

# KONDISI ARUS PASANG SURUT DAN EROSI-SEDIMENTASI DI SEKITAR GARIS PANTAI DEPAN PLTU TARAHAH LAMPUNG MENGGUNAKAN DELFT 3D VERSI 3.28

## *EROSION-SEDIMENTATION AND TIDAL CURRENT CONDITIONS AROUND COASTLINE IN THE FRONT OF STEAM POWER PLANT TARAHAH LAMPUNG USING DELFT 3D VERSION 3.28*

Franto Novico<sup>1</sup>, Prijantono Astjario<sup>1</sup> dan Huda Bachtiar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PPPGL-Kementerian ESDM, <sup>2</sup> PUSAIR-Kementerian PU  
Email : franto12@gmail.com

Diterima : 11-08-2012, Disetujui : 22-03-2013

### ABSTRAK

Model numerik dilakukan dengan menggunakan software Delft 3D versi 3.28, dimana seluruh input data pada simulasi didapatkan dari pengukuran lapangan pada April 2011. *Flow* model diaplikasikan untuk mensimulasikan arus dan sedimen transport. Garis pantai di depan PLTU dibagi menjadi tujuh bagian yang berlokasi dari bagian selatan hingga utara PLTU sebagai area pantau. Berdasarkan hasil simulasi, maka dapat diketahui bahwa erosi banyak terjadi pada bagian selatan dari pada bagian utara PLTU. Simulasi model 15 hari menunjukkan bahwa bagian ke 6 dimana posisi inlet dan outlet berada menghasilkan sedimentasi yang lebih besar dari bagian yang lain. Mengingat saluran inlet dan outlet berada pada bagian ke 6 maka perhatian besar perlu diberikan pada bagian tersebut mengingat simulasi ini hanya 15 hari. Seperti diketahui bahwa saluran inlet dan outlet digunakan sebagai pendingin, sementara lokasi saluran tersebut berada pada garis pantai di depan PLTU. Untuk itu, gaya arus akibat sirkulasi pasang-surut dan transport sedimen di sepanjang garis pantai tersebut menjadi perhatian penting untuk diselidiki mengingat pentingnya kelangsungan kondisi garis pantai terhadap fenomena erosi dan sedimentasi.

**Kata kunci :** Arus pasang surut, erosi-sedimentasi, garis pantai, PLTU Tarahan, Delft 3D Versi 2.8

### ABSTRACT

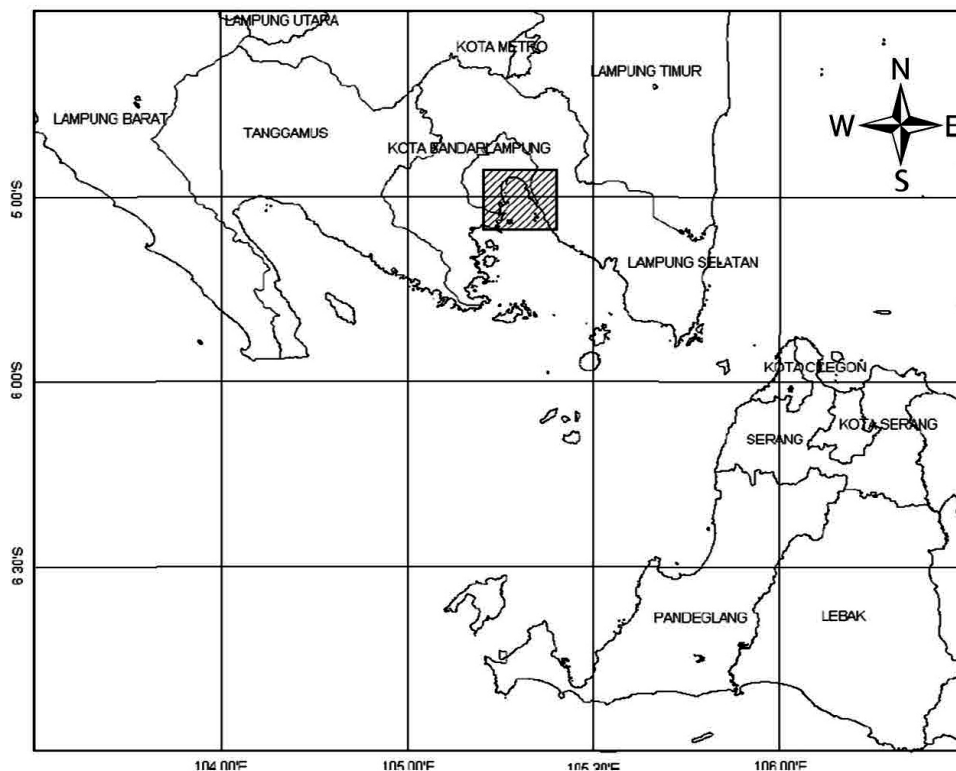
*A numerical model is conducted by using a Delft 3D version 3.28, that the entire input data used in simulation was resulted by field activities in April 2011. A flow model is applied to simulate current flow and transport sediment. A coastline in front of the plant is divided into seven sections which are located from the south to the north as the monitoring area. Based on the simulation result, it could be identified that the erosion much more occurred in the southern part than in the northern part. The 15 day model simulation indicates that in the section 6, where the inlet and outlet is located, the sedimentations are bigger than that in other sections. Since the inlet-outlet channels are positioned in section 6 therefore the high awareness must be considering as the time simulation is only applied in 15 days. Inlet and outlet of the water channels are used as cooler, which are located in front of the plant. Therefore, the current flow due to the tidal circulation along the coastline should be paid attention to investigate in managing the sustainability of the coastline against erosion and sedimentation phenomena.*

**Keywords:** Tidal currents, erosion-sedimentation, coastline, PLTU Tarahan, Delft 3D Version 2.8

### PENDAHULUAN

Kondisi Teluk Lampung yang menjorok cukup jauh ke daratan dan memiliki pulau-pulau kecil di dalamnya (Gambar 1) menjadikan teluk ini sebagai salah satu lokasi strategis bagi infrastruktur laut seperti pelabuhan barang dan nelayan karena terhindar dari gelombang besar. Perairan Teluk Lampung khususnya sekitar PLTU Tarahan sudah

sejak lama menjadi kawasan yang berkembang, di daerah ini terdapat infrastruktur penting seperti Pelabuhan Peti Kemas Panjang, Pelabuhan Khusus Batubara PT. Bukit Asam dan Tarahan, TPI Lempasing, TPI Ujung Bom, dll. Selain beberapa infrastruktur tersebut di sekitar PLTU juga banyak ditemui tempat industri dan wisata laut.



Gambar 1. Lokasi pengamatan

Propinsi Lampung masih mengalami defisit pasokan listrik. Pembangkit PLTD dan PLTA yang memiliki total daya terpasang sebesar 230 MW namun dalam kenyataannya total kemampuan daya hanya sebesar 139 MW, sementara total beban puncak propinsi mencapai 290 MW. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, 30% energi didapatkan dari sistem pembangkit Sumatera Bagian Selatan (Sumbagsel). Kelangkaan pasokan listrik tersebut sangat terbantu sejak beroperasinya PLTU Tarahan, dengan kapasitas 2x100 MW.

Seperti diketahui, posisi pembangkit listrik tenaga uap PLTU Tarahan terletak cukup dekat dengan garis pantai, (Gambar 2) dikarenakan infrastruktur tersebut memerlukan sistem pendingin "*cooling*". Posisi saluran *inlet* dan *outlet* yang berdekatan dengan area pariwisata Pasir Putih serta kondisi saluran yang memotong tegak lurus garis pantai menjadi hal yang menarik untuk dianalisis khususnya untuk mengetahui kondisi arus pasang-surut, dan fenomena abrasi-akresi yang terjadi pada garis pantai sepanjang lokasi tersebut. Informasi tersebut perlu dilakukan demi kelangsungan operasional PLTU tersebut.

Berdasarkan hasil kegiatan lapangan novico dkk (2011) pada garis pantai sekitar PLTU kondisi sepanjang garis pantai sekitar saluran tersebut

cenderung stabil. Namun pada beberapa sisi terdapat abrasi yang terlihat telah menggerus pengaman pantai (Gambar 2). Pengukuran kedalaman air laut yang terbaru di sekitar perairan Teluk Lampung khususnya sekitar PLTU Tarahan dilakukan oleh (novice dkk, 2011). Data kedalaman tersebut akan diproyeksikan ke dalam model numerik Delft 3D Flow versi 3.28. *Software* ini dibuat oleh Deltares (2009). Hasil proyeksi batimetri menggunakan interval grid 100-200 meter dan lokasi yang akan dianalisis dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.

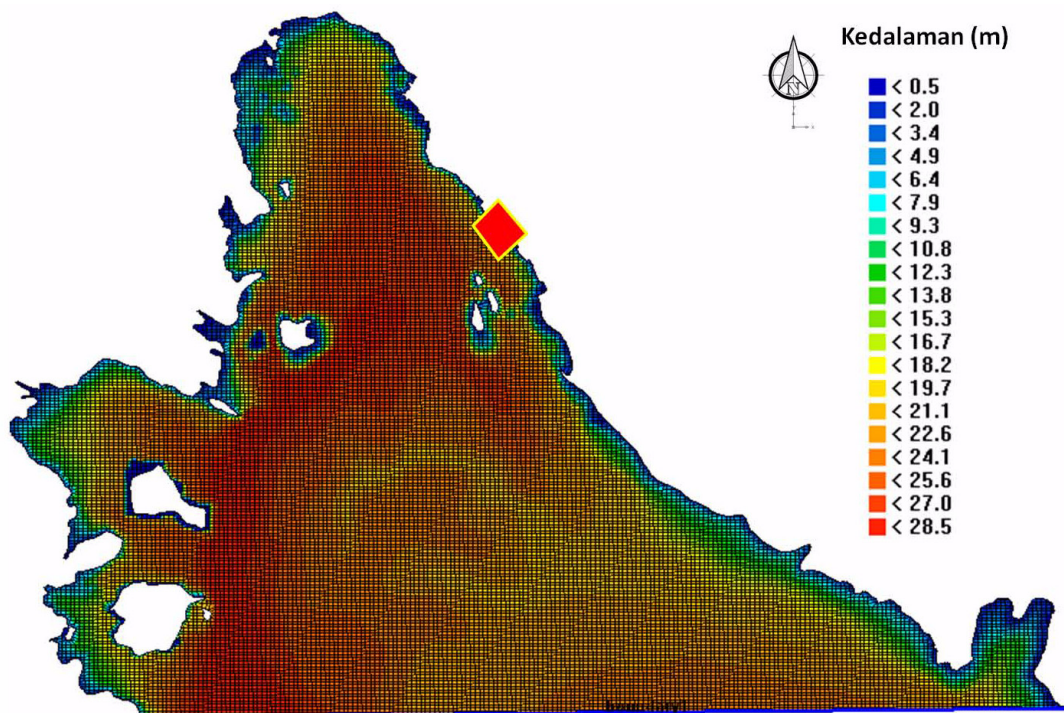
### Batasan

Model dibangun dengan didasarkan pada grid spasi 100 - 200 meter baik searah sumbu X maupun Y, hal tersebut dilakukan mengingat perbandingan antara luasnya *flow* model dan perairan yang diamati di depan PLTU.

Verifikasi model hanya dilakukan untuk kondisi fluktuasi muka air dan kondisi arus pasang-surut, dengan membandingkan antara data hasil simulasi Delft 3D Flow dan data yang didapatkan dari hasil penelitian lapangan (Novico, dr. 2011). Titik pantau hanya dibatasi sebanyak 6 buah penampang yang mewakili  $\pm 600$  meter panjang garis pantai dari arah utara ke selatan sejajar dengan posisi inlet dan outlet (Gambar 4),



Gambar 2. Infrastruktur PLTU Tarahan di sekitar garis pantai



Gambar 3. Data batimetri sekitar daerah pemodelan

Tabel 1. Koordinat penampang memanjang titik pantau

No	Lokasi	Koordinat (m)			
1	Penampang 1	X1	538701.69	Y1	9389315
		X2	538653.13	Y2	9389405
2	Penampang 2	X1	538653.13	Y1	9389405
		X2	538526	Y2	9389566
3	Penampang 3	X1	538526	Y1	9389566
		X2	538469.94	Y2	9389670
4	Penampang 4	X1	538469.94	Y1	9389670
		X2	538395.13	Y2	9389842
5	Penampang 5	X1	538395.13	Y1	9389842
		X2	538376.44	Y2	9389865
6	Penampang 6	X1	538376.44	Y1	9389865
		X2	538327.81	Y2	9389947
7	Penampang 7	X1	538327.81	Y1	9389947
		X2	538258.31	Y2	9390057

sedangkan koordinat untuk masing-masing potongan memanjang dapat dilihat pada Tabel 1.

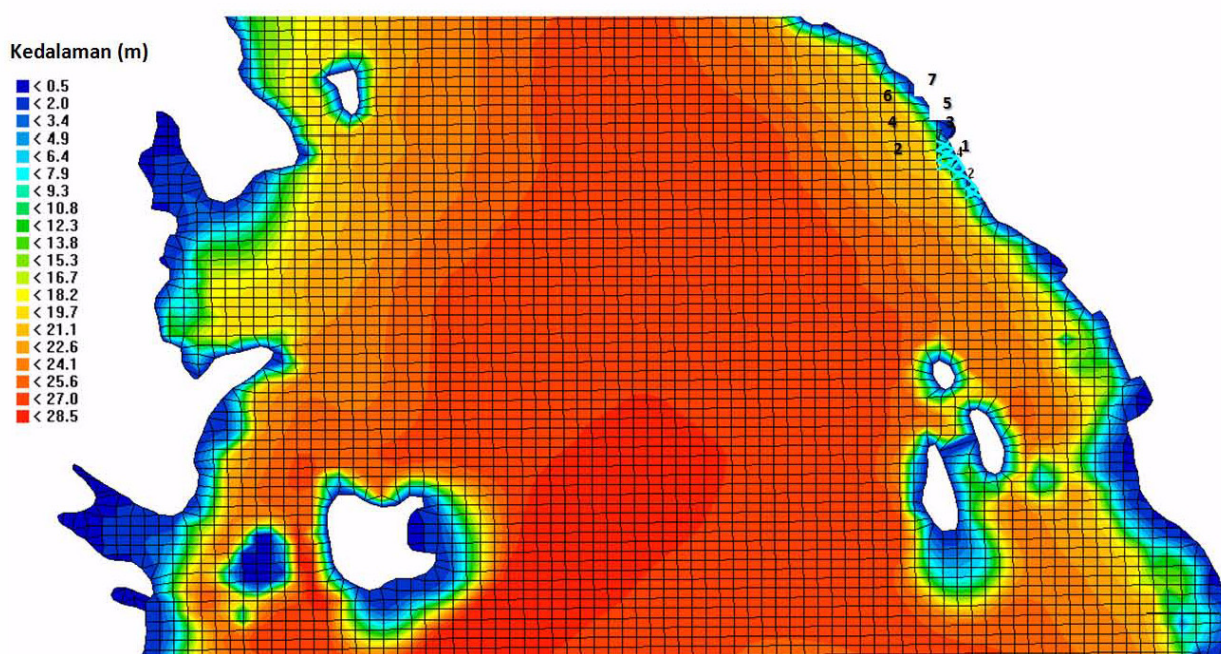
Input data dibatasi dari hasil pengukuran lapangan yang terdiri dari ketinggian pasang-surut, suhu air laut rata-rata, salinitas dan jenis sebaran sedimen permukaan dasar laut. Mengingat tidak dilakukannya pengamatan angin, maka data angin yang digunakan diambil dari pengukuran yang dilakukan oleh Stasiun Meteorologi Klas IV Maritim Tanjung Karang Balai Besar Wilayah II Panjang untuk periode 10 tahun (BMKG, 2011).

Verifikasi terhadap kondisi abrasi-akresi tidak dilakukan semenjak data tersebut tidak tersedia. Untuk itu, hasil simulasi Delft 3D Flow yang akan digunakan sebagai analisis kondisi arus pasang surut dan analisis kondisi abrasi-akresi adalah model yang memiliki nilai verifikasi fluktuasi muka air terbaik dengan nilai di atas 80%.

Analisis abrasi-akresi hanya didasarkan pada pengaruh arus pasang-surut dengan tambahan input parameter angin dominan terpilih yang berasal dari arah tenggara (135°) dengan kecepatan konstan 14 m/det namun tidak disertakan modul gelombang mengingat penelitian ini hanya difokuskan pada pengaruh arus pasang-surut.

## METODOLOGI

Sebelum menjabarkan metodologi yang digunakan untuk pemodelan akan disampaikan sekilas informasi mengenai pengambilan data pada saat penelitian lapangan. Penelitian dilakukan selama 15 hari terhitung dari tanggal 30 Juni 2011 hingga tanggal 14 Juli 2011. Pengambilan data batimetri menggunakan kapal nelayan dengan ukuran panjang sekitar 20 meter dan lebar 4 meter yang dilengkapi dengan alat GPS positioning dan *echosounder*. Metode yang digunakan adalah dengan memantulkan gelombang suara dengan alat *echosounder* sehingga didapatkan kedalaman air yang dilalui oleh lintasan kapal. Selain survei batimetri dilakukan pula pengamatan pasang surut



Gambar 4. Lokasi titik pantau

dengan menggunakan alat AOTT Kempton *strip chart* yang dipasang pada koordinat 625221.35° E dan 9795961.12° S dalam proyeksi WGS 1984 UTM zone 48S.

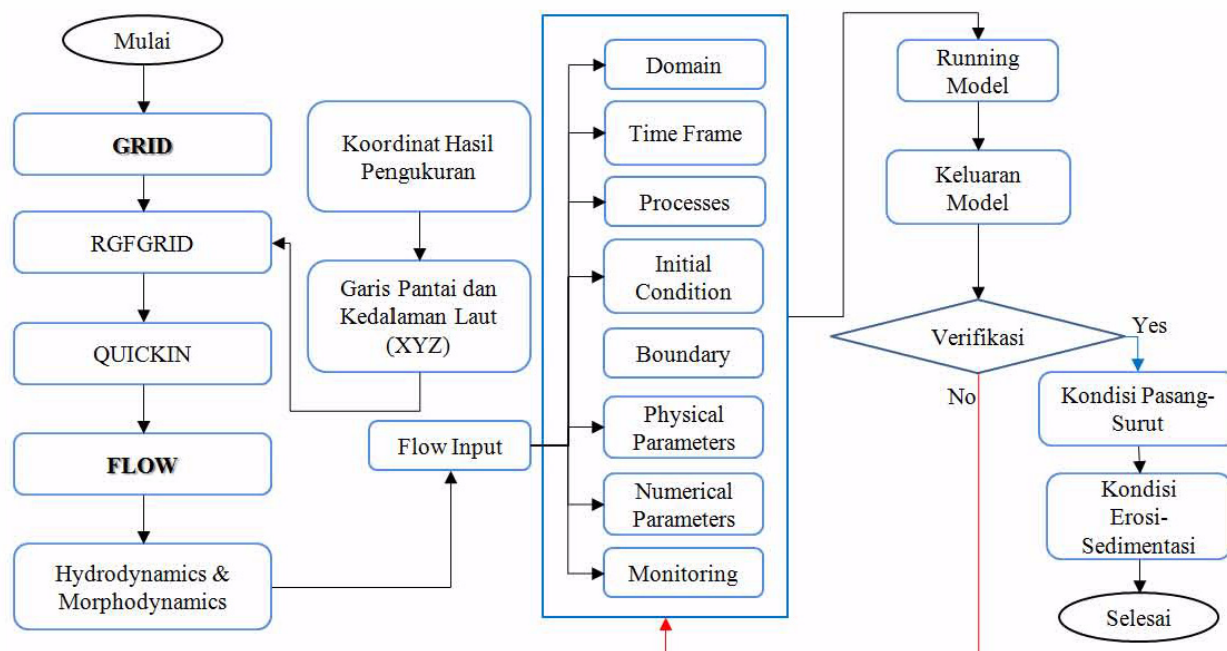
Pelaksanaan tahapan analisis kondisi pasang surut dan abrasi-akresi menggunakan software Delft 3D dapat dilihat pada Gambar 5. Pada tahapan awal, yang perlu dipersiapkan untuk simulasi adalah input data dan batasan model yang telah direncanakan. Parameter input dalam model diambil berdasarkan hasil penelitian di lapangan. Kondisi fluktuasi pasang-surut air laut, sebaran sedimen dasar laut dan fisik air akan dimasukkan ke dalam simulasi beserta data sekunder yang lain seperti data arah dan kecepatan angin. Setelah simulasi selesai dan hasil dapat diunduh, maka selanjutnya akan dilakukan verifikasi model terhadap data pengukuran lapangan. Dalam hal ini, verifikasi hanya dilakukan pada data pengamatan pasang surut. Jika hasil verifikasi menunjukkan hal yang cukup baik dengan nilai korelasi di atas 50% maka model tersebut dapat digunakan untuk menganalisis pengamatan selanjutnya yaitu arus dan erosi-sedimentasi (Gambar 5).

### Kondisi Aliran (Flow)

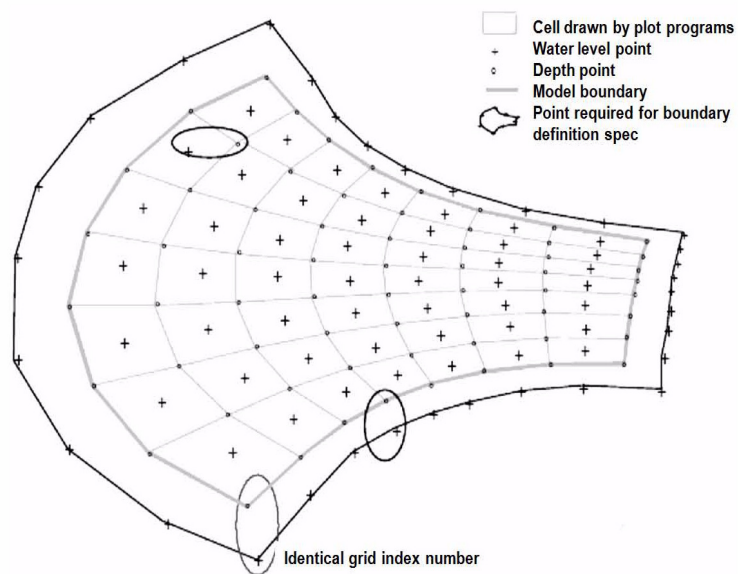
Metode aliran pada Delft 3D didasarkan pada *finite differences*. Untuk mendiskritisasi persamaan aliran air dangkal 3D maka area model akan ditutup oleh garis lengkung (grid), dengan asumsi grid orthogonal dan terstruktur dengan baik (Gambar 6).

Variabel dasar dalam aliran air didasarkan pada (u, v, w) yang merupakan kondisi kecepatan dan ketinggian air. Untuk diskritisasi persamaan air dangkal 3D maka variable tersebut diatur khusus di dalam grid seperti dapat dilihat pada Gambar 7. Kondisi ketinggian air didefinisikan berada pada tengah sel, sementara kecepatan didefinisikan tegak lurus dari posisi tiap grid sel. Grid yang digunakan juga dinamakan  *$\sigma$ -coordinate system* yang dikenalkan pertama kali oleh, Phillips (1957) dan selanjutnya dikembangkan oleh Stelling dan Van Kester (1994).

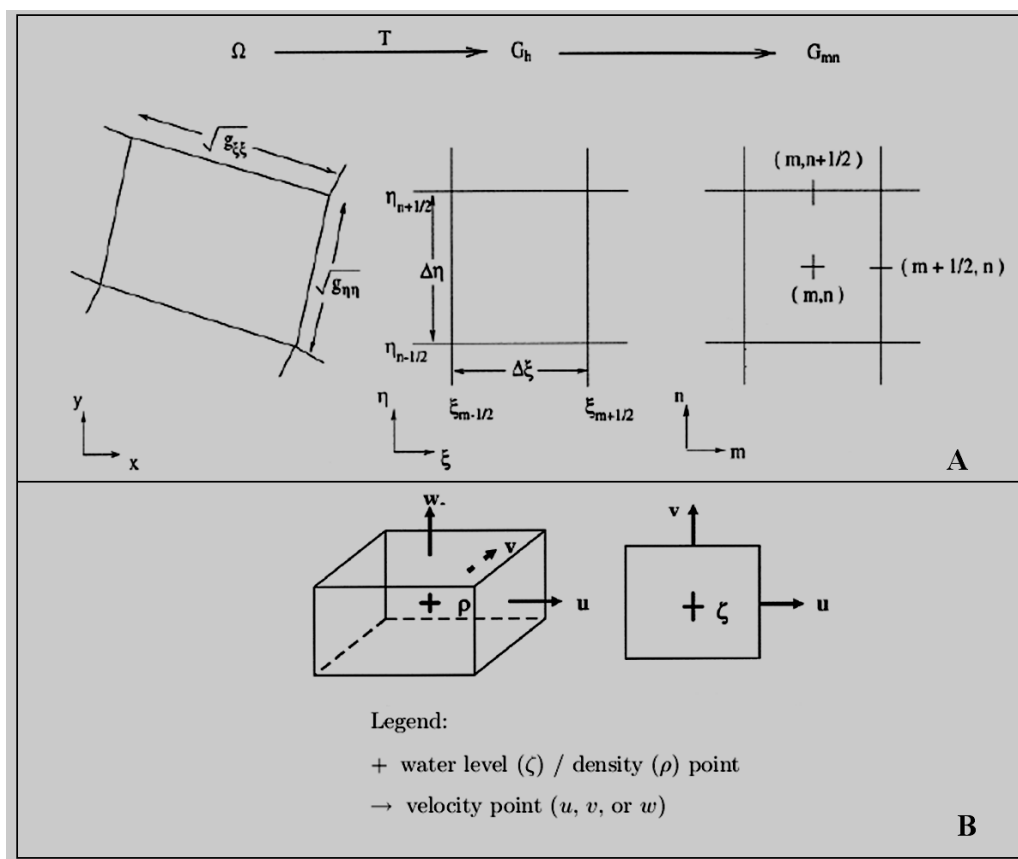
Selanjutnya dasar persamaan aliran yang digunakan adalah persamaan *Navier Stokes* untuk *incompressible fluid* pada perairan dangkal serta asumsi *Boussinesq*. Pada persamaan momentum arah vertikal, percepatan vertikal ditiadakan, yang mengarah ke persamaan tekanan hidrostatik.



Gambar 5. Diagram alir pemodelan



Gambar 6. Model grid (Deltares, 2009)



Gambar 7. (A) Pemetaan ruang fisik ke ruang komputasi (B) grid, tampak 3D dan tampak atas (Deltares, 2009)

## - Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas untuk kedalaman rata-rata diberikan dalam formula berikut

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}\sqrt{G_{\eta\eta}}}} \frac{\partial [(d+\zeta)U\sqrt{G_{\eta\eta}}]}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}\sqrt{G_{\eta\eta}}}} \frac{\partial [(d+\zeta)V\sqrt{G_{\xi\xi}}]}{\partial \eta} = Q,$$

$$Q = H \int_{-1}^0 (q_{in} - q_{out}) d\sigma + P - E,$$

dengan Q mewakili kontribusi debit per unit dan  $q_{in}$  dan  $q_{out}$  lokal *input* atau *output* air per unit volume (1/s), P mewakili presipitasi dan E merupakan evaporasi.

## - Persamaan Momentum

Persamaan momentum untuk arah  $\xi$  dan arah  $\eta$  diberikan seperti berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial u}{\partial \sigma} - \frac{v^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}\sqrt{G_{\eta\eta}}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} + \\ + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}\sqrt{G_{\eta\eta}}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} - fv = -\frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\xi\xi}}} P_{\xi} + F_{\xi} + \\ + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \nu_v \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + M_{\xi}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial v}{\partial \eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial v}{\partial \sigma} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}\sqrt{G_{\eta\eta}}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\eta\eta}}}{\partial \xi} + \\ - \frac{u^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}\sqrt{G_{\eta\eta}}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} + fu = -\frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\eta\eta}}} P_{\eta} + F_{\eta} + \\ + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left( \nu_v \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + M_{\eta} \end{aligned}$$

Dalam hal ini,  $\nu_v$  didefinisikan sebagai *vertical eddy viscosity*. P melambangkan *gradient* tekanan untuk masing-masing arah. F mewakili gaya dimana pada persamaan momentum mewakili gaya tekan Reynold. M mewakili kontribusi yang disebabkan oleh *source* dan *sink* dari momentum. Gaya F pada persamaan momentum horizontal mewakili ketidakseimbangan tekanan Reynolds horizontal. Tekanan Reynolds merupakan model yang digunakan terhadap konsep dari *eddy viscosity* (Rodi, 1984). Sementara total heat flux yang berhubungan dengan suhu dan angin di atas permukaan air diselesaikan dengan menggunakan konsep yang dibuat oleh Sweers (1976).

## Transport Sedimen

Trasnsport sedimen dan morfologi menunjang baik sedimen dasar maupun melayang yang berhubungan dengan jenis sedimen.yaitu kohesif dan non kohesif sedimen. Untuk transport

sedimen melayang dianalisis menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \frac{\partial c^{(\ell)}}{\partial t} + \frac{\partial u c^{(\ell)}}{\partial x} + \frac{\partial v c^{(\ell)}}{\partial y} + \frac{\partial (w - w_s^{(\ell)}) c^{(\ell)}}{\partial z} + \\ - \frac{\partial}{\partial x} \left( \varepsilon_{s,x}^{(\ell)} \frac{\partial c^{(\ell)}}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( \varepsilon_{s,y}^{(\ell)} \frac{\partial c^{(\ell)}}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left( \varepsilon_{s,z}^{(\ell)} \frac{\partial c^{(\ell)}}{\partial z} \right) = 0, \end{aligned}$$

Dalam hal ini  $c^{(\ell)}$  merupakan konsentrasi massa dari fraksi sedimen,  $\varepsilon$  merupakan eddy difusiti dari fraksi sedimen,  $W_s$  adalah kecepatan jatuh fraksi sedimen dan komponen kecepatan aliran diwakili oleh  $u, v$  dan  $w$ .

Selanjutnya efek sedimen pada berat jenis cairan menggunakan hubungan empiris yang diterangkan oleh Eckart (1968) untuk mengatur berat jenis air dengan memasukkan parameter temperatur dan salinitas, seperti terlihat sebagai berikut.

$$\rho_{mix} \left( S, c^{(\ell)} \right) = \rho_w(S) + \sum_{\ell=1}^{l_{sed}} c^{(\ell)} \left( 1 - \frac{\rho_w(S)}{\rho_s^{(\ell)}} \right)$$

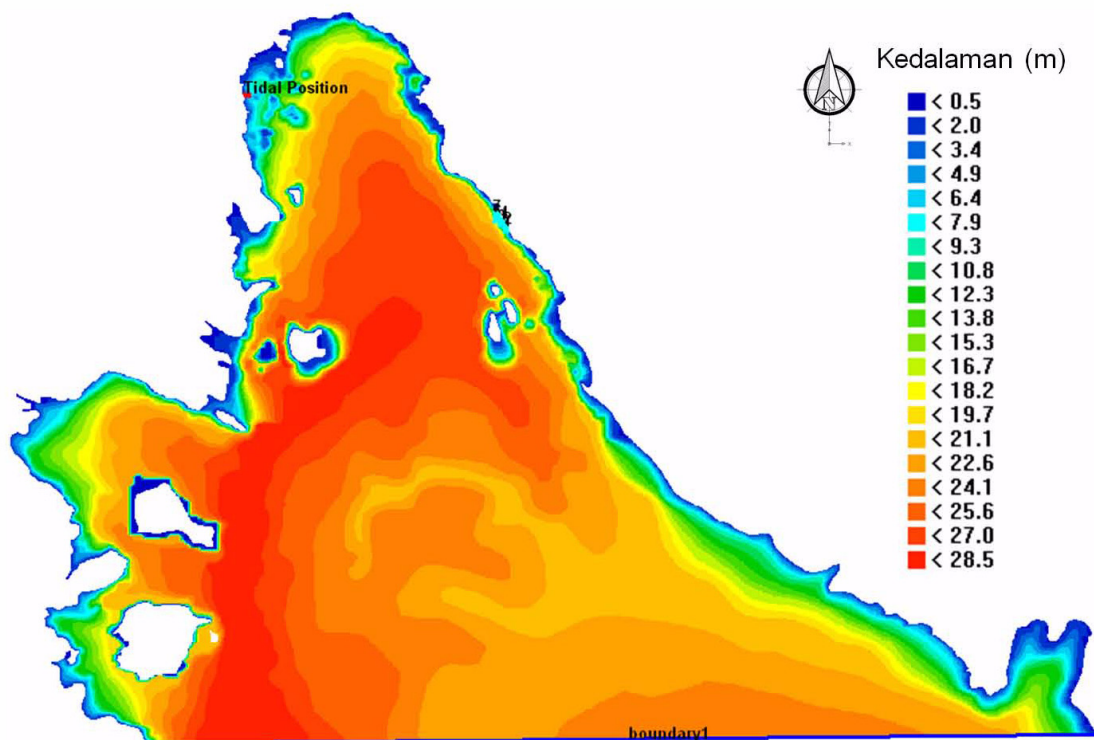
Dalam hal ini  $\rho_w(S)$  adalah berat jenis air dengan konsentrasi salinitas, S adalah konsentrasi salinitas,  $\rho_s$  berat jenis konsentrasi sedimen dan  $l_{sed}$  adalah jumlah fraksi sedimen. Selanjutnya kecepatan jatuh sedimen menggunakan formula yang dikembangkan oleh Richardson dan Zaki (1954) seperti berikut.

$$w_s^{(\ell)} = \left( 1 - \frac{c_s^{tot}}{CSOIL} \right)^5 w_{s,0}^{(\ell)}.$$

Pada formula tersebut CSOIL merupakan referensi berat jenis,  $w_s$  merupakan dasar dari kecepatan jatuh fraksi sedimen dan  $c_s^{tot}$  adalah total konsentrasi massa dari fraksi sedimen.

## DESAIN MODEL

Seperti dijelaskan pada sub batasan, model dibuat dengan interval grid sekitar 200 m baik arah sumbu X maupun Y. Input data batimetri didapatkan dari hasil pengukuran lapangan (Novicodrr, 2011), dan ditampilkan pada Gambar 8. Daerah pemodelan dibatasi oleh batas tertutup dan terbuka. Batas tertutup terdiri dari garis pantai sepanjang teluk dan garis pantai untuk pulau-pulau kecil yang terletak di dalam teluk. Untuk batas terbuka berada pada bagian selatan yang memotong teluk yaitu garis merah seperti terlihat pada Gambar 8. Batas terbuka pada pemodelan ini dipilih dengan menerapkan muka air pasang surut



Gambar 8. Data batimetri sebagai domain model dan batas terbuka

selama 15 hari untuk masing-masing koordinat tiap stasiun. Muka air yang didapatkan untuk batas terbuka ini diperoleh dari hasil analisis *forecasting* TMD, (Padman & Erofeeva, 2005), sedangkan pengamatan pasang surut 15 hari yang telah dilakukan digunakan sebagai verifikasi model, untuk melihat tingkat keakurasian *flow* model yang dibuat.

Selain parameter yang diterangkan pada alinea di atas, parameter lain yang digunakan dalam input model adalah jenis fraksi sedimen dan data angin. Berdasarkan data lapangan maka dapat diketahui bahwa daerah pemodelan terdiri dari fraksi halus di sekitar muara sungai dan garis pantai, namun pada daerah tengah teluk sebaran sedimen lebih bersifat non kohesif. Data angin yang digunakan hanya menggunakan data angin maksimum dengan arah dominan selama 10 tahun yaitu sejak tahun 2001 hingga 2010. Data angin ini didapatkan dari stasiun angin yang terdapat di Pelabuhan Panjang.

Parameter fisik air seperti suhu, kecerahan dan berat jenis menggunakan hasil penyelidikan lapangan dimana pemilihan nilai parameter tersebut didasarkan pada nilai rata-rata yang didapatkan dari pengukuran lapangan, (novico, 2011). Fraksi sedimen yang digunakan juga didasarkan dari pengukuran lapangan, dalam hal ini

asumsi fraksi sedimen lempung-lumpur 1 memiliki ketebalan sedimen 40 cm, lempung-lumpur 2 dengan ketebalan 25 cm, pasir 1 dan pasir 2 masing-masing memiliki ketebalan 50 cm dan 1 m. *Specific density* untuk fraksi sedimen lempung-lumpur dipilih  $1200 \text{ kg/m}^3$  dan pasir  $2650 \text{ kg/m}^3$ .

#### Input Setup Model

Seluruh data terpilih selanjutnya dimasukkan ke dalam model Delft 3D modul Flow dengan rincian set up model seperti terlihat pada Tabel 2.

#### Hasil dan Pembahasan Model

##### Verifikasi Model

Untuk memastikan model yang akan digunakan sebagai analisis maka sebelumnya dilakukan verifikasi hasil pengamatan pasang surut di lapangan dan nilai pasang surut hasil simulasi Delft 3D. Lokasi pengamatan pasang surut di lapangan berada pada koordinat  $-5.471662^\circ\text{LS}$  dan  $105.252131^\circ\text{BT}$  jika ditransformasikan ke dalam model terletak pada grid M 206 dan N 182.

Hasil verifikasi pasang surut menunjukkan model yang digunakan telah mendekati kondisi sebenarnya dengan nilai korelasi data mencapai 93,16% seperti terlihat pada Gambar 9 berikut. Selanjutnya, model tersebut terpilih untuk

Tabel 2. Model set up

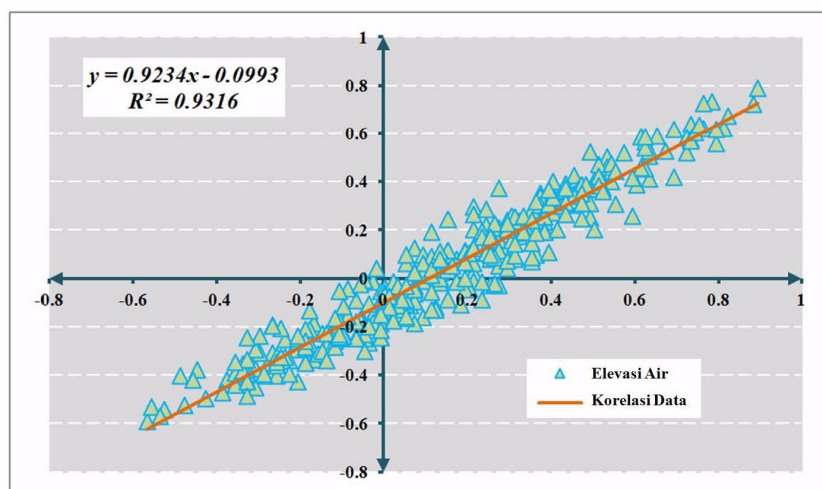
Deskripsi	Nilai
Module	GRID-FLOW
Bathymetry	PPPGL-2011
Simulation period	15 hari
Time step	12 detik
Process	Salinitas, Temperatur, Sediment, Angin
Initial Condition	Uniform values
Initial surface level	0.00
Boundary	Muka air
Sediment	4 Lapis: lempung-lumpur1, lempung-lumpur2, Pasir1, Pasir2
Morphology	Update kedalaman
Numerical parameters	Sel ditengah grid
Roughness	Manning
Simulation time	Dianalisis menggunakan komputer dengan prosesor 3.2Ghz i3 3GB DDRAM selama 52 jam

menganalisis kondisi arus dan erosi-sedimentasi yang terjadi di depan lokasi PLTU Tarahan Lampung.

### Simulasi Flow Model

Kondisi arus yang akan dianalisis meliputi periode *spring* dan *neap*. Periode *spring* terjadi pada tanggal 19 april 2011 dan pada hari itu pukul 07.00 wib merupakan saat pasang tertinggi dan pukul 14.00 wib adalah surut terendah. Sementara periode *neap* terjadi pada tanggal 13 april 2011, waktu pasang-surut berada pada pukul 02.00 wib dan 06.00 wib.

Berdasarkan hasil simulasi dapat diketahui bahwa telah terjadi kondisi muka air maksimum dan minimum pada periode *spring* (Gambar 10). Ketinggian muka air rata-rata pada saat pasang untuk periode tersebut mencapai 1 meter



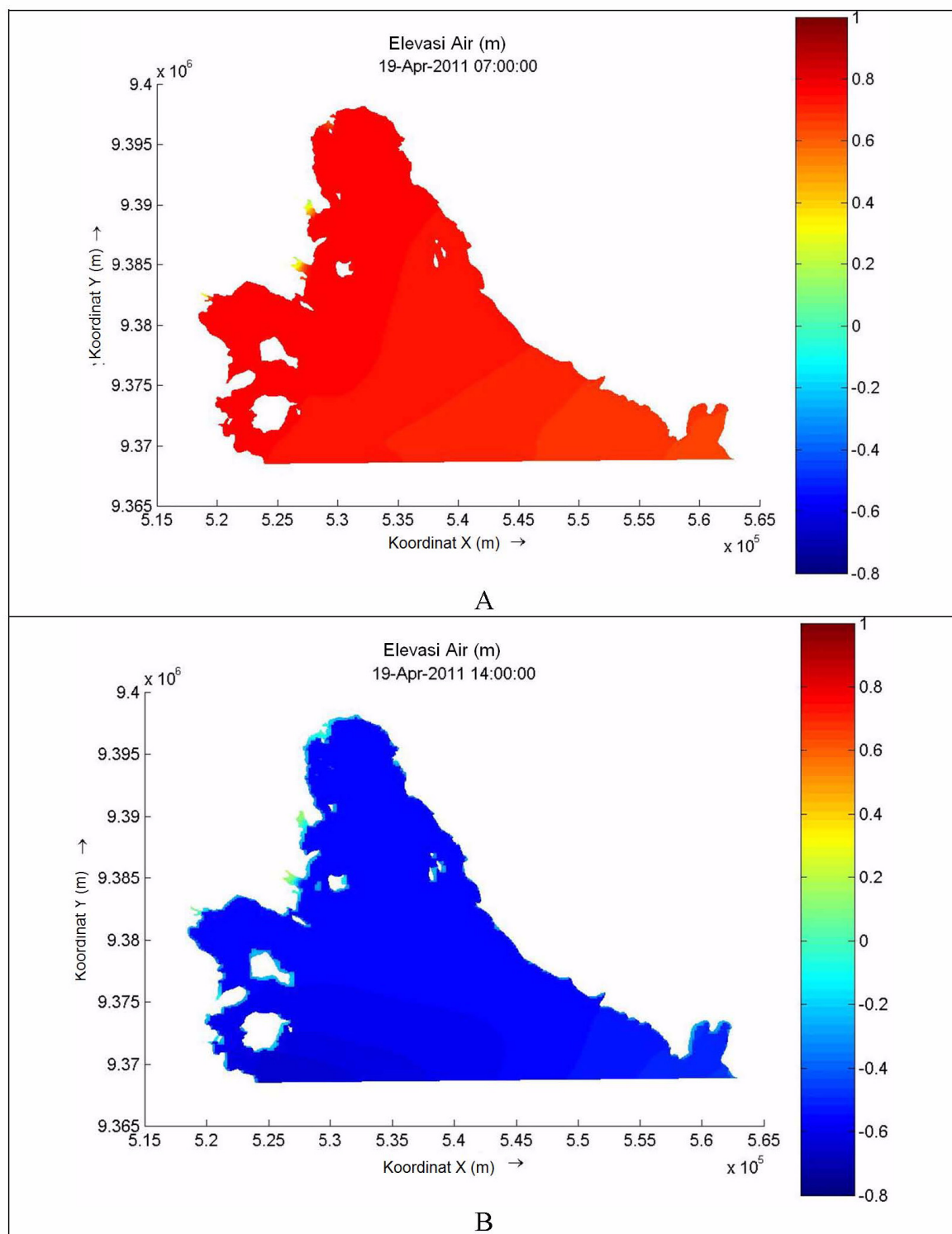
Gambar 9. Korelasi Pengukuran dan Simulasi Model

sementara pada saat surut air mencapai ketinggian -0.8 meter. Hanya sebagian kecil daerah bagian barat teluk sekitar Pulau Tegal yang tidak mengalami kondisi maksimum pada waktu tersebut. Selanjutnya pada periode *neap* ketinggian muka air saat pasang hanya berkisar pada 0.3 meter dan muka air saat surut pada kisaran -0.2 meter (Gambar 11).

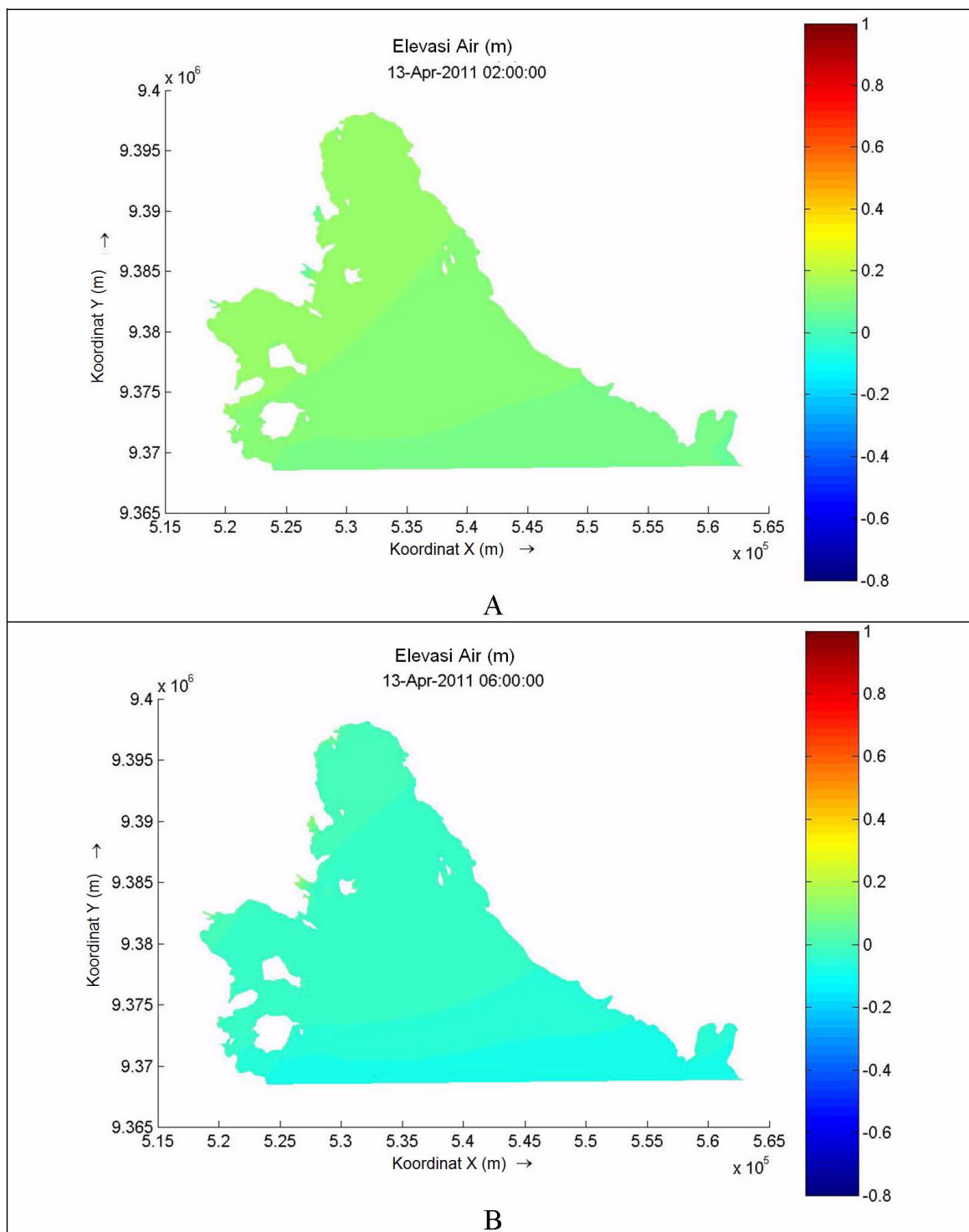
Analisis kecepatan arus diamati selama periode simulasi, untuk periode *spring* dan *neap* seperti terlihat pada Gambar 12 dan 13. Kecepatan arus rata-rata pada periode *spring* berkisar pada 0.01 – 0.07 m/det. Pada periode ini terlihat jelas, kecepatan meningkat pada saat surut, hal ini terjadi juga pada daerah sekitar lokasi pengamatan di sekitar Pulau Condong. Kecepatan terbesar terjadi pada bagian selatan daerah pemodelan yaitu pada sekitar Pulau Pahawang seperti terlihat pada daerah yang memiliki konsentrasi warna kuning dan merah. Hal yang cukup berbeda terjadi pada periode *neap*, dalam hal ini nilai kecepatan lebih kecil dengan range 0.005 hingga 0.025 m/det. Sebaran distribusi kecepatan pada periode ini lebih bervariasi jika dibandingkan pada periode *spring*. Hal ini terlihat pada Gambar 12, variasi warna yang mewakili perbedaan kecepatan terlihat hampir di seluruh daerah pemodelan.

Jika kecepatan tersebut ditransformasikan pada sumbu X dan Y, maka seperti yang terlihat pada Gambar 14 dan Gambar 15, nilai kecepatan rata-rata terhadap sumbu X memiliki kisaran -0.007 m/det hingga 0.009 m/det sementara terhadap sumbu Y memiliki kisaran -0.0076 m/det hingga 0.0177 m/det. Kecenderungan kecepatan arus, baik terhadap sumbu X maupun sumbu Y memiliki kemiripan dengan kondisi pasang surut yang terjadi.

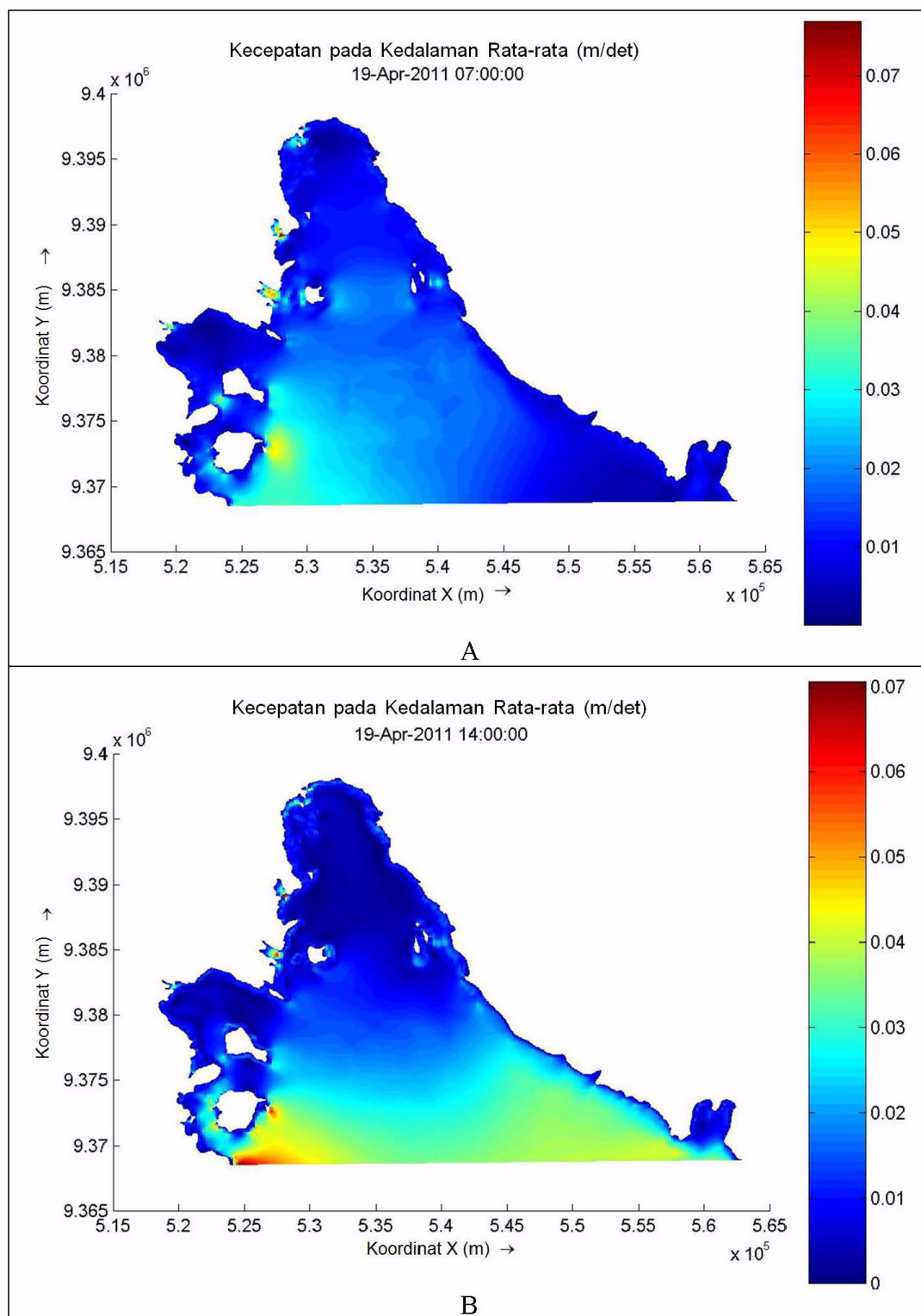
Nilai kecepatan pada periode *spring* pada daerah pengamatan *section 1* hingga *section 7* pada saat pasang berkisar pada -0.007 m/det hingga 0.011 m/det sementara di saat surut berkisar antara -0.006 m/det hingga 0.01 m/det. Nilai yang tidak jauh berbeda juga terjadi pada periode *neap*,



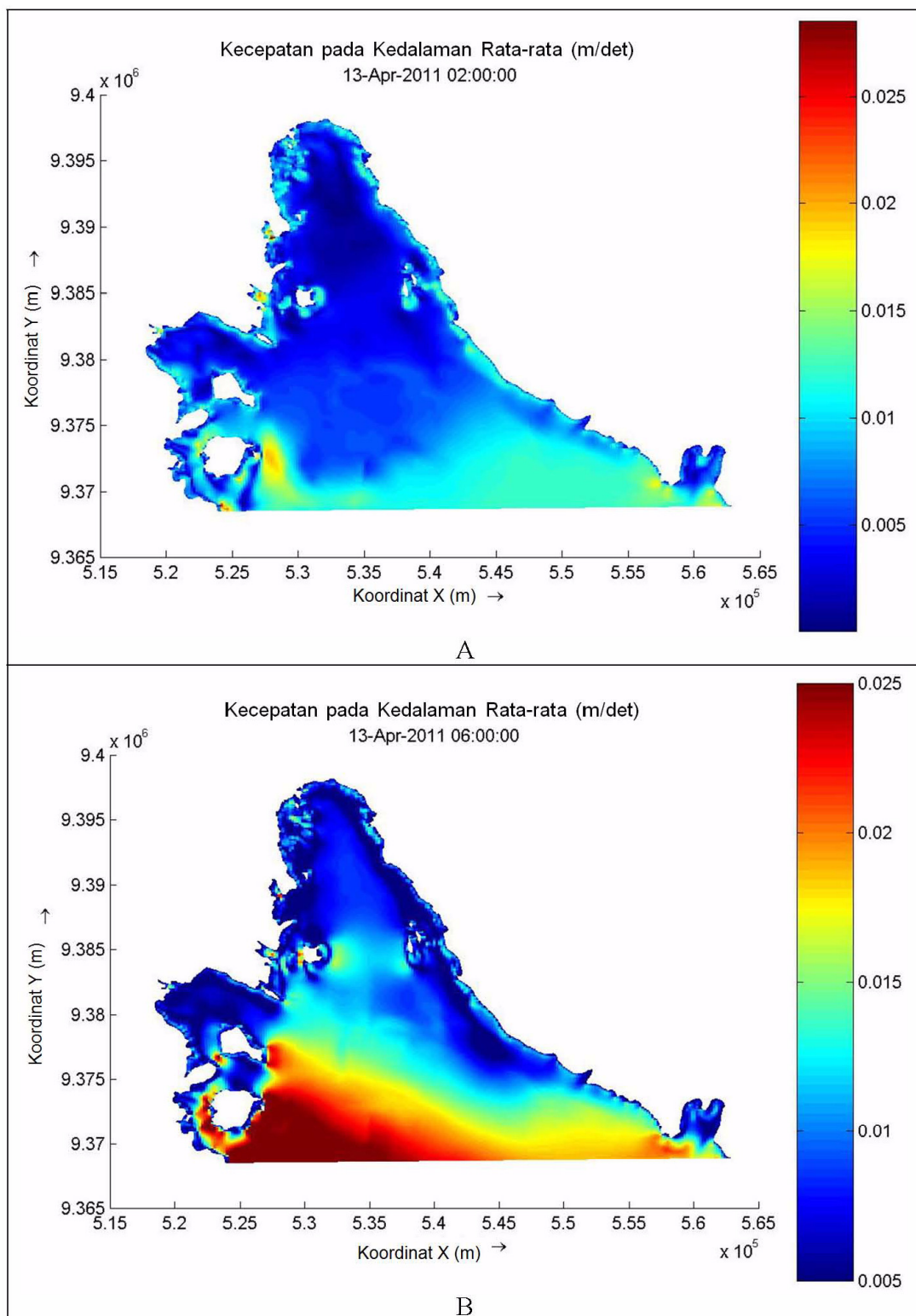
Gambar 10. Kondisi pasang (A) dan surut (B) periode spring



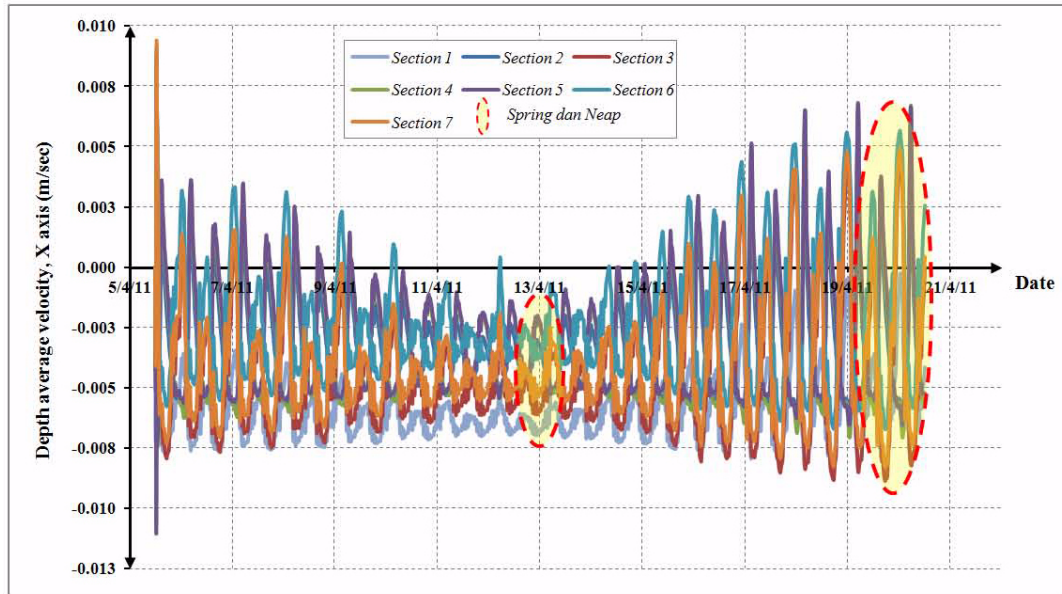
Gambar 11. Kondisi pasang (A) dan surut (B) periode neap



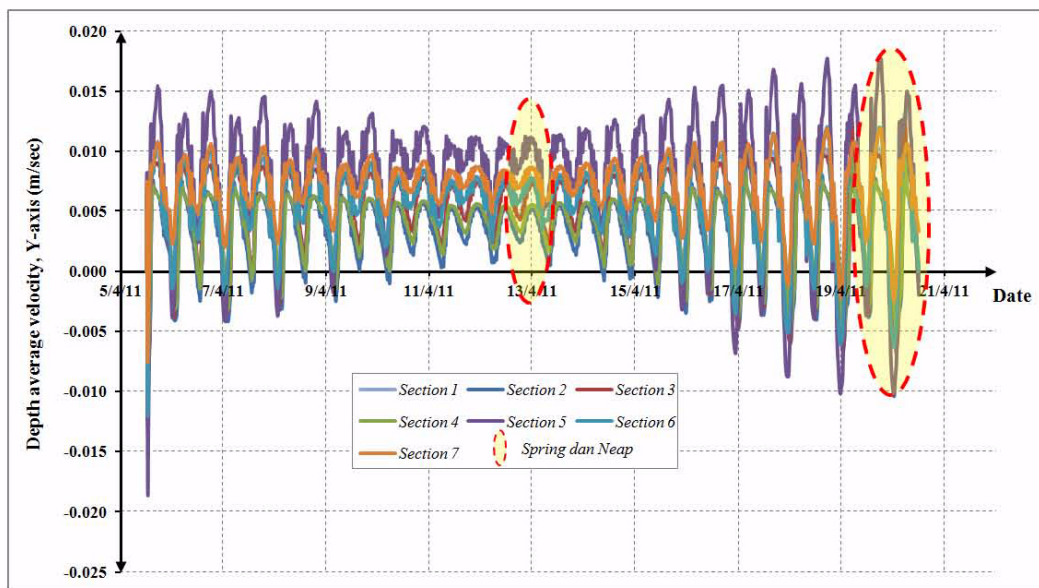
Gambar 12. Kecepatan rata-rata saat pasang (A) dan surut (B) periode spring



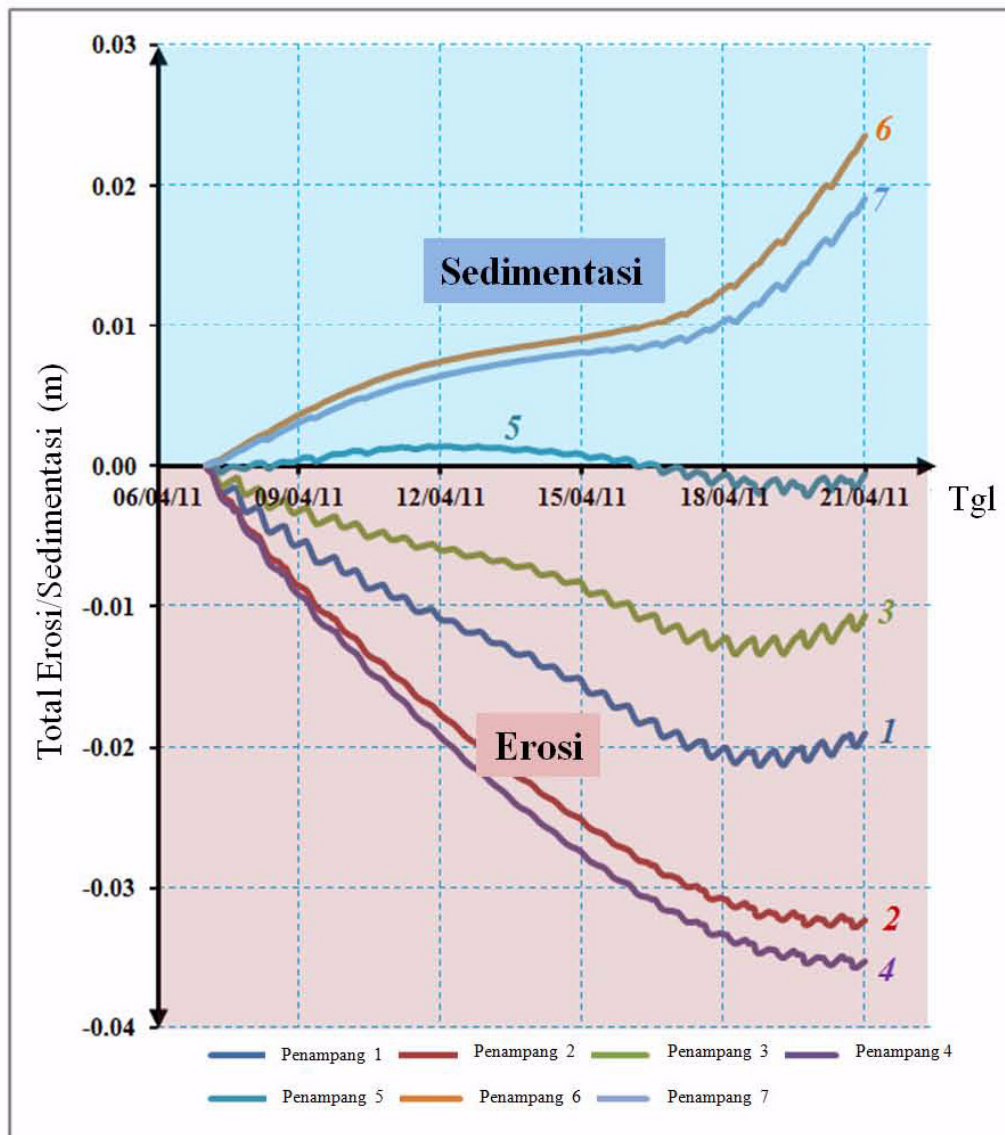
Gambar 13. Kecepatan rata-rata saat pasang (A) dan surut (B) periode neap



Gambar 14. Kecepatan arus rata-rata arah sumbu-X



Gambar 15. Kecepatan arus rata-rata arah sumbu-Y



Gambar 16. Erosi dan Sedimentasi

dalam hal ini nilai kecepatan di saat pasang hanya berkisar pada angka -0.007 m/det hingga 0.009 m/det dan di saat surut -0.006 m/det hingga 0.009 m/det. Hal ini mencerminkan kondisi pasang dan surut di masing-masing periode memiliki perbedaan nilai yang tidak terlalu besar.

#### Kondisi Erosi-Sedimentasi

Hasil simulasi model dinamika morfologi daerah pengamatan mulai *section* 1 pada bagian selatan daerah pemodelan hingga *section* 7 di bagian utara memiliki variasi nilai erosi dan sedimentasi seperti terlihat pada Gambar 16 berikut. Pada *section* 1 hingga *section* 4 terlihat pantai cenderung tererosi sementara pada *section* 6 dan 7 pantai cenderung sedimentasi. *Section* 5 merupakan daerah yang dapat dikatakan lebih

stabil karena pada daerah tersebut di periode *neap* angkutan sedimen cenderung tersedimentasi namun menjelang *spring* kembali tererosi dan normal.

#### KESIMPULAN

Pasang surut pada areal sekitar PLTU Tarahan memiliki nilai kecepatan pada periode *spring* pada kisaran -0.006 m/det hingga 0.011 m/det sementara pada periode *neap* nilai kecepatan berkisar pada angka -0.006 m/det hingga 0.009 m/det.

Lokasi erosi lebih banyak terjadi pada bagian selatan garis pantai PLTU Tarahan sementara pada bagian utara cenderung mengalami sedimentasi. Nilai erosi maupun sedimentasi akibat gaya arus pasang-surut dan angin serta kombinasi fraksi

sedimen *mud* dan *sand* cukup signifikan untuk 15 hari simulasi. Erosi yang terjadi pada bagian selatan mencapai nilai rata-rata lebih dari 2 cm sementara nilai sedimentasi di bagian utara kurang dari 1 cm

Posisi *inlet* dan *outlet* berada pada *section* 6 yang menunjukkan nilai sedimentasi paling besar yaitu  $\pm 2.4$ cm.

#### ACUAN

[BMKG] Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, 2011. Data Angin Rata-rata Harian. BMKG Stasiun Meteorologi Maritim Panjang-Lampung

Deltares, 2009. *Simulation of multi dimension hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments*, The Netherlands.

Eckart, C., 1958. Properties of water, Part II. The equation of state of water and sea water at low temperatures and pressures, *American Journal of Science* 256: 225

Padman, L & S. Erofeeva., 2005, *Tide Model Driver Manual*

Phillips, N. A., 1957. *A co-ordinate system having some special advantages for numerical forecasting*", *Journal of Meteorology* 14: 184

Novico., F, Priohandono., Y.A, Zuraida., R, Sahudin, Dewi., K.T 2011, Penelitian Kebencanaan Geologi Kelautan di Sekitar Perairan PLTU Tarahan Lampung, PPPGL Laporan *Intern*, Bandung.

Richardson, J. F. and W. N. Zaki, 1954. Sedimentation and fluidization: Part I." I. Trans, *Institution of Chemical Engineers* 32: 35

Rodi, W., 1984. Turbulence models and their application in Hydraulics, State-of-the-art paper article sur l'etat de connaissance. *IAHR* Paper presented by the *IAHR*-Section on Fundamentals of Division II: Experimental and Mathematical Fluid Dynamics, The Netherlands

Stelling, G. S. and J. A. T. M. van Kester, 1994. On the approximation of horizontal gradients in sigma co-ordinates for bathymetry with steep bottom slopes. *International Journal Numerical Methods In Fluids* 18: 915

Sweers, H. E., 1976. A monogram to estimate the heat exchange coefficient at the air-water interface as a function of windspeed and temperature; a critical survey of some literature. *Journal of Hydrology* 30