i>Sand/gravel/clay mixtures</i>	1.15-1.35

(Sumber : Bray, 1979)

## 2.5 Pengerukan

Pengerukan dikenal dalam teknik pembangunan pelabuhan sebagai sarana penunjang suatu proses pelaksanaan penggalian dan penimbunan tanah (*excavating and dumping, cut and fill*) baik di dalam air laut maupun di darat. Pengerukan dilakukan pada saat pembangunan pelabuhan (*capital dredging*) yaitu pada saat pembuatan kolam pelabuhan, peralatan dasar (alas) suatu pemecah gelombang dan lain sebagainya. Pekerjaan ini meliputi pula pembuatan alur-alur pelayaran dan kanal, agar dapat dilayari kapal-kapal. Tergantung dari jenis tanah yang hendak dikeruk atau bagian pelabuhan dan berbagai tipe alat kapal keruk (*dredger*) kemudian dipilih. Jadi kapal keruk merupakan salah satu jenis kapal kerja, baik ditinjau dalam pelaksanaan investasi atau pemeliharaan suatu pelabuhan. Pengerukan digunakan pula untuk memelihara kedalaman suatu kolam/alur pelayaran atau alur sungai (*maintenance dredging*), dikarenakan adanya proses pergerakan dan pengendapan lumpur (Kramadibrata, 2002).

Pengerukan adalah pemindahan sedimen dasar dari sungai, sungai, danau, perairan pantai, dan lautan, dan bahan kerukan yang dihasilkan kemudian diangkut dengan kapal, tongkang, atau pipa ke tempat pembuangan yang ditentukan di darat atau pun di air (Tsinker, 2004).

Pengerukan adalah proses mengubah bentuk dasar atau kedalaman perairan seperti laut, sungai, danau, pantai ataupun daratan sehingga mencapai elevasi tertentu dengan menggunakan kapal keruk. Secara teknis, pengerukan itu adalah merelokasi sedimen bawah air untuk pembangunan dan pemeliharaan saluran air, tanggul, dan prasarana transportasi laut, serta untuk perbaikan tanah atau reklamasi. Pekerjaan pengerukan itu sendiri merupakan pembangunan yang berkelanjutan, seperti proyek-proyek infrastruktur yang menggunakan pendekatan holistik, artinya pekerjaan tersebut tidak dapat dipisahkan dengan pekerjaan lainnya dan merupakan satu kesatuan yang utuh dan saling berkaitan (Mahendra, 2014).

### 2.5.1 Tipe-tipe Pengerukan

Tipe-tipe pengerukan yang dimana menurut Adlin (2017) secara garis besar pengerukan dibagi menjadi 3 jenis yaitu:

#### 1. Pengerukan Awal (*Capital Dredging*)

*Capital Dredging* dilakukan pada tipe tanah yang telah lama mengendap. Pengerukan jenis ini biasanya digunakan dalam pengerjaan pelabuhan, alur pelayaran, waduk, atau area yang akan digunakan sebagai industri.



## 2. Pengerukan Perawatan (*Maintenance Dredging*)

*Maintenance Dredging* dilakukan pada tipe tanah yang belum lama mengendap. Pengerukan ini dilakukan untuk membersihkan siltation yang terjadi secara 7 alami. Pengerukan ini biasanya diterapkan pada perawatan alur pelayaran dan pelabuhan.

## 3. Pengerukan Ulang (*Remedial Dredging*)

*Remedial Dredging* ini dapat dilakukan pada wilayah yang telah dikeruk namun mengalami kesalahan. Kesalahan ini biasanya berupa kesalahan kedalaman pengerukan.

### 2.5.2 Tujuan Pengerukan

Terdapat lima tujuan pengerukan menurut Bray (2010) adalah sebagai berikut:

1. Pelayaran: untuk membuat atau memperpanjang pelabuhan, untuk memelihara perluasan, perbaikan sarana lalu lintas laut pelabuhan.
2. Konstruksi dan reklamasi: untuk mendapatkan material bangunan seperti pasir, kerikil, dan tanah liat atau untuk menimbun lahan (dengan material kerukan) sebagai tempat membangun daerah industri, pemukiman, jalan dan lainnya.
3. Perbaikan lingkungan: untuk menghilangkan atau memulihkan polutan pada saluran air dan meningkatkan kualitas air.
4. Pengendali banjir: untuk memperbaiki atau memperlancar aliran sungai dengan memperdalam dasar sungai.
5. Pertambangan: untuk memperoleh bahan-bahan tambang seperti mineral dan lainnya.

### 2.5.3 Proses Pengerukan

Menurut Bray (2010) pada umumnya proses pengerukan dilakukan dalam 4 tahapan yaitu:

1. Penggalian (*excavation*).
2. Transport vertikal (*vertical transport*).
3. Transport horizontal (*horizontal transport*).
4. Pembuangan atau penggunaan material kerukan.

### 2.5.4 Kapal Keruk

Kapal Keruk atau dalam bahasa Inggris sering disebut *dredger* merupakan kapal dengan peralatan khusus untuk pengerukan. Kapal ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan pelabuhan, alur pelayaran, atau industri lepas pantai, agar

dapat bekerja sebagaimana halnya alat-alat *levelling* yang ada di darat seperti *excavator* dan *buldoser*. Dilihat dari segi teknik pengerukan, dikenal dua jenis peralatan yaitu kapal keruk mekanis dan kapal keruk hidroliks (Kramadibrata, 2002). Penjelasan tersebut sebagai berikut:

1. Kapal keruk mekanis (*mechanical dredgers*). Kapal keruk jenis ini dapat dikatakan sederhana karena mempunyai analogi dengan peralatan gali di darat. Dari jenis ini di kenal beberapa tipe dasar seperti:
  - a. Alat keruk cakram (*grapple/clamshell dredger*), terdiri dari satu tongkang (*barge*) dan ditempatkan peralatan cakram (*clamshell*). Jenis ini biasanya digunakan untuk pengerukan tanah lembek atau pada bagian-bagian kolam Pelabuhan dalam, di muka dermaga/tambatan. Peralatan kapal terdiri dari grab yang digerakkan dengan *crane* yang diletakkan di atas ponton dengan geladak datar. *Crane* berfungsi mengangkat dan menurunkan *grab*.



Gambar 2.3 Alat Keruk Cakram di Atas Tongkang  
(Sumber: Lutfie, 2017)

Kapal ini memiliki kelebihan sebagai berikut:

- 1) Dapat mengeruk dengan cara membuat jalan di depan kapal ketika melakukan pengerukan di daerah yang dangkal.
- 2) Cocok untuk daerah dangkal.
- 3) Dapat mengeruk tanah yang cukup padat, seperti tanah liat dan bebatuan yang longgar.
- 4) Ukuran material yang diambil dapat diubah sesuai kebutuhan (1 m<sup>3</sup>-20 m<sup>3</sup>).

Sedangkan, kekurangan dari *grab dredger* sendiri adalah:

- 1) Kurang produktif jika digunakan untuk mengeruk tanah dan bebatuan yang keras.

- 2) Produktivitas relatif rendah (100-800 m<sup>3</sup>/jam tergantung pada ukuran *grab* dan material).
  - 3) Menghasilkan kekeruhan yang relatif tinggi namun bisa diatasi dengan menggunakan *grab special*.
  - 4) Tidak mudah dipindahkan dari jalur pelayaran.
- b. Alat keruk penggali (*dipper dredger/backhoe dredger*) merupakan suatu analogi pula dari alat gali tanah di darat yang dikenal sebagai *shovel dorez*. Alat ini mempunyai tenaga pengungkit dan desak yang besar, sehingga baik digunakan bagi pengerukan lapisan tanah keras dan tanah padat atau tanah berpasir. Jenis kapal keruk ini memiliki *backhoe* atau yang seperti *excavator*. Biasanya jenis kapal keruk ini memiliki 3 buah spudcan atau tiang yang memiliki fungsi sebagai pengganti jangkar.



Gambar 2.4 Alat Keruk Penggali di Atas Tongkang  
(Sumber: Lutfie, 2017)

- c. Kapal keruk timba (*bucket dredger*) merupakan jenis kapal keruk dengan rantai ban yang bergerak tak berujung pangkal (*endless belt*) dan dilekati timba-timba pengeruk (*bucket*). Gerakan rantai dan dengan timbanya merupakan gerak berputar mengelilingi suatu rangka struktur utama dan bisa dikenal sebagai ladder. Ladder ini dapat digerakkan naik turun disesuaikan dengan kedalaman keruk yang diinginkan dengan menggunakan tali baja (*steel wires*). Tali baja ini dililitkan pada suatu system tabung (*drum*) dengan alat penggerak/pengangkat yang biasa disebut mesin derek (*winch*). Ujung bawah rantai ban masuk ke dalam tanah yang akan di keruk, sehingga gerak timba yang mempunyai berat sendiri yang cukup besar dan dapat menggali tanah tersebut. Karena Gerakan rantai ban timba

tersebut terus-menerus, timba pengeruk tersebut akan terangkat ke atas permukaan dengan membawa tanah galian.



Gambar 2.5 Kapal Keruk Timba  
(Sumber: Lutfie, 2017)

Kelebihan kapal jenis ini adalah:

- 1) Dapat mengeruk semua tipe tanah yang sulit diremas.
- 2) Dapat mengeruk material yang mengarah ke area dangkal.
- 3) Merupakan sistem pengerukan yang kontinyu.
- 4) Bisa mengeruk dengan menggali jalan ke depan saat pengerukan wilayah dangkal.
- 5) Tidak terpengaruh oleh batu-batu besar dan puing-puing.
- 6) Kontrol kedalaman yang relatif akurat meminimalkan toleransi pengerukan.

Sedangkan, beberapa kekurangan yang dimiliki *bucket ladder dredger* adalah berikut ini:

- 1) Penyebaran jangkar yang luas dapat mengganggu navigasi.
  - 2) Mobilitas yang buruk.
  - 3) Tidak terlalu bisa diterapkan dalam kondisi berombak.
  - 4) Tingkat produksi yang rata-rata (200-1000 m<sup>3</sup>/jam tergantung ukuran ember, tanah dan tongkang).
  - 5) Potensi untuk menghasilkan tingkat kekeruhan tinggi terutama pada bahan halus
2. Kapal keruk hidraulis (*hydraulic or suction dredgers*). Pengerukan dasar laut dengan jenis peralatan ini makin populer, karena sangat efektif. Hidraulis di sini adalah tanah yang dikeruk bercampur dengan air laut, yang kemudian campuran tersebut dihisap oleh pompa melalui pipa penghisap (*suction pipe*)

untuk selanjutnya melalui pipa pembuang (*discharge pipe*) dialirkan ke daerah penimbunan. Dari jenis ini di kenal beberapa tipe dasar seperti:

- a. *Cutter Suction Dredge (CSD)*, adalah suatu kapal keruk isap dimana pada ujung ladder bagian bawah ditempatkan pisau pemotong tanah keras (*Rotating Cutter*), dan bergerak berputar sehingga memotong dan menghancurkan tanah. Kecepatan putar pisau pemotong (15-25) Rpm. Jadi pisau pemotong berfungsi untuk melepas dasar dan kaitannya. Ujung pengisapnya terdiri dari beberapa corong pengisap yang disatukan dan membentuk kepala pengisap (*suction head*) yang membesar menyerupai suatu alat pengisap debu (*vacuum cleaner*).



Gambar 2.6 *Cutter Suction Dredge (CSD)*  
(Sumber: Lutfie, 2017)

Kelebihan kapal jenis ini adalah:

- 1) Mampu mengeruk berbagai bahan, termasuk batu.
- 2) Dapat memindahkan material kerukan langsung ke pembuangan terdekat, daerah reklamasi, maupun ke dalam tongkang.
- 3) Dapat mengeruk dengan menggali jalan ke depan saat mengeruk daerah yang dangkal.
- 4) Kapasitas produksi cukup tinggi (500-3.000 m<sup>3</sup>/jam, tergantung ukuran kapal, kapasitas *barge* penampung, dan tipe tanah).

Sedangkan, kekurangan dari kapal *cutter suction dredger* adalah:

- 1) Keterbatasan kerja dalam kondisi gelombang sedang.
  - 2) Kurang fleksibel dalam perubahan lokasi.
- b. *Trailing suction hopper dredger* atau *TSHD* menyeret pipa pengisap ketika bekerja, dan mengisi material yang diisap tersebut ke satu atau beberapa

penampung (*hopper*) di dalam kapal. Ketika penampung sudah penuh, TSHD akan berlayar ke lokasi pembuangan dan membuang material tersebut melalui pintu yang ada di bawah kapal atau dapat pula memompa material tersebut ke luar kapal.

Kelebihan dari kapal ini yaitu:

- 1) Memiliki kemampuan pada hampir semua jenis tanah, sangat efisien dalam lumpur dan pasir.
- 2) Pada umumnya dilengkapi dengan teknologi yang canggih.
- 3) Tingkat kekeruhan yang dihasilkan relatif rendah.
- 4) Dapat bekerja dalam cuaca buruk dan kondisi laut.
- 5) Kapasitas produksi yang relatif tinggi (1000-12.500 m<sup>3</sup>/jam).
- 6) Mampu mengangkut material pada jarak yang jauh.

Sedangkan, kekurangan yang dimiliki untuk kapal TSHD adalah :

- 1) Membutuhkan kedalaman air yang cukup dalam pada area pengerukan, pembuangan, maupun rutenya.
- 2) Kemampuan terbatas untuk mengeruk batu karang.
- 3) Tidak mampu bekerja di daerah terbatas.
- 4) Material keruk yang kohesif sulit dikelurkan dari *hopper*.

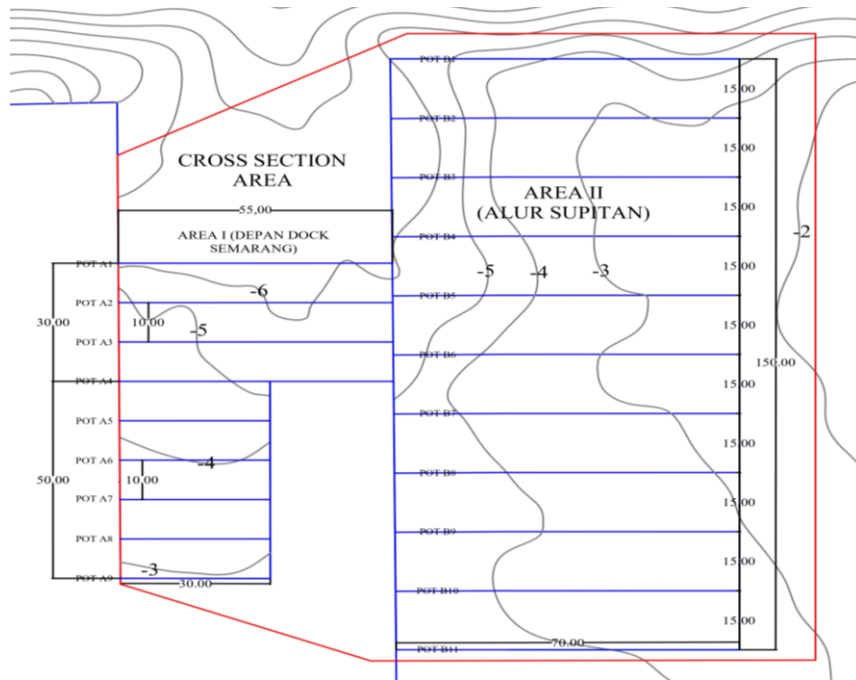
Cara membuang muatan hasil keruk pada jenis kapal hidraulis ini dikenal dengan sistem: *longitudinal discharge system*, *transverse flusing system*, dan *horizontal sliding doors system*.

## **2.6 Volume Keruk**

Menurut Yunus (2016) dalam memperkirakan volume pekerjaan, alur yang akan dikeruk disurvei kedalamannya. Kemudian panjang alur dibagi menjadi bagian-bagian (segmen) dengan jarak tertentu. Tiap-tiap bagian kemudian digambarkan penampang dari dasar alur asli dan potongan dari pengerukan yang direncanakan.

### **2.6.1 Metode Cross Section**

Perhitungan volume dengan menggunakan metode *cross section* ini dilakukan dengan cara membuat irisan melintang yang diambil tegak lurus terhadap sumbu proyek dengan interval jarak tertentu dan sama untuk tiap irisan.



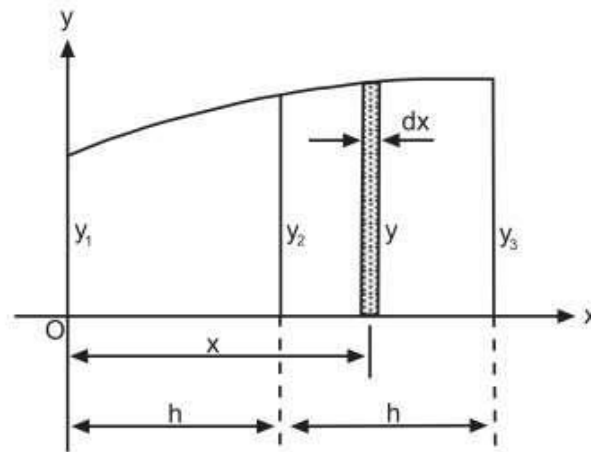
Gambar 2.7 Contoh penerapan irisan melintang pada peta bathimetri.  
(Sumber: Wahyuna, 2023)

## 2.6.2 Perhitungan Simpson

Aturan *Simpson* dapat digunakan untuk mencari luas dan volume dari angka yang tidak teratur. Aturan didasarkan pada asumsi bahwa batas-batas angka tersebut merupakan kurva yang mengikuti hitungan matematika pasti. Bila diterapkan pada irisan melintang mereka memberikan pendekatan yang baik untuk luas dan volume. Akurasi jawaban yang diperoleh akan tergantung pada jarak dari koordinat dan pada seberapa dekat kurva berikut hukum (Barrass dan Derret, 1999). Berikut merupakan rumus perhitungan Simpson yang digunakan untuk mencari luasan pada area keruk:

### 1. Simpson I

Pada aturan ini diasumsikan bahwa kurva merupakan parabola orde ke dua yang Persamaannya berdasarkan koordinat sumbu  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$ . Dimana  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  adalah konstan. Berikut adalah gambar dari parabola orde dua yang mana  $y_1$ ,  $y_2$  dan  $y_3$  merupakan 3 ordinat dengan jarak  $h$  yang sama.



Gambar 2.8 Bidang Lengkung (*simpson 1/3*)  
(Sumber : Barras, 1999)

Luas dari area yang diarsir adalah  $ydx$ , sedangkan luas daerah yang dibatasi oleh kurva dan sumbu adalah sebagai berikut.

$$A = \int_0^{2h} dA = \int_0^{2h} ydx \dots\dots\dots (3)$$

$$y = a_0 \cdot x + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 \dots\dots\dots (4)$$

Sehingga

$$A = \int_0^{2h} (a_0 \cdot x + a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2) dx \dots\dots\dots (5)$$

$$A = 2a_0h + 2a_1h^2 + \frac{8}{3}a_2h^2 \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{Asumsikan area pada gambar} = Ay_1 + By_2 + Cy_3 \dots\dots\dots (7)$$

Dengan menggunakan Persamaan kurva dan mensubstitusikan 'x' untuk 0, h dan 2h maka masing-masing:

$$A = Aa_0 + B(a_0 + a_1h + a_2h^2) + C(a_0 + 2a_1h + 4a_2h^2) \\ = a_0(A + B + C) + a_1h(B + 2C) + a_2h^2(B + 4C) \dots\dots\dots (8)$$

Sehingga

$$2a_0h + 2a_1h^2 + \frac{8}{3}a_2h^3 = a_0(A + B + C) + a_1h(B + 2C) + a_2h^2(B + 4C) \dots\dots\dots (2.33)$$

Menyamakan koefisien :

$$A + B + C = 2h, B + 2C = 2h, \text{ dan } B + 4C = \frac{8}{3}h \\ A = \frac{h}{3}(y_1 + 4y_2 + y_3) \dots\dots\dots (9)$$

Persamaan diatas juga dapat digunakan untuk mencari volume dengan luasan tak tentu yaitu dengan cara mengganti (y) dengan (a) yang merupakan area untuk mencari volume sebagaimana persamaan berikut.

$$V = \frac{h}{3}(a_1 + ay_2 + a_3) \dots\dots\dots (10)$$



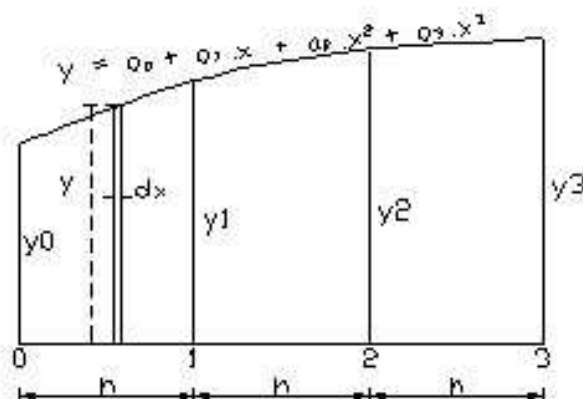
Dimana :

$h$  = jarak tiap potongan (m)

$a$  = luas tiap potongan ( $m^2$ )

2. *Simpson II*

Rumus pendekatan luas bidang lengkung dengan aturan *Simpson II* adalah rumus luas untuk 4 (empat) ordinat yaitu:  $y_0, y_1, y_2$  dan  $y_3$  atau jika jumlah ordinat lebih banyak dapat dikatakan, rumus pendekatan ini digunakan untuk menghitung luas bidang lengkung pada setiap jarak ordinat ( $h$ ) kelipatan 3.



Gambar 2.9 Bidang lengkung (*simpson II*).  
(Sumber : Barras, 1999)

Berikut ini uraian untuk mendapatkan rumus pendekatan menghitung luas bidang lengkung dengan aturan *simpson II*. Seperti terlihat pada gambar 2.9, Persamaan garis lengkung bidang tersebut adalah:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 \dots\dots\dots(11)$$

Dengan integrasi, dapat diuraikan sebagai berikut :

Persamaan garis :

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 \dots\dots\dots(12)$$

Luas Semua :

$$A = \int_0^{3h} dA = \int_0^{3h} ydx \dots\dots\dots(13)$$

$$A = \int_0^{3h} (a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3) dx \dots\dots\dots(14)$$

$$A = a_0x + \frac{1}{2}a_1x^2 + \frac{1}{3}a_2x^3 + \frac{1}{4}a_3x^4 \dots\dots\dots(15)$$

$$A = 3a_0h + 4\frac{1}{2}a_1h^2 + 9\frac{1}{3}a_2h^3 + 8\frac{1}{4}a_3h^4 \dots\dots\dots(16)$$

Dimisalkan Luas :

$$A = A.y_0 + B.y_1 + C.y_2 + D.y_3 \dots\dots\dots(17)$$

Bila harga  $x$  diganti dengan  $0, h, 2h,$  dan  $3h,$  dan harganya tersebut  $y_0, y_1, y_2,$  dan  $y_3$  maka dari Persamaan (12) diatas didapat :

$$y_0 = a_0 \dots\dots\dots(18)$$

$$y_1 = a_0 + a_1 \cdot h + a_2 \cdot h^2 + a_3 \cdot h^3 \dots\dots\dots(19)$$

$$y_2 = a_0 + 2a_1 \cdot h + 4a_2 \cdot h^2 + 8a_3 \cdot h^3 \dots\dots\dots(20)$$

$$y_3 = a_0 + 3a_1 \cdot h + 9a_2 \cdot h^2 + 27a_3 \cdot h^3 \dots\dots\dots(21)$$

Masukkan Persamaan (2.17) diatas, maka akan diperoleh:

$$A = A \cdot a_0 + B(a_0 + a_1 \cdot h + a_2 \cdot h^2 + a_3 \cdot h^3) + C(a_0 + 2a_1 \cdot h + 4a_2 \cdot h^2 + 8a_3 \cdot h^3) + D(a_0 + 3a_1 \cdot h + 9a_2 \cdot h^2 + 27a_3 \cdot h^3) \dots\dots\dots(22)$$

$$A = (A + B + C + D)a_0 + (B + 2C + 3D)a_1 \cdot h + (B + 4C + 9D)a_2 \cdot h^2 + (B + 8C + 27D)a_3 \cdot h^3 \dots\dots\dots(23)$$

Dari Persamaan (16) dan (23) diperoleh :

$$(A + B + C + D) = 3h \dots\dots\dots(24)$$

$$(B + 2C + 3D) = 4\frac{1}{2}h \dots\dots\dots(25)$$

$$(B + 4C + 9D) = 9h \dots\dots\dots(26)$$

$$(B + 8C + 27D) = 20\frac{1}{4}h \dots\dots\dots(27)$$

Persamaan (24), (25), (26) dan (27) diselesaikan maka diperoleh :

$$A = \frac{3}{8}h, B = \frac{9}{8}h, C = \frac{9}{8}h, D = \frac{3}{8}h \dots\dots\dots(28)$$

Dimasukkan ke Persamaan (17), diperoleh :

$$A = \frac{3}{8}h(1 \cdot y_0 + 3 \cdot y_2 + 3 \cdot y_3 + 1 \cdot y_4) \dots\dots\dots(29)$$

Persamaan diatas juga dapat digunakan untuk mencari volume dengan luasan tak tentu. Yaitu dengan cara mengganti  $y$  dengan  $a$  yang merupakan area untuk mencari volume sebagaimana Persamaan (30) berikut.

$$V = \frac{3}{8} h (1 \cdot a_0 + 3 \cdot a_2 + 3 \cdot a_3 + 1 \cdot a_4) \dots\dots\dots(30)$$

Dimana :

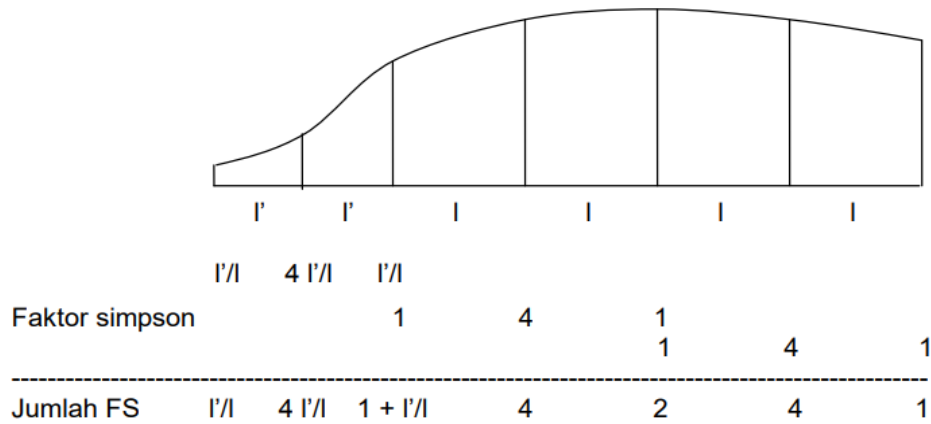
$h$  = jarak tiap potongan (m)

$a$  = luas tiap potongan ( $m^2$ )

$V$  = volume keruk ( $m^3$ )

Perhitungan luas suatu bidang lengkung dengan menggunakan *Simpson's First Rule* akan lebih akurat bila jarak ordinatnya lebih kecil. Persyaratannya adalah jumlah prdinat harus ganjil dan minimal 3 ordinat.

Sering kali suatu bidang lengkung mempunyai garis lengkung yang berubah ekstrim pada ujung-ujungnya dan tidak berakhir pada ordinat yang jaraknya sama dengan jarak-jarak antar ordinat di depan atau di belakangnya.



Gambar 2.10 Bidang Lengkung Yang Mempunyai Bidang Sisa

Bidang sisa luasan pada Gambar 2.10 yang mempunyai *factor Simpson* yaitu  $\frac{l'}{l}$ .

Keterangan:

$l'$  = Jarak antar ordinat a~b = b~1.

$l$  = Jarak antar ordinat 1~2 = 2~3 = ... = 10~11.

### 2.7 Waktu Keruk

Waktu pengerukan diperlukan untuk mengetahui rentang waktu yang dibutuhkan sebuah alat keruk untuk dapat menyelesaikan pekerjaannya. Berikut merupakan penggunaan waktu yang dibutuhkan selama pengerukan (Purnomo, 2003).

#### 1. Loading Time

*Loading time* adalah waktu yang digunakan untuk mengangkat material. Berikut merupakan persamaan rumus yang digunakan untuk memperoleh *loading time*:

$$\text{Loading Time} = \frac{H}{P_{max}} \dots\dots\dots (31)$$

#### 2. Travelling Time

*Travelling Time* adalah waktu yang digunakan saat perjalanan ke lokasi pembuangan. *Travelling Time* dipengaruhi oleh jarak *dumping area* dan juga kecepatan dari *barge*.

$$\text{Travelling Time} = \frac{\text{Jarak Dumping Area}}{\text{Kecepatan kapal}} \dots\dots\dots (32)$$

### 3. *Unloading Time*

*Unloading time* adalah waktu yang digunakan *barge* untuk membuang material hasil pengerukan.

### 4. *Return Time*

*Return Time* adalah waktu yang digunakan saat perjalanan kembali ke lokasi keruk. Perhitungan waktu kembali dipengaruhi oleh kecepatan kapal saat muatan kosong dan jarak *dumping area*.

$$\text{Return Time} = \frac{\text{Jarak Dumping Area}}{\text{Kecepatan kapal}} \dots\dots\dots (33)$$

Setelah memperoleh waktu siklus, maka dihitung pula jumlah siklus dalam 1 hari sesuai dengan lama jam kerja yang ditetapkan. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah siklus:

$$\text{Jumlah siklus} = \frac{\text{Jam kerja}}{\text{waktu siklus}} \dots\dots\dots (34)$$

Menghitung jumlah total angkut dapat menggunakan perasamaan sebagai berikut:

$$\text{Total angkut} = \frac{\text{jumlah total volume}}{\text{volume yang diangkut perhari}} \dots\dots\dots (35)$$

## 2.8 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya suatu proyek merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan suatu proyek pengerukan.

Rahmah (2019) menyatakan bahwa secara umum ada empat fungsi utama dari Rancangan Anggaran Biaya (RAB) yaitu:

1. Menetapkan jumlah total biaya pekerjaan yang menguraikan masing masing item pekerjaan yang akan dibangun.
2. Menetapkan daftar dan jumlah material yang dibutuhkan. Dalam RAB harus dipastikan jumlah masing masing material disetiap komponen pekerjaan.
3. Menjadi dasar untuk penunjukan/pemilihan kontraktor pelaksana. Berdasarkan RAB yang ada, maka akan diketahui jenis dan besarnya pekerjaan yang akan dilaksanakan. Dari RAB tersebut akan kelihatan pekerja dan kecakapan apa saja yang dibutuhkan. Berdasarkan RAB tersebut akan diketahui apakah cukup diperlukan satu kontraktor pelaksana saja atau apakah diperlukan untuk

memberikan suatu pekerjaan kepada subkontraktor untuk menangani pekerjaan yang dianggap perlu dengan spesialis khusus.

4. Peralatan peralatan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pekerjaan akan diuraikan dalam estimasi biaya yang ada. Seorang estimator harus memikirkan bagaimana pekerjaan dapat berjalan secara mulus dengan menentukan peralatan apa saja yang dibutuhkan dalam pekerjaan tersebut. Dari RAB juga dapat diputuskan peralatan yang dibutuhkan apakah perlu dibeli langsung atau hanya perlu dengan sistem sewa. Kebutuhan peralatan dispesifikasikan berdasarkan jenis, jumlah dan lama pemakaian sehingga dapat diketahui berapa biaya yang diperlukan.

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Berikut ini merupakan penelitian terdahulu yang relevan dengan analisis pengerukan yang bertema menghitung volume keruk. Penelitian pertama yakni ditulis oleh Muhammad Ayyub Ansyari Burhanuddin dengan judul “Analisis Pengerukan (*Dredging*) Di Kolam Pelabuhan Peruntukan Kapal Kontainer *Post Panamax* (Studi Kasus Di Pelabuhan Makassar *New Port*)”. Dengan hasil penelitian yaitu menggunakan metode pengerukan yang diterapkan berdasarkan hasil analisis yaitu *Cutter Suction Dredger (CSD)*. Total volume yang akan dikeruk pada kolam pelabuhan *Makassar New Port* adalah sebesar 1.953.764,47 m<sup>3</sup>. Rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pengerukan kolam pelabuhan *Makassar New Port* peruntukkan kapal *Post Panamax* dengan durasi waktu pengerukan yang akan dilaksanakan yaitu selama 233 hari yaitu sebesar Rp. 240.566.153.700. Sedangkan penelitian kedua yaitu dengan judul “Perhitungan Volume Keruk untuk Keamanan Kapal Berlabuh di Kolam Labuh PT. PAL Indonesia (Persero)” oleh Iqbal Maulana Alifiano. Dengan hasil penelitian perhitungan volume keruk pada kolam labuh ini dibagi menjadi 10 bagian potongan kolom pias secara penampang melintang vertikal untuk mengetahui volume keruk pada setiap kolom piasnya. Desain kedalaman rencana berdasarkan nilai draft kapal KRI Raden Eddy Martadinata yang akan bersandar pada area Dermaga Bandar Barat yaitu -6 m. Volume pengerukan berdasarkan desain kedalaman, slope, penambahan siltation rate dan luas area pada area Dermaga Bandar Barat Sisi Utara adalah 8.009,3704 m<sup>3</sup>.

Penelitian terdahulu dengan tema membandingkan kapal keruk untuk mengetahui total biaya yang digunakan. Penelitian pertama yaitu ditulis oleh Aden Firdaus dengan judul “Analisis Perbandingan Biaya pada Pekerjaan Pengerukan

Alur Pelabuhan Bandar Bakau Jaya Banten”. Dengan hasil penelitian yaitu membandingkan 3 jenis kapal untuk mengetahui jumlah biaya yang digunakan untuk pengerjaan pengerukan dalam kurung waktu tertentu. Dari hasil analisis didapatkan 3 jenis kapal yaitu TSHD dengan waktu 2,11 bulan dan biaya yang digunakan yaitu Rp. 27.316.912.820. Jenis kapal SD menggunakan biaya sebesar Rp.27.887.202.652 selama 8,34 bulan. Untuk kapal jenis CSD membutuhkan biaya sebesar Rp. 37.995.671.214 selama 6,08 bulan. Sedangkan untuk penelitian yang ditulis oleh Ade Permana Nasution dengan judul “Pengeerukan Pemeliharaan Alur Pelayaran Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu dengan Sistim *Sand By Passing*”. Dengan hasil penelitian yaitu menggunakan kapal TSHD yang memerlukan biaya sebesar Rp. 40M/tahun sedangkan untuk *by passing* (SBP) memerlukan biaya Rp. 4M/tahun dengan biaya investasi awal untuk pengadaan peralatan sebesar Rp. 13.165.025.000.

Penelitian terdahulu dengan tema pemetaan batimetri. Penelitian pertama dengan judul “Pemetaan Batimetri Menggunakan Singlebeam Echosounder di Perairan Lembar, Lombok Barat” oleh Lusi Swastika Dewi. Dengan hasil penelitian kedalaman lapangan di Perairan Lembar memiliki kedalaman 1-25 meter dengan perubahan kontur kedalaman yang terjadi berkisar 1-2 meter. Kemiringan lereng (*slope*) rata-rata Perairan Lembar 2,42% (sangat landai). Garis kontur kedalaman dan morfologi dasar laut digitasi lapangan di Perairan Lembar ditemukan gundukan pasir. Sedangkan penelitian yang kedua yaitu dengan judul “Pengukuran Batimetri Untuk Perencanaan Pengerukan Kolam Pelabuhan Peti Kemas Belawan Sumatera Utara” oleh Syakinah Maghfirah Ayu. Berdasarkan hasil tersebut apabila disesuaikan dengan syarat aman kapal pada kolam pelabuhan yaitu -11 m, terjadi pendangkalan sehingga perlu dilakukan pengerukan.

Penelitian berikutnya yang relevan dengan analisis pengerukan yang pertama yakni ditulis oleh Khomsin, dkk. dengan judul “Analisis Volume Pengerukan Alur Pelayaran Barat Surabaya Dengan Data *Multibeam Echosounder* Menggunakan Perangkat Lunak *Hypack* Dan *Autocad Civil 3d*”. Penelitian ini melakukan perhitungan volume pengerukan dengan data dari survei *multibeam echosounder* di Alur Pelayaran Barat Surabaya menggunakan perangkat lunak *Hypack* dan *AutoCAD Civil 3D* dimana dari hasil tiap perangkat lunak akan dianalisa manakah perangkat lunak yang tepat untuk digunakan dalam pekerjaan pengerukan di laut. Dengan hasil penelitian diperoleh total nilai volume

yang didapat dari perhitungan *AutoCAD Civil 3D* sebesar 5.921.745 m<sup>3</sup>, *Hypack* sebesar 5.952.881,83 m<sup>3</sup>, dan hitungan manual sebesar 5.326.096,17 m<sup>3</sup>. Metode perhitungan volume yang digunakan adalah penampang rata-rata dengan membagi perhitungannya per-*section*.

Tabel 2.3 Tinjauan Empiris

No.	Judul	Penulis	Variabel	Hasil
1.	Pemetaan Batimetri Menggunakan <i>Singlebeam Echosounder</i> Di Perairan Lembar, Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat	Lusi Swastika Dewi, Aris Ismanto, Elis Indrayanti	<b>Variabel terikat:</b> Pemetaan batimetri  <b>Variabel bebas:</b> <i>Singlebeam Echosounder</i>	Kedalaman lapangan di Perairan Lembar memiliki kedalaman 1-25 meter dan kedalaman Dishidros 1-26 meter dengan perubahan kontur kedalaman yang terjadi berkisar 1-2 meter. Kemiringan lereng ( <i>slope</i> ) rata-rata Perairan Lembar 2,42% (sangat landai). Garis kontur kedalaman dan morfologi dasar laut digitasi lapangan di Perairan Lembar ditemukan gundukan pasir berupa lidah pasir (didekat muara Sungai Dodokan dan Sungai Bagong).
2.	Analisis Perbandingan Biaya pada Pekerjaan Pengerukan di Alur Pelabuhan Bandar Bakau Jaya Banten	Aden Firdaus, Muhammad Rizkiansyah, Yessi Nirwana	<b>Variabel terikat:</b> Biaya pengerukan  <b>Variabel bebas:</b> TSHD, SD, dan CSD	Hasil dari analisis didapatkan 3 jenis kapal keruk yaitu, TSHD dalam waktu 2,11 bulan dan biaya Rp27.316.912.819,63, SD dalam waktu 8,34 bulan dan biaya Rp27.887.202.652,35, dan CSD dalam waktu 6,08 bulan dan biaya Rp37.995.671.214,00. Jenis kapal keruk yang paling efisien untuk pekerjaan pengerukan di alur pelabuhan ini adalah TSHD dengan 7 <i>tugboat</i> dan <i>barge</i> .
3.	Analisis Volume Pengerukan Alur Pelayaran Barat Surabaya Dengan Data <i>Multibeam Echosounder</i> Menggunakan Perangkat Lunak <i>Hypack</i> Dan <i>Autocad Civil 3d</i>	Khomsin, Irfan Maulana Yusuf, Eko Yuli Handoko	<b>Variabel terikat:</b> volume keruk,  <b>Variabel bebas:</b> <i>Multibeam Echosounder</i> , Perangkat Lunak <i>Hypack</i> dan <i>Autocad Civil 3d</i>	Dari perhitungan volume menggunakan <i>AutoCAD Civil 3D</i> didapatkan nilai volume terkecil sebesar 35,1 m <sup>3</sup> yang terletak pada <i>section</i> 17+626,77, dan nilai volume terbesar sebesar 34.808,02 m <sup>3</sup> yang terletak pada <i>section</i> 12+150. Sedangkan untuk perhitungan volume menggunakan <i>Hypack</i> didapatkan nilai volume terkecil sebesar 127,23 m <sup>3</sup> yang terletak pada <i>section</i> 17+600, dan nilai volume terbesar sebesar 32.002,69 m <sup>3</sup> yang terletak pada <i>section</i> 12+150.
4.	Analisis Pengerukan ( <i>Dredging</i> ) Di Kolam Pelabuhan Peruntukan Kapal Kontainer <i>Post</i>	Muhammad Ayyub Ansyari Burhanuddin	<b>Variabel terikat:</b> Volume keruk dan Kapal Kontainer <i>Post Panamax</i>	Metode pengerukan yang diterapkan berdasarkan hasil analisis Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengerukan dilakukan dengan menggunakan <i>cutter suction dredger</i> , dengan volume keruk mencapai



	<i>Panamax</i> (Studi Kasus Di Pelabuhan Makassar <i>New Port</i> )		<b>Variabel bebas:</b> Pengerukan	1.953.764,47 m <sup>3</sup> , dengan lama pengerjaan 233 hari, dan total biaya sebesar Rp. 240.566.153.700.
5.	Pengerukan Pemeliharaan Alur Pelayaran Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu dengan Sistem Sand By Passing	Ade Permana Nasution, Aripurnomo Kartohardjono	<b>Variabel terikat:</b> Biaya keruk  <b>Variabel bebas:</b> kapal keruk TSHD, <i>Sand bypassing</i> (SBP)	Menggunakan kapal keruk TSHD memerlukan biaya sebesar Rp 40 M/tahun s/d Rp. 52 M/tahun. Sedangkan jika menggunakan sistem <i>Sand bypassing</i> (SBP) memerlukan biaya Rp. 4 M/tahun s/d Rp. 5 M/tahun, dengan biaya investasi awal untuk pengadaan peralatannya sebesar Rp 13.165.025.000. Bahkan dengan metode SBP ini dapat mewujudkan daratan di lokasi yang terabrasi, daratan tersebut akan banyak bermanfaat bagi pengelola pelabuhan untuk perluasan areal pelabuhan seperti rencana terminal ternak ( <i>live stock terminal</i> ) dan sebagainya.
6.	Pengukuran Batimetri Untuk Perencanaan Pengerukan Kolam Pelabuhan Peti Kemas Belawan Sumatera Utara	Syakinah Maghfirah Ayu, Agus Anugroho Dwi Suryo, Petrus Subardjo, Sugeng Widada dan Purwanto	<b>Variabel terikat:</b> Volume pengerukan  <b>Variabel bebas:</b> kapal keruk TSHD, <i>Sand</i>	Berdasarkan hasil tersebut apabila disesuaikan dengan syarat aman kapal pada kolam pelabuhan yaitu -11 m, terjadi pendangkalan sehingga perlu dilakukan pengerukan. Setelah itu dihitung volume pendangkalan yang dikeruk berdasarkan desain kedalaman, slope, penambahan siltation rate menggunakan metode Grading dengan TIN ( <i>Triangulated Irregular Network</i> ) oleh perangkat lunak <i>AutoCAD Civil 3D 2016</i> . Total nilai volume pengerukan sedimen yang harus dikeruk sebesar 96.064,034 m <sup>3</sup> agar kolam pelabuhan dapat dilalui kapal secara aman.
7.	Perhitungan Volume Keruk untuk Keamanan Kapal Berlabuh di Kolam Labuh PT. PAL Indonesia (Persero)	Iqbal Maulana Alifiano	<b>Variabel terikat:</b> pengerukan  <b>Variabel bebas:</b> Laju sedimentasi, volume keruk	Perhitungan volume keruk pada kolam labuh ini dibagi menjadi 10 bagian potongan kolom pias secara penampang melintang vertikal untuk mengetahui volume keruk pada setiap kolom piasnya. Desain kedalaman rencana berdasarkan nilai draft kapal KRI Raden Eddy Martadinata yang akan bersandar pada area dermaga Bandar Barat yaitu -6 m. Volume pengerukan berdasarkan desain kedalaman, slope, penambahan siltation rate dan luas area pada area Dermaga Bandar Barat Sisi Utara adalah 8.009,3704 m <sup>3</sup> .