

**PEMODELAN ALIRAN SEDIMEN DI KOLAM PELABUHAN
(Studi Kasus : Kolam 1 Pelabuhan Tanjungpriok, Jakarta)**

**FLOW SEDIMENTS MODELLING IN A POOL OF PORT
(Case Study: Pool 1 Port Tanjungpriok, Jakarta)**

Adireta Dwi Witantono¹, Khomsin¹

¹Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Email: khomsin.asad@gmail.com

Abstrak

Pelabuhan merupakan salah satu simpul dari mata rantai bagi kelancaran angkutan muatan laut dan darat. Pelabuhan harus aman dari badai, ombak, maupun arus. Sehingga kapal dapat berputar, melakukan bongkar muat, dan melakukan perpindahan penumpang dengan aman, khususnya di Pelabuhan Tanjungpriok, Jakarta. Jika sedimen di kolam Pelabuhan Tanjungpriok yang terbentuk sudah terlalu tinggi, hal ini dapat menyebabkan karamnya kapal. Untuk menghindari hal tersebut dibutuhkan pengerukan sampai dengan kedalaman tertentu sehingga kapal bisa berlabuh dengan aman. Berdasarkan pertimbangan keamanan dan pemberian pelayanan yang memadai bagi pengguna pelabuhan, faktor utama yang mempengaruhi terjadinya proses sedimentasi, adalah arus pasang surut. Oleh karena itu, diperlukan kajian dan analisis pola penyebaran transpor material sedimen di lokasi rencana pengerukan menggunakan simulasi model transpor material sedimen. Besar kecepatan arus pada kondisi saat pasang tertinggi yang terjadi di kolam Pelabuhan Tanjungpriok adalah sebesar 0,008-0,056 m/s. Dan pada kondisi surut terendah sebesar 0,004-0,052 m/s. Kecepatan arus paling kuat terletak dimulut kolam. Besar konsentrasi sedimen saat kondisi pasang tertinggi memiliki nilai maksimal sebesar 0,0325 g/m³ dan minimal sebesar 0,0025 g/m³. Sedangkan besar konsentrasi sedimen saat kondisi surut terendah memiliki nilai maksimal sebesar 0,104 g/m³ dan minimal sebesar 0,008 g/m³. Bed level change kolam pelabuhan tidak mengalami perubahan secara signifikan. Karena telah dilakukan pengerukan sebulan sebelum penelitian. Dan karena adanya beberapa parameter yang tidak digunakan. Sedimen paling banyak menumpuk berada di koordinat antara (708200;9325700) - (708400;9325900). Dengan perubahan dasar perairan / bed level change paling banyak sebesar 0,055 mm.

Kata Kunci: Sedimentasi, Pola Arus, Simulasi Model

Abstract

Port is one of the vertices of the chain for the smoothness of sea and land cargo transportation. Ports should be safe from storms, waves, and currents. So that ships can turn around, do loading and unloading, and move the passengers safely, specially at Tanjungpriok Port, Jakarta. If the sediment that formed at Tanjungpriok Port pool is already too high, it can cause shipwreck. To avoid this, dredging to a certain depth is necessary so that ship could dock securely. Based on safety considerations and the provision of adequate services for users of the port, the main factor that influence the process of sedimentation is the tidal current. Therefore, it is necessary to review and analyze the spread pattern of the sediment material transport at the site of dredging plan using model simulation of sediment transport. Flow rate at the highest tide conditions that occur in Tanjung Priok Port is at 0.008-0.056 m/s. And at the lowest tide condition is 0.004-0.052 m/s. The most powerful current speed lies at the mouth of the pool. Concentrations of sediment that enters when at the highest tide conditions has a maximum value of 0.0325 g/m³ and a minimum of 0.0025 g/m³. While concentrations of sediment that comes out during low tide conditions has a maximum value of 0.104 g / m³ and minimum of 0.008 g/m³. Bed level change of port pool did not change significantly, because the small bed level change resulting from dredging has been done a month prior to the study. And moreover, it is because there are several parameters that are not used sediment that accumulate the most were in coordinates between (708200;9325700) - (708400;9325900). With the change in bottom waters / bed level change at most by 0.055 mm.

Keywords: Sedimentation, Tidal Current Pattern, Modelling.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pelabuhan merupakan salah satu simpul dari mata rantai bagi kelancaran angkutan muatan laut dan darat. Pelabuhan harus aman dari badai, ombak, maupun arus, sehingga kapal dapat berputar, melakukan bongkar muat, dan melakukan perpindahan penumpang. Kapal yang akan masuk ke pelabuhan harus mematuhi aturan yang tercantum dalam alur pelayaran pelabuhan. Alur pelayaran adalah perairan yang dari segi kedalaman, lebar, dan bebas hambatan dari pelayaran lainnya yang dianggap aman dan selamat untuk dilayari oleh kapal di laut, sungai atau danau.

Oleh karena itu, otoritas pelabuhan berkewajiban untuk melakukan perawatan terhadap kolam alur pelayaran dan pengendalian penggunaan alur pelayaran. Persyaratan perawatan harus menjamin keselamatan berlayar, kelestarian lingkungan, tata ruang perairan dan tata pengairan. Untuk mempertahankan kedalaman dan lebar alur pelayaran sebagaimana dikehendaki perlu dilakukan pengerukan. Pengerukan penting dilakukan secara regular minimal 3 bulan, khususnya untuk perawatan kolam dipelabuhan-pelabuhan yang sedimentasinya tinggi yang banyak membawa material erosi atau sampah dari hulu sungai. Berdasarkan fungsi tersebut, banyak faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan pengerukan kolam pelabuhan.

Jika sedimen di kolam pelabuhan Tanjungpriok yang terbentuk sudah terlalu tinggi dapat menyebabkan karamnya kapal. Untuk menghindari hal tersebut dilakukan pengerukan sampai dengan kedalaman tertentu sehingga kapal aman untuk berlabuh.

Berdasarkan pertimbangan keamanan dan pemberian pelayanan yang memadai bagi pengguna pelabuhan dan juga faktor – faktor yang mempengaruhi terjadinya proses sedimentasi, terutama oleh arus pasang surut. Oleh karena itu, maka diperlukan kajian dan analisis pola penyebaran transpor material sedimen di lokasi rencana pengerukan dapat di dekati dengan menggunakan simulasi model transpor material sedimen yang di visualisasikan dengan bantuan program *MIKE 21*.

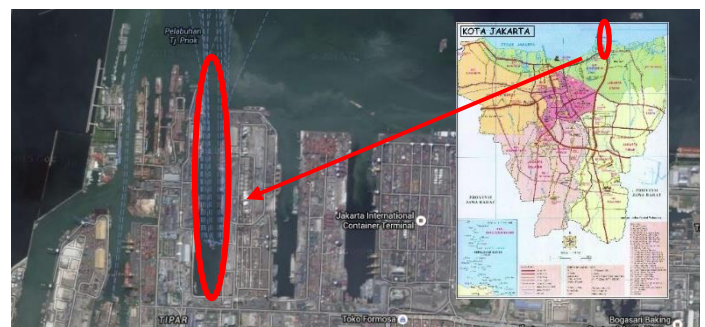
METODOLOGI PENELITIAN

Data Dan Peralatan

- **Data**
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
 1. Data pasang surut air laut bulan Februari tahun 2014 yang didapat dari BIG.
 2. Sampel sedimen yang didapat langsung dari pengambilan di lapangan pada tanggal 19 Januari tahun 2015.
 3. Peta batimetri kolam Pelabuhan Tanjungpriok tahun 2014 yang didapat dari PT. Pelabuhan Indonesia II.
 4. Peta Rupa Bumi Indonesia Tanjungpriok skala 1 : 25.000 yang didapat dari BIG.
- **Peralatan**
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
 1. Perangkat Lunak (*Software*)
 - a. *Global Mapper 13*
 - b. *Surfer 11*
 - c. *AutoCAD Land Desktop 2009*
 - d. *Dxf2xyz*
 - e. *MIKE 21*
 2. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - a. *Grab sampler*

Metode Penelitian

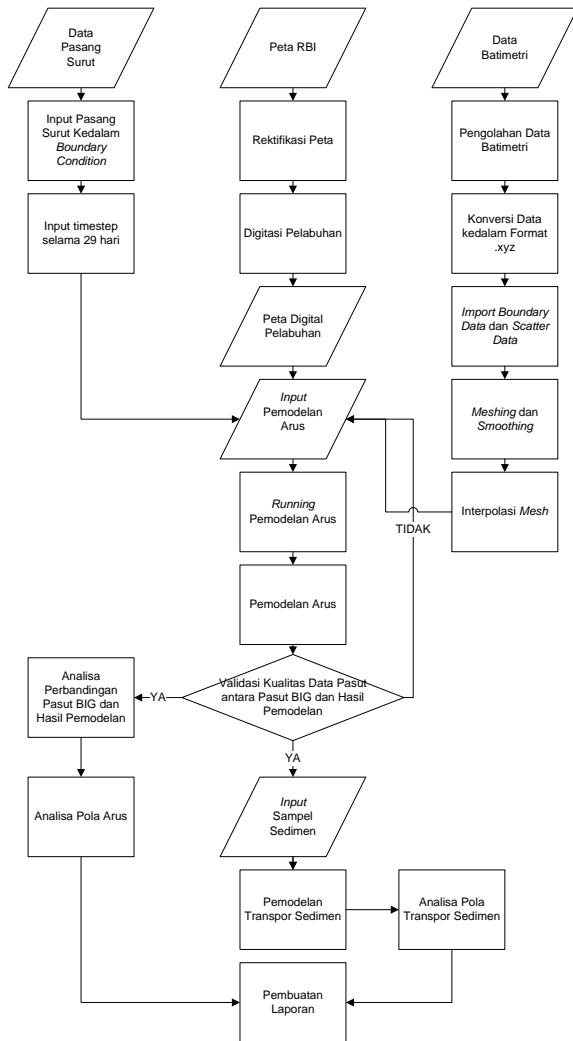
Penelitian ini dilakukan di kawasan Pelabuhan Tanjungpriok, Jakarta Utara. Secara geografis, Pelabuhan Tanjungpriok terletak di 106°52'57,8" BT dan 6°5'48,44" LS. Berikut merupakan gambar dari lokasi penelitian yang ditunjukkan seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian Kolam 1, Pelabuhan Tanjung Priok

Sumber : (www.maps.google.com)

Ada pun tahapan pengolahan data. Pada tahapan ini, data – data yang telah terkumpul dan di dapat di lapangan beserta data penunjang lainnya dilakukan pengolahan data untuk membuat simulasi model arus dan simulasi model transpor material sedimen dari data yang telah diolah. Berikut ini merupakan tahapan pengolahan data :



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data dilakukan meliputi :

- a. Setelah mendapatkan data pasang surut daerah kolam Pelabuhan Tanjungpriok Jakarta, selanjutnya dilakukan pengolahan data pasang surut dengan cara mengolah data pasang surut ke dalam software MIKE 21 dengan memakai modul Time Series.
- b. Setelah mendapatkan data batimetri daerah kolam Pelabuhan Tanjungpriok Jakarta, selanjutnya dilakukan pengolahan batimetri

menggunakan software AutoCAD Land Desktop 2009.

- c. Proses selanjutnya adalah digitasi pelabuhan dari Peta Rupa Bumi Indonesia Tanjungpriok dengan tujuan agar didapatkan data softcopy peta pelabuhan. Proses ini menggunakan software Surfer 11.
- d. Data hasil dari Surfer 11 harus dikonversikan kedalam format (.xyz) agar hasil digitasi pelabuhan bisa terbaca oleh software pengolah pemodelan arus MIKE 21. Proses ini menggunakan software Dxf2Xyz.
- e. Setelah didapatkan data dalam format (.xyz). Import data tersebut kedalam software MIKE 21 dengan menggunakan modul mesh generator. Langkah pertama dalam pengolahan pemodelan arus adalah pembuatan mesh, harus ditentukan juga boundary condition dengan tujuan membedakan antara lautan dan daratan. Setelah itu mesh diinterpolasi dan export kedalam format (.mesh) file.
- f. Simulasi model arus dalam studi ini menggunakan program bantu MIKE 21 dengan timestep sebanyak 28 hari. Parameter yang dimasukan adalah data pasang surut dan batimetri kolam pelabuhan. Parameter fisis lainnya seperti densitas, viskositas Eddy, tidal potential dan coriolis forcing dimasukan nilai default.
- g. Simulasi model arus digunakan sebagai parameter dalam pembuatan simulasi model transpor material sedimen.
- h. Hasil simulasi model arus yang digunakan sebelumnya dilakukan validasi kualitas data pasang surut antara pasang surut BIG dan hasil pemodelan. Jika kualitas data memenuhi dapat disimpulkan bahwa algoritma pengolahan data dalam MIKE 21 berjalan baik dan data pasang surut tersebut dapat digunakan untuk pemodelan arus dan pemodelan transpor sedimen.
- i. Dalam simulasi model transpor sedimen digunakan parameter dari karakteristik sedimen yaitu grain size sediment. Untuk durasi pemodelan dimasukan timestep yang sama dengan pemodelan arus yaitu 28 hari. Output pada simulasi model transpor sedimen yaitu area series.
- j. Pada tahap analisa dilakukan analisa terhadap pola daerah sebaran transpor material sedimen

dan analisa terhadap arus. Selain itu dilakukan juga analisa perbandingan pasang surut BIG dengan pasang surut hasil pemodelan. Selanjutnya dilakukan analisa terhadap *bed level change* sedimen yang terjadi di kolam pelabuhan. Untuk penentuan daerah kerukan di kolam Pelabuhan Tanjungpriok melalui analisa pola daerah sebaran material sedimen.

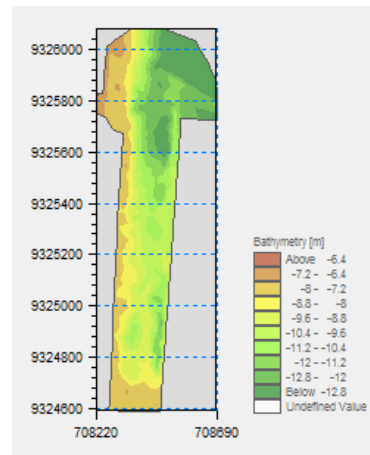
- k. Langkah akhir yaitu tahap pembuatan laporan dan hasil akhir dari simulasi model transpor sedimen dibuat sebuah video sehingga tersaji lebih menarik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemodelan Batimetri Kolam Pelabuhan

Sebelum melakukan proses pemodelan transpor material sedimen, terlebih dahulu membuat *boundary condition*. Hal ini bertujuan untuk menentukan batas-batas area yang akan dimodelkan. Pada *boundary condition* dilakukan pemberian nilai atribut yang bertujuan untuk membedakan antara daratan dan lautan pada area model. Untuk daratan bernilai 1 yang berwarna hijau dan untuk lautan bernilai 2 yang berwarna merah. Terdapat dua *boundary condition* yang digunakan untuk *running program MIKE 21*. Data input yang digunakan sebagai *boundary condition* yaitu data pasang surut dan data sampel sedimen.

Pembuatan *meshing area* kolam 1 pelabuhan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *MIKE 21* menggunakan modul *Mesh Generator*. *Meshing area* merupakan titik-titik berbentuk segitiga hasil interpolasi dari input nilai kedalaman laut. Semakin banyak titik-titik berbentuk segitiga di dalam area maka semakin teliti juga hasil pemodelannya. Titik-titik pada area tersebut menentukan sebaran vektor yang menggambarkan pergerakan arus.

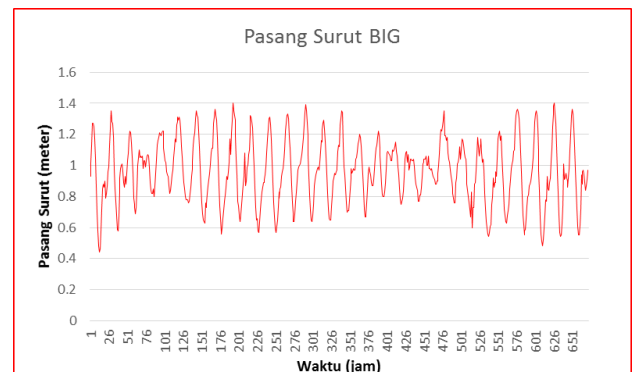


Gambar 3. Model Batimetri Kolam Pelabuhan Tanjungpriok

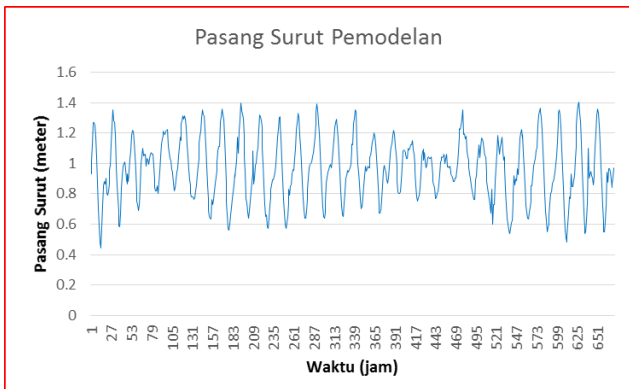
Simulasi Data Pasang Surut

Pasang surut pemodelan dilakukan dengan memakai data bulan Februari 2014 selama satu bulan. Pasang surut pemodelan diproses dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *MIKE 21* menggunakan modul *Time Series*. Dari hasil pasang surut pemodelan didapatkan nilai pasang tertinggi yaitu 1,401 m dan nilai surut terendah 0,441 m.

Tipe pasang surut di kolam Pelabuhan Tanjungpriok yaitu pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*). Data pasang surut hasil pemodelan tersebut digunakan sebagai validasi hasil dengan data pasang surut BIG. Grafik pasang surut dapat dilihat pada Gambar 4-6.



Gambar 4. Grafik Pasang Surut BIG



Gambar 5. Grafik Pasang Surut Pemodelan

Perbedaan yang cukup signifikan terjadi pada timestep 455 dan 638. Pada timestep ke 455 dengan diwakili huruf A pada pasang surut BIG memiliki elevasi air sebesar 1 m dan pasang surut pemodelan sebesar 1,033 m. Pada timestep ke 638 dengan diwakili huruf B pada pasang surut BIG memiliki elevasi air sebesar 1,01 m dan pasang surut pemodelan sebesar 1,101 m.



Gambar 6. Grafik Pasang Surut Perbandingan antara hasil BIG dengan Pemodelan

Pemodelan Transpor Sedimen

Parameter – parameter yang digunakan dalam pemodelan sedimen menggunakan bantuan perangkat lunak MIKE 21 yaitu parameter sampel sedimen. Dari parameter yang dimasukkan akan menghasilkan output berupa *bed level*, *bed level change*, dan *suspended sediment concentration*.

Parameter perhitungan transpor sedimen :

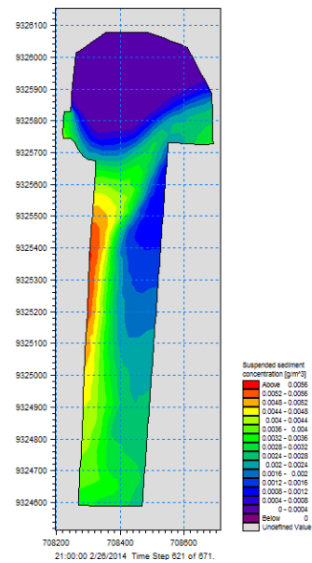
- Lama simulasi : 28 hari di Februari 2014
- Banyak step : 671
- Rentang waktu/step : 3600 detik (1 jam)/step
- Output Simulasi : 671 jam
- Jenis sedimen : Butiran halus / Lanau dan Lempung (berdasarkan hasil uji lab)

Input data : Data input model Sand Transport grain size sediment

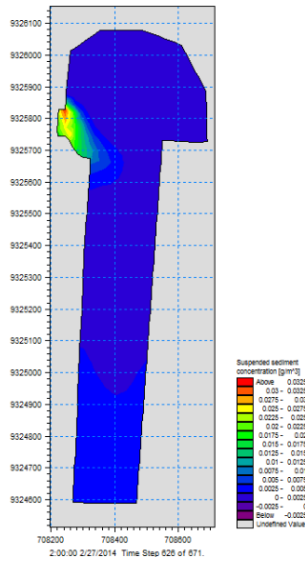
Hasil Pemodelan Transpor Sedimen

Pemodelan transpor sedimen dimodelkan dalam bentuk video dilakukan dengan rentang waktu per jam selama satu bulan dan perubahan dari model tersebut di visualisasikan berdasarkan perbedaan gradien warna. Sehingga mudah untuk dilakukan pengamatan dan analisa terhadap hasil simulasi model transpor sedimen yang terjadi di area kolam.

Pemodelan ini dilakukan pada 4 kondisi yaitu kondisi menuju pasang, pasang tertinggi, menuju surut dan surut terendah dari pemodelan disekitar area pelabuhan kolam 1. Dari hasil tersebut bisa dilihat pola sebaran material sedimen yang terjadi di area kolam pelabuhan akibat adanya pengaruh dari bathimetri pelabuhan, pasang surut, dan sampel sedimen.

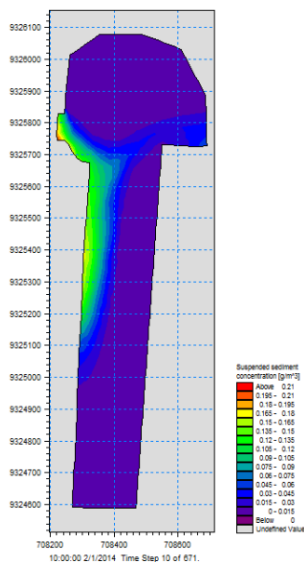


Gambar 7. Kondisi Menuju Pasang

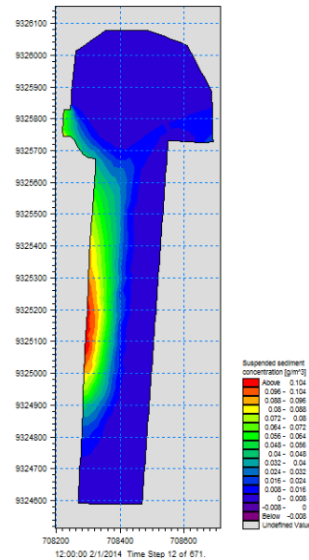


Gambar 8. Kondisi Pasang Tertinggi

Nilai sedimen mengalami perubahan yang signifikan dibanding dengan nilai sedimen pada saat kondisi menuju pasang. Ditandai dengan nilai perubahan sebesar $0,0269 \text{ g/m}^3$.



Gambar 9. Kondisi Menuju Surut



Gambar 10. Kondisi Surut Terendah

Dari pemodelan terlihat konsentrasi sedimen bergerak semakin mendekati pangkal kolam dan terlihat sedimen yang terangkut keluar lebih besar saat kondisi menuju pasang dan pasang tertinggi.

Pada saat kondisi arus menuju pasang dan pasang tertinggi dimana arus bergerak ke pangkal kolam, sedimen cenderung tertahan dan mengendap. Karena adanya arus yang berputar disekitar kolam. Sedangkan pada kondisi menuju surut dan surut terendah dimana arus bergerak ke arah laut, sebaran sedimen yang keluar dari kolam bergerak ke arah laut lepas.

Pada simulasi transpor sedimen, dapat dilihat bahwa pola sebaran sedimen dipengaruhi oleh pola arus yang dibangkitkan oleh arus pasang surut. Besarnya sedimen yang masuk kolam lebih besar dibanding jumlah sedimen yang keluar sehingga menyebabkan terjadinya pendangkalan didasar kolam pelabuhan akibat adanya sedimentasi yang terbawa oleh arus terlalu banyak.

Selain itu diameter sedimen juga mempengaruhi transportasi sedimen yang terjadi di kolam. Karena semakin kecil atau halus dari diameter dari butiran sedimen maka semakin banyak pula material sedimen yang terangkut oleh arus menuju dan mengendap didasar kolam. Dalam hal ini, sedimen yang paling dominan di kolam yaitu lanau dan lempung. Sumber sedimen diasumsikan hanya berasal dari material yang

terbawa oleh arus laut, sementara sumber sedimen lain diabaikan, seperti angin, gerak kapal, gelombang, tambak, dan sungai.

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kecepatan arus pada kondisi pasang tertinggi adalah sebesar 0,008 sampai 0,056 m/s. Dan pada kondisi surut terendah sebesar 0,004 sampai 0,052 m/s Kecepatan arus paling kuat terletak dimulut kolam.
2. Konsentrasi sedimen saat kondisi pasang tertinggi memiliki nilai maksimal sebesar 0,0325 g/m³ dan minimal sebesar 0,0025 g/m³. Sedangkan besar konsentrasi sedimen saat kondisi surut terendah memiliki nilai maksimal sebesar 0,104 g/m³ dan minimal sebesar 0,008 g/m³.

Beberapa hal yang dapat disarankan pada akhir penelitian ini adalah:

1. Untuk simulasi model, sebaiknya dilakukan running program dengan waktu simulasi yang lebih lama sehingga hasil simulasi lebih akurat.
2. Dalam pembuatan simulasi model transpor material sedimen perlu diperhatikan beberapa parameter yang akan dimasukkan seperti angin, gelombang, gerak kapal, dan sungai. Hal ini dimaksudkan agar model yang dihasilkan dapat mengacu pada kondisi lapangan.
3. Diperlukan penelitian yang lebih mendalam mengenai simulasi model transpor material sedimen yang terjadi di sekitar area pelabuhan

DAFTAR PUSTAKA

Arani, D. 2014. *Pemodelan Perubahan Sedimen Di Pesisir Surabaya Timur Dengan Menggunakan Data Hidro-Oseanografi*. Surabaya: ITS.

Daulay, A.B. 2014. *Karakteristik Sedimen Di Perairan Sungai Carang Kota Rebah Kota Tanjungpinang Provinsi Kepulauan Riau*. Skripsi Universitas Maritim Raja Ali Haji. Tanjungpinang.

DHI. 2012. Mikepoweredbydhi. <URL <http://www.mikepoweredbydhi.com/product/mike-21.com>> diakses pada 1 Desember 2014 pukul 19.00 BBWI.

Ismail, M. Furqon Aziz dan Ankiq Taofiqurohman S. 2012. *Simulasi Numeris Arus Pasang Surut Di Perairan Cirebon*. Jakarta: Jurnal Akustik LIPI.

Mukminin, A. 2008. *Proses Sedimentasi Di Perairan Dompok Kecamatan Bukit Bestari Provinsi Kepulauan Riau*. Riau: Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau.

Munandar, R.K. 2013. *Karakteristik Sedimen Di Periran Desa Tanjung Momong Kecamatan Siantan Kabupaten Kepulauan Anambas*. Riau : Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Poerbondono dan Djunarsjah, E. 2005. *Survei Hidrografi*. Refika Aditama : Bandung.

Riyadi, Agung Slamet, Bambang Sarwono, and Sudiwaluyo. 2009. "Permodelan Aliran Sediment Di Muara Kali Porong." *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah*. Surabaya: ITS. 345-356.

Savitri, D. 2010. *Simulasi Sebaran Sedimen Terhadap Ketinggian Gelombang*. Jurnal TeknikWaktu Volume 8 Nomer 2.

Sugianto, D.N. 2009. *Simulasi Model Transpor Sedimen Tersuspensi Untuk Mendukung Perencanaan Pelabuhan Teluk Bayur, Sumatera Barat*. Jurnal Teknologi Lingkungan 46-54.

Triatmojo, B. 1999. *Teknik Pantai Edisi Kedua*. Beta Offset. Yogyakarta.