

Pengerukan Pemeliharaan Alur Pelayaran Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu dengan Sistim Sand By Passing

Ade Permana Nasution¹, Aripurnomo Kartohardjono^{2*}

¹PT. Pelabuhan Indonesia II

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta

*Corresponding Author : ari.purnomo@ftumj.ac.id

Abstrak

Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu yang merupakan Pelabuhan Cabang PELINDO II, adalah pelabuhan pengumpul di Indonesia, yang memerlukan fasilitas pelabuhan yang memadai. Alur pelayaran merupakan komponen pelabuhan penting sebagai jalur masuk dan keluar kapal. Alur pelayaran didesain untuk dapat dilalui oleh kapal yang ditargetkan. Permasalahan yang selalu muncul di alur pelayaran Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu adalah tingginya tingkat sedimentasi yang terjadi, yang diperkirakan sebanyak 450.000 m³/tahun s/d 600.000 m³/tahun volume sedimentasi yang masuk ke alur. Cara yang biasa digunakan untuk mengatasi pengendapan adalah dengan cara pengerukan yang menggunakan kapal keruk *type hopper dredger (TSHD)*, dengan area dumping di darat atau di tengah laut dengan jarak + 7 Nmile dari alur pelayaran atau di kedalaman -32.00 mLWS. Menggunakan metode tersebut, pihak penyelenggara pelabuhan selalu menganggarkan biaya pemeliharaan alur pelayaran yang besar dan berpengaruh terhadap pencapaian laba cabang pelabuhan tersebut sehingga diperlukan alternatif metode untuk menangani masalah sedimentasi ini. Berdasarkan studi yang dilakukan dengan metode *sand bypassing (SBP)*, metode ini dapat menghemat biaya pengerukan pemeliharaan alur pelayaran, dengan nilai investasi awal mencapai Rp.13.165.025.000,-. Output sedimentasi yang dihasilkan oleh ke 2 (dua) metode ini sama yaitu sebesar 475.815,30 m³/tahunnya. bahkan dengan metode SBP dapat menciptakan daratan di lokasi terabrasi, daratan tersebut akan banyak bermanfaat bagi pengelola pelabuhan untuk perluasan areal pelabuhan dan ada penghematan biaya 1/3 s/d 1/20 kali dari biaya dengan metode *hopper dredger*, sehingga menjadikan metode sand by passing ini lebih efisien dan efektif.

Kata kunci : Alur Pelayaran, Pengerukan, *Sand Bypassing*

Abstract

The port of Pulau Baai, Bengkulu is a collector port in Indonesia under PELINDO II, which requires adequate port facilities. The channel is an important port component as the ship's entrance and exit. The channel is designed for targeted vessels. The problems that always arise, the channel port of Pulau Baai, Bengkulu are the high level of sedimentation that occurs, which is estimated as much as 450,000 m³/year ~ 600,000 m³/year the volume of sedimentation. The usual way to overcome the deposition is to dredge by using the dredger type Hopper vessel, with the dumping area in land or in the sea with a distance of 7 Nmile from the channel or at a depth of -32.00 mLWS. Using these method, the port always estimate the channel maintenance costs of large budget and affect the achievement of the branch's profit, so that alternative methods are required to solve the problem due to the sedimentation. Based on studies, the method of sand bypassing (SBP), can save the cost of dredging maintenance of channel, with an initial investment value of Rp. 13.165.025.000,-. The sedimentation output of 2 (two) methods equals 475,815.30 m³/year. Even with the SBP method can create land in a location of abrasion, the land will be beneficial for port, for the expansion of port area and there is a cost savings of 1/3 ~ 1/20 times of cost with the method of Hopper dredger, Thus the sand by passing method more efficient and effective.

Keywords: *channel, dredging, sand by passing.*

1. PENDAHULUAN

Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu adalah jenis Pelabuhan Pengumpul, dan merupakan pelabuhan cabang PT. Pelabuhan Indonesia II atau biasa dikenal dengan nama *Indonesia Port Corporation (IPC)*. Lokasi Pelabuhan Pulau Baai yang berada di Pulau Sumatera Provinsi Bengkulu, termasuk ke dalam wilayah operasi IPC

Pelabuhan Pulau Baai, Bengkulu menjadi Pelabuhan Pengumpulan yang didasarkan pada Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 898 Tahun 2016. Alur Pelayaran ini merupakan jalur akses kapal untuk menuju ke Pelabuhan Bengkulu. Alur Pelayaran selalu mengalami pendangkalan akibat dari transport sedimentasi sebesar $\pm 50.000 \text{ m}^3/\text{bulan}$ seperti terlihat pada gambar dibawah ini:



Sumber : Google Earth, 2017, diolah kembali
Gambar 1.2 Alur Pelayaran Bengkulu

Alur Pelayaran merupakan fasilitas yang sangat penting, kondisi kedalaman alur harus tetap terjaga sehingga dapat menjamin pergerakan kapal yang keluar masuk pelabuhan tetap aman.

Untuk menjaga kedalaman alur pelayaran dapat dilakukan dengan cara pengerukan (*Dredging*). Pekerjaan pengerukan dapat dikelompokkan menjadi 2 (jenis), yaitu :

- Pengerukan awal (*Capital Dredging*);
 - Pengerukan Perawatan (*Maintenance Dredging*).
- Selama ini, Operator Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu melakukan perawatan alur pelayaran menggunakan

metode pengerukan dengan kapal keruk type TSHD (*Trailing Section Hopper Dredger*). Biaya yang dianggarkan sebesar Rp. 40 M/tahun s.d Rp. 50 M/tahun dengan estimasi volume $400.000 \text{ m}^3/\text{tahun}$ s.d $800.000 \text{ m}^3/\text{tahunnya}$.

Metode perawatan pengerukan dengan TSHD memiliki beberapa kelemahan, yaitu :

- Alat kerja akan mengganggu operasional pelabuhan;
- Anggaran biaya yang besar;
- Alat kerja bersifat sewa.

Kelemahan alat kerja tersebut, sehingga dicari alternatif alat kerja keruk yang lebih efisien dan efektif, salah satu nya adalah metode *Sand bypassing*, yang menggunakan pompa. Metode ini diharapkan mampu mengatasi permasalahan sedimentasi dengan lebih efisien dan efektif bagi alur pelayaran Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu dan dapat mengatasi permasalahan erosi pantai yang berada di sisi barat pada breakwater yang pendek di Pelabuhan Bengkulu.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Pelabuhan

Pelabuhan merupakan suatu pintu gerbang untuk masuk ke suatu wilayah atau negara dan sebagai prasarana penghubung antar daerah, antar pulau, bahkan antar negara.

Salah satu faktor penting dalam pelabuhan adalah alur pelayaran. Alur pelayaran digunakan untuk lintasan kapal yang akan masuk ke kolam pelabuhan. Suatu alur masuk ke pelabuhan yang memadai, akan memberikan keuntungan-keuntungan seperti:

1. Jumlah kapal yang bergerak tanpa bergantung pada pasang surut akan lebih besar;
2. Berkurang batasan gerak dari kapal-kapal yang mempunyai draft besar;
3. Dapat menerima kapal yang berukuran besar ke pelabuhan;
4. Mengurangi waktu penungguan kapal-kapal yang hanya dapat masuk ke pelabuhan pada waktu air pasang;
5. Mengurangi waktu transit barang-barang.

Fenomena alam yang terganggunya pantai karena terjadinya littoral drift akibat longshore transport,

bahwa apabila terjadi pengendapan pada satu sisi, maka pada sisi yang lain akan mengalami erosi.

2.2. Pengerukan

Pengerukan merupakan tahapan kegiatan yang terdiri dari :

- Penggalian, pengambilan material atau pengerukan (tanah, batu, lumpur, atau pasir);
- Transportasi material dari tempat pengerukan ke tempat pembuangan;
- Pembuangan material.



Gambar 2.1 Proses Pengerukan

2.3. Klasifikasi Tanah

Informasi sifat tanah yang diperlukan adalah informasi jenis dan klasifikasi tanah berdasarkan sifat mekanis, yang digunakan untuk menentukan volume keruk dan pemilihan kapal keruk. Berdasarkan *The Permanent International Association of Navigation Congress (PIANC) 2014*, mengenai “*Classification of Soils and Rock for The Maritime Dredging Process*”, klasifikasi tanah dibagi menjadi sebagai berikut sesuai berikut:

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah

Sifat Kohesi	Sifat Plastisitas	Tipe	Ukuran Partikel (mm)	
Tidak kohesif (Cohesionless)	Non-plastis	Cobble - Rock	600 -> 2000	
			gravel	Coarse 20 - 60
				Medium 6 - 20
		Fine 2 - 6		
		sand	Coarse 0.6 - 2	
			Medium 0.2 - 0.6	
Fine 0.06 - 0.2				
Kohesif (Cohesive)	Plastis	silt	Coarse 0.02 - 0.06	
			Medium 0.005 - 0.02	
			Fine 0.002 - 0.005	
		clay	<0.002	
		Peat and organic	bervarias	

(Sumber : *The Permanent International Association of Navigation Congresses (PIANC). (2014)*)

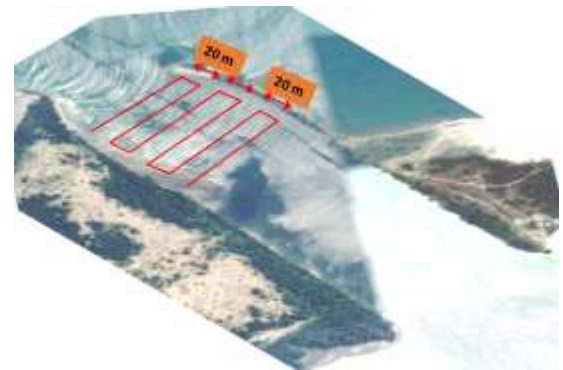
2.4. Data Hidro-Oseonografi

Data kondisi laut yang penting bagi kegiatan pengerukan adalah kecepatan arus, kecepatan angin, data gelombang (tinggi, arah dan periode), dan pasang surut. Data kondisi laut berguna untuk

mensimulasikan pergerakan kapal keruk, apakah kondisi laut yang ada begitu signifikan mengganggu kinerja kapal.

Survey yang dilakukan adalah *survey bathymetri*, untuk mengetahui kondisi kedalaman alur pelayaran yang ada. *Survey bathymetri* yang dilakukan menggunakan perangkat DGPS RTK, echosounder, laptop, software HydroPro dan Terramodel.

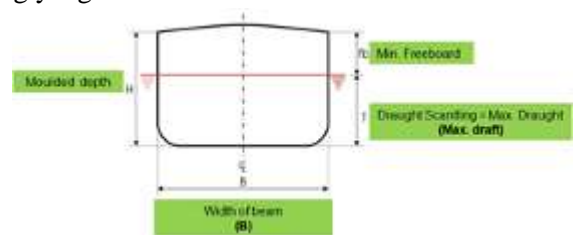
Lajur pengambilan dilakukan per 20 m, seperti gambar berikut :



Gambar 2.2 Lajur Survey Bathymetri

2.5. Desain Alur Pelayaran

Hal-hal yang diperlukan untuk pertimbangan dasar dalam mendesain alur pelayaran yang pertama adalah dimensi kapal terbesar, yakni lebar dan draught kapal. Lebar kapal digunakan untuk menentukan lebar alur pelayaran, sedangkan draught kapal untuk kedalaman perairan. Perlu dipertimbangkan pula adalah jenis tanah endapan yang akan dikeruk, hal ini menentukan kemiringan lereng yang diizinkan.



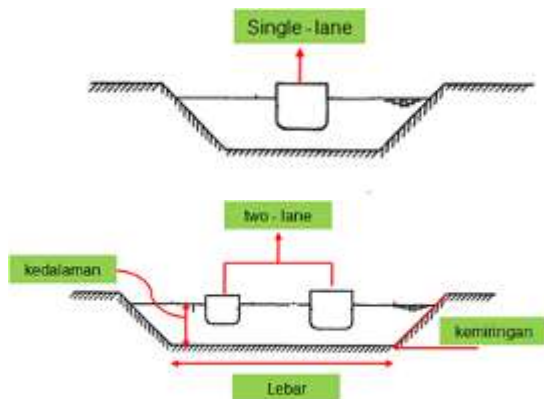
Sumber : ahaznam.blogspot.co.id, diakses 10 Februari 2017, telah diolah kembali.

Gambar 2.3 Dimensi kapal yang perlu dipertimbangkan.

2.6. Lebar Alur Pelayaran

Lebar alur pelayaran dapat ditentukan dengan formula pada gambar berikut ini. Lebar alur pelayaran yang perlu dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

- a. *Manoeuvring lane* : ruang untuk mengakomodasi gerakan kapal akibat angin, arus, *manoeuvrability* kapal itu sendiri.
- b. *Bank clearance* : gerakan kapal yang tidak tepat lurus berada pada garis tengah alur pelayaran, hal ini sering diakibatkan arus perairan yang tidak simetris.
- c. *Ship clearance* : ruang/jarak aman ketika alur pelayaran berfungsi sebagai *two-lane*.



Sumber : *Thoresen, Carl A. 2014. Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines, 3ed. London: Thomas Telford Publishing, telah diolah kembali.*

Gambar 2.4 Parameter Konfigurasi Alur Pelayaran

2.7. Jenis Alat Keruk

Alat keruk yang sering digunakan berupa kapal yang dilengkapi dengan barge, baik yang menjadi satu kesatuan dengan kapal keruk maupun terpisah. Jenis-jenis kapal keruk menurut *British Standard 1991* dan *PIANC 2014* dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- a. Alat kerja keruk *type Hidrolis (Pneumatis)*:
 - *Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD)*;
 - *Stationary Suction Hopper Dredger*;
 - *Cutter Suction Dredger (SCD)*;
 - *Bucket Wheel Dredger*;
 - *Suction Dredger*;
 - *Dustpan Dredger*;
 - *Side Casting Dredger*;

- *Water Injection Dredger (WID)*;
- *Air-Lift Dredger*;
- *Dredger Pump*.

b. Alat kerja keruk *type Mekanis* :

- *Backhoe Dredger*;
- *Grab Dredger*;
- *Bucket Dredger*;
- *Dipper Dredger*.

Pemilihan alat kerja keruk didasarkan pada aturan *British Standard 1991* dan *PIANC 2014*, penilaian yang diberikan oleh kedua aturan tersebut berdasarkan beberapa kondisi tanah/material yang akan dikeruk hingga kondisi lingkungannya.

Tabel 2.2 Pemilihan alat kerja keruk *Maintenance Dredging*

Site conditions	standard trailer	Light trailer	Cutter suction	Bucket wheel	Grab hopper	Grab pan/boom	Bucket	Backhoe	Dipper	Barge unloader
Bed material										
Loose silt	1	1	1	1	2	2	2	2	N	1
Cohesive silt	1	2	1	1	1	1	1	2	N	1
Fine sand	1	1	1	1	2	2	2	2	N	1
Medium sand	1	1	1	1	2	2	2	2	N	1
Coarse sand	1	2	1	1	2	2	2	1	N	1
Bed material										
Enclosed water	3	2	1	1	1	2	2	2	N	1
Sheltered water	1	1	1	1	1	1	1	1	N	2
Exposed water	1	2	2	2	2	N	2	2	N	N
Disposal to										
Shore	2	2	1	1	N	2	2	2	N	1
Tide	1	1	1	1	N	N	N	N	N	N
Sea	1	1	N	N	1	1	1	1	N	N
Quantities										
< 100 000 m ³	2	1	1	1	1	1	2	1	N	1
< 250 000 m ³	1	2	1	1	1	2	1	2	N	1
< 500 000 m ³	1	2	1	1	2	2	1	2	N	1
> 500 000 m ³	1	2	1	1	2	2	1	2	N	1
Heavy traffic	1	1	2	2	2	2	2	1	N	2
Confined working	N	2	2	2	2	1	2	2	N	2

(Sumber : *BS 6349-5:1991. British Standard 6349, Part 5, (1991)*).

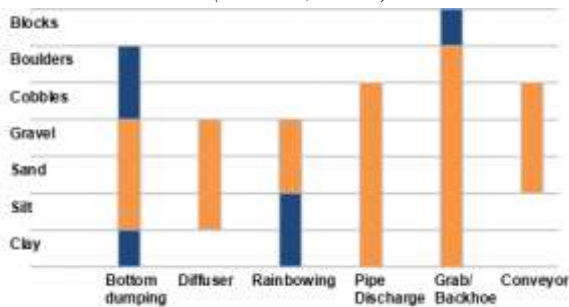
Tabel 2.3 Pemilihan alat keruk berdasarkan kekuatan tanah

Kapal Keruk	Kekuatan Tanah (Mpa) : UCS dan Cu	
	yang umum diterapkan	yang sedikit diterapkan
Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD)	0 - 5 UCS	5 - 30 UCS
Cutter Suction Dredger (CSD)	0 - 5 UCS	50 - 150 UCS
Water Injection Dredger (WID)	0 - 0.005 Cu	0.005 - 0.015 Cu
Backhoe Dredger	0 - 10 UCS	10 - 30 UCS
Grab Dredger	0 - 0.3 Cu, dan 0 - 1 UCS	
Bucket Dredger	0 - 10 UCS	
Plain Suction Dredger	0 - 0.002 Cu	

Sumber : *The Permanent International Association of Navigation Congresses (PIANC). (2014).*

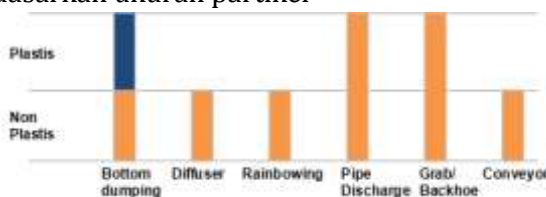
2.8. Pembuangan Hasil Keruk

Cara pembuangan didasarkan pada ukuran partikel tanah dan sifat plastisitasnya seperti pada gambar dibawah ini (PIANC, 2014).



Sumber : *The Permanent International Association of Navigation Congresses (PIANC). (2014).*

Gambar 2.5 Pemilihan cara pembuangan berdasarkan ukuran partikel



Sumber : *The Permanent International Association of Navigation Congresses (PIANC) (2014)*

Gambar 2.6 Pemilihan cara pembuangan berdasarkan ukuran plastisitas tanah

2.9. Estimasi Produksi

Faktor yang mempengaruhi perhitungan kemampuan produksi alat keruk pompa, yaitu sebagai berikut :

- a. Perhitungan Kecepatan Spesifik

Kecepatan spesifik dapat dipakai sebagai parameter untuk menentukan jenis pompa yang akan dipergunakan :

$$n_s = n_p \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

- b. Faktor Operasional

Faktor operasional merupakan pengaruh dari kinerja manajemen dan para pekerja. Penilaian faktor ini ditentukan dari pengalaman

Tabel 2.4 Faktor Operasional

Management rating	Crew rating				
	Poor	Mediocre	Average	Good	Very good
Very good	0.67	0.73	0.78	0.84	0.90
Good	0.65	0.71	0.77	0.82	0.88
Average	0.64	0.69	0.75	0.80	0.86
Mediocre	0.62	0.67	0.73	0.79	0.84
Poor	0.60	0.65	0.71	0.77	0.82

Nilai Correlation adjustment:
Poor client, <0.95; antara client, >0.90

Sumber : *Bray, R.N. 1996*

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian, dilaksanakan secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif, yang menggunakan diagram alir seperti proses ini adalah:

1. Menentukan latar belakang masalah dan perumusan masalah;
2. Melakukan pengumpulan data sekunder;
3. Melakukan inventarisasi mengenai daerah sedimentasi dan *area abrasi*;
4. Melakukan *survey bathymetri* dan pengamatan pasang surut;
5. Melakukan pengolahan data *survey bathymetri*;
6. Melakukan proses pembuatan gambar hasil *survey bathymetri*;
7. Melakukan perhitungan volume sedimentasi;
8. Membuat profil *cross section* alur pelayaran;
9. Menghitung rencana pipa hisap dan pipa buang;
10. Melakukan pengumpulan data-data teknis jenis pompa;
11. Menghitung biaya pengadaan *system sand bypassing* berikut biaya operasionalnya;
12. Menghitung biaya pengerukan dengan menggunakan kapal keruk type *TSHD*;
13. Membuat kesimpulan.

4. ANALISA PEMBAHASAN

4.1. Pelaksanaan Bathymetri

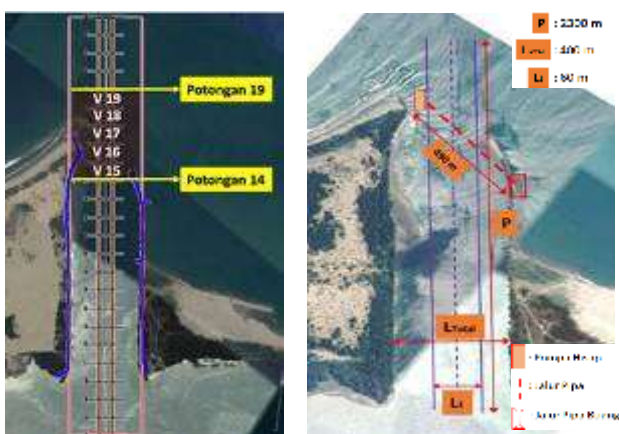
Pelaksanaan survey bathymetri dilakukan dalam kurun waktu 1 tahun, pelaksanaannya dimulai pada bulan Maret 2017 s.d bulan Desember 2017.



Gambar 4.1 Survey Batymetri
(Sumber : Data Bathymetri PT PELINDO II;2017).

4.2. Analisis Perhitungan Volume

Area pada alur pelayaran Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu yang akan diletakkan pompa sand bypassing adalah mulai dari potongan 14 hingga potongan 19, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut :

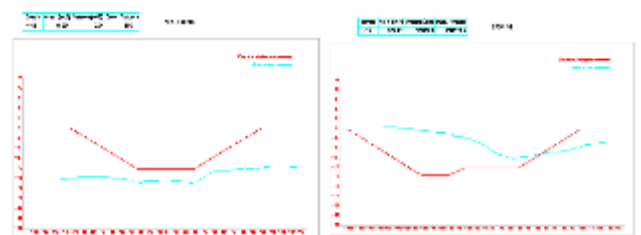


Sumber: Google Earth 2017, diolah kembali.
Gambar 4.2 Perletakan Pompa & Pipa Sand bypassing

Untuk mengetahui volume sedimentasi yang mengendap di Alur Pelayaran Pelabuhan Pulau Baai, dilakukan survey bathimetri dengan menggunakan alat-alat sebagai berikut :

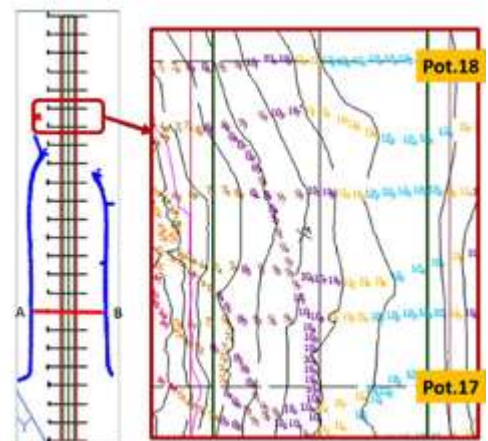
1. Perahu Survey;
2. DGPS Trimble R-6;
3. Alat pembaca kedalaman/Tranducer;
4. Alat perekam kedalaman/Echosounder tipe Digital Merk Echotrack;
5. Laptop berikut Software Hydropro dan Terramodel.

Potongan profil alur pelayaran dari layout gambar 4.2 di survey pada bulan Desember 2017, profil di lihat dari potongan 0 hingga potongan 23, beberapa profil tergambar sebagai berikut :



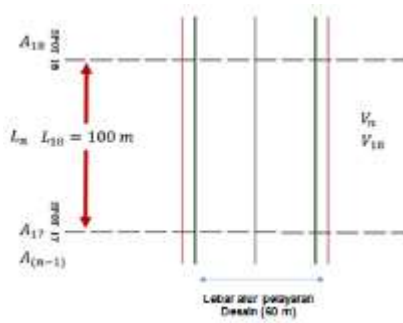
Gambar 4.3 Profil sedimentasi

perhitungan manual volume keruk yang akan diberikan pada daerah antara potongan 17 dengan potongan 18, pada dibawah ini :



Gambar 4.4 Daerah spot17 dan spot 18

Notasi-notasi yang dipakai dalam perhitungan adalah sebagaimana berikut :



Gambar 4.5 Notasi Perhitungan

Pada gambar 4.20 dan 4.21 secara berurutan menunjukkan penampang melintang profil 17 dan profil 18. Luas kerukan pada profil 17 yang ditunjukkan pada gambar 4.20 adalah $A_{17}=564.39 \text{ m}^2$, sedangkan profil 18 adalah $A_{18}=261.75 \text{ m}^2$. Volume keruk daerah antara profil 17 dan profil 18 adalah sebagai berikut :

$$V'_{18} = \frac{A_{17} + A_{18}}{2} \times L_{18}$$

$$V'_{18} = \frac{564.39 + 261.75}{2} \times 100 = 41.307 \text{ m}^3$$

Dari pelaksanaan survey bathymteri pada bulan desember 2017 dan dihitung dengan menggunakan software Terramodel di dapat volume sebanyak $475.815,30 \text{ m}^3$ dengan rincian perhitungan pada tabel 4.1 sebagai berikut :

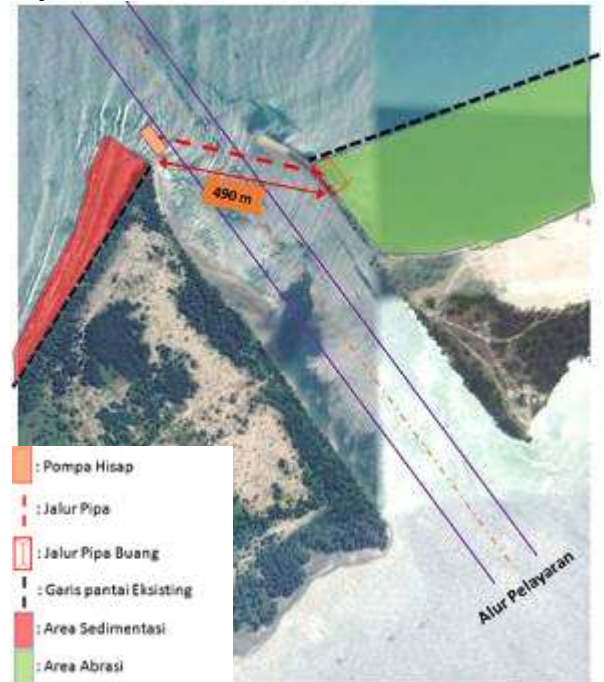
SPOT	LUAS AREA	VOLUME	VEKUMULATIF	KETERANGAN
	m2	m3	m3	
0	-	-	-	
1	-	-	-	
2	-	-	-	
3	-	-	-	
4	-	-	-	
5	-	-	-	
6	-	-	-	
7	-	-	-	
8	-	-	-	
9	15.15	142.20	142.20	
10	217.53	3,902.00	4,044.20	
11	483.25	9,321.30	13,365.50	
12	748.75	14,794.30	28,159.80	
13	734.64	15,131.00	43,290.80	
14	577.71	11,815.80	55,106.60	
15	504.56	10,276.80	65,383.40	
16	588.48	11,180.40	76,563.80	
17	584.76	12,112.30	88,676.10	
18	531.18	7,541.80	96,217.90	
19	57.03	1,081.80	97,300.00	
20	-	-	97,300.00	
21	-	-	97,300.00	
22	-	-	97,300.00	
23	-	-	97,300.00	

Tabel 4.1 Rincian Perhitungan Volume

Sumber: Perhitungan Software Terramodel

4.3. Metode Kerja Keruk dengan Sand bypassing

4.3.1. Layout Rencana



Gambar 4.4 Gambar Rencana perletakan pipa & pompa

Debit yang digunakan dalam perhitungan merupakan debit volume pasir dalam 1 tahun sebesar $475.815,30 \text{ m}^3/\text{tahun}$, sehingga untuk menghitung diameter pipa yang akan digunakan harus memperhitungkan juga persentase air yang diperlukan. Studi terdahulu memberikan gambaran bahwa persentase air dan pasir diketahui berbanding 70% - 30%, sehingga untuk keseluruhan materail pasir dan air didapat sebagaimana perhitungan berikut :

- Pasir : $475.815,30$: $54,32$
(30%) m^3/tahun m^3/jam
- Air : $1.110.235,73$: $126,74$
(70%) m^3/tahun m^3/jam

Total volume $181,06 \text{ m}^3/\text{jam}$, dikonversi menjadi $0,0503 \text{ m}^3/\text{s}$.

Menghitung kebutuhan diameter pipa (\emptyset) hisap / Suction pipe menggunakan rumus :

$$Q = V \times A$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$D^2 = \frac{4 \times Q}{\pi \times V}$$

keterangan :

D : Diameter

Q : Debit (0,0503 m³/s)

V : Kecepatan aliran rata-rata (0.7 m/s)

Π : Pi (π = $\frac{22}{7}$, 3.14)

$$D^2 = \frac{(4 \times 0,0503)}{(3,14 \times 0,7)}$$

$$D^2 = 0,0915$$

$$D = \sqrt{0,0915}$$

$$D = 0,300 \text{ m,}$$

menjadi **D = 12"**

Mengingat dipasaran saat ini, tersedia pompa dengan diameter pipa 10", maka digunakan pipa diameter 10" dan ditambah 1 titik pipa hisap, sehingga pipa hisap menjadi 2 (dua) unit.

Kriteria pompa dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2 Tabel Spesifikasi Sandpump

<p>Sandpump 200 c/w base plate</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inlet 10 in (Kemp. 15s/d 25 m) - Outlet 10in (Kemp. 500 s/d 750 m) - Engine 8DC9 (Rekondisi) - Tramisi - Power 295 Hp

Sumber: PT. Triwijaya Bersaudara, 2018

Pada tabel 4.2 menginformasikan kemampuan pompa yang akan digunakan, kemampuan hisap pompa adalah 80-100 m³ material pasir/jam, sedangkan pasir bercampur air dengan perbandingan 30% dan 70% pompa mampu menghisap 200 m³/jam– 230 m³/jam.

Menghitung kebutuhan pemakaian Bahan Bakar Minyak (BBM), seperti data berikut ini :

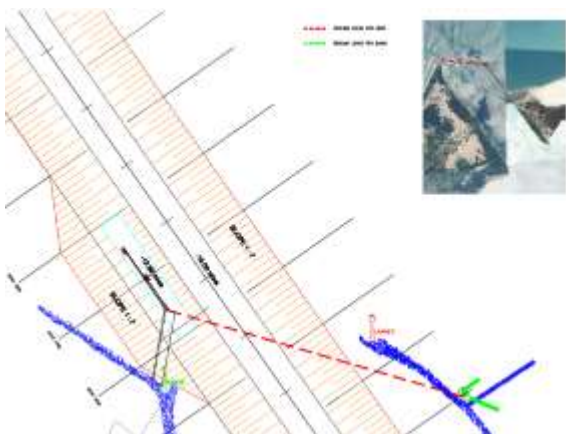
- BBM yang : 20 liter/jam dibutuhkan/jam
- Pompa yang : 2 unit digunakan
- Waktu : 21 jam/hari beroperasi
- Kebutuhan BBM : 20 ltr/jam X 2 unit X 21 Jam : 840 ltr/hr
- Konversi rupiah : 840 X Rp.9.293,- (Rp) : 7.805.700.-/hari

Komponen peralatan yang menjadi perhitungan dalam pengadaan sistem *sand bypassing* ini adalah sebagai berikut :

1. Pembangunan walkways;
2. Pembangunan dudukan pompa;
3. Pembangunan rumah pompa (sisi darat);
4. Pengadaan tangki kap. 10.000 ltr;
5. Sandpump 200 c/w inlet 10";
6. Pipa suction 10" (HDPE);
7. Pipa discharge 10" (HDPE);
8. Instalasi pipa dan pompa;
9. Training keahlian pekerja;
10. Ijin operasi.

Hasil perhitungan diperoleh harga pengadaan *system sand bypassing* berkapasitas 2 X 230 m³/jam adalah Rp 13.387.636.000,-. Untuk analisis perhitungan biaya operasional pengerukan dengan metode *sand bypassing* yang memiliki kapasitas 2 X 230 m³/jam atau 3.220 m³/shift (7 jam/shift) adalah Rp. 4.351.387.500,-/tahun atau sehingga biaya operasionalnya adalah Rp. 9.145/m³. Menggunakan metode *sand by passing*, untuk mengatasi volume sedimentasi sebesar 475.815,30 m³/tahun membutuhkan waktu 8 s/d 9 bulan dan secara terus menerus melakukan kegiatan penanganan sedimentasi.

Berikut gambar rencana penempatan pipa dan pompa yang diposisi berdasarkan hasil survey bathymetri dan pergerakan sedimentasi yang terjadi dalam 1 tahun.



Gambar 4.5 Gambar rencana perletakan pompa & pipa

4.3.2. Perhitungan Biaya Pengerukan dengan kapal keruk TSHD Kap. 3500 m³

Perhitungan volumenya sebesar 475.815,30 m³/tahun, dan *area disposal* yang sama yaitu di *area abrasi* (sisi barat pada breakwater pendek) dengan menggunakan media *pipe discharge* didapat nilai Rp. 52.911.641.400,-, tersebut adalah hasil estimasi pelaksanaan pengerukan selama 4 (empat bulan) di luar proses administrasi perijinan lainnya.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan beberapa hal yang telah dianalisis maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Pelaksanaan pekerjaan pengerukan dengan menggunakan kapal keruk TSHD lebih cepat karena kapasitas hopper yang digunakan juga besar dan pengerukannya dapat lebih dalam dari desain, sedangkan untuk metode *sand bypassing* kapasitas pengambilan dan kedalamannya disesuaikan dengan desain (kedalaman yang diharapkan).
2. Kapal keruk TSHD mengganggu kegiatan operasional pelabuhan pada saat pengerukan, sedang metode *sand bypassing* tetap dapat beroperasi karena jaringan pipa hisapnya berada di bawah dasar laut;
3. Fasilitas kapal keruk TSHD bersifat sewa/kontrak dengan perusahaan jasa pengerukan, sedang

fasilitas *sand bypassing* dan peralatannya menjadi milik perusahaan *owner* (pemilik pekerjaan);

4. Output pengerukan yang sama diantara 2 (dua) metode yaitu metode dengan kapal keruk TSHD dan *sand bypassing* sebesar 475.815,30 m³/tahun, terdapat perbedaan biaya pengerukan yaitu :
 - Menggunakan kapal keruk TSHD memerlukan biaya sebesar Rp 40 M/tahun s/d Rp. 52 M/tahun;
 - Sistem *Sand bypassing* (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,- (tiga belas milyar seratus enam puluh lima juta dua puluh lima ribu rupiah) berikut Ppn 10%. 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 (live stock terminal) dan sebagainya.
5. Penelitian ini posisi pompa pada suatu konstruksi disisi breakwater sebelah timur (yang panjang), dengan pipa buang melintasi alur, sebagai alternative dapat diadakan penelitian lain, yang meletakkan pompa di atas breakwater sebelah barat (yang pendek), dengan pipa buang langsung mengisi area yang terkena erosi.

Daftar Pustaka

- Bray,R.N.1996. *Dredging. A Handbook For Engineers, 2ed.Oxford : Butterworth-Heinemann. Reezali Raharjaya. 15512006.2016;*
- British Standar 6349-5.1991. Maritime Structure. Code Of Practice for Dredging and Land Reclamationn;*
- Citra Satelit (Google Earth). 2017. Peta Pelabuhan Bengkulu;
- Dokumen Rencana Induk Pelabuhan KM No. 14 tahun 2008; Kementerian Perhubungan;
- Department Of The Army, U.s Army Corps Of Engineers, 1991. Sand bypassing System Selection; Engineer Manual No. 1110-2-1616;*

- Hamdani. 2013. Kajian Teknologi *sand bypassing* Penanggulangan Sedimentasi dan Erosi Pantai Bengkulu Pelabuhan Pulau Baai ; Jurnal MKTS;
- Ilham, Eko Charnius dan Hendriyawan. 2013 ; Slide Kuliah Reklamasi dan Pengerukan : Institut Teknologi Bandung;
- Kartohardjono, Aripurnomo. 2010. Pencegahan Pendangkalan Alur Pelayaran Antara Dua Breakwater, dengan System *Sand bypassing* : Jurnal Konstruksi Volume 1 Nomer 2;
- Kramadibrata, Soedjono. 2002. Perencanaan Pelabuhan. Beta offset. Kmkospil.blogspot.com: Penerbit ITB;
- Laporan SID. 2016. Pekerjaan SID Alur Pelayaran Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu. Jakarta : PT. Agusta Primakarsa;
- Laporan Final. 2016. Addendum ANDAL RKL/RPL Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu. Bengkulu : PT. Pelabuhan Indonesia II (Persero) Cabang Bengkulu;
- Pedoman Teknis kegiatan pengerukan dan reklamasi Kementerian Perhubungan tahun 2006: Kementerian Perhubungan;
- Pelabuhan Indonesia II PT, 2017 : Slide Pemaparan Rencana Pengerukan di Pelabuhan Pulau Baai.
- PIANC, 2014. *Classification of Soils and Rock for The Maritime Dredging Process : The Permanent International Association of Naviagation Congresses*;
- Surat Perjanjian. 2017. Pekerjaan Pengerukan Pemeliharaan Alur Pelayaran Pelabuhan P. Baai, Bengkulu : PT Pelabuhan Indonesia II;
- Triatmodjo, Bambang. 2010. Perencanaan Pelabuhan. Beta offset : Kmkospil.blogspot.com;
- Triwijaya Bersaudara PT, 2018, manual sandpump.
- Thoresen, Carl A.2014. *Port Design's Handbook : Recommendations and Guidelines, 3ed.London: Thomas Telford Publishing*;
- <http://ahaznam.blogspot.com/>.Penjelasan Dimensi Kapal (diakses 10 Februari 2017);
- <https://www.vanoord.com/>.Activities. Equitment (diakses Februari 2018);