

ANALISA LAJU SEDIMENTASI DAN TRANSPOR SEDIMEN PADA PEMBANGUNAN BREAKWATER DERMAGA LANTAMAL III PONDOKDAYUNG DI TANJUNGPRIOK JAKARTA

Rudy Salam¹, Wahyoe W.Pandoe², Sudarman³, Trismadi⁴

¹ Mahasiswa Program Studi S1 Hidros, STTAL

² Peneliti dari Balai teknologi Survei Kelautan, BPPT

³Dosen dari Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, ITB

⁴Dosen Pengajar Prodi S1 Hidrografi, STTAL

ABSTRAK

Rencana pembangunan breakwater merupakan bagian dari 8 tahap pembangunan Dermaga Lantamal III Pondokdayung di Tanjungpriok Jakarta. Dalam pembangunan breakwater dan perencanaan pemeliharaan pelabuhan perlu dilaksanakan analisa sedimentasi mengenai laju sedimentasi dan pola transpor sedimen.

Penentuan laju sedimentasi dan analisa transpor sedimen pada saat pembangunan breakwater perlu ditinjau terlebih dahulu dari analisa kondisi sekarang, sehingga penelitian ini dilaksanakan dengan tiga tahap : (1) penghitungan selisih volume dan selisih kedalaman pada titik – titik di setiap segmen yang telah ditentukan berdasarkan tiga buah Lembar Lukis Teliti (LLT) tahun 1993, 2001, dan 2009; (2) melaksanakan simulasi pemodelan numerik dengan menggunakan software SMS 9.0 pada kondisi saat ini yang di bandingkan dengan penghitungan manual berdasarkan LLT dan hasil penghitungan Dishidros berdasarkan data survei tahun 2009; dan (3) melaksanakan pemodelan numerik simulasi breakwater sesuai siteplan dari Disfaslanal.

Penghitungan selisih volume sedimen di lokasi penelitian sesuai area hitungan menunjukkan terjadi erosi dengan erosi rata – rata 4679,807 m³ per tahun. Begitu pula dengan penghitungan selisih kedalaman menunjukkan terjadi penurunan permukaan dasar laut dengan penurunan kedalaman rata – rata 0,006 meter per tahun. Berdasarkan penghitungan data lapangan sedimen suspensi rata – rata 0,0227 gr/ltr, deposisi antara 2,5 sampai dengan 7,5 cm per tahun. Sedangkan berdasarkan hasil analisa model sedimen suspensi rata –rata 0,182 gr/l, deposisi 3,6 cm per tahun. Pada model simulasi breakwater sedimen suspensi rata – rata 0,052 gr/ltr, deposisi di perairan 3,41 cm per tahun, di dalam kolam dermaga dan di pintu masuk kolam dermaga masing – masing 3,32 cm per tahun dan 2,46 cm per tahun.

Pada musim Timur pembangunan breakwater memberikan dampak sedimentasi yang cukup rendah, namun pada musim Barat dengan meninjau pola arus yang terjadi sedimentasi cenderung akan lebih tinggi.

Kata kunci : breakwater, laju sedimentasi, dan sedimen suspensi.

ABSTRACT

Breakwater construction plan is part of the 8 stages of jetty construction of Lantamal III Pondokdayung in Tanjung Priok, Jakarta. In the construction of breakwater and harbor maintenance planning needs to be undertaken on the sedimentation analysis sedimentation rate and sediment transport patterns.

Determination of sedimentation rate and analysis of sediment transport during the construction of the breakwater should be reviewed in advance of the analysis of the current condition, so that the research was conducted in three stages: (1) calculating the difference between the volume and the difference in depth at the points in each segment have been determined by three Fix Bathymetric Sheet (LLT) in 1993, 2001 and 2009; (2) carry out numerical modeling simulation using SMS 9.0 software on the current condition in comparison with manual counting and the results of a calculation based LLT Dishidros based on survey data in 2009; and (3) implement of breakwater numerical modeling simulation based on site plan from Disfaslanal (Indonesia Naval Base Facility Office)

The calculation of the difference in volume of sediment in the study site according to the area result count showed an erosion with the average 4679.807 m³ per year. Similarly, the difference in depth of calculation showed a decline in the sea floor with a decrease in average depth - average 0.006 meters per year. Based on field data calculated average sediment suspension - Average 0.0227 gr / ltr, deposition of between 2.5 to 7.5 cm per year. While based on the analysis of models of sediment suspension is average 0.182 gr / ltr, the deposition in the water is 3.6 cm per year. In the breakwater simulation model of sediment suspension averages 0.052 g / ltr, deposition in the waters of 3.41 cm per year, in the jetty dock and pier at the entrance to the pool each of 3.32 cm per year and 2.46 cm per year.

In East season, breakwater construction provides impact sedimentation quite low, but in the West season by reviewing the current sedimentation patterns tend to be higher.

Key words: *breakwater, sedimentation transport, and sediment suspension.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pangkalan sebagai salah satu komponen dari Sistem Senjata Armada Terpadu (SSAT) memiliki peranan vital dalam memberikan dukungan fasilitas pangkalan, baik berupa fasilitas labuh, bekal ulang, pemeliharaan, perbaikan, perawatan personil maupun fasilitas rekreasi bagi para prajurit.

Kapal – kapal yang ke luar–masuk alur pelabuhan atau kolam pelabuhan seyogyanya berada / berlayar pada alur yang aman yang disebut dengan *safety line*, sehingga terhindar dari bahaya navigasi terutama kedangkalan. Kapal bermanuver di dalam area pelabuhan tidak harus menunggu air pasang. Oleh karena itu perlu dilaksanakan pemeliharaan yang terencana untuk menjaga kesiapsediaan fasilitas pangkalan tersebut.

Rumusan Masalah

Penulisan ini berawal dari permasalahan – permasalahan sebagai berikut :

a. Rencana pembangunan *breakwater* yang akan memberikan dampak sedimentasi yang berbeda.

b. Peningkatan sedimentasi di area pelabuhan yang seyogyanya akan cenderung semakin meningkat dari tahun ke tahun akibat tidak dilaksanakan pengerukan yang rutin.

c. Ada / tidaknya pengaruh sungai – sungai di sekitar Teluk Jakarta terhadap proses sedimentasi.

Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dilaksanakan penelitian dalam tugas akhir ini adalah untuk menganalisa laju sedimentasi dan pola arus transpor sedimen yang terjadi di dermaga baru Lantamal III Pondokdayung Tanjungpriok pada kondisi sebelum dibangun *breakwater* dan kondisi yang akan disimulasikan dengan model bangunan *breakwater* sesuai *siteplan* dari Disfaslanal.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan laju sedimentasi dan sebaran sedimen yang terjadi pada Dermaga Lantamal III Pondokdayung di Tanjungpriok – Jakarta baik pada saat sebelum maupun sesudah dibangun *breakwater*.

Manfaat Penelitian

Hasil analisa ini berupa informasi tentang laju sedimentasi dan sebaran sedimen (zona erosi dan deposisi) sehingga

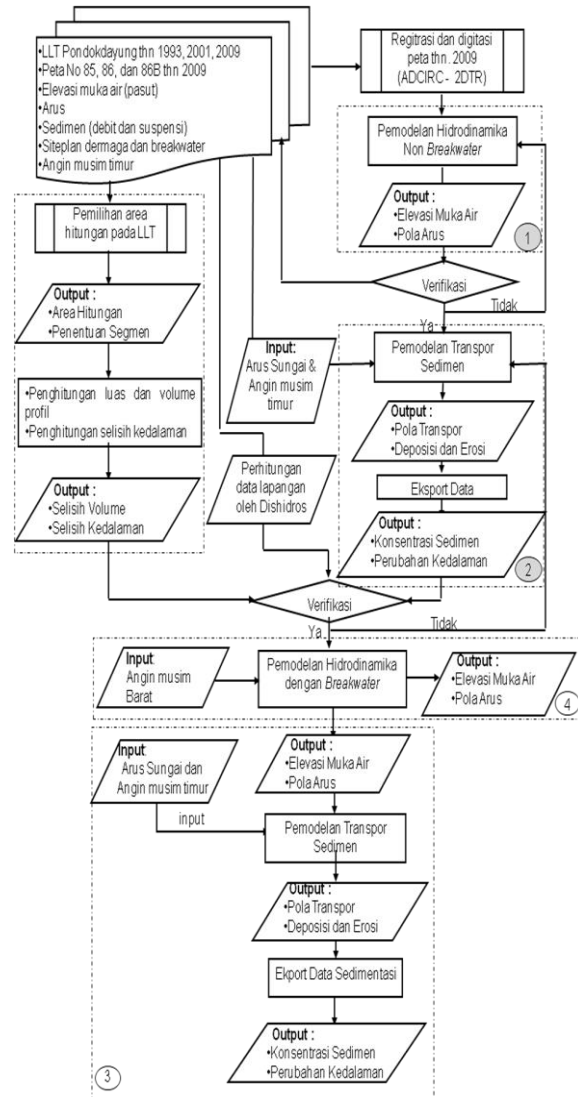
dapat digunakan sebagai informasi awal bagi Disfaslanal dalam pembangunan dan rencana pemeliharaan pelabuhan yang efektif dengan mempertimbangkan kebutuhan kedalaman di dalam area pelabuhan.

Ruang Lingkup

Beberapa kegiatan dalam penelitian ini :

1. Penghitungan luas serta volume dengan metode integrasi numerik 3/8 Simpson gabungan dan perhitungan selisih kedalaman.
2. Pemodelan hidrodinamika kondisi sebelum dibangun *breakwater*, pengaruh gaya pasang surut.
3. Pemodelan transpor sedimen kondisi sebelum dan sesudah dibangun *breakwater* dengan parameter :
 - a. Gaya pasang surut dan arus sungai.
 - b. Gaya pasang surut, arus sungai, dan angin musim timur.
4. Penentuan laju sedimentasi dengan menganalisa kandungan sedimen suspensi dan perubahan kedalaman pada model sebelum dan sesudah dibangun *breakwater* pada musim timur.
5. Pemodelan hidrodinamika model simulasi *breakwater* pengaruh gaya pasang surut dan angin musim barat.

Alur Pikir



Metodologi Penelitian

Studi Pustaka

Metode penelitian diawali dengan melakukan studi pustaka tentang teori sedimen, penghitungan manual metode integrasi numerik 3/8 Simpson, studi pemrograman *software SMS 9.0* dalam hal ini *ADCIRC-2DTR*, dilanjutkan mempelajari buku – buku yang diperlukan, tugas akhir atau makalah terdahulu yang berisi tentang analisa sedimen dengan *software SMS 9.0* dan *ADCIRC-2DTR* di daerah lain serta analisa laju sedimen dengan metode yang lain.

Metoda Pengumpulan data

Data yang digunakan adalah :

- a. Data batimetri area Pondokdayung berupa Lembar Lukis Teliti dari Dishidros tahun 1993, 2001, dan 2009.
- b. Peta Laut Dishidros No.85, 86, dan 86B yang digunakan sebagai batas area pemodelan.
- c. *Siteplan breakwater* dari Disfaslanal, yang digunakan sebagai simulasi pemodelan *breakwater*.
- d. Data pasangsurut, arus, dan sedimen Pondokdayung dari survei Dishidros tahun 2009, sebagai dasar verifikasi.
- e. Data arah dan kecepatan angin per jam tahun 2009 dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG).
- f. Data sedimentasi sungai tahun 2009 dari Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD).

Pengolahan Data dan Running Program

Pengolahan data yang dilaksanakan adalah penghitungan manual dan pemodelan numerik yang meliputi digitasi, konversi data, *editing*, *running* program, dan *eksport* data.

Penghitungan manual dilaksanakan untuk menganalisa hasil penghitungan selisih volume dan selisih kedalaman.

Simulasi pemodelan numerik dilaksanakan sebanyak empat kali.

- a. Simulasi pertama untuk validasi hasil model dengan data hasil pengukuran lapangan, data input model disesuaikan waktu pengukuran lapangan yang dilaksanakan Dishidros .
- b. Simulasi kedua dilaksanakan setelah validasi model untuk menganalisa transpor sedimen pada saat sebelum dan sesudah pembangunan *breakwater* yang disimulasikan sesuai *siteplan*, pengaruh gaya pasang surut dan arus sungai.
- c. Simulasi ketiga dilaksanakan dengan menambahkan parameter angin musim timur pada simulasi kedua.
- d. Simulasi keempat dilaksanakan untuk menganalisa pola arus pada musim barat.

Analisa Hasil Model

Hasil hitungan metode integrasi numerik berdasarkan data kedalaman tahun 1993, 2001, dan 2009 dan pemodelan transpor sedimen sebelum dan sesudah breakwater pada saat musim Timur yang divalidasi dengan hasil survei Dishidros 2009, serta analisa berdasarkan pola hidrosinamika pada saat musim Barat.

LANDASAN TEORI

Pasang Surut

Pasang surut adalah fenomena naik-turunnya permukaan air laut secara periodik yang disebabkan oleh pengaruh gravitasi benda-benda angkasa terutama bulan dan matahari.

Ada tiga sumber gaya yang saling berinteraksi : bumi, matahari, dan bulan. Pasang laut menyebabkan perubahan kedalaman perairan dan mengakibatkan arus pusaran yang dikenal sebagai arus pasang, sehingga perkiraan kejadian pasang sangat diperlukan dalam navigasi pantai. Periode pasang laut adalah waktu antara puncak atau lembah gelombang ke puncak atau lembah gelombang berikutnya. Panjang periode pasang surut bervariasi antara 12 jam 25 menit hingga 24 jam 50 menit.

Arus

Arus merupakan pergerakan horizontal massa air yang disebabkan oleh faktor penggerak seperti angin, perbedaan gradien tekanan, perubahan densitas, dan pengaruh pasang surut air laut.

Ada dua gerakan horizontal arus laut yaitu arus samudera dan arus pasang surut. Arus samudera sifatnya tidak berkala tetapi mengalir terus menerus dan bergerak ke tempat yang jauh, sedangkan arus pasang surut bergerak secara berkala atau periodik.

Angin

Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara (tekanan tinggi ke tekanan rendah) di sekitarnya.

Di Indonesia yang secara geografis terletak di antara dua benua (Asia dan Australia) dan dua samudera (Pasifik dan Hindia) serta letak Matahari yang berubah setiap enam bulan berada di Utara dan enam bulan berada di

Selatan khatulistiwa, sehingga angin tersebut mengalami perubahan menjadi angin muson (angin musim) Barat dan angin muson Timur.

Sedimentasi

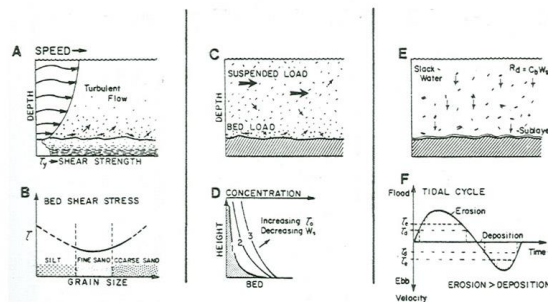
a. Karakter Sedimen

Sedimen dikarakterisasi menurut sifat – sifat alami yang dimilikinya, yaitu misalnya : ukuran butir (*grain size*), densitas, kecepatan jatuh, komposisi, porositas, dan bentuk.

b. Proses Terjadinya Sedimentasi

Proses sedimentasi disebabkan oleh beberapa peristiwa yang mempengaruhi pembentukan permukaan bumi yaitu :

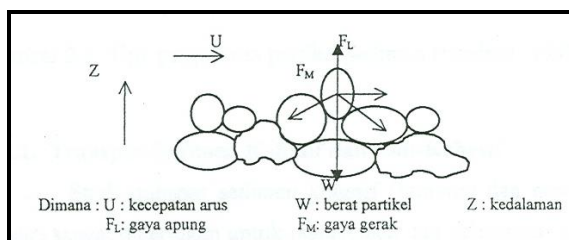
- Proses pengangkatan (erosi di dasar)
- Proses transportasi (perpindahan)
- Proses pengendapan (deposisi di dasar)
- Proses berikutnya berulang lagi terus menerus.



Gambar 1. Diagram skema pergerakan sedimen, erosi, transpor, dan deposisi akibat efek hidrodinamika (Sumber: Davis, 1985 di dalam Priyono, 2004)

c. Transpor Sedimen

Transpor sedimen adalah gerak partikel yang dibangkitkan oleh gaya yang bekerja pada partikel tersebut.

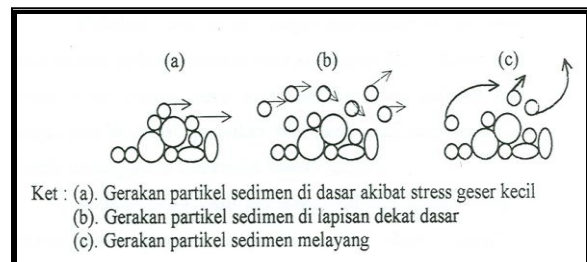


Gambar 2. Gaya yang bekerja pada partikel di dasar (Sumber: Fredsoe, 1980 di dalam Priyono, 2004)

Berdasarkan besar kecilnya gaya pembangkit dan arah pergeseran partikel, pergerakan partikel dapat digolongkan menjadi tiga tipe utama yaitu :

- Pergerakan partikel sedimen dasar akibat stress kecil
- Pergerakan partikel sedimen di lapisan dekat dasar (*bed load*)
- Pergerakan sedimen melayang (*suspended load*) yang disebabkan oleh gaya pembangkit yang besar.

Ketiga tipe gerakan tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.7 berikut:



Gambar 3. Tipe Pergerakan Partikel Sedimen (Sumber: Fredsoe, 1980 di dalam Priyono, 2004)

d. Jenis transpor sedimen

Terdapat dua jenis transpor sedimen yang ada di daerah pantai yaitu transpor sedimen yang melayang (*suspended transport*) dan yang di dasar perairan (*bed load transport*). Deskripsi dari kedua proses tersebut, terutama untuk sedimen yang ukuran partikelnya bervariasi (bercampur), merupakan suatu hal yang sulit karena kedua proses tersebut sangat berhubungan.

e. Laju Sedimentasi

Dalam menganalisa sedimentasi ada beberapa parameter yang dapat digunakan di antaranya analisa pasang surut, kecepatan arus, kecepatan angin, debit arus, dan kandungan suspensi sedimen sungai, erosi dan deposisi yang terjadi di sekitar perairan tersebut. Berdasarkan hasil analisa dapat diketahui rasio sedimen dan besar laju sedimen. Hal ini nampak pada perubahan kedalaman yang terjadi dalam kurun waktu tertentu.

Untuk menghitung kecepatan pengendapan (*settling velocity*) yang disebabkan oleh *suspended load*, berdasarkan rumusan Stokes adalah sebagai berikut:

$$V = \frac{2g(\rho_1 - \rho_2)r^2}{9\mu}$$

Dengan :

V = Kecepatan pengendapan (cm/dt)

g = Percepatan gravitasi (cm/dt²)

r = Diameter butir (cm)

ρ_1 = Densitas butir (g/cm³)

ρ_2 = Densitas medium (g/cm³)

μ = Viscositas medium (poise)

Aliran Sungai

Sungai merupakan jalan air alami. mengalir menuju samudera, danau atau laut, atau ke sungai yang lain. Air sungai mengalir dari hulu ke hilir atau dari daratan ke laut. Sungai membawa materi sedimen ke perairan muara sungai dan membentuk delta. Ukuran delta yang berkisar dari sangat kecil sampai dengan sangat besar tergantung dari kontribusi sedimen dan sistem energi dinamik serta karakteristik lingkungan tempat sedimen tersebut diendapkan.

Kepelabuhanan

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang. Pembagian letak dermaga di dalam suatu kolam pelabuhan didasarkan pada tipe dan ukuran kapal yang merapat dan bertambat pada dermaga tersebut.

Breakwater adalah bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah pelabuhan dari gangguan gelombang. Bangunan ini memisahkan daerah perairan dari laut bebas, sehingga perairan pelabuhan tidak banyak dipengaruhi oleh gelombang besar di laut (Triatmojo, 1996).

Perhitungan Volume Sedimen

Persamaan untuk menghitung luas penampang melintang dengan metode 3/8 Simpson dirumuskan dengan persamaan :

$$L = \frac{3}{8}h(f_0 + 3f_1 + 3f_2 + f_3)$$

Sehingga persamaan yang digunakan dirumuskan dalam persamaan :

$$\int_{x_0}^{x_n} f(x)dx = \frac{3h}{8}(f_0 + f_1) + \frac{3h}{8}(3 \sum_{i=1}^{n-1} f_i) + \frac{3h}{8}(2 \sum_{i=3,6,9}^{n-3} f_i)$$

Untuk menghitung volume sedimen dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$Vs = 0,5 (A_1 + A_2)d$$

Dengan :

Vs = Volume sedimen (m³) ;

d = Jarak antar segmen

A_1 = Luas penampang persegi pada segmen I (m²)

A_2 = Luas penampang persegi pada segmen II (m²)

Sehingga, untuk menghitung laju sedimentasi dengan selisih volume dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan:

$$\Delta Vs = (Vs_2 - Vs_1)/t$$

Dengan : ΔVs = Selisih volume (m³/th)

Vs_1 = Volume sedimen LLT I (m³)

Vs_2 = Volume sedimen LLT II (m³)

t = waktu (tahun)

Pemodelan

Pemodelan merupakan tiruan kondisi alam dengan tujuan untuk keperluan analisa dan perancangan. Secara umum pemodelan dapat dibagi menjadi tiga, yaitu model fisik, model analogi, dan model matematik.

Model Matematika Hidrodinamika

a. Persamaan Pengatur

Persamaan kontinuitas:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial (uH)}{\partial x} + \frac{\partial (vH)}{\partial y} = 0$$

Persamaan momentum dalam arah x dan y:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + u \frac{\partial U}{\partial x} + v \frac{\partial U}{\partial y} - fV = -\frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{P_s}{\rho_0} + g(\eta - a\eta_e) + \frac{M_x}{H} + \frac{D_x}{H} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0 H} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0 H} \right]$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + u \frac{\partial V}{\partial x} + v \frac{\partial V}{\partial y} - fU = -\frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{P_s}{\rho_0} + g(\eta - a\eta_e) + \frac{M_y}{H} + \frac{D_y}{H} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0 H} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0 H} \right]$$

Dengan :

U = Kecepatan arus dalam arah x yang dirata-ratakan terhadap kedalaman (m/det);

dimana $U = \frac{1}{h} \int_{h_0}^{\eta} u dz$

V = Kecepatan arus dalam arah y yang dirata-ratakan terhadap kedalaman (m/det);

dimana $V = \frac{1}{h} \int_{h_0}^{\eta} v dz$

f = Parameter Coriolis (det⁻¹);

P_s = Tekanan atmosfer pada permukaan

ρ_0 = Densitas air (kg/m³)

g = Percepatan gravitasi bumi (m/det²)

η = Elevasi muka air laut relatif terhadap geoid (m)

η_e = Elevasi pasang surut (m)

α = Faktor elastifitas keefektifan bumi

H = Kedalaman total perairan (m);
 $H = H_0 + \eta$

M_x dan M_y = Momentum terdifusi yang dirata-ratakan terhadap kedalaman

D_x dan D_y = Momentum terdispersi yang dirata-ratakan terhadap kedalaman

τ_{sx} dan τ_{sy} = *Stress* permukaan masing-masing untuk arah x dan arah y (N/m²)

τ_{bx} dan τ_{by} = *Stress* dasar masing-masing untuk arah x dan arah y (N/m²)

Bentuk persamaan gesekan dasar yang digunakan dalam model adalah (Pandoe dan Edge, 2008):

$$\tau_{bx} = C_f \rho_0 U \sqrt{(U^2 + V^2)}$$

$$\tau_{by} = C_f \rho_0 V \sqrt{(U^2 + V^2)}$$

Dengan :

C_f = koefisien gesekan dasar

b. Penentuan Langkah Waktu

$$\Delta t < \frac{\sqrt{2gh_{\max}}}{\Delta s} \Rightarrow Cr = \frac{\Delta t \cdot v}{\Delta s} \quad (2.16)$$

Dengan :

Δt = Langkah Waktu (detik)

g = Gravitasi (m/dtk²)

h_{\max} = Kedalaman maksimum (m)

Cr = *Courant-Number*

Δs = Jarak antar grid (m)

v = Kecepatan arus (m/dtk)

Syarat kestabilan *Courant-Number* berkisar antara nilai 0,05 sampai dengan 0,75 ($0,05 \leq Cr \leq 0,75$).

c. Syarat Awal dan Syarat Batas

Syarat awal yang digunakan untuk simulasi adalah dengan mengasumsikan kondisi perairan yang tenang tanpa adanya gerakan vertikal maupun horisontal:

$$u = v = \eta = 0$$

Sedangkan syarat batas yang digunakan untuk simulasi meliputi:

1. Syarat batas tertutup

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial n} = 0$$

Dengan :

\bar{v} = vektor kecepatan

n = arah tegak lurus (normal) terhadap bidang batas.

2. Syarat batas terbuka

Pada syarat terbuka dapat diberikan nilai elevasi yang diperoleh dari data lapangan maupun ramalan di beberapa grid di batas terbuka yang telah ditentukan

Model Matematis Transpor Sedimen

a. Persamaan Pengatur

Persamaan pengatur adveksi-difusi yang digunakan dalam model transport sedimen ini adalah bentuk umum dari persamaan transport adveksi-difusi 2 dimensi horizontal.

persamaan kekekalan massa dari partikel tersuspensi secara umum dapat ditulis dalam persamaan

$$\frac{\partial HC}{\partial t} + u \frac{\partial HC}{\partial x} + v \frac{\partial HC}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial HC}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_h \frac{\partial HC}{\partial y} \right) + E - D$$

Dengan :

H = kedalaman total perairan (m)

C = konsentrasi sedimen tersuspensi rata-rata kedalaman (g/l atau kg/m^3)

E = Flux tererosi ($\text{kg/m}^2/\text{det}$)

D = Flux terdeposisi ($\text{kg/m}^2/\text{det}$)

D_h = Koefisien difusi horizontal (m^2/det)

b. Syarat Awal dan Syarat Batas

Konsentrasi sedimen pada awal simulasi diasumsikan bernilai nol, yang berarti bahwa kondisi perairan masih dalam keadaan jernih belum ada *suspended load* di area model.

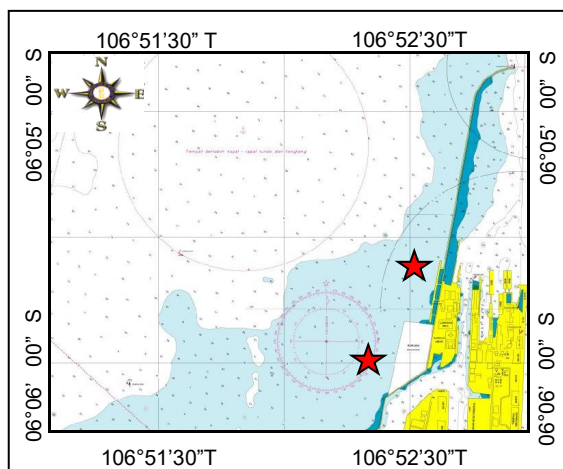
Pada syarat batas terbuka dianggap tidak ada gradien konsentrasi sehingga konsentrasi sedimen di batas luar sama dengan konsentrasi sedimen di sel sebelah dalamnya. Secara matematis kondisi ini dapat dituliskan dengan

$$\frac{\partial C}{\partial n} = 0$$

Sedangkan pada syarat batas tertutup dianggap tidak ada massa air dan sedimen yang melaluinya.

KONDISI UMUM DERMAGA PONDOKDAYUNG DAN PELAKSANAAN PENELITIAN

Lokasi Penelitian



Gambar 4. Lokasi Penelitian

★ Perairan Pondokdayung

Kondisi Umum Dermaga Lantamal III Pondokdayung

Rencana pembangunan dermaga dan *breakwater* sesuai *siteplan* dari Disfaslanal.



Gambar 4 Siteplan Disfaslanal

Pasang Surut

Perairan Pondokdayung mempunyai tipe pasut harian tunggal. Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Dengan muka surutan (Z_0) 60 cm dibawah duduk tengah, tunggang air rata-rata pada pasang purnama 86 cm, dan tunggang air rata-rata pada pasang mati adalah 26 cm.

Arus

Kondisi arus di perairan Pondokdayung mempunyai kecepatan arus umum maksimum sebesar 0,16 m/det dengan arah 156° dan kecepatan minimum sebesar 0,01 m/det dengan arah 310° . Kecepatan arus pasut maksimum 0,16 m/det dengan arah 149° . Kecepatan arus pasut minimum 0,01 m/det dengan arah 278° .

Pola pergerakan arus (Float Tracking) di Perairan Pondokdayung yang dilakukan pada waktu purnama (*Spring Tide*) maupun waktu pasang mati (*Neap Tide*) menunjukkan bahwa saat air menuju pasang pergerakan arus ke arah Selatan dan Barat Daya, sedangkan saat air menuju surut pergerakan arus ke arah Utara dan Barat Laut.

Angin

Angin musim Barat berlangsung dari bulan Nopember sampai Pebruari, angin dominan dari arah Barat Laut dengan variasi arah dari Barat Daya sampai Utara. Kecepatan rata-rata antara 3 – 12 knot (1,5 – 6,2 m/dt), kecepatan maksimum antara 27 – 35 knot (13,9 – 18 m/dt). Angin musim Timur berlangsung dari bulan Mei sampai Agustus, angin dominan dari arah Timur dengan variasi arah dari Timur Laut sampai Selatan. Kecepatan rata-rata antara 3 – 7 knot (1,6 – 3,6 m/dt), kecepatan maksimum antara 22 – 35 knot (11,4 – 18,2 m/dt)

Sedimen

a. Sedimen Suspensi (Suspended Load)

Kandungan sedimen suspensi pada saat *spring tide* pada lapisan permukaan berkisar antara 0,0236 gr/l s/d 0,0414 gr/l. Dari kondisi tersebut dapat diketahui bahwa kandungan sedimen suspensi pada lapisan permukaan di perairan Pondokdayung rata-rata sebesar 0,0325 gr/l.

Kandungan sedimen suspensi pada saat *spring tide* pada lapisan dasar berkisar antara 0,0298 gr/l s/d 0,0496 gr/l. Dari kondisi tersebut dapat diketahui bahwa kandungan sedimen suspensi pada lapisan dasar rata-rata sebesar 0,0425 gr/l. Dengan demikian kandungan sedimen suspensi rata-rata pada saat *spring tide* sebesar 0,0375 gr/l.

Kandungan sedimen suspensi pada saat *neap tide* pada lapisan permukaan berkisar antara 0,0006 gr/l s/d 0,0184 gr/l. Dari kondisi tersebut dapat diketahui bahwa kandungan sedimen suspensi pada lapisan permukaan rata-rata sebesar 0,0106 gr/l.

Kandungan sedimen suspensi pada saat *neap tide* pada lapisan dasar berkisar antara 0,0002 gr/l s/d 0,0142 gr/l. Dari kondisi tersebut dapat diketahui bahwa kandungan sedimen suspensi pada lapisan dasar rata-rata sebesar 0,0053 gr/l. Dengan demikian kandungan sedimen suspensi rata-rata pada saat *neap tide* sebesar 0,0079 gr/l.

Jadi, kandungan sedimen suspensi rata-rata di Pondokdayung sebesar 0,0227 gr/l.

b. Sedimen Dasar Perairan (Bed Load)

Material utama dasar perairan Pondokdayung didominasi oleh pasir berkerikil (*gravelly sand*) hingga geluh berpasir (*sandy loam*). Pada perairan ini kekuatan arus maksimum 0,16 m/dt dan kecepatan minimum

0,01 m/dt yang terjadi 2 kali sehari dengan durasi lebih dari 2 jam.

Hasil analisis besar butir sedimen dasar berdasarkan skala Wenworth (1922). Hasil pengukuran menunjukkan ukuran besar butir berkisar dari < 0.004 mm hingga 4 mm yakni berukuran lempung hingga pasir.

c. Angkutan Sedimen dan Laju Sedimentasi

Berdasarkan perhitungan rumusan Stokes, laju pengendapan di perairan Pondokdayung adalah 1,04 cm/detik.

Kecepatan kritis arus untuk dapat terjadi pengendapan dari butir ukuran diameter 0,063 mm adalah 0,06 m/dt (0,12 knot). Kedalaman perairan pada daerah sekitar stasion arus adalah antara 4,0 m sampai dengan 12,0 meter, sehingga dapat diketahui waktu pengendapan untuk kedalaman 4,0 meter adalah $(400/1,04)$ detik = 384,62 detik (6,41 menit), sedangkan pada kedalaman 15,0 meter dapat diketahui waktu pengendapannya adalah $(1200/1,04)$ detik = 1153,85 detik (= 19,23 menit).

Pada daerah survei sekitar perairan Pondokdayung dengan kedalaman perairan antara 4,0 meter sampai dengan 12,0 meter, peluang untuk terjadinya pengendapan sampai ke dasar secara keseluruhan harus terjadi arus tenang dengan kecepatan kurang dari 0,06 m/dt yang terjadi antara 6,41 menit hingga 19,23 menit.

Berdasarkan data arus dapat diketahui di perairan Pondokdayung terjadi arus dengan kecepatan kurang dari 0,06 m/dt, yang terjadi 2 kali sehari selama lebih dari 2 jam. Dengan adanya arus tenang memberikan kesempatan terhadap material sedimen suspensi terendapkan.

Pola arus yang berlaku di perairan Pondokdayung sesuai dengan tipe pasut harian tunggal, rata-rata terjadi air *slack* 2 kali dalam 1 hari selama lebih dari 2 jam.

Laju pengendapan untuk kedalaman 1 m adalah $2 \times 1 \times 0,0227 \times 365 : 2650 = 0,00625$ m/th = 0,625 cm/th. Kedalaman daerah survei antara 4 sampai dengan 12 meter, sehingga laju pengendapan sedimentasinya adalah 2,5 cm/th sampai dengan 7,5 cm/th.

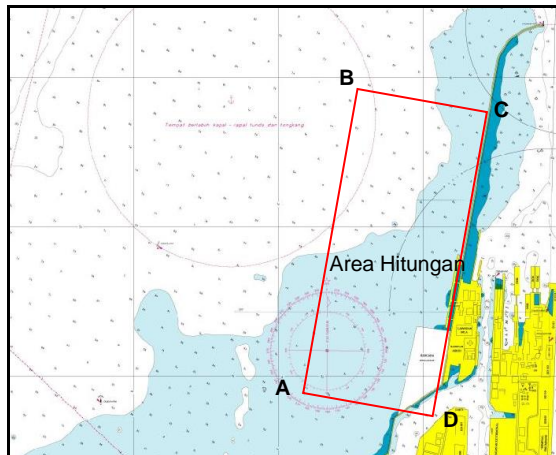
d. Sedimen Suspensi dan Debit Air Sungai di Sekitarnya

Pengaruh sungai – sungai di sekitar Teluk Jakarta tidak terlalu signifikan terhadap

sedimentasi di perairan Pondokdayung. Salah satu penyebabnya adalah jarak yang jauh dan kecepatan arus sungai yang rendah.

Penentuan Laju Sedimentasi

Batas Area



Gambar 5. Batas Area Hitungan

- A. 06° 06' 03,60" S ; 106° 52' 00,84" T
- B. 06° 04' 59,60" S ; 106° 52' 10,50" T
- C. 06° 05' 05,28" S ; 106° 52' 43,30" T
- D. 06° 06' 09,50" S ; 106° 52' 32,80" T

Data Pendukung Hitungan

1. Survei Dishidros tanggal 15 Nopember – 10 Desember tahun 1993.
2. Survei Dishidros tanggal 30 Juli – 17 September tahun 2001
3. Survei Dishidros tanggal 4 Juni – 23 Juli tahun 2009

Penentuan Segmen Hitungan

Luas area 2 km sejajar garis pantai dan 1 km tegak lurus garis pantai. Area hitungan dibagi menjadi beberapa segmen, dengan ukuran persegi 50 m X 50 m.

Penghitungan Laju Sedimentasi dengan Selisih Volume Sedimen dan Selisih Kedalaman

Penghitungan laju sedimentasi berdasarkan selisih volume per segmen menggunakan metode integrasi numerik metode 3/8 Simpson gabungan.

Langkah – langkah penghitungan adalah sebagai berikut :

- a. Penentuan kedalaman terhadap Bench Mark (BM)
- b. Penghitungan luas penampang profil sesuai kebutuhan kedalaman yaitu 10 meter, dengan jarak 50 meter setiap profil melintang dan profil memanjang antarsegmen.
- c. Penghitungan kolom air berdasarkan data kedalaman yang telah ditentukan dari BM dengan menggunakan persamaan 3/8 Simpson gabungan.
- d. Menentukan selisih antara luas penampang dan luas kolom air per segmen, sehingga diperoleh luas sedimen tiap – tiap segmen.
- e. Volume antar segmen dapat ditentukan setelah luas per segmen diketahui.

Metode 3/8 Simpson gabungan, yang dirumuskan pada persamaan 3.2.

$$\int_{x_0}^{x_n} f(x) dx = \frac{3h}{8} (f_0 + f_1) + \frac{3h}{8} (3 \sum_{i=1}^{n-1} f_i) + \frac{3h}{8} (2 \sum_{i=3,6,9}^{n-3} f_i)$$

Untuk menghitung volume sedimen :

$$Vs = 0,5 (A_1 + A_2) d$$

Dengan :

Vs = Volume sedimen (m^3)

A_1 = Luas penampang persegmen pada segmen 00 (m^2)

A_2 = Luas penampang persegmen pada segmen 50 (m^2)

d = jarak antar segmen (m) : dengan $d = 50$ m.

Untuk menghitung laju sedimentasi berdasarkan selisih volume sedimen dirumuskan :

$$\Delta Vs = (Vs_2 - Vs_1) / t$$

Dengan :

ΔVs = Selisih volume sedimen (m^3 /tahun)

Vs_1 = Volume sedimen pada LLT tahun 1993 (m^3)

V_{s2} = Volume sedimen pada LLT tahun 2001 (m^3)
 t = waktu (tahun)

Simulasi Model

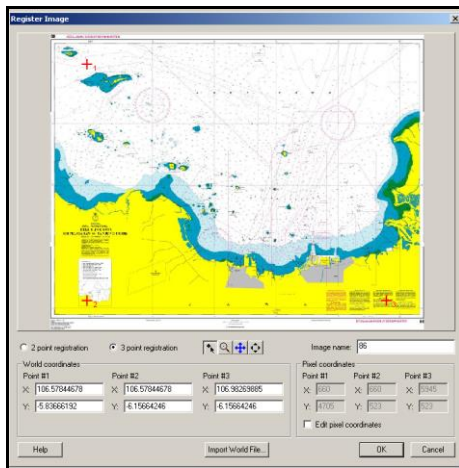
Daerah Model

Koordinat antara $05^{\circ} 48' 29.548''$ LS ; $106^{\circ} 32' 05.451''$ BT sampai dengan $06^{\circ} 10' 29.421''$ LS ; $107^{\circ} 01' 35.225''$ BT.

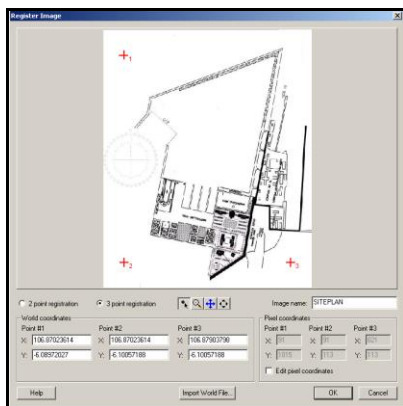
Desain Model

Terdiri dari 2 desain, yaitu desain model pada kondisi tanpa *breakwater* dan simulasi *breakwater* sesuai *siteplan* dari Disfaslanal.

Registrasi Peta

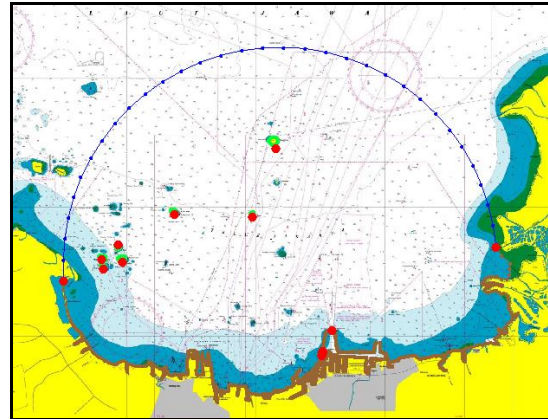


Gambar 6. Registrasi Peta



Gambar 7. Registrasi Siteplan Breakwater

Pembuatan Boundary Area

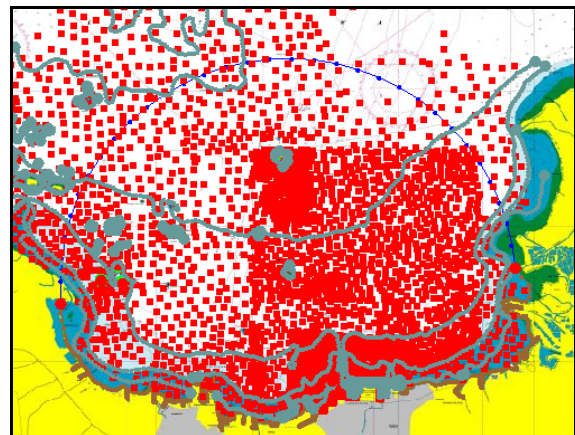


Gambar 8. Boundary Area

Keterangan gambar :

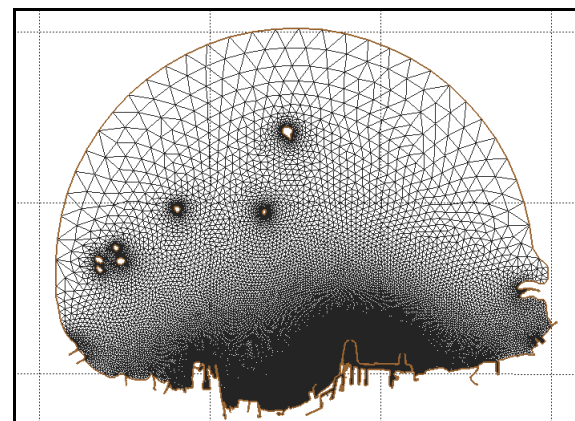
- Batas tertutup = garis pantai (coklat) dan pulau (hijau)
- Batas terbuka = laut (biru)

Digitasi Batimetri

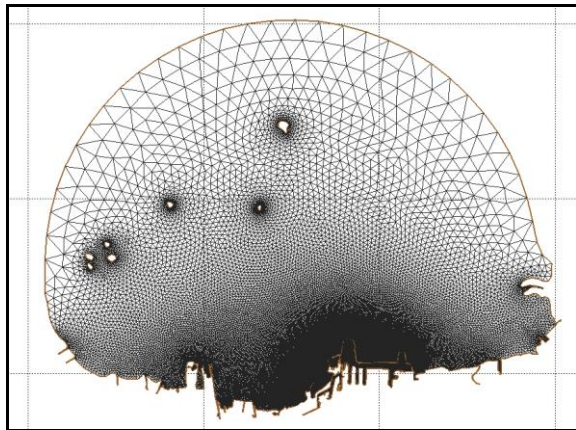


Gambar 9. Digitasi Titik dan Kontur Kedalaman

Grid Pemodelan



Gambar 10. Grid Elemen Hingga ADCIRC Daerah Model Tanpa *Breakwater*



Gambar 11. Grid Elemen Hingga ADCIRC Daerah Model dengan *Breakwater*

Skenario Simulasi

Jenis Simulasi yang Dijalankan dalam Simulasi Model.

No.	Jenis Simulasi	Waktu	Output
1.	Hidrodinamika untuk pasang surut	1 bulan	Validasi dengan elevasi muka air dan arus pasut data lapangan
2.	Hidrodinamika dan Transpor sedimen akibat gaya pasang surut dan arus sungai	15 hari	Sebaran sedimen dan pola erosi/deposisi
3.	Hidrodinamika dan Transpor sedimen akibat gaya pasang surut, arus sungai dan angin pada musim Timur	15 hari	<ul style="list-style-type: none"> Sebaran sedimen dan pola erosi/deposisi pada musim Timur (kemarau). Laju sedimentasi per bulan / per tahun.
4.	Hidrodinamika untuk pasang surut dan angin musim Barat pada model simulasi <i>breakwater</i> .	1 bulan	Pola arus pada musim Barat model simulasi <i>breakwater</i> akibat pasang surut dan angin.

Asumsi – asumsi

- Pada awal simulasi laut dalam keadaan tenang.
- Pembangkit arus adalah pasang surut, angin dan arus sungai.

- Sumber sedimen dari sungai.
- Gesekan dasar laut adalah linier.
- Akselerasi coriolis diasumsikan tidak homogen.
- Konsentrasi awal sedimen / *initial condition* adalah 0 (nol).
- Batimetri pada model simulasi *breakwater* di alur masuk dan dalam kolam dermaga adalah 11 meter.

ANALISA HITUNGAN DAN HASIL MODEL

Penghitungan Volume Sedimen

Dari hasil perhitungan selisih volume sedimen semua segmen menunjukkan nilai – nilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa pada segmen – segmen tersebut tidak mengalami pendangkalan melainkan pendalaman, dengan kata lain sedimen di perairan Pondokdayung tererosi. Erosi rata – rata sebesar 4.679,807 m³, erosi terbesar terdapat pada segmen antara 1.750 – 1.800 m dengan selisih volume 7.403,906 m³, sedangkan erosi terkecil terdapat pada segmen antara 100 – 150 m dengan selisih volume 3.070,313 m³.

Perhitungan Selisih Kedalaman

Berdasarkan hasil perbandingan tiap – tiap LLT dan penghitungan selisih kedalaman, pada setiap segmen menunjukkan nilai positif. Dengan demikian pada segmen tersebut mengalami erosi. Hampir seluruh segmen pada area hitungan tidak mengalami deposisi. Erosi rata – rata dari setiap segmen 0,006 m/thn (0,6 cm/thn), erosi terbesar pada segmen 1.150 m yaitu 0,097 m, dan erosi terkecil pada segmen 100 m yaitu 0,079 m.

Analisa Hasil Penghitungan

Dari hasil penghitungan dapat diketahui bahwa kedalaman semakin bertambah, dengan demikian kondisi sedimen di perairan Pondokdayung dari tahun ke tahun semakin tererosi, Beberapa faktor yang menyebabkan kedalaman semakin bertambah yaitu :

- Pergerakan sedimen yang diakibatkan oleh pergerakan arus pasut di sekitar perairan cenderung mengakibatkan sedimen ikut bergerak naik turun mengikuti pola arus.
- Kecepatan arus yang naik turun akan mempengaruhi proses sedimentasi.
- Adanya kegiatan pengerukan rutin di alur pelabuhan Tanjungpriok sampai kedalaman 15

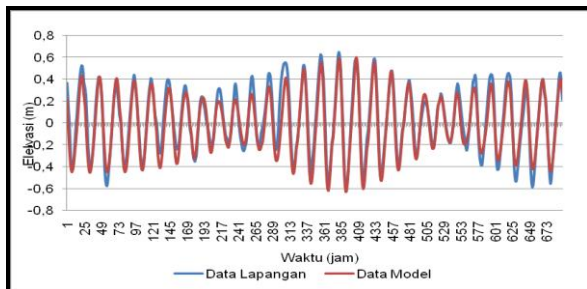
meter, tidak menutup kemungkinan sedimen di sekitar perairan Pondokdayung ikut tererosi ke daerah alur akibat *slope* yang tinggi.

4. Laju pendangkalan yang terjadi di perairan Pondokdayung sangat rendah, sehingga sedimen yang terdeposisi dalam jumlah yang sedikit kemudian tergerus baik secara alami maupun non alami, sehingga mengakibatkan kedalaman semakin bertambah (erosi).

Simulasi Model

Model Hidrodinamika Tanpa *Breakwater* (Simulasi Pertama).

a. Verifikasi Elevasi Pasang Surut



Gambar 12. Verifikasi Elevasi Pasang Surut

Dari perbandingan elevasi antara hasil survei Dishidros dengan hasil model hidrodinamika diperoleh nilai *RMS error* sebesar 0,001 meter. Nilai *RMS error* ini menyatakan perbedaan tinggi elevasi antara hasil simulasi model dengan data lapangan. Sedangkan angka kesesuaian antara hasil simulasi model dengan survei dihitung dengan metode Pearson hasilnya adalah 0,964066 atau sekitar 96%.

b. Verifikasi Pola Arus

Verifikasi terhadap pola arus pasut dilakukan secara kualitatif. Hasil survei yang telah dilakukan oleh Dishidros tahun 2009 di perairan Pondokdayung diketahui bahwa pola umum arus pada saat air surut menuju pasang arus menuju ke arah Selatan dan Barat Daya, dan pada waktu air pasang menuju surut arus menuju ke arah Utara dan Barat Laut.

Berdasarkan simulasi model secara umum arus di perairan Pondokdayung dan Teluk Jakarta mempunyai kesamaan pola arus baik pada saat pasang purnama maupun saat pasang mati. Pada saat pasang arus bergerak ke Selatan, sedangkan pada saat surut arus bergerak ke Utara. Kesamaan pola arus di Teluk Jakarta dan perairan Pondokdayung di akibatkan belum ada penghalang berupa

breakwater sehingga arus bergerak langsung menuju dermaga.

Simulasi Sedimentasi dengan Parameter Arus Pasut dan Arus Sungai (Simulasi Kedua)

a. Pola Arus Transpor Sedimen

Pola transpor sedimen yang dibangkitkan oleh arus pasut bergerak naik-turun / keluar masuk mengikuti pergerakan arus pasut tersebut. Di sekitar perairan sedimen bergerak dari arah Utara ke Selatan dan sebaliknya. Perubahan pola kekeruhan tidak begitu nampak karena sedimen yang tersuspensi sangat kecil, artinya tingkat laju sedimentasi rendah.

b. Erosi dan Deposisi

Di sekitar perairan Pondokdayung terjadi deposisi yang sangat rendah. Tidak terdapat nilai negatif, dengan demikian sedimen di perairan tidak terjadi erosi.

Model Transpor Sedimen Dengan *Breakwater*

a. Pola Arus Transpor Sedimen

Pola pergerakan sedimen bergerak naik turun mengikuti pola pergerakan arus pasut, sehingga sedimen akan bergerak pelan untuk menyebar ke seluruh perairan. Dalam simulasi ini nampak bahwa sedimen tidak dapat menyebar sampai ke dalam *breakwater* dalam jumlah yang besar dan jangka waktu yang pendek. Namun demikian sedimen yang tersebar dan terdeposisi di dalam *breakwater* tetap ada walaupun kandungan suspensinya kecil.

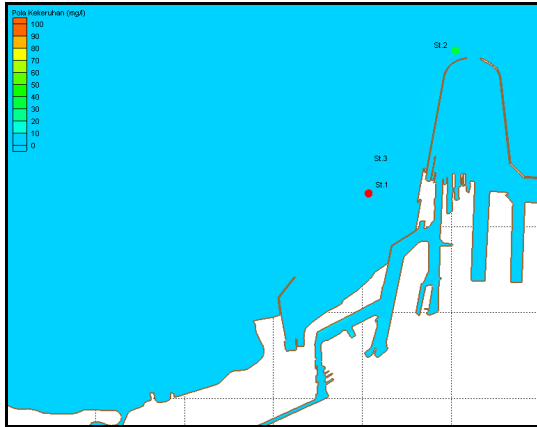
b. Erosi dan Deposisi

Di sekitar perairan Pondokdayung dan di dalam kolam pelabuhan terjadi deposisi yang sangat kecil. Oleh karena itu pada atas tidak nampak perubahan kedalaman yang signifikan. Hal ini dikarenakan sedimen terbawa oleh pergerakan arus pasut yang naik turun. Selain itu tidak adanya bentuk bangunan yang dapat menyebabkan sedimen tererosi. Erosi terjadi pada Stasiun 6, yang posisinya berdekatan dengan pintu masuk pelabuhan (pintu dam sebelah barat), kecepatan arus pada posisi tersebut cenderung lebih besar. Dengan bentuk *breakwater* sesuai *sitemplan*, sedimen yang akan terjebakpun sedikit sekali. Pada simulasi ini pola pergerakan sedimen belum terlalu nampak, karena pola arus hanya bergerak naik turun (keluar-masuk) dari sumber sedimen.

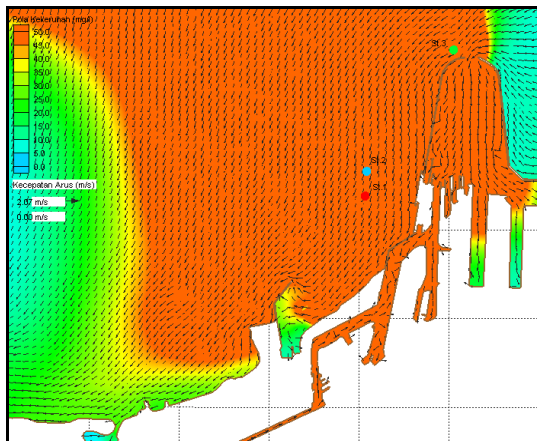
Simulasi Sedimentasi Parameter Arus Pasut, Arus Sungai, dan Angin (Simulasi Ketiga)

Model Transpor Sedimen Tanpa *Breakwater*

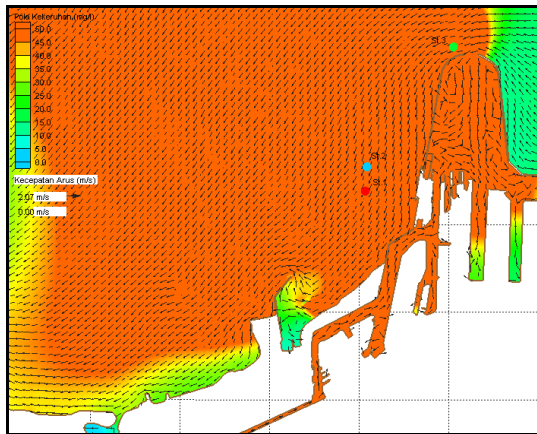
a. Pola Arus Transpor Sedimen



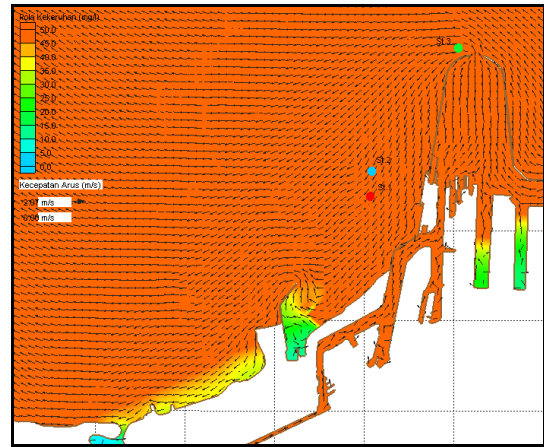
Gambar 13. Kondisi Awal Pola Kekeruhan



Gambar 14. Pola Kekeruhan Hari Ke-5

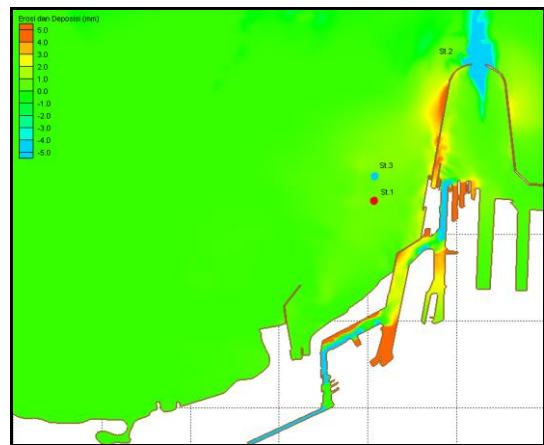


Gambar 15. Pola Kekeruhan Hari Ke-10

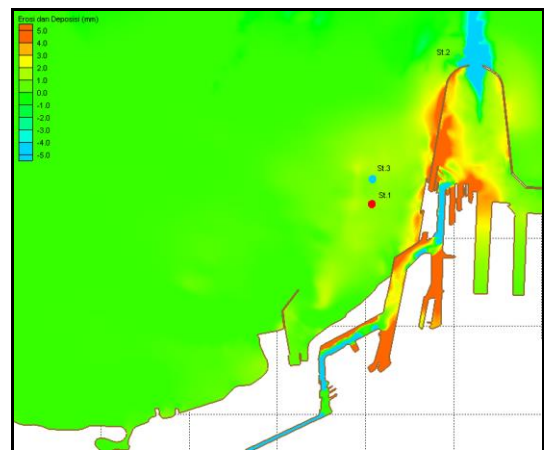


Gambar 16. Pola Kekeruhan Hari Ke-15

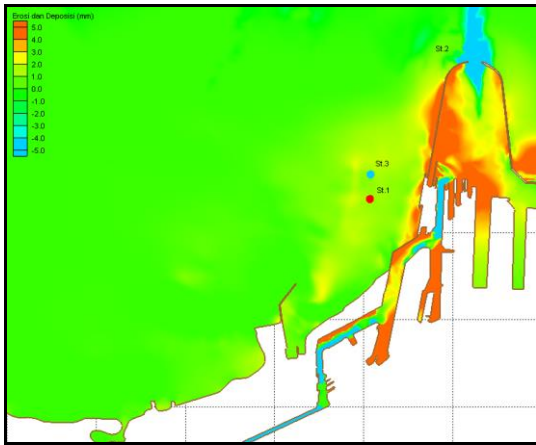
b. Erosi dan Deposisi



Gambar 17. Zona Erosi dan Deposisi Hari Ke-5



Gambar 18. Zona Erosi dan Deposisi Hari Ke-10



Gambar 19. Zona Erosi dan Deposisi Hari Ke-15
Laju Sedimentasi dan Sebaran Sedimen

Berdasarkan hasil analisa model pada simulasi tanpa *breakwater* yang di pengaruhi angin selama simulasi model dapat diketahui sedimen suspensi pada tiap – tiap titik observasi sebagai berikut :

- Pada stasion 1 konsentrasi sedimen suspensi rata – rata sebesar 139,5 mg/ltr, dengan konsentrasi terbesar 194,6 mg/ltr.
- Pada stasion 2 konsentrasi sedimen suspensi rata – rata sebesar 248,2 mg/ltr, dengan konsentrasi terbesar 735,9 mg/ltr.
- Pada stasion 3 konsentrasi sedimen suspensi rata – rata sebesar 158,6 mg/ltr, dengan konsentrasi terbesar 225,9 mg/ltr.

Jadi konsentrasi sedimen suspensi rata – rata pada simulasi ini sebesar 182,1 mg/ltr (0,182 gr/ltr).

Perubahan Kedalaman Model Tanpa *Breakwater* dengan Parameter Arus Pasut dan Angin Musim Timur.

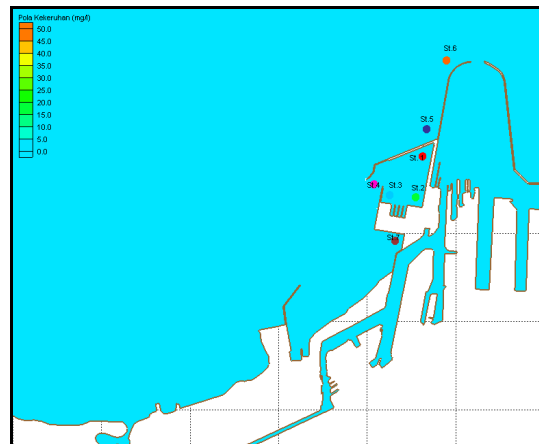
Hari ke	Titik Observasi			Rata – rata
	Stasion 1	Stasion 2	Stasion 3	
	(mm)	(mm)	(mm)	
Kedalaman awal	4038	4662	4710	
5	0,789	-0,585	0,841	0,348
10	1,298	-1,056	1,261	0,501
15	1,536	-1,276	1,496	0,585
Kedalaman akhir	4036,46	4663,28	4708,50	0,478

Perbandingan Laju Sedimentasi antara Data Lapangan dengan Simulasi Model

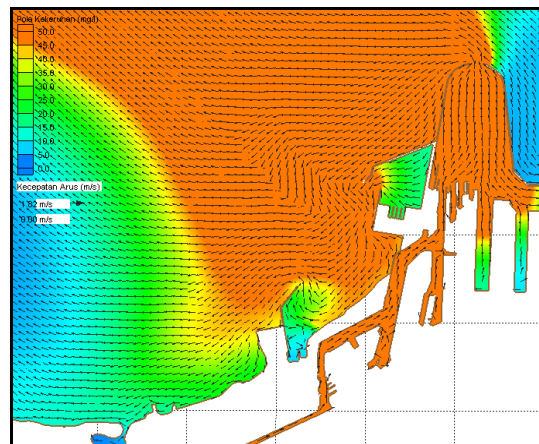
Berdasarkan perhitungan data lapangan pada Bab 3 (Laporan Survei Dishidros, 2009) laju sedimentasi di perairan Pondokdayung berkisar antara 2,5 sampai dengan 7,5 cm per tahun. Sedangkan berdasarkan hasil analisa model laju sedimentasi yang terjadi adalah 3,6 cm per tahun.

Model Transpor Sedimen Dengan *Breakwater*.

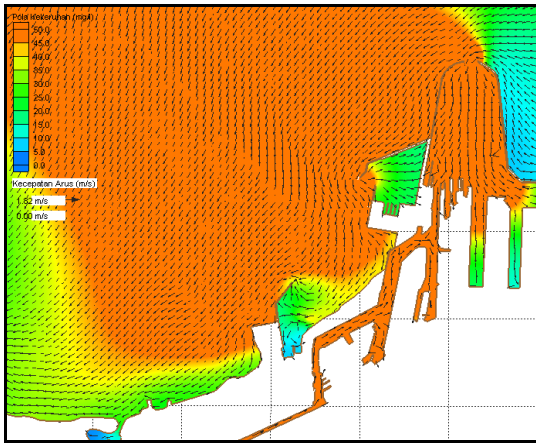
a. Pola Arus Transpor Sedimen



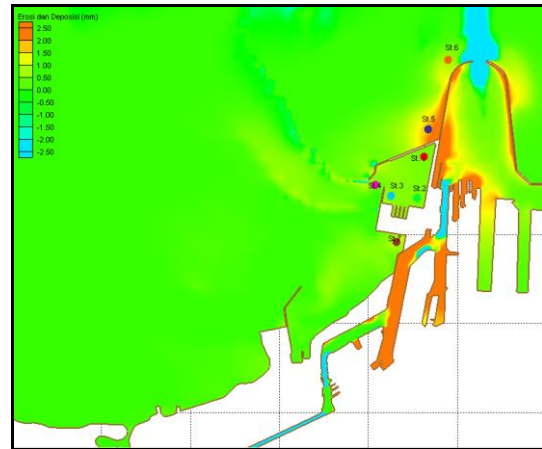
Gambar 20. Kondisi Awal Pola Kekeruhan



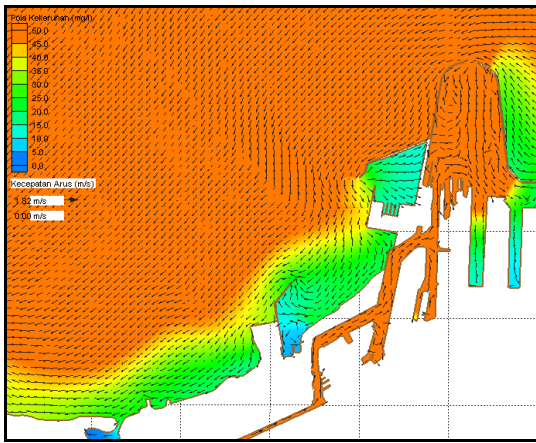
Gambar 21. Pola Kekeruhan Hari Ke-5



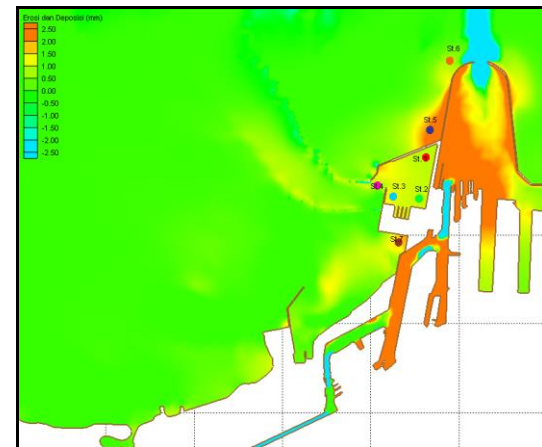
Gambar 22. Pola Kekeruhan Hari Ke-10



Gambar 25. Zona Erosi dan Deposisi Hari Ke-10

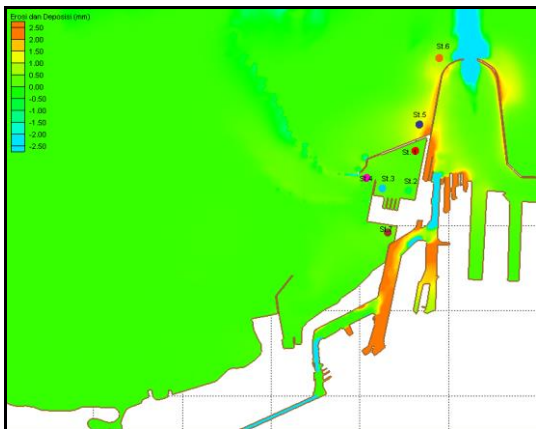


Gambar 23. Pola Kekeruhan Hari Ke-15



Gambar 26. Zona Erosi dan Deposisi Hari Ke-15

b. Erosi dan Deposisi



Gambar 24. Zona Erosi dan Deposisi Hari Ke-5

Laju Sedimentasi dan Sebaran Sedimen

Pada simulasi ini diketahui kandungan konsentrasi sedimen suspensi pada setiap titik observasi adalah sebagai berikut :

- a. Stasiun 1, konsentrasi sedimen suspensi rata – rata sebesar 13,949 mg/l dengan konsentrasi terbesar 19,331 mg/l.
- b. Stasiun 2, konsentrasi sedimen suspensi rata – rata sebesar 15,436 mg/l dengan konsentrasi terbesar 21,343 mg/l.
- c. Stasiun 3, konsentrasi sedimen suspensi rata – rata sebesar 22,470 mg/l dengan konsentrasi terbesar 31,309 mg/l.
- d. Stasiun 4, konsentrasi sedimen suspensi rata – rata sebesar 50,951 mg/l dengan konsentrasi terbesar 76,209 mg/l.
- e. Stasiun 5, konsentrasi sedimen suspensi rata – rata sebesar 11,750 mg/l dengan konsentrasi terbesar 17,666 mg/l.

f. Stasiun 6, konsentrasi sedimen suspensi rata – rata sebesar 10,751 mg/l dengan konsentrasi terbesar 18,142 mg/l.

g. Stasiun 7, konsentrasi sedimen suspensi rata – rata sebesar 38,682 mg/l dengan konsentrasi terbesar 57,105 mg/l.

Jadi konsentrasi sedimen suspensi rata – rata di perairan Pondokdayung pada model simulasi *breakwater* sebesar 52,357 mg/l (0,052 g/l).

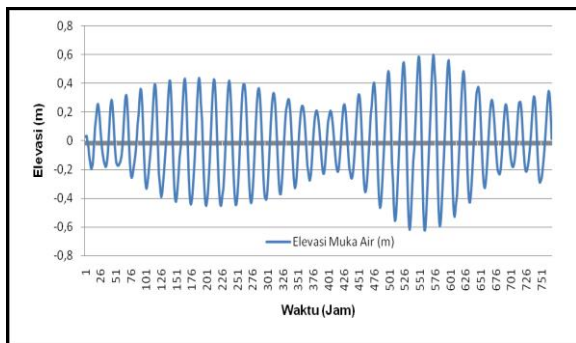
Perubahan Kedalaman Model Simulasi *Breakwater* dengan Parameter Arus Pasut dan Angin Musim Timur.

Hari Ke	No. Stasiun						
	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Kedalaman awal	4609	3262	3953	4464	4988	4102	3099
5	0,188	0,218	0,302	0,164	1,340	0,801	0,353
10	0,763	0,853	1,097	0,667	2,382	0,801	1,349
15	1,167	1,309	1,669	1,024	2,793	0,801	1,974
Kedalaman akhir	4607,8	3260,7	3951,3	4463,0	4985,2	4101,2	3097,6

Stasiun yang berada di luar kolam yaitu Stasiun 5, Stasiun 6, dan Stasiun 7, sedimen suspensi rata – rata 30,97 mg/l, dengan deposisi rata – rata 1,86 mm, sehingga laju sedimentasi yang akan terjadi 44,5 mm per tahun. Dengan demikian secara umum laju sedimentasi yang akan terjadi di Perairan Pondokdayung setelah dibangun *breakwater* adalah 34,11 mm per tahun.

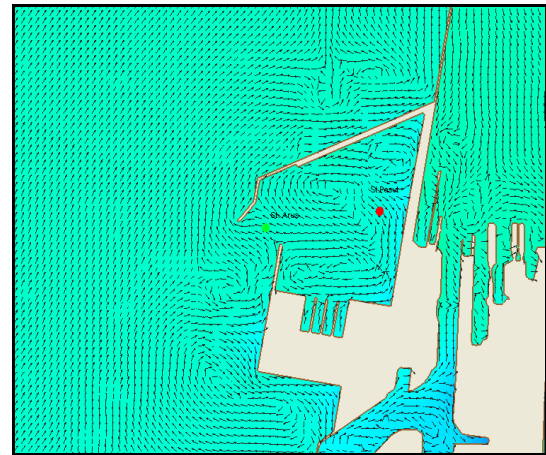
Model Hidrodinamika Simulasi *Breakwater* (Simulasi Keempat).

a. Elevasi Muka Air



Gambar 27. Elevasi Muka Air

b. Pola Arus



Gambar 28. Air pasang



Gambar 29. Air surut

Pola Umum Sirkulasi Arus Musim Barat

Secara umum arus bergerak naik turun akibat gaya pasang surut, namun karena adanya hembusan angin barat sehingga pergerakan arus terpengaruhi oleh hembusan angin. Di sekitar Teluk Jakarta, pada saat pasang arus cenderung bergerak ke arah Timur dan Tenggara, sedangkan pada saat surut arus bergerak ke arah Timur Laut dan Utara, Di perairan Pondokdayung, terjadi pencampuran arah pergerakan arus di alur menuju ke arah Utara dan Barat Laut, sedangkan di dalam kolam terjadi arus yang berputar di sekitar kolam dan selanjutnya pada saat surut bergerak ke luar dan pada saat pasang bergerak masuk ke dalam kolam.

Di sekitar *breakwater* terjadi pencampuran pergerakan arus di alur masuk, sebelah utara dan selatan *breakwater*.

Kesimpulan

a. Perhitungan dengan metode integrasi numerik dalam penelitian ini di analisa berdasarkan data kedalaman tahun 1993, 2001 dan 2009, yang secara berurutan mempunyai rentang waktu 7 tahun 7 bulan dan 8 tahun, di perairan Pondokdayung terjadi penambahan kedalaman dengan rata – rata 0,6 cm/tahun. Namun hal ini terjadi karena terdapat faktor – faktor yang mempengaruhi proses sedimentasi yang tidak bisa diketahui dalam rentang waktu tersebut dan tidak dapat dimasukkan ke dalam perhitungan.

b. Berdasarkan analisa model :

1) Perairan Pondokdayung terjadi pendangkalan dengan deposisi rata – rata 3,6 cm per tahun. Sedimen yang terjadi di perairan Pondokdayung secara umum selain diakibatkan oleh pergerakan arus pasang surut juga dipengaruhi oleh angin.

2). Dengan adanya pembangunan *breakwater* di dermaga Pondokdayung, pada saat musim timur dermaga ini akan lebih aman dari proses laju sedimentasi yang tinggi, karena sedimen tertahan di luar *breakwater*, terutama pada daerah cekungan di sebelah Utara dan Selatan. Di dalam kolam dermaga dan pintu masuk kolam terjadi deposisi dengan deposisi rata - rata masing – masing 3,32 cm dan 2,46 cm per tahun. Angka sedimentasi tersebut merupakan pendekatan kualitatif pemodelan numerik.

3) Pada saat musim Barat, ditinjau dari pola hidrodinamika terjadi pertemuan arus di sekitar alur masuk kolam yang memungkinkan terjadi deposisi. Selain itu pembelokan arus yang tajam di sebelah Selatan kolam akan mengakibatkan sedimen mudah terdeposisi. Di dalam kolam dermaga arus bergerak ke luar masuk dan berputar di sekitar kolam. Karena pada musim Barat kecepatan arus cukup tinggi, sehingga sedimen akan dengan mudah terangkut dan masuk ke dalam kolam dermaga.

c.. Walaupun secara numerik terdapat perbedaan antara hasil hitungan dan model, namun secara praktis tidak mempengaruhi keamanan pelayaran maupun kegiatan rekayasa pelabuhan karena selisih yang terjadi relatif kecil. Nominal dalam analisa ini hanyalah merupakan suatu pendekatan terhadap nilai yang sebenarnya.

Saran

a. Dalam perhitungan dengan metode integrasi numerik (metode 3/8 Simpson gabungan) data yang dipergunakan sangat kurang. Oleh karena itu diperlukan data kedalaman yang mempunyai rentang waktu cukup pendek dan kontinu agar diperoleh hasil perhitungan yang lebih akurat.

b. Analisa dalam simulasi model hanya memasukkan parameter gaya pasang surut, arus sungai, dan angin. Analisa selanjutnya akan lebih valid apabila parameter yang lain diperhitungkan misalnya gelombang.

c. Proses sedimen memerlukan waktu yang cukup lama, sementara waktu dalam proses *running* model untuk *eksport* data transpor sedimen hanya 15 hari pada musim Timur sesuai periode awal survei lapangan. Oleh karena itu perlu dilaksanakan *running* program yang lebih lama dan atau bisa mewakili setiap musim per tahun yang disertai data lapangan pada periode yang sama agar bisa divalidasi. Selanjutnya pada musim Barat perlu dilaksanakan penelitian transpor sedimen lebih lanjut dengan input sedimen dan analisa penghitungan berdasarkan data lapangan.

d. Berdasarkan pola hidrodinamika pada musim Barat perlu dilaksanakan pengkajian ulang terhadap bentuk *breakwater*, agar dapat diperoleh bentuk *breakwater* yang lebih aman dari pergerakan arus yang kencang dan proses sedimentasi yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- BPLHD, (2007). Laporan Pemantauan Kualitas Air Sungai. Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Daerah DKI, Jakarta.
- Dishidros, (2009). Peta Teluk Jakarta - Alur Pelayaran ke Tanjungpriok. Peta Laut No. 86, Dinas Hidro-Oceanografi TNI AL, Jakarta.
- Dishidros, (2009). Peta Jakarta - Pelabuhan Tanjungpriok. Peta Laut No. 86B, Dinas Hidro-Oceanografi TNI AL, Jakarta.
- Dishidros, (2009). Peta Jakarta - Pelabuhan Tanjungpriok. Peta Laut No. 85, Dinas Hidro-Oceanografi TNI AL, Jakarta.
- Dishidros, (2009). Laporan Survei Pondokdayung Tahun 2009, Dinas Hidro-Oceanografi TNI AL, Jakarta.

- Dyer, K.R. (1986). Coastal and Estuarine Sediment Dynamics. John Wiley & Sons, British.
- Firdaus, M. (2008). Penentuan Kolam – kolam Sedimentasi di Pelabuhan TanjungPriok Jakarta. Tugas Akhir, STTAL, Jakarta.
- Joni, F. (2007). Studi Kelayakan Alur Pelayaran dengan Sistem Informasi Geografis, Studi Kasus Pelabuhan Tanjungpriok. Tugas Akhir, STTAL, Jakarta.
- Ongkosongo, O.S.R. (2003). Muara Sungai dan Delta. LIPI, Jakarta.
- Pandoe, W. W. dan Edge, B. L. (2008). Case Study for a Cohesive Sediment Transport Model for Matagorda Bay, Texas, with Coupled ADCIRC 2D Transport and SWAN Wave Models. *Journal of Hydraulic Engineering*, volume 134, number 3, ASCE.
- Pandoe, W. W. (2008). Kuliah Umum tentang Pemodelan. Jakarta.
- Poerbandono, dan Djunarsjah, E. (2005). Survei Hidrografi. Refika Aditama, Bandung.
- Rawi, S. (1992). Teori Umum Arus dan Arus Pasut. Diklat Kuliah Jurusan Hidro-Oseanografi, STTAL, Jakarta.
- Rawi, S. (2003). Teori Umum Pasut. Diklat Kuliah Jurusan Hidro-Oseanografi, STTAL, Jakarta.
- Sugianto, (2002). Perhitungan Volume Pengerukan dengan metode trapesium dan Program Surfer di Sungai Segah Kabupaten Berau Kalimantan Timur. Tugas Akhir, STTAL, Jakarta.
- Triatmojo, B. (1999). Teknik Pantai. Cetakan kedua. Beta Offset. Yogyakarta.
- Wenworth, C. K. (1922). A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments, *Journal Geology* (30), 377-392.
- Yulianto D. T. (2004), Perhitungan laju Pendangkalan dan Penentuan Segmen – segmen Pengerukan pada Alur Masuk Pelabuhan Samudera Pulau Baai Bengkulu, Tugas Akhir, STTAL, Jakarta.

