

ANALISIS PERBANDINGAN PERHITUNGAN VOLUME Pengerukan DENGAN PERHITUNGAN MANUAL DAN PROGRAM SURFER (STUDI KASUS PELABUHAN KHUSUS BATUBARA PT. INDOMINCO MANDIRI BONTANG)

Iskandar Zulkarnain¹, Eka Djunarsjah², Johar Setiyadi³, Dwi Jantarto⁴

¹Mahasiswa Program Studi S1 Hidrografi, STTAL

²Dosen dari Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan ITB

³ Dosen Pengajar Prodi D-III Hidro-Oseanografi, STTAL

⁴Dosen Pengajar Prodi S1 Hidrografi, STTAL

ABSTRAK

Salah satu bagian pemeliharaan kolam pelabuhan adalah mempertahankan kedalaman pada kolam pelabuhan. Usaha yang dilakukan adalah dengan melaksanakan pengerukan. Untuk mendukung pelaksanaan pengerukan tersebut, diperlukan perhitungan luas area dan volume yang akan dikeruk secara teliti. Salah satu metode perhitungan volume yang lebih teliti adalah dengan menggunakan metode 1/3 Simpson. Dalam penulisan ini dilaksanakan analisis perbandingan perhitungan volume pengerukan dengan metode 1/3 Simpson secara manual dan metode 1/3 Simpson dalam program Surfer.

Dari perhitungan yang telah dilaksanakan dengan menggunakan data batimetri dari hasil Survei Hidro-Oseanografi dan Pemetaan di Pelabuhan Khusus Batubara PT. Indominco Mandiri Bontang Kalimantan Timur, didapat perbedaan hasil perhitungan volume antara perhitungan 1/3 Simpson secara manual dan 1/3 Simpson pada program Surfer yaitu sebesar 45.386,5326 m³ (6,91%).

ABSTRACT

One part of pool maintenance port is maintained at a pool depth of the harbor. Work done is to carry out dredging. To support implementing dredging, the required area and volume calculations that will be dredged carefully. One method is more accurate volume calculation is to use method 1 / 3 Simpson. In this paper conducted a comparative analysis with the method of calculating the volume of dredging 1 / 3 Simpson manually and methods 1 / 3 Simpson in the program Surfer.

From the calculations have been carried out by using bathymetric data from the hydro-oceanographic survey and mapping in the Port of Special Coal PT. Indominco Mandiri Bontang in East Kalimantan, found differences in mathematical models, variations in the distribution of bathymetric data and calculation results of a significant volume of calculations 1/3 Simpson manually and 1/3 Simpson on the Surfer program is 45.386,5326 m³ (6.91%).

Latar Belakang

Pelabuhan merupakan suatu tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya, dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi yang dipergunakan 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 antar moda transportasi.

Dalam penyelenggaraan suatu pelabuhan, ditetapkan batas-batas daerah lingkungan kerja dan daerah lingkungan kepentingan pelabuhan yang sudah ditetapkan. Batas-batas daerah lingkungan kerja dan daerah lingkungan kepentingan pelabuhan yang sudah diatur, ditetapkan dengan koordinat geografis untuk menjamin kegiatan kepelabuhanan. Daerah lingkungan kerja secara umum terbagi atas lingkungan kerja daratan dan daerah lingkungan kerja perairan. Lingkungan kerja daratan meliputi pekerjaan yang menyangkut kegiatan fasilitas pokok dan fasilitas penunjang pelabuhan. Sedangkan daerah lingkungan kerja perairan merupakan daerah yang meliputi kegiatan alur pelayaran, perairan tempat berlabuh, perairan untuk tempat alih muat antar kapal, kolam pelabuhan untuk kebutuhan sandar dan olah gerak kapal, kegiatan pemanduan, tempat perbaikan kapal dan lain-lain.

Didalam lingkungan kerjanya, suatu pelabuhan berkewajiban menyediakan dan memelihara alur pelayaran yang digunakan untuk masuk dan keluarnya kapal dari pelabuhan. Alur pelayaran merupakan bagian dari perairan yang alami maupun buatan yang dari segi kedalaman, lebar dan hambatan pelayaran lainnya dianggap aman untuk dilayari.

Rumusan Masalah

Untuk perbaikan Peta Laut Indonesia nomor 39A yang akurat dan mutakhir maka perlu dilaksanakan survei dalam rangka mengumpulkan data Hidro-Oseanografi dan untuk mendukung kegiatan pengerukan serta menjamin keselamatan pelayaran kapal-kapal yang masuk keluar Pelabuhan Khusus Batubara PT. Indominco Mandiri Bontang Kalimantan Timur.

Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk menganalisis perbandingan perhitungan volume pengerukan dengan menggunakan software Surfer dan perhitungan manual dengan aturan 1/3 Simpson. Sedangkan tujuan dari pembuatan

tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan hasil analisis perhitungan volume pengerukan yang lebih efisien dan akurat.

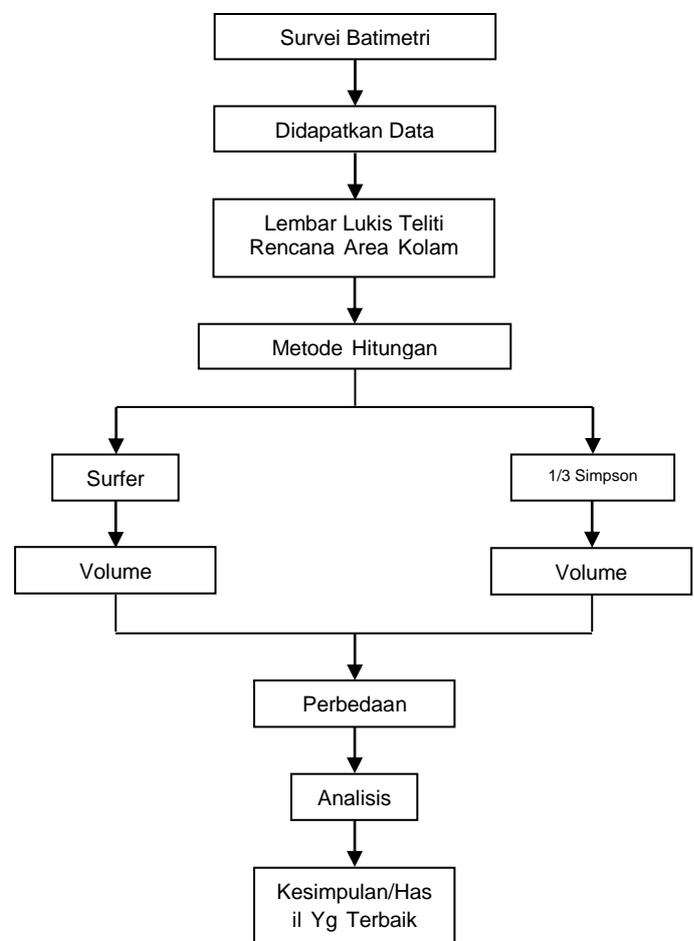
Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai bahan masukan dan pertimbangan untuk mengoptimalkan aplikasi kalkulasi/perhitungan volume pada pelaksanaan pekerjaan pengerukan kolam Pelabuhan Khusus Batubara PT. Indominco Mandiri Bontang Kalimantan Timur.

Ruang Lingkup

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, pembahasan permasalahan dibatasi dengan hal-hal, yang mencakup perhitungan volume pengerukan khususnya pada rencana pengerukan kolam Pelabuhan Khusus Batubara PT. Indominco Mandiri Bontang Kalimantan Timur.

Alur Pemikiran



Gambar 1. Bagan Alur Pikir

Pengerukan

Pengerukan adalah suatu proses penggalian dan penimbunan tanah baik itu di darat maupun di laut. Pekerjaan pengerukan dilaksanakan karena adanya sedimentasi setiap saat yang akan berakibat pada berkurangnya kedalaman suatu tempat seperti halnya berkurangnya kedalaman di alur pelabuhan. Dalam kaitannya dengan pemeliharaan kolam pelabuhan, pekerjaan pengerukan meliputi perhitungan volume material yang harus dikeruk serta luasnya daerah pekerjaan tersebut. Dalam melaksanakan pengerukan sebelumnya dilaksanakan perhitungan volume, untuk merencanakan cara kerja serta efektifitas pekerjaan yang dilaksanakan. Dalam perhitungan volume ini, digunakan beberapa parameter yang mempengaruhi dalam penentuan pelaksanaan pengerukan. Penentuan tersebut adalah faktor penentuan slope dan *siltation rate*, sedangkan besarnya nilai tersebut dijelaskan sebagai berikut :

1. Penentuan slope, besarnya nilai penentuan slope ditentukan oleh jenis dasar laut (lihat tabel 2.1). Dengan demikian dari kemiringan kontur yang ada dan penentuan dasar permukaan, dapat ditentukan perbandingan pada nilai vertikal dengan nilai horizontal yang terjadi ($v : h$), sebagai ketentuan dasar dalam mendapatkan luas untuk menghitung volume (Irvine, 1980).
2. *Siltation Rate*, merupakan faktor pendangkalan kembali setelah selama pengerukan sehingga perlu diperhatikan jenis-jenis pekerjaan yang dilaksanakan disesuaikan dengan area yang ada. Adapun faktor yang mempengaruhi terjadinya pendangkalan kembali adalah permukaan yang tidak stabil sehingga memungkinkan terjadinya pendangkalan kembali serta jenis material dasar laut yang tingkat kepadatannya berbeda-beda. Dengan memperhatikan kontur-kontur yang ada, dapat diketahui prosentase kemungkinan terjadinya pendangkalan kembali.

Kegiatan Dalam Pekerjaan Pengerukan

Pekerjaan pengerukan meliputi dua jenis kegiatan berdasarkan pemanfaatannya, yaitu pekerjaan pengerukan yang hasil material keruknya tidak dimanfaatkan dan pekerjaan pengerukan yang hasil material keruknya dimanfaatkan.

Pekerjaan pengerukan terdiri dari tiga kegiatan, yaitu pelaksanaan pengerukan, transportasi material keruk ke lokasi pembuangan material, dan kegiatan pembuangan material keruk di lokasi

pembuangan material keruk. Peralatan yang dipergunakan untuk pengerukan area pelabuhan berbentuk kapal.

Tujuan pekerjaan pengerukan adalah untuk berbagai macam keperluan diantaranya :

1. Memperdalam dasar sungai/laut
2. Memperbesar penampang sungai
3. Mengambil material pasir laut untuk keperluan urugan/*fill* untuk keperluan bangunan ataupun reklamasi tanah
4. Mengambil material/tanah/lumpur di dasar sungai untuk keperluan penambangan
5. Keperluan navigasi
6. Pengendalian banjir/pengambilan material di muara sungai
7. Rekayasa konstruksi dan reklamasi
8. Pemeliharaan pesisir/pantai
9. Instalasi dan perawatan pipa bawah laut
10. Pembuangan limbah

Berdasarkan keperluannya, pekerjaan pengerukan dapat dikategorikan dalam dua pekerjaan pengerukan, yaitu pengerukan awal dan pengerukan untuk pemeliharaan alur pelayaran atau kolam pelabuhan.

A. Pengerukan Awal (*Capital Dredging*)

Pekerjaan pengerukan awal sangat diperlukan dalam membangun kolam pelabuhan baru guna mempermudah manuver bagi kapal-kapal yang berada di wilayah perairan, membuat pelabuhan baru (termasuk alur pelayarannya). Contohnya antara lain : penambangan pasir lepas pantai dan kemudian menempatkannya di pantai untuk mengganti pasir akibat peristiwa erosi oleh ombak, pembuatan parit untuk pipa bawah laut, menyiapkan lokasi pengeboran lepas pantai. Secara umum, pekerjaan ini disebut dengan *Capital Dredging*, jenis pekerjaan pengerukan ini dilakukan pada tipe-tipe soil yang telah lama terendap di dasar perairan. Kedalaman pelabuhan yang telah lama digunakan tentu saja patut diperhatikan dan diperbaiki.

Dalam manajemen di negara-negara berkembang, kata "pengerukan" biasa dikaitkan dengan *capital dredging* (United National, 1991). Pekerjaan pengerukan ini merupakan suatu proyek/kegiatan konstruksi yang besar dan dilaksanakan oleh kontraktor yang sangat berpengalaman. Pihak-pihak yang umumnya terlibat dalam pengerukan antara lain: pihak dari pemerintah, bank/badan keuangan negara dan konsultan. Dalam beberapa kasus, pekerjaan ini memerlukan waktu yang relatif lama dan hasil yang diciptakan sangat spektakuler. Antara lain: menciptakan sebuah daratan, perbaikan lingkungan wilayah perairan, serta membuat alur laut/sungai.

Ada faktor yang signifikan mempengaruhi kesuksesan pekerjaan pengerukan, yaitu faktor teknik di antaranya adalah :

a) Keberadaan rongsokan (*wrecks*) dan ranjau laut.

Rongsokan yang berukuran besar biasanya terapung dan dapat dipetakan. Investigasi dengan *Magnetometer* atau deteksi dengan *Side Scan Sonar* dapat mengetahui pula ranjau laut yang tidak terpetakan.

b) Reruntuhan/puing

Reruntuhan dapat mengakibatkan banyak kerugian dalam penggunaan alat keruk hidrolik. Alat keruk tipe *grabs* cocok untuk mengatasinya. Sehingga, reruntuhan dapat dibuang jauh dari area pengerukan.

c) Kandungan dasar

Masalah ini terjadi pada alat keruk *buckets, grabs, hoppers, roda cutters* dan *pipeline*. Tingginya kepekatannya tanah dapat menyebabkan tingginya kelengketan, akibatnya efektifitas kerja alat terganggu. Dampaknya berujung pada waktu produktivitas kerja berkurang dan tentu saja akan menambah masalah pada waktu yang sudah direncanakan.

d) Pelapis dasar

Kurangnya kepadatan tanah, adanya kandungan gas didalamnya dan kecenderungan terjadinya gelombang besar dan dapat menyebabkan kesulitan dalam pekerjaan pengerukan.

B. Pengerukan Perawatan (*Maintenance Dredging*)

Pengerukan perawatan adalah pekerjaan spesial yang termasuk pada pengangkatan soil, umumnya soil yang dikeruk belum lama mengendap di dasar perairan. Sehingga pada pekerjaan ini lapisan dasar perairan yang dikeruk tidak terlalu tebal dan keras. Pengerukan perawatan merupakan pekerjaan yang dilakukan berkesinambungan pada jangka waktu tertentu.

Tahap Persiapan Pengerukan

Dalam melaksanakan pekerjaan pengerukan, terlebih dahulu dilaksanakan tahap persiapan guna efektifitas kerja dengan baik. Dengan melaksanakan persiapan *predredging sounding* (pemeruman awal) lokasi yang akan dikeruk. Yang dimaksud dengan *predredging sounding* adalah pemetaan pemeruman awal yang dilaksanakan sebelum mengadakan pekerjaan pengerukan. Sedangkan hasil pemetaan ini akan dipergunakan dalam dasar perhitungan keruk/situsoil dan desain yang telah direncanakan.

Tahap Pelaksanaan Pengerukan

Dalam tahap pelaksanaan pengerukan untuk area pekerjaannya haruslah jelas dan detail sehingga diperlukan data-data lapangan yang lengkap diantaranya adalah lokasi yang akan dikeruk (koordinat / batas area keruk), panjang daerah, lebar daerah, luas daerah, kedalaman daerah, slope / kemiringan, volume material keruk dan jenis material keruk.

Dalam pelaksanaan pengerukan dipasang tanda-tanda kerja untuk kapal keruk, bersama *positioning system* yang diperlukan. Guna membantu kapal keruk dan alat bantu lainnya bekerja dengan teratur, efektif dan efisien. Kemajuan pelaksanaan harus dipantau terus menerus (*progress dredge sounding*). *Progress dredge sounding* dilaksanakan untuk memeriksa kemajuan pekerjaan pengerukan dari seluruh lokasi yang telah dikeruk. Data yang diperoleh digunakan untuk mengetahui perkembangan hasil seluruh pekerjaan pengerukan, yang telah dicapai dan dapat digunakan untuk kontrol kerja. Dengan adanya *progress dredge sounding*, dalam kaitannya dengan penjadwalan pekerjaan agar dapat dilaksanakan dengan tepat waktu. Adapun pedoman yang digunakan dalam pekerjaan pelaksanaan pengerukan adalah :

a. Menggambar peta lokasi yang merupakan rencana pengerukan yaitu daerah keruk, jarak terhadap bangunan sekitarnya dan kedalamannya.

b. Peta hidrografi pada (*predredging sounding*) dengan skala 1 : 1000.

c. Metode perpotongan melintang yang menunjukkan dimensi profil serta kemiringan tepian (*side slope*) dan posisinya terhadap bangunan sekitarnya. Serta dapat mewakili masing-masing tempat yang secara khusus.

Pengerukan kolam pelabuhan banyak ditentukan atas keadaan permukaan dasar dari lokasi yang akan dikeruk. Permukaan yang akan dikeruk ini dapat berupa : lumpur, pasir atau batu karang. Tiap-tiap kapal keruk yang digunakan disesuaikan dengan keadaan permukaan dasar yang akan dikeruk tersebut. Adapun jenis-jenis pokok kapal keruk (*dredger*) yang digunakan untuk mendukung pekerjaan pengerukan adalah sebagai berikut:

a. Kapal keruk timba (*bucket dredger*)

b. Kapal keruk cakram (*grap/depper dredger*)

c. Kapal keruk pemotong tanah (*cutter dredger*)

d. Kapal keruk penghisap lumpur (*suction dredger*)

e. Kapal keruk pemotong dan penghisap lumpur (*cutter suction dredger*)

f. Kapal keruk penghisap dengan lambung (*suction hopper dredger*)

Bagi dasar yang berupa tanah batu ataupun batu karang, mula-mula batu karang tersebut diledakkan dengan dinamit untuk kemudian diambil dengan *grap/dipper*. Dengan pengerukan kolam pelabuhan, maka stabilitas tanah lingkungan daerah pengerukan tersebut perlu diamankan dan diperhitungkan agar tidak terjadi kerugian dimaterial yang lainnya. (Karmadibrata, 2002).

Pendangkalan Kolam

Proses terjadinya pendangkalan di kolam merupakan bagian dari usaha pemeliharaan kolam pelabuhan, guna mendukung terlaksananya kegiatan kepelabuhanan. Kendala yang dihadapi pada pelayaran di kolam adalah pendangkalan, yang dapat membahayakan kapal dalam bernavigasi di kolam.

Terjadinya gangguan pendangkalan pada kolam pelabuhan diantaranya adalah :

1. Pendangkalan kolam pelabuhan yang disebabkan oleh proses penimbunan sedimen.
2. Pengikisan kolam pelabuhan yang disebabkan oleh arus, pasang surut, gelombang angin dan pengaruh air laut.

Salah satu penyebab pendangkalan yang paling besar adalah sedimentasi. Sedimentasi merupakan suatu proses penghancuran, pengikisan, dan pengendapan material-material pada suatu tempat melalui media air laut, air tawar, angin dan es. Dengan demikian mengakibatkan fungsi dari kolam pelabuhan dapat terganggu (Sugito, 1987). Pendangkalan merupakan kendala yang mengakibatkan masalah dalam transportasi kapal-kapal yang keluar masuk kolam pelabuhan. Pemeliharaan kolam dikontrol secara periodik dan terencana untuk memprediksi kedangkalan yang terjadi menurut area dan posisinya.

Survei Batimetri

Survei batimetri adalah survei yang termasuk dalam survei hidrografi, yang dikenal juga dengan istilah Pemeruman. Kegiatan yang dilaksanakan dalam survei batimetri adalah untuk mendapatkan berbagai data terutama bentuk permukaan dasar laut dengan pengukuran kedalaman. Tujuan pemeruman itu sendiri adalah menjelaskan dan menentukan gambaran dasar laut dengan teliti dari daerah yang disurvei. Menjelaskan dan menentukan letak atau posisi dan bentuk dari bahaya-bahaya pelayaran yang terdapat, baik di atas maupun di bawah permukaan air. Pemeruman juga bermanfaat untuk mencari dan menentukan daerah yang aman untuk pelayaran kapal-kapal dan olah gerak kapal tersebut. Dengan demikian, pemeruman

sangatlah penting dilaksanakan di alur pelabuhan, mengingat banyaknya bahaya pelayaran di sekitar pelabuhan. Dengan menentukan daerah yang kedalaman dan jenis dasar lautnya aman untuk tempat berlabuh.

Pengukuran Kedalaman

Kedalaman yang diukur harus disurutkan terhadap muka surutan, yaitu dengan memperhitungkan tinggi pasang surut (pasut). Keselamatan dalam penyurutan tidak boleh melebihi kesalahan yang diperbolehkan. Untuk pengukuran kedalaman yang lebih dari 200 meter tidak perlu penyurutan. Suatu perbedaan kedalaman pada perpotongan lajur perum utama dan lajur perum silang yang nilainya melebihi 30 cm (SP-44 IHO) harus diselidiki kembali dan perbedaan tersebut mungkin disebabkan oleh kesalahan penentuan posisi, kesalahan pemeruman atau kesalahan penyurutan.

Koreksi Pasut

Kedalaman yang tercantum pada peta batimetri adalah kedalaman yang diukur dari muka surutan sehingga aman bagi kapal untuk bernavigasi. Dalam survei batimetri, pengaruh pasut diperlukan untuk menghubungkan kedalaman yang diperoleh terhadap suatu referensi (*datum vertikal*). Kedalaman yang diamati saat survei adalah kedalaman terhadap permukaan laut yang selalu berubah-ubah karena adanya pasang surut, sehingga kedalaman pada suatu tempat selalu bervariasi tergantung waktu pengamatan. Kedalaman waktu pengamatan setelah dikurangi / disurutkan terhadap suatu muka surutan akan diperoleh suatu kedalaman yang telah dikoreksi terhadap muka surutan. Hasil koreksi inilah yang dicantumkan pada peta.

Kemiringan Lereng Standar dan Siltation Rate

Lereng kolam dermaga dibuat dengan kemiringan tertentu yang gunanya untuk memperkecil longsornya lereng kolam tersebut. Kemiringan lereng kolam bervariasi tergantung jenis materialnya. Untuk material lunak umumnya dibuat kemiringan yang landai dan sebaliknya untuk material yang keras dibuat kemiringan yang tajam, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 1. Kemiringan Lereng Standar

Klasifikasi	Nilai N	Jenis Tanah	Slope / Lereng
Tanah Lempungan	< 4	Lumpur	1 : 3 – 5
	4 – 8	Lunak	1 : 2 – 3
	8 – 20	Sedang	1 : 1,5 – 2
	20 – 40	Keras	1 : 1 – 1,5
Pasiran	< 10	Lunak	1 : 2 – 3
	10 – 30	Sedang	1 : 1,5 – 2
	30 – 50	Keras	1 : 1 – 1,5
Kerikil			1 : 1 – 1,5
Batu			1 : 1

Sumber : Pedoman Teknis Pengerukan & Reklamasi DepHub, 2006

Slope merupakan faktor kemiringan dalam pengerukan sedangkan *Siltation Rate* adalah suatu prosentase pada pendangkalan kembali. Di Indonesia, penentuan slope dan *Siltation Rate* ditetapkan oleh Departemen Perhubungan Dirjen Perhubungan Laut.

Tabel 2. Daftar Slope dan *Siltation Rate*

No	Nama Alur Pengerukan	Slope	Siltation Rate		Ket
			Alur (%)	Kolam (%)	
1	2	3	4	5	6
1	Belawan	1 : 5	15	10	
2	Jambi	1 : 8	20	10	
3	Pontianak	1 : 6	20	-	
4	Ketapang T.	1 : 5	15	10	
5	Priok	1 : 1	5	20	
6	Juwana	1 : 8	25	-	
7	Sunda Kelapa	1 : 4	10	5	
8	Kuala Langsa	1 : 7	10	-	
9	Samarinda	1 : 6	20	10	
10	Banjarmasin	1 : 8	30	-	
11	Cirebon	1 : 4	10	5	
12	Palembang	1 : 6	15	-	
13	Semarang	1 : 10	10	5	
14	Bengkulu	1:6/1:7	30	-	
15	T. Pandan	1 : 8	5	-	
16	Probolinggo	1 : 10	5	5	
17	Pangkal Palam	1 : 8	5	-	
18	Tegal	1:6/1:10	10	5	
19	Pasuruan	1 : 10	20	10	
20	Kuala Cenaku	1 : 6	10	-	

Sumber : Pedoman Teknis Pengerukan & Reklamasi DepHub, 2006

Perolehan Data Pengerukan

Dalam pelaksanaan proses perolehan data volume ini, merupakan kegiatan yang secara garis besar dilakukan untuk mendapatkan data kedalaman. Pelaksanaan survei batimetri yang dilaksanakan menghasilkan data-data yang dipakai sebagai perhitungan volume pengerukan pada kolam dermaga tersebut.

Dalam pelaksanaan pengerukan, dilakukan kontrol kedalaman sebagai berikut :

1. *Predredging sounding*, yang dilakukan adalah untuk mengetahui data kedalaman yang ada di kolam sehingga dapat ditentukan tempat-tempat serta berapa banyak volume yang akan dikeruk.

2. *Postredging sounding*, merupakan tahap akhir yang bertujuan untuk memeriksa hasil akhir dari kegiatan pengerukan, apakah sudah sesuai desain kedalaman atau belum.

Dari pelaksanaan kegiatan tersebut, merupakan satu kesatuan yang terkait yang menghasilkan data untuk perhitungan volume pengerukan. Dari data kedalaman diperoleh pada lembar lukis teliti, disesuaikan dengan desain kedalaman kolam sehingga didapat tebal kedalaman yang harus dikeruk. Dengan demikian didapat hasil data berupa besarnya volume pada area kolam tersebut. Batasan-batasan area pada kolam diperoleh dari lembar lukis teliti yang terbagi dalam segmen-segmen.

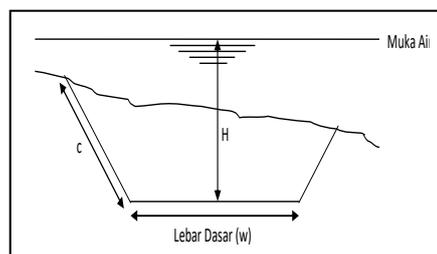
Model Matematik Hitungan Volume Manual

Sistem perhitungan manual yang digunakan adalah dengan aturan 1/3 Simpson. Aturan 1/3 Simpson merupakan salah satu dari sistem perhitungan volume yang merupakan fungsi luas. Dengan demikian digunakan rumus perhitungan volume menurut aturan 1/3 Simpson yang merupakan aplikasi dalam perhitungan mencari luas tersebut adalah :

$$A = (w + (c \times H)) \times H \quad (\text{Irvine, 1980})$$

dimana :

- A = luas segmen
- w = lebar dasar kolam
- c = data slope (kemiringan lerengkolam)
- H = desain kedalaman



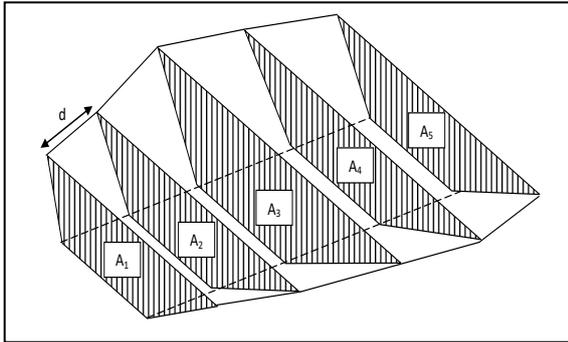
Gambar 2. Sketsa Luas Segmen Hitungan Manual

Dengan demikian didapatkan luas segmen ($A_1 - A_n$) dari rumus (2.1), maka nilai tersebut dimasukkan ke rumus mencari volume total dari area tersebut. Rumus yang digunakan menurut aturan 1/3 Simpson dalam mencari nilai volume adalah :

$$\text{Volume} = \frac{d}{3} (A_1 + 4A_2 + 2A_3 + 4A_4 + \dots + 2A_{n-1} + A_n) \quad (\text{Irvine, 1980})$$

dimana :

- A = luas segmen
- d = jarak antar segmen
- n = jumlah segmen



Gambar 3. Sketsa Volume Area Manual

Model Matematik Hitungan Volume Program Surfer

Program Surfer adalah suatu perangkat lunak yang berada pada *Microsoft Windows* yang digunakan untuk pengembangan peta kontur dalam gambar 2D (dua dimensi) maupun untuk penggambaran model batimetri atau profil permukaan dasar laut dalam bentuk 3D (tiga dimensi). Perangkat lunak Surfer ini dapat membuat *Gridding* data DTM (*Digital Terrain Model*) yang pada intinya terdiri dari posisi horizontal (X dan Y) dan posisi vertikal (dalam Z).

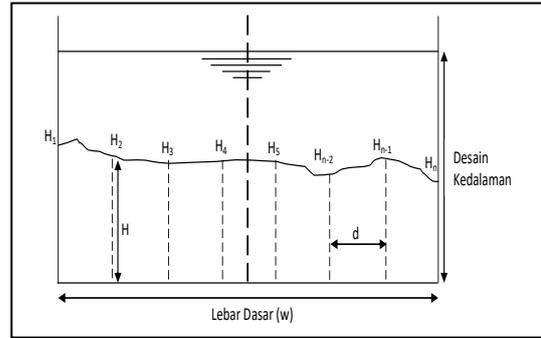
Pembuatan *Gridding* telah tersedia dalam beberapa metode diantaranya adalah interpolasi linier. Dari data X, Y, Z dapat diinterpolasi kedalam Grid dan dapat ditampilkan dalam GRD file. GRD file ini kemudian digunakan untuk memproduksi peta kontur 2D untuk menghitung volume pengerukan.

Model Matematik yang digunakan dalam perangkat lunak Surfer adalah :

$$A = \frac{d}{3} (H_1 + 4H_2 + 2H_3 + 4H_4 + \dots + 2H_{n-1} + H_n)$$

dimana :

- A = luas segmen
- d = jarak titik kedalaman
- H = tinggi titik kedalaman
- n = jumlah titik kedalaman

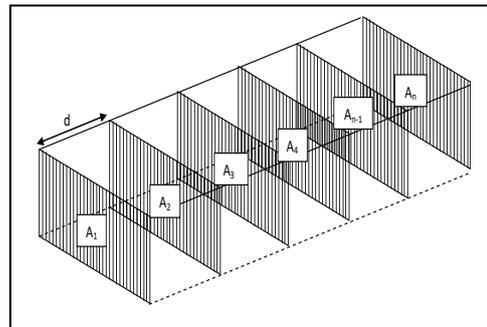


Gambar 4. Sketsa Luas Segmen Pada Surfer

$$\text{Volume} = \frac{d}{3} (A_1 + 4A_2 + 2A_3 + 4A_4 + \dots + 2A_{n-1} + A_n)$$

dimana :

- A = luas segmen
- d = jarak antar segmen
- n = jumlah segmen

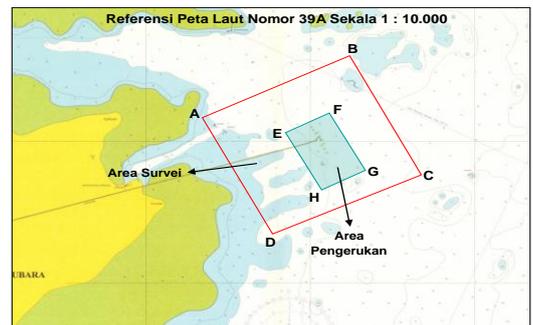


Gambar 5. Sketsa Volume Pada Surfer

Daerah Penelitian

Lokasi yang dipilih dalam rangka untuk penelitian Tugas Akhir ini adalah Perairan Bontang Kalimantan Timur dengan ketentuan :

- a) Ellipsoida : WGS-84
- b) Proyeksi : UTM
- c) Zone : 50 U
- d) Sekala Survei : 1 : 1.000
- e) Batas Daerah Survei :



Analisis Hasil Hitungan Volume Pengerukan

Dari data-data volume pengerukan yang sudah didapat, diperoleh ketelitian hitungan volume pengerukan yang didapat dengan hitungan 1/3 Simpson secara manual dan hitungan menggunakan program Surfer. Dari dua metode tersebut didapat perbedaan hasil hitungan volume keruk yang disebabkan adanya perbedaan kerapatan data dalam pembagian segmen.

Tabel 3. Hasil Hitungan Volume Pengerukan

Lokasi	Lokasi / Area	Segmen (m)	Manual (m ³)	Surfer (m ³)
Kolam	Area I, II & III	0 s/d 600	656.382,8578	–
	Area I	0 s/d 600	–	598.993,2217
	Area II	–	–	12.003,1035
Jumlah			656.382,8578	610.996,3252

Tabel 4. Perbedaan Hasil Hitungan Volume Pengerukan

Lokasi	Area	Perbedaan Hasil Hitungan	
		Manual (m ³)	Surfer (m ³)
Kolam	Area I, II & III	656.382,8578	610.996,3252
Selisih		45.386,5326	

Pada perbandingan hasil hitungan volume di atas, perbedaan yang dihasilkan dari hitungan volume pengerukan antara hitungan manual dengan program Surfer pada area kolam adalah 45.386,5326 m³.

Kesimpulan

Hasil data yang diperoleh dari pembahasan mengenai analisa hitungan volume pengerukan di kolam Pelabuhan Khusus Batubara PT. Indominco Mandiri Bontang Kalimantan Timur dengan metode 1/3 Simpson pada hitungan manual dan perangkat lunak Surfer dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada model matematik hitungan manual 1/3 Simpson, didapat volume keruk sebesar 656.382,8578 m³.
2. Pada model matematik hitungan 610.996,3252 m³.
3. Perbedaan hasil hitungan volume pengerukan pada area kolam adalah 45.386,5326 m³.
4. Terdapat perbedaan hasil hitungan volume keruk disebabkan adanya

perbedaan kerapatan data dalam pembagian segmen.

Saran

1. Pada perhitungan volume pengerukan menggunakan program Surfer pada area / lokasi yang kecil maupun luas sebaiknya tetap menggunakan kontrol hitungan yaitu dengan hitungan manual agar didapatkan hasil hitungan yang teliti.
2. Karena adanya perbedaan kerapatan data dalam pembagian segmen, disarankan pada hitungan manual agar data yang digunakan dalam pembagian segmen lebih dirapatkan lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Dirjen Perhubungan Laut Departemen Perhubungan, 2006. *Pedoman Teknis Kegiatan Pengerukan Dan Reklamasi*, Jakarta.
- Dishidros, TNI AL, 2010. *Laporan Pelaksanaan Lapangan Survei Hidro-Oceanografi Pelabuhan Khusus Batubara PT. Indominco Mandiri Bontang*, Jakarta.
- Dishidros, TNI AL, 2010. *Peta No. 39A Alur Batubara*, Jakarta.
- Gultom, Dwiadji, Benediktus, 2002. *Perhitungan Volume Pendangkalan di Alur Pelabuhan Tanjung Priok*. Tugas Akhir, Jurusan Hidrografi STTAL, Jakarta.
- Irvine, William, 1980. *Surveying For Construction*, McGraw-Hill Book Company (UK).
- Karmadibrata, Soedjono, 2002. *Perencanaan Pelabuhan*, Ganeca Exact, Bandung.
- Susilo, Joko, 2003. *Kalkulasi Volume Pengerukan Pada Area Rencana Pembangunan Kolam Dermaga Armabar Di Pondok Dayung Tanjung Priok*. Tugas Akhir, Jurusan Hidrografi STTAL, Jakarta.

