



Model Hidrodinamika Pasang Surut Di Perairan Pulau Baai Bengkulu

Supiyati

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Indonesia

Diterima 9 April 2005; direvisi 28 Mei 2005; disetujui 10 Juni 2005

Abstrak - Pemodelan numerik hidrodinamika pasang surut di perairan Pulau Baai Bengkulu menggunakan model 2D horizontal dengan pendekatan atau pemecahan numerik eksplisit beda hingga. Verifikasi model numerik yang dibangun dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan pengamatan lapangan di daerah tersebut. Hasil yang diperoleh sangat baik dengan perbedaan $\pm 4,6$ cm dari tunggang (range) 207,7 cm untuk elevasi dan $\pm 6,8$ cm/s dari kecepatan maksimum 33 cm/s untuk kecepatan. Hasil simulasi model menunjukkan kecepatan arus terbesar di alur pelabuhan pada saat pasang purnama sebesar 95,4 cm/s, sedangkan pada saat surut purnama sebesar 54,1 cm/s.

Kata kunci: Pulau Baai; hidrodinamika pasang surut; arus pasang surut.

1. Pendahuluan

Pelabuhan Pulau Baai terletak di pantai barat Pulau Sumatera dengan koordinat geografis $102^{\circ}16'00''$ - $102^{\circ}18'30''$ Bujur Timur dan $03^{\circ}53'00''$ - $03^{\circ}55'30''$ Lintang Selatan (DISHIDROS TNI-AL). Pelabuhan ini digunakan sebagai satu-satunya jalur laut pengangkutan kebutuhan pokok dan sumber daya alam untuk keperluan domestik maupun ekspor keluar negeri di Provinsi Bengkulu.

Salah satu permasalahan yang terjadi di kawasan pulau Baai ini adalah terjadinya proses pendangkalan di daerah alur pelayaran [1]. Untuk mengatasi masalah tersebut, selama ini pengelola pelabuhan setiap tahun melakukan pengerukan di sepanjang alur sehingga diperlukan biaya yang besar untuk tetap bisa menjaga kestabilan keberadaan pelabuhan tersebut. Agar pengerukan efektif diperlukan pengetahuan tentang karakteristik oseanografi di daerah tersebut, salah satunya adalah hidrodinamika pasang surut.

Dalam memahami hidrodinamika pasang surut ini ada beberapa cara, salah satunya adalah dengan suatu

model numerik. Pendekatan dengan model numerik secara ekonomi lebih murah dibandingkan dengan survei lapangan langsung atau membangun suatu model hidrolik.

1.1. Model Hidrodinamika

Sirkulasi yang disebabkan oleh arus pasang surut di perairan pantai digambarkan oleh hukum kekekalan momentum dan massa air. Dalam koordinat kartesian dua dimensi, pergerakan arus pasang surut di perairan pantai dapat digambarkan oleh persamaan pengatur [2], sebagai berikut:

Persamaan kontinuitas:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial(\bar{u}h)}{\partial x} + \frac{\partial(\bar{v}h)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

Persamaan momentum arah x dan y :

$$\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{-\tau_{bx}}{\rho h} + A_h \left(\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{-\tau_{by}}{\rho h} + A_h \left(\frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial y^2} \right) \quad (3)$$

dimana u dan v menyatakan kecepatan arus yang dirata-ratakan terhadap kedalaman yang didefinisikan sebagai:

$$\bar{u} = \frac{1}{h} \int_{-h_0}^{\zeta} u dz, \quad \bar{v} = \frac{1}{h} \int_{-h_0}^{\zeta} v dz \quad (4)$$

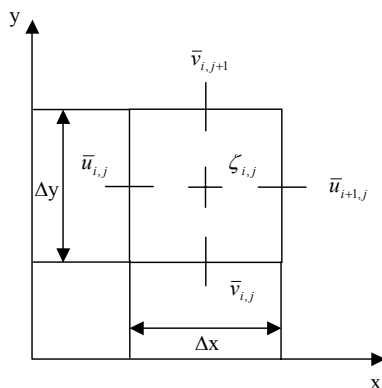
dan ζ adalah elevasi muka laut, h adalah kedalaman total yang didefinisikan sebagai: $h = h_0 + \zeta$, dimana h_0 adalah kedalaman air rata-rata. τ_{bx} dan τ_{by} adalah stress dasar (m^2/det^2) yang didefinisikan:

$$\tau_{bx} = \rho r \bar{u} \sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2}, \tau_{by} = \rho r \bar{v} \sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2} \quad (5)$$

2. Metode Penelitian

2.1. Solusi numerik persamaan hidrodinamika

Solusi numerik persamaan hidrodinamika (Persamaan 1-3) diselesaikan dengan menggunakan metoda beda hingga eksplisit beda maju untuk turunan terhadap waktu dan beda tengah untuk turunan terhadap ruang [2]. Susunan grid (staggered grid) komponen kecepatan $\bar{u}$, $\bar{v}$ dan ζ metoda ini dapat dilihat pada gambar.



Gambar 1. Staggered grid untuk elevasi dan kecepatan

2.2. Penerapan model hidrodinamika di Perairan Pulau Baai Bengkulu

Pada awal simulasi ($t=0$) kondisi perairan diasumsikan keadaan tenang tanpa adanya gerakan vertikal maupun horizontal, yang di rumuskan: $u = v = \zeta = 0$. Syarat batas yang digunakan adalah

syarat batas terbuka, untuk u dan v menggunakan syarat batas radiasi [3] dan untuk elevasi menggunakan elevasi hasil interpolasi peramalan pasut dengan menggunakan model ORITIDE, 1996. Sedangkan batas tertutup menggunakan syarat batas dinding yang dikenal dengan “wall boundary condition” [4]. Daerah model memiliki luas 5100 m x 5050 m, didiskritisasi dengan lebar grid $dx = dy = 50$, sehingga jumlah total grid 102 x 101 grid. Simulasi model selama 15 hari dengan interval waktu 1 detik.

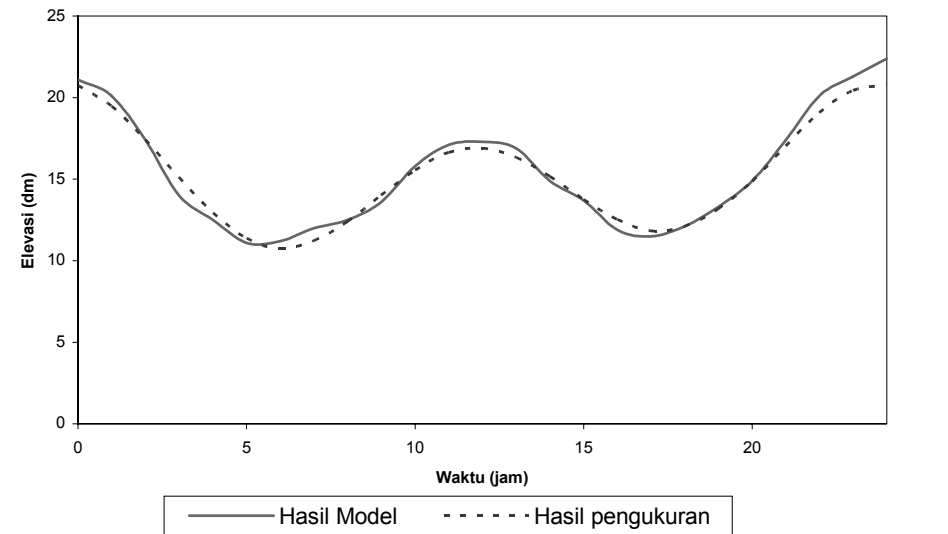
3. Hasil dan pembahasan (2.5)

3.1. Verifikasi elevasi muka air dan arus pasang surut

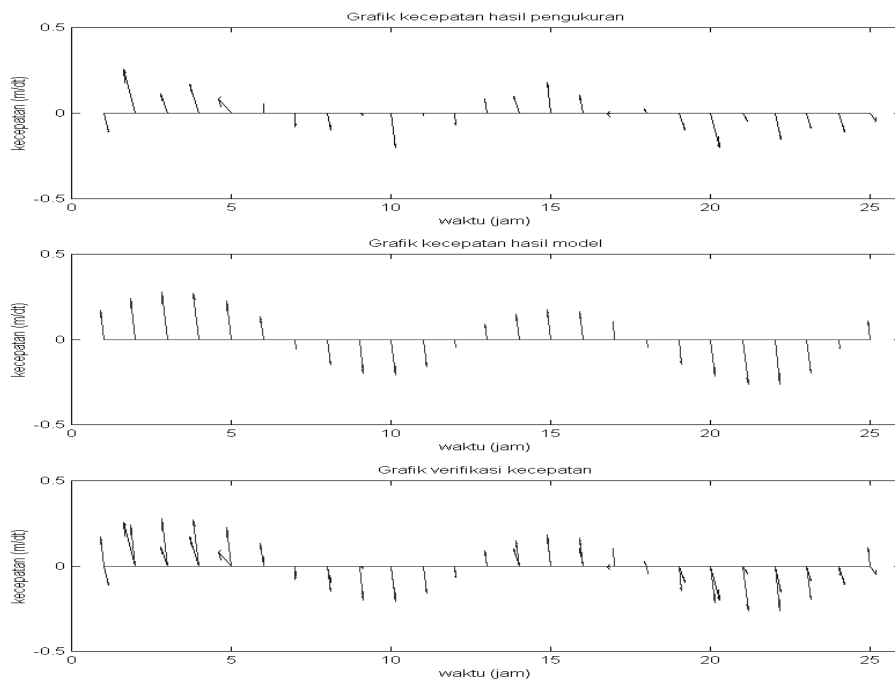
Verifikasi elevasi hasil simulasi model dengan data lapangan hasil pengukuran [5] secara umum menunjukkan kesesuaian yang cukup baik. dengan perbedaan rata-rata $\pm 4,6$ cm dari tunggang (range) 207,7 cm seperti yang ditunjukkan Gambar 2. Dan kesalahan rata-rata verifikasi hasil pengukuran dan simulasi model adalah 2.93 %.

Untuk arus pasang surut verifikasi secara umum juga memperlihatkan kesesuaian antara hasil simulasi model dengan hasil pengukuran. Walaupun ada beberapa titik yang arahnya tidak sesuai, dengan perbedaan rata-rata ± 6.8 cm/s dari kecepatan maksimum 33 cm/s seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Perbedaan ini terjadi diakibatkan karena arus hasil pengukuran tidak beraturan pada beberapa pengamatan yang kemungkinan di sebabkan oleh adanya gangguan pada saat pengukuran lapangan itu sendiri, misal adanya kapal yang lewat atau lain sebagainya.



Gambar 2. Grafik verifikasi elevasi muka air (4 – 5 November 2001)

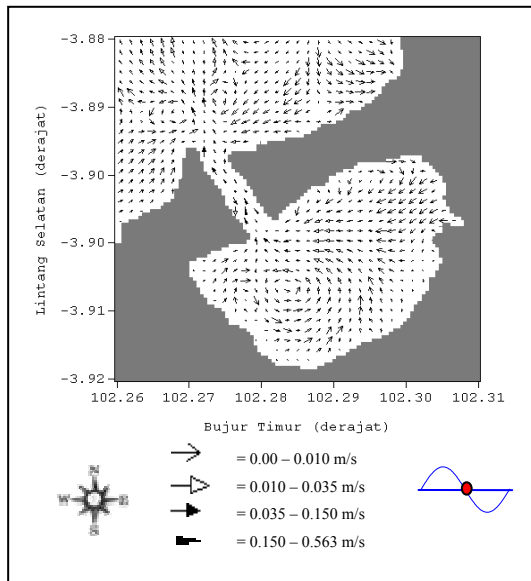


Gambar 3. Grafik verifikasi kecepatan arus pasang surut (4 – 5 November 2001)

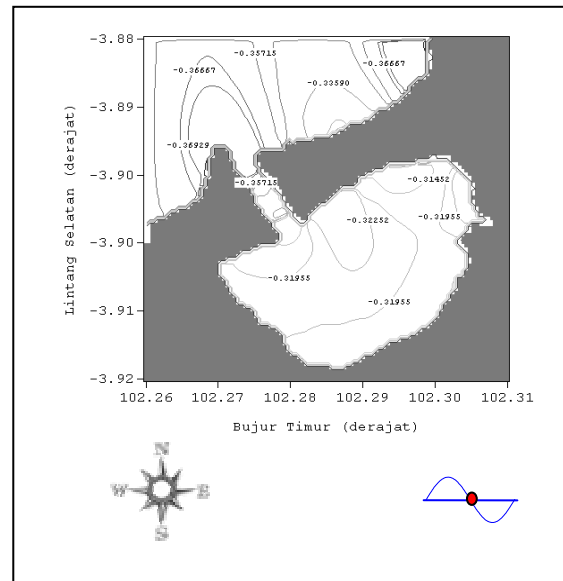
3.2 Simulasi hidrodinamika

Arus bergerak dari elevasi yang tinggi ke elevasi yang lebih rendah. Perbedaan elevasi ini diakibatkan

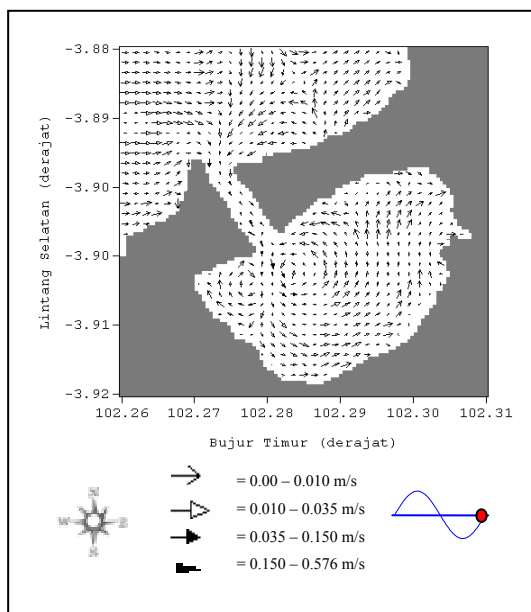
oleh adanya pergerakan arus yang menyebabkan terjadinya penumpukan massa air yang pada akhirnya mengakibatkan terjadinya perbedaan elevasi muka air.



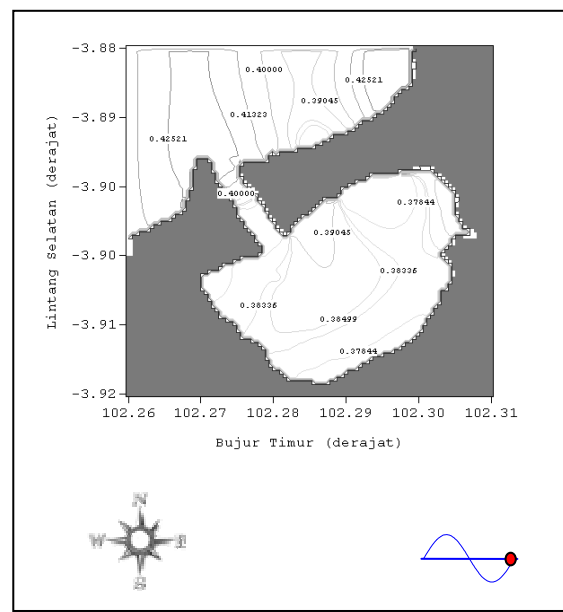
Gambar 4. Pola arus saat surut purnama



Gambar 5. Elevasi muka air saat surut purnama (m)



Gambar 6. Pola arus saat pasang purnama



Gambar 7. Elevasi muka air saat pasang purnama (m)

Secara keseluruhan untuk kondisi pasut perbani dan pasut purnama kecepatan arus yang masuk lebih besar dari arus yang keluar kolam pelabuhan. Pola elevasinya terlihat menunjukkan juga perubahan sesuai dengan perubahan pergerakan arus. Hal ini bersesuaian dengan hasil pengukuran yang telah dilakukan [5]. Kecepatan arus terbesar yang memasuki kolam pelabuhan adalah saat pasang purnama sebesar 95,4 cm/s. Sedangkan arus yang

keluar kolam pelabuhan terbesar saat surut purnama sebesar 54,1 cm/s.

Pola pergerakan arus ini akan menyebabkan terjadinya pergerakan yang pada akhirnya akan mengakibatkan perubahan berbagai aspek oseanografi yang lain, sehingga mengakibatkan terjadinya pendangkalan di alur pelabuhan Pulau Baai.

Tabel 1. Hasil simulasi arus pasang surut total

No	Kondisi Pasut	Arus Maksimum		Arah Arus
		Perbani	Purnama	
1	Saat pasang maksimum	0.38m/s	0.36 m/s	Keluar kolam pelabuhan menuju ke laut lepas
2	Saat pasang menuju surut (air surut)	0.36m/s	0.54 m/s	Keluar kolam pelabuhan menuju ke laut lepas
3	Saat surut minimum	0.53m/s	0.83 m/s	Dari laut lepas masuk ke kolam pelabuhan
4	Saat surut menuju pasang (air pasang)	0.52m/s	0.95 m/s	Dari laut lepas masuk ke kolam pelabuhan

4. Kesimpulan

Verifikasi model menunjukkan hasil yang baik, yaitu dengan membandingkan elevasi muka air dan kecepatan arus dari perhitungan model dengan hasil pengukuran lapangan. Perbedaan elevasi dari perbandingan tersebut adalah $\pm 4,6$ cm dari tunggang (range) 207,7 cm, dan untuk kecepatan adalah $\pm 6,8$ cm/s dari kecepatan maksimum 33 cm/s.

Arus pasut total hasil simulasi memperlihatkan bahwa arus bergerak ke tenggara, yaitu memasuki kolam pelabuhan pada saat air pasang, dan sebaliknya arus bergerak ke barat laut, yaitu ke luar kolam saat air surut. Kecepatan arus terbesar di alur pelabuhan pada saat pasang purnama sebesar 95,4 cm/s, sedangkan pada saat surut purnama sebesar 54,1 cm/s.

Saran

Hasil simulasi model perlu di validasi lebih lanjut dengan menggunakan data pengukuran yang lebih banyak dan detail sehingga menghasilkan hasil yang lebih baik. Gunakan waktu simulasi yang lebih lama dengan tetap memperhatikan waktu komputasi, dan lakukan simulasi dengan menggunakan model numerik 3D agar diperoleh hasil yang lebih akurat.

Daftar Pustaka

- [1]. PT (Persero) PELINDO II, *Perencanaan Pembangunan Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu*, - Bengkulu.
- [2]. Koutitas, C.G., *Mathematical Model in Coastal Engineering*, 1988, London.
- [3]. Chapman, D.C., *Numerical Treatment of Cross-Shelf Open Boundaries in a Barotropic Coastal Ocean Model*, 1985, Journal of Physical Oceanography, Volume 15.
- [4]. Putri. M.R, *Perlakuan Numerik pada Syarat Batas dan Penyesuaian Koefisien Gesekan Dasar dan Permukaan, Serta Turbulensi dalam Model Hidrodinamika 2-D Horizontal*, 1997, Bandung
- [5]. Arifin, L., Darlan, Y., Hutagaol, J.P., Hanafi, M., Supriadi, *Kajian Proses Sedimentasi untuk Alur Transportasi Batubara di Pulau Baai, Bengkulu Propinsi Bengkulu*, 2001, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung.