

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan pengerukan telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Yuwono dan Sabaruddin (2014) telah melakukan kajian pengerukan waduk Sengguruh di Kepanjen, Kabupaten Malang guna meningkatkan produksi listrik PLTA yang menurun akibat sedimentasi yang terjadi pada waduk. Andriawati dkk. (2015) juga telah melakukan penelitian terhadap efektivitas kegiatan pengerukan sedimen waduk Wonogiri yang ditinjau dari nilai ekonomi.

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis perbandingan biaya beberapa kapal keruk (*dredger*) bagi pekerjaan pengerukan pada alur pelabuhan terhadap sedimen yang selanjutnya ditentukan alternatif yang paling efektif, ini melanjutkan penelitian yang telah dilakukan oleh Rahman (2018) tentang analisis sedimentasi bagi pekerjaan pengerukan di alur pelabuhan Bandar Bakau Jaya Banten. Adlin (2017) juga telah melakukan analisis metode pengerukan pada *canal water intake* PLTU Banten 3 Lontar.

2.2 Pelabuhan

Pelabuhan (*port*) merupakan suatu daerah perairan yang terlindung dari gelombang dan digunakan sebagai tempat berlabuhnya kapal maupun kendaraan air lainnya yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan penumpang, barang maupun hewan, reparasi, pengisian bahan bakar dan lain sebagainya yang dilengkapi dengan dermaga tempat menambatkan kapal, kran-kran untuk bongkar muat barang, gudang transito, serta tempat penyimpanan barang dalam waktu yang lebih lama, sementara menunggu penyaluran ke daerah tujuan atau pengapalan selanjutnya. Selain itu, pelabuhan merupakan pintu gerbang serta pemelancar hubungan antar daerah, pulau bahkan benua maupun antar bangsa yang dapat memajukan daerah belakangnya atau juga dikenal dengan daerah pengaruh. Daerah ini belakang ini merupakan daerah yang mempunyai hubungan kepentingan

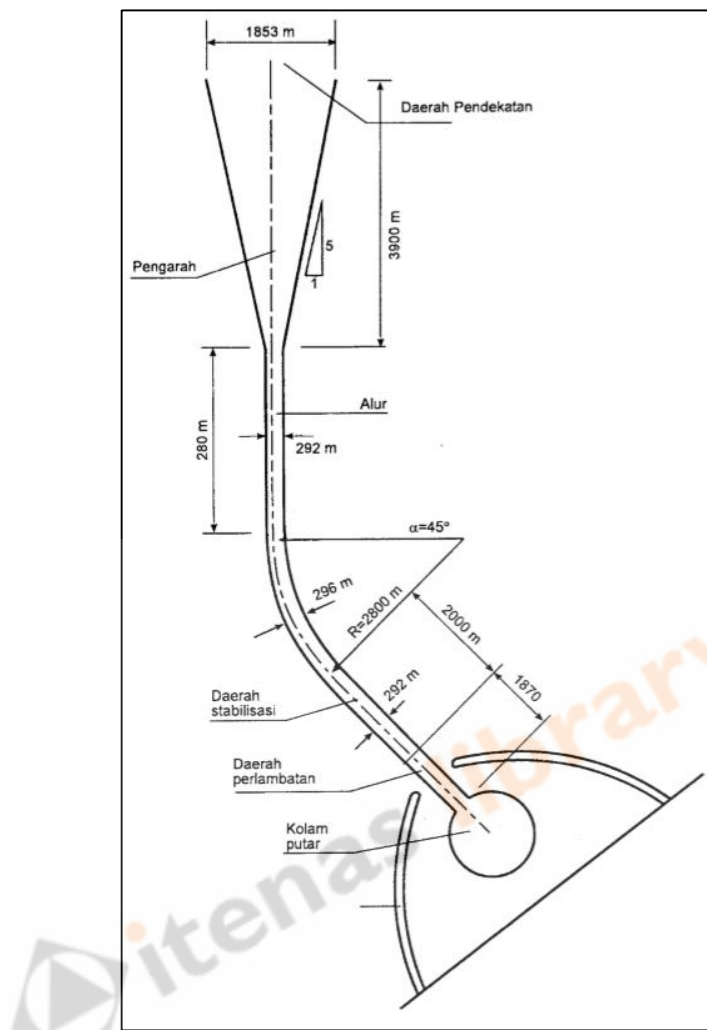
ekonomi, sosial, maupun untuk kepentingan pertahanan yang dikenal dengan pangkalan militer angkatan laut (Triatmodjo, 1992).

Menurut Peraturan Pemerintah No. 69 Tahun 2001 Pasal 1 ayat 1, tentang kepelabuhan, pelabuhan adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan/atau bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi.

2.3 Alur Pelayaran

Alur pelayaran adalah bagian dari perairan alami maupun buatan yang digunakan sebagai lintasan arus lalu lintas kapal dengan kedalaman, lebar dan hambatan pelayaran lainnya yang dianggap aman untuk dilayari (Direktorat Jenderal Perhubungan Laut, Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan, 2002). Alur pelayaran berfungsi untuk mengarahkan kapal yang memasuki pelabuhan. Kondisi air di alur pelayaran dan kolam pelabuhan harus tenang terhadap pengaruh gelombang dan arus yang datang. Ukuran kapal terbesar yang memasuki pelabuhan menjadi acuan untuk merencanakan alur pelayaran pada pelabuhan, beserta kondisi meteorologi dan oseanografi. Kapal yang masuk ke alur pelayaran harus mengurangi kecepatan hingga akhirnya berhenti di dermaga.

Alur pelayaran ditandai dengan alat bantu pelayaran berupa pelampung dan lampu-lampu (Triatmodjo, 2010). Pada umumnya, daerah alur pelayaran mempunyai kedalaman yang kecil sehingga perlu dilakukan *maintenance dredging* untuk memelihara kedalamannya dan agar mendapatkan kedalaman yang diperlukan. Gambar 2.1 menyajikan contoh *layout* alur masuk ke pelabuhan.



Gambar 2.1 Layout Alur Pelayaran (Triatmodjo, 2010)

2.4 Sedimentasi

Pantai adalah tempat yang mengalami perubahan fisiografi yang paling dinamis karena adanya proses dari darat dan laut secara konstan berinteraksi. Sedimentasi adalah proses penghancuran, pengikisan, dan pengendapan pada suatu tempat melalui media air laut, air tawar, angin, dan es. Sedimentasi ini dapat terjadi di daerah sungai maupun di daerah pantai. Sedimentasi dapat diakibatkan oleh berbagai faktor, yaitu arus laut, arus sungai yang bermuara, dan pasang surut air laut. 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.

Menurut Pettijohn (1975), Selley (1988), dan Richard (1992) dalam PT Atlas Primarco (2016) menyatakan bahwa transportasi sedimen dalam aliran air dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Sedimen merayap (*bed load*) yaitu material yang terangkut secara menggeser atau menggelinding di dasar aliran.
2. Sedimen loncat (*saltation load*) yaitu material yang meloncat-loncat bertumpu pada dasar aliran.
3. Sedimen layang (*suspended load*) yaitu material yang terbawa arus dengan melayang layang di dalam air.

Transpor sedimen pada pantai tersebut menyebabkan fenomena perubahan dasar perairan seperti pendangkalan pada muara sungai, erosi pantai, perubahan garis pantai, dan sebagainya. Fenomena tersebut merupakan permasalahan yang utama pada wilayah pelabuhan.

Kolam dam alur pelabuhan yang terus ditumpuk oleh sedimentasi menyebabkan konektivitas antara pulau akan terganggu, termasuk pelaku usaha bisnis pelayaran sangat mengeluhkan hal tersebut sehingga pendangkalan ini menyebabkan tingkat okupansi kapal tidak bisa optimal. Terlebih lagi, Pelabuhan Bandar Bakau Jaya Banten ini selalu digunakan oleh masyarakat untuk menyeberang ke Pulau Sumatera. Masyarakat khawatir ada peningkatan kepadatan kendaraan pada Pelabuhan Merak sehingga sebagian perusahaan jasa kendaraan angkutan banyak memilih menyeberang melalui Pelabuhan Bandar Bakau Jaya. Ini terlihat dengan adanya peningkatan drastis volume kendaraan di Pelabuhan Bandar Bakau Jaya yang berada di Desa Marga Giri Kecamatan Bojonegara Kabupaten Serang. Jadi, sangat disayangkan bila kebutuhan masyarakat tersebut terganggu oleh adanya pendangkalan di alur pelabuhan Bandar Bakau Jaya

Untuk mengatasi pendangkalan akibat sedimentasi yang terus menumpuk pada alur pelabuhan, dilakukan pekerjaan pengerukan perawatan (*maintenance*

dredging) dengan tujuan menjaga agar terpenuhi persyaratan navigasi di alur pelayaran pelabuhan. Pengerukan itu sendiri merupakan proses pemindahan tanah dan batuan-batuan dengan menggunakan suatu peralatan atau suatu alat berat dengan cara mekanis dan/atau hidraulis dari suatu tempat ke tempat lain, misalnya dari suatu dasar sungai atau laut ke tempat lain. Peralatan yang digunakan untuk pengerukan alur pelayaran pelabuhan biasanya berbentuk kapal keruk (*dredger*).

2.4.1 Volume Sedimen

Untuk mengetahui volume sedimen di alur pelayaran Pelabuhan Bandar Bakau Jaya Banten ini, telah dilakukan penghitungan pada penelitian sebelumnya oleh Rahman (2018) menggunakan pemodelan hidrodinamika dan sedimen transpor dengan bantuan *software* MIKE 21.

Parameter dasar yang ditinjau pada penelitian sebelumnya meliputi:

1. Data batimetri,
2. Periode simulasi,

Parameter hidrodinamika yang ditinjau pada penelitian sebelumnya meliputi:

1. Elevasi awal muka air,
2. Kondisi batas wilayah pemodelan,
3. Beberapa koefisien seperti koefisien kekasaran (*manning/chezy*) dan koefisien kekentalan (*smagorinsky*)

Parameter transport sedimen yang ditinjau pada penelitian sebelumnya meliputi:

1. Data hidrodinamika
2. Data diameter butir sedimen,
3. Data konsentrasi sedimen.

2.5 Pengerukan

Pengerukan (*dredging*) adalah mengambil tanah atau material dari lokasi di dasar air, perairan dangkal seperti danau, sungai, muara ataupun laut dangkal, dan memindahkan atau membuangnya ke lokasi lain (Yuwono dkk., 2014). Sedangkan menurut Mahendra (2014), pengerukan merupakan bagian dari ilmu sipil yang memiliki pengertian pemindahan material dari dasar bawah air dengan

menggunakan peralatan keruk, atau setiap kegiatan yang mengubah konfigurasi dasar atau kedalaman perairan, seperti laut, sungai, danau, pantai ataupun daratan sehingga mencapai elevasi tertentu dengan menggunakan peralatan 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. Jadi, pada gilirannya nanti, pengerukan itu juga menopang pembangunan dan pengembangan sosial, ekonomi dan restorasi lingkungan. Pekerjaan pengerukan itu sendiri untuk 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 serta saling keterkaitan.

2.5.1 Tujuan Pengerukan

Tujuan pengerukan menurut Bray dan Cohen (2010) meliputi:

- Pelayaran: Untuk membuat atau memperpanjang pelabuhan, untuk memelihara perluasan, dan perbaikan sarana lalu lintas laut pelabuhan.
- 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.
- Perbaikan Lingkungan: Untuk menghilangkan atau memulihkan polutan pada saluran air dan meningkatkan kualitas air.
- Pengendali Banjir: Untuk memperbaiki atau memperlancar aliran sungai dengan memperdalam dasar sungai.
- Pertambangan: Untuk memperoleh bahan-bahan tambang seperti mineral dan lainnya.

2.5.2 Tipe-tipe Pengerukan

Menurut Eisma (2006), secara garis besar pengerukan dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

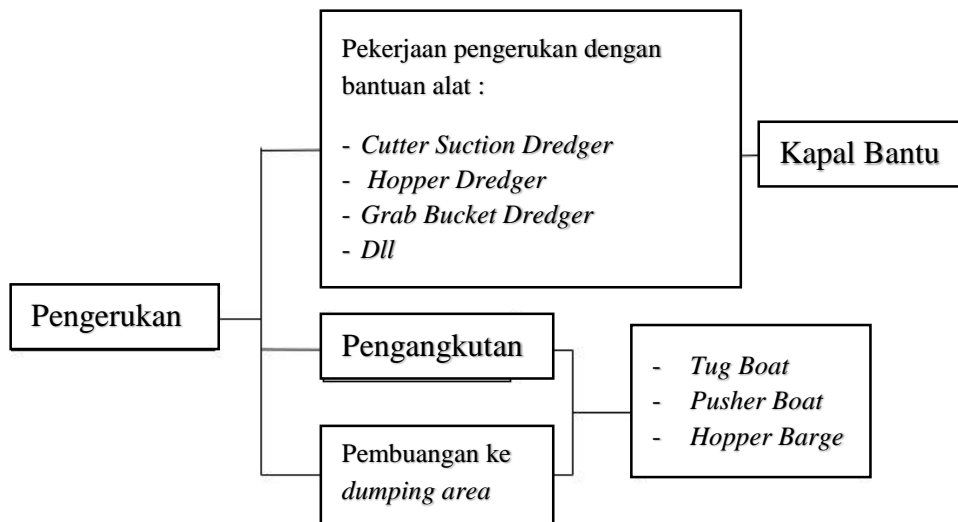
- Pengerukan Awal (*Capital Dredging*)
Capital dredging dilakukan ketika akan membuat kolam pelabuhan, pembuatan alur pelayaran, dan perataan alas suatu pemecah gelombang, dan sebagainya. *Capital dredging* ini dilakukan pada tipe tanah yang telah lama mengendap. Pengerukan jenis ini biasanya digunakan dalam pengerjaan pelabuhan, alur pelayaran, waduk, atau area yang akan digunakan sebagai industri.
- Pengerukan Perawatan (*Maintenance Dredging*)
Maintenance Dredging dilakukan pada tipe tanah yang belum lama mengendap. Pengerukan ini dilakukan untuk membersihkan *siltation* yang terjadi secara alami. Pengerukan ini biasanya diterapkan pada perawatan alur pelayaran dan pelabuhan.
- Pengerukan Ulang (*Remedial Dredging*)
Remedial Dredging dilakukan pada wilayah yang telah dikeruk, tetapi mengalami kesalahan. Kesalahan ini biasanya berupa kesalahan kedalaman pengerukan.

2.5.3 Proses Pengerukan

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

- Penggalian (*Excavation*)
- Transport Vertikal (*Vertical Transport*)
- Transport Horizontal (*Horizontal Transport*)
- Pembuangan atau penggunaan material kerukan

Sedangkan menurut Salim (1997), pekerjaan pengerukan secara garis besar dapat dibagi dalam 3 proses utama, yaitu penggalian, pengangkutan, dan pembuangan. Masing-masing proses ini dibantu oleh kapal dalam pengerjaannya. Bagan proses pengerukan beserta kapal yang dipakai disajikan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Proses Pengerukan

2.6 Kapal Keruk

Kapal keruk (*dredger*) digunakan untuk memindahkan material keruk dari satu tempat ke tempat lain. Tipe kapal keruk yang dikembangkan dapat dikelompokkan dalam 3 grup utama, yaitu:

1. *Mechanical dredger*
2. *Hydraulic dredger*
3. Peralatan keruk tipe lainnya (*dredging plants*)

Mechanical dredger adalah suatu cara mencabut/mengambil/menaikkan tanah dan mentransportasikan *soil* (material keruk) dengan cara mekanis, yaitu:

- *Bucket dredger*
- *Dipper dredger*
- *Hydraulic excavator*
- *Grab dredger*
- *Rockbreaker*

Hydraulic dredger, prinsip dari *hydraulic dredger* adalah material keruk diambil dan ditransportasikan dengan pompa sentrifugal. Pada penerapan ini, material yang

diambil (ditarik/dihisap) terdiri dari campuran material keruk dan air. *Hydraulic dredger* ini yaitu:

- *Profile dredger*
- *Cutter suction Dredger*
- *Wheel dredger*
- *Stationary hopper dredger*
- *Trailing suction hopper dredger*

Adapun yang dimaksud tipe lain dari peralatan keruk (*dredging plants*) di antaranya adalah:

- *Barges* (tongkang lumpur)
- *Booster station* (pompa)
- *Mineral dredger*, dilengkapi dengan *treatment plant* untuk memisahkan partikel-partikel yang bernilai

Menurut Pullar dan Stuart (2009), secara umum pemilihan peralatan pengerukan untuk sebuah proyek ditentukan oleh kontraktor yang ditunjuk untuk pekerjaan berdasarkan ketersediaan saat rencana dan keuangan. Berikut ini adalah daftar peralatan pengerukan yang pada prinsipnya bisa digunakan untuk mengeruk perairan:

- *Trailing Suction Hopper Dredger – TSHD*
- *Grab Dredger – GD*
- *Backhoe Dredger – BHD*
- *Bucket Ladder Dredger – BLD*
- *Suction Dredger – SD*
- *Cutter Suction Dredger – CSD*

Ketika memilih jenis peralatan yang sesuai yang akan digunakan, kontraktor akan memeriksa persyaratan kontrak dan materi serta tata letak pekerjaan pengerukan. Aspek yang harus dipertimbangkan adalah:

- Kemampuan untuk mengeruk material secara efektif dan ekonomis.
- Potensi untuk meminimalkan toleransi pengerukan untuk mencapai

kedalaman yang dibutuhkan

- Kemampuan untuk mengangkut hasil kerukan ke area pembuangan
- Fleksibilitas kerja dalam segala kondisi cuaca
- Aspek lingkungan
- Efisiensi waktu dan biaya dalam pengerjaan proyek

2.6.1 *Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD)*

Trailing Suction Hopper Dredger adalah kapal keruk yang paling produktif dengan teknologi yang paling canggih (Gambar 2.3). Pada umumnya kapal jenis ini memiliki *propeller* sendiri. Kapal ini dilengkapi dengan *hopper* untuk mengangkat material yang disedot dari dasar laut melalui *draghead* dan pipa. Kapal ini memiliki kelebihan sebagai berikut:

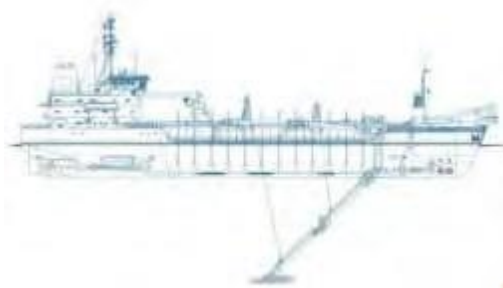
- Memiliki kemampuan pada hampir semua jenis tanah, sangat efisien dalam lumpur dan pasir
- Pada umumnya dilengkapi dengan teknologi yang canggih
- Tingkat kekeruhan yang dihasilkan relatif rendah
- Dapat bekerja dalam cuaca buruk
- Kapasitas produksi yang relatif tinggi (12.500 m³/jam)
- Mampu mengangkut material pada jarak yang jauh

Sedangkan untuk kekurangannya adalah sebagaimana berikut ini:

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



(a)



(b)

Gambar 2.3 *Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD)*

(Sumber: Pullar dan Stuart, 2009)

2.6.2 *Grab Dredger / Clamshell*

Grab Dredger biasanya terdiri dari *clamshell grab* yang tersambung ke *crane* dengan kawat baja (Gambar 2.4). *Crane* ini dinaikkan di atas ponton atau kapal. Bahan hasil kerukan akan diangkat dan diletakkan di dalam tongkang yang tertambat di sampingnya. Kapal ini memiliki kelebihan sebagai berikut:

- Dapat mengeruk dengan cara membuat jalan di depan kapal ketika melakukan pengerukan di daerah yang dangkal
- Cocok untuk daerah pengerukan terbatas dan untuk berbagai kedalaman
- Dapat mengeruk tanah yang cukup padat seperti tanah liat dan bebatuan yang longgar
- Ukuran material yang diambil dapat diubah sesuai kebutuhan (1m^3 - 20m^3)

Sedangkan untuk kekurangannya adalah sebagaimana berikut ini:

- Kurang produktif jika digunakan untuk mengeruk tanah dan bebatuan yang keras
- Produktivitas relatif rendah ($800 \text{ m}^3/\text{jam}$ tergantung pada ukuran *grab* dan material)
- Menghasilkan kekeruhan yang relatif tinggi, namun bisa diatasi dengan menggunakan *grab special*
- Tidak mudah dipindahkan dari jalur pelayaran
- Dibutuhkan yang sesuai untuk kapal tunda dan tongkang



Gambar 2.4 *Grab Dredger* (Sumber: Pullar dan Stuart, 2009)

2.6.3 *Backhoe Dredger*

Backhoe Dredger (BHD) merupakan kapal keruk yang terdiri dari *excavator* darat yang dipasang pada salah satu ujung ponton (Gambar 2.5). Ukuran *excavator* dan ember bervariasi dengan sifat material yang akan dikeruk dan kedalaman pengerukan. Hasil kerukan akan diangkat dan dituangkan ke dalam tongkang. Kelebihan metode pengerukan ini adalah:

- Dapat mengeruk tanah yang kohesif
- Efektif digunakan di area pengerukan yang terbatas

- Dapat mengeruk dengan menggali jalan ke depan saat pengerukan daerah dangkal
- Posisi dan kontrol kedalaman penggalian sangat akurat

Sedangkan untuk kekurangannya adalah sebagaimana berikut ini:

- Kedalaman pengerukan dibatasi pada panjang lengan *excavator*
- Tingkat produksi relatif rendah (800 m³/jam tergantung bahan dan ember keruk)
- Tidak mudah digerakkan
- Menghasilkan kekeruhan yang relatif tinggi



Gambar 2.5 *Backhoe dredger* (sumber: jandenul.com)

2.6.4 *Bucket Ladder Dredger*

Bucket Ladder Dredger (Gambar 2.6) merupakan kapal keruk dengan sistem kerja berupa rantai ember yang mengeruk dasar laut secara terus menerus kemudian menuangkannya ke tongkang yang tertambat pada kapal. Kapal ini bergerak sistematis di atas area pengerukan dengan menggunakan sistem *mooring lines* dan derek. Kelebihan kapal jenis ini adalah:

- Dapat mengeruk semua tipe tanah yang sulit diremas
- Dapat mengeruk material yang mengarah ke area dangkal
- Merupakan sistem pengerukan yang berkelanjutan
- Bisa mengeruk dengan menggali jalan ke depan saat pengerukan wilayah dangkal
- Tidak terpengaruh oleh batu-batu besar dan puing-puing
- Kontrol kedalaman yang relatif akurat meminimalkan toleransi pengerukan

Sedangkan untuk kekurangannya adalah sebagaimana berikut ini:

- Penyebaran jangkar yang luas dapat mengganggu navigasi
- Mobilitas yang buruk
- Tidak terlalu bisa diterapkan dalam kondisi berombak
- Tingkat produksi yang rata-rata (1000 m³/jam tergantung ukuran ember, tanah dan tongkang)
- Potensi untuk menghasilkan tingkat kekeruhan tinggi, terutama pada bahan halus



Gambar 2.6 *Bucket Ladder Dredger*

(Sumber: *dredgepoint.org*)

2.6.5 *Suction Dredger / Sand Pump*

Suction Dredger (Gambar 2.7) atau kapal keruk hisap merupakan kapal keruk yang cocok untuk menghisap bahan yang relatif longgar dan menyimpannya langsung ke tongkang atau dipompa langsung ke pantai. Kelebihan kapal ini adalah:

- Kapasitas pengerukan material yang besar ($2500 \text{ m}^3/\text{jam}$)
- Dapat mengeruk pasir pada kedalaman lebih besar, terutama ketika pompa bawah air dipasang
- Ukurannya yang bisa disesuaikan

Sedangkan untuk kekurangannya adalah sebagaimana berikut ini:

- Hanya bisa mengeruk material yang relatif longgar
- Dipancang dengan *studs* dan atau *tali baja*
- Kurang fleksibel terhadap perubahan lokasi



(a)



(b)

Gambar 2.7 *Suction Dredger* (sumber: Rahman, F 2018)

2.6.6 Cutter Suction Dredger

Cutter Suction Dredger (Gambar 2.8) merupakan kapal keruk dengan cara kerja memotong dan menghancurkan material keruk yang ada dibawah. Material tersebut kemudian disedot dengan menggunakan pipa hisap yang terhubung dengan pompa sentrifugal. Kelebihan kapal jenis ini adalah:

- Mampu mengeruk berbagai bahan, termasuk batu
- Dapat memindahkan material kerukan langsung ke pembuangan terdekat, daerah reklamasi, maupun ke dalam tongkang
- Dapat mengeruk dengan menggali jalan ke depan saat mengeruk daerah yang dangkal
- Kapasitas produksi cukup tinggi (3000 m³/jam, tergantung ukuran kapal, kapasitas *barge* penampung, dan tipe tanah)

Sedangkan untuk kekurangannya adalah sebagaimana berikut ini:

- Keterbatasan kerja dalam kondisi gelombang sedang
- Kurang fleksibel dalam perubahan lokasi



Gambar 2.8 *Cutter Suction Dredger*

(Sumber: dredgepoint.org)

2.7 Material Keruk

Material yang akan dikeruk dan diangkut adalah berupa sedimen yang berada di alur pelabuhan. Untuk karakteristik sedimen, pada umumnya dapat dibagi menjadi 2 kategori (Prasetyo, 2014), yaitu:

- Kohesi, antara lain endapan lumpur (*silt*) dan tanah liat (*clay*) dengan diameter rata-rata ($dm < 0,0625 \text{ mm}$)
- Nonkohesi, antara lain endapan pasir (*sand*), kerikil (*gravel*), *cobbles*, dll, dengan diameter rata-rata ($dm > 0,0625 \text{ mm}$).

Untuk meningkatkan efisiensi pengerukan, banyak hal yang dapat dilakukan. Peningkatan tersebut dapat dicapai dengan pemahaman yang lebih baik tentang materi yang akan dikeruk serta pemilihan alat pengerukan yang disesuaikan dengan tipe tanah atau material yang akan dikeruk. Pemilihan kapal keruk berdasarkan jenis tanah dasar ditunjukkan pada Tabel 2.1. Adapun tipe tanah /material tersebut antara lain adalah sebagai berikut:

- Batu besar (*boulders and cobbles*)
Ukuran partikel $> 200 \text{ mm}$
- Batu kerikil (*gravels*)
Ukuran partikel antara:
 1. Kasar (*coarse*): $60 - 20 \text{ mm}$
 2. Sedang (*medium*): $20 - 6 \text{ mm}$
 3. Halus (*fine*): $6 - 2 \text{ mm}$
- Pasir (*sands*)
Ukuran partikel antara:
 1. Kasar (*coarse*): $2 - 0,6 \text{ mm}$
 2. Sedang (*medium*): $0,6 - 0,2 \text{ mm}$
 3. Halus (*fine*): $0,2 - 0,06 \text{ mm}$
- Endapan lumpur (*silts*)
Ukuran partikel antara:
 1. Kasar (*coarse*): $0,06 - 0,02 \text{ mm}$
 2. Sedang (*medium*): $0,02 - 0,006 \text{ mm}$

3. Halus (*fine*): 0,006 – 0,002 mm

- Tanah liat: ukuran partikel < 0,002 mm
- Tanah *organic*: ukuran partikel < 0,002 mm

Tabel 2.1 Pemilihan Kapal Keruk berdasarkan Jenis Tanah Dasar (Sumber: Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan, Direktorat Jenderal Perhubungan Laut dan Departemen Perhubungan, 2006)

JENIS TANAH			JENIS ALAT KERUK					
Klasifikasi	Keadaan	N	<i>Pump Dredger</i>	<i>Hopper Dredger</i>	<i>Grab Dredger</i>	<i>Bucket Dredger</i>	<i>Dipper Dredger</i>	<i>Rock Breaker</i>
Tanah Lempung	Sangat lunak	< 40	√	√	√	√		
	Lunak	4	√	√	√	√		
	Sedang	10	√	√	√	√		
	Keras	10	√		√	√		
	Lebih keras	20	√		√	√	√	√
	Sangat keras	20	√		√	√	√	√
Tanah Kepasiran	Lunak	< 10	√	√	√	√		
	Sedang	10	√	√	√	√		
	Keras	20	√	√	√	√		
	Lebih keras	20	√		√	√	√	√
	Sangat keras	30	√		√	√	√	√
Tanah Lempung Berkerikil	Lunak	< 30	√	√	√	√	√	√
	Keras	> 30	√	√	√	√	√	√
Tanah kepasiran Berkerikil	Lunak	< 30	√	√	√	√	√	√
	Keras	> 30	√	√	√	√	√	√
Batu	Lebih lunak	40	√		√	√	√	√
	Lunak	50	√		√	√	√	√
	Sedang	50			√	√	√	√
	Keras	60			√			√

2.8 Pertimbangan Umum

Sebelum melakukan proyek pengerukan, terdapat beberapa pertimbangan yang harus ditinjau terlebih dahulu. Pertimbangan ini bertujuan untuk menentukan pemilihan jenis kapal keruk yang akan digunakan dalam suatu pekerjaan proyek pengerukan sehingga pekerjaan pengerukan ini dapat dikerjakan secara efektif dan efisien, baik dari segi waktu maupun biaya. Adapun pertimbangan tersebut meliputi:

- **Kondisi area keruk**

Kondisi area keruk sangat mempengaruhi jenis kapal yang akan digunakan. Hal ini dikarenakan kondisi area keruk berpengaruh pada keleluasaan alat dalam beroperasi serta lama waktu pengerjaan

- **Jenis sedimen dasar**

Setiap kapal keruk memiliki kemampuan masing-masing terhadap material yang akan dikeruk. Hal ini dikarenakan tidak semua kapal keruk mampu digunakan untuk segala jenis material keruk, ada yang mampu mengeruk pasir, lumpur, lempung, dan bebatuan.

- **Perencanaan tahapan pengerukan**

Dalam sebuah pekerjaan pengerukan perlu perencanaan yang matang, termasuk tahapan-tahapan dalam pengerjaannya. Tahapan-tahapan ini meliputi pemilihan kapal keruk, alur pengerukan, alur pembuangan, dan lain-lain.

- **Produktivitas alat keruk**

Tingkat produktivitas alat keruk sangat berpengaruh pada durasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan. Hal ini akan sangat berpengaruh juga dengan biaya yang dikeluarkan.

- **Biaya**

Pertimbangan yang paling penting adalah pertimbangan dari segi biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan pengerukan. Adapun biaya yang harus dikeluarkan adalah biaya mobilisasi-demobilisasi alat, biaya keruk per kubik, jenis alat beserta harga sewa, dan lain sebagainya.

2.9 *Overhead Cost* (Biaya Overhead)

Menurut penelitian yang dibuat dalam jurnal oleh Assaf dan Bubshait (2001) yang berjudul *The management of construction company overhead costs*, dijelaskan bahwa pengertian sederhana dari biaya *overhead* adalah biaya tambahan atau biaya lain-lain, yang tidak terkait langsung dengan proses bisnis dan produksi yang dilakukan. Biaya *overhead* ini mungkin saja tidak begitu besar jumlahnya, atau tidak dikeluarkan secara rutin karena berasal dari pengeluaran tak terduga. Meski begitu, biaya *overhead* tidak boleh dikesampingkan dan harus tetap dimasukkan ke dalam anggaran seperti biaya lainnya agar bisnis dapat terus berjalan dengan baik. Adapun biaya *overhead* adalah sebesar 10% dari biaya pelaksanaan pekerjaan.

2.10 Penelitian Sebelumnya

Penelitian ini melanjutkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rahman (2018) yang berjudul Analisis Sedimentasi Bagi Pekerjaan Pengerukan di Alur Pelabuhan Bandar Bakau Jaya Banten. Penelitian tersebut membahas tentang analisis sedimentasi yang terjadi di Alur Pelabuhan Bandar Bakau Jaya, Banten. Dari penelitian tersebut didapat penampang alur yang dipakai dan hasil penelitian berupa volume sedimentasi. Estimasi pengerukan yang disimpulkan oleh Rahman (2018) masih dangkal dan hanya dilakukan analisis berdasarkan kemampuan kapal keruk. Maka dari itu, masih dibutuhkan analisis yang lebih mendalam tentang kebutuhan pengerukan dalam dimensi biaya dan sumber daya kapal keruk (*dredger*).