

SIMULASI NUMERIS ARUS PASANG SURUT DI PERAIRAN CIREBON

M. Furqon Azis Ismail¹ dan Ankiq Taofiqurohman S.²

¹ Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI

Jl. Ancol Timur, Jakarta Utara, DKI Jakarta

² Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran

Email : ankiq109@gmail.com

ABSTRAK

Model hidrodinamika tiga-dimensi MOHID yang dikembangkan oleh Universitas Teknik Lisbon, Portugal, diaplikasikan dalam kajian arus pasang surut di Perairan pantai Cirebon. Data yang digunakan adalah data pasang surut yang diterapkan pada syarat batas terbuka dengan menggunakan program model pasut global FES04 serta bathimetri hasil pengukuran di lapangan. Simulasi numeris dilakukan selama 14 hari dan hanya menggunakan pasang surut sebagai satu-satunya gaya pembangkit arus laut. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kecepatan arus berkisar dari 0,04 m/det – 0,99 m/det dengan kecepatan pada saat surut relatif lebih besar dibandingkan pada saat pasang. Pola arus pasang surut saat pasang menuju surut didominasi oleh aliran yang menuju ke arah tenggara kemudian berbelok ke arah timur, sedangkan pola arus pasang surut saat surut menuju pasang didominasi oleh aliran yang menuju ke arah barat kemudian berbelok ke arah barat laut.

Kata kunci : Arus pasang surut, Model hidrodinamika MOHID, simulasi numeris, dan perairan Cirebon

ABSTRACT

Three dimensional MOHID hydrodynamics model developed by Technical University of Lisbon, Portugal was applied in a study of a tidal current in the Cirebon Waters. The data used in this model are tidal data which is applied in the open boundary using global tide model FES04 program and bathymetry from the field measurements. The numerical simulation was conducted for 14 days and tide was used as the only force that generates sea currents. Model simulation results showed that the tidal current velocity were ranging from 0,04 m/s – 0,99 m/s and the velocity during low water was relatively greater than the velocity during high water. The tidal current dominantly flows towards southeast and then turned eastward at the middle of ebb tide, whereas at the middle of flood tide the flow was dominated towards the west and then turn to the northwest.

Keywords : Cirebon Waters, MOHID Hydrodynamics model, numerical simulation, and tide-driven current.

I. PENDAHULUAN

Pasang surut laut merupakan fenomena naik turunnya muka laut secara periodik yang terjadi di seluruh belahan bumi akibat adanya gaya pembangkit pasang surut yang utamanya berasal dari matahari dan bulan (Douglas, 2001). Fenomena pasang surut laut tersebut diketahui dapat membangkitkan arus laut yang dikenal dengan sebutan arus pasang surut atau arus pasut (Stewart, 2006: 300). Kecepatan arus pasang surut biasanya berubah-ubah secara periodik dalam suatu selang waktu tertentu atau sering disebut dalam satu siklus pasang surut sehingga arus pasang surut dapat diramalkan (Duxbury *et al.*, 2002).

Arus pasang surut sangat dominan dalam proses sirkulasi air laut di perairan pantai. Arus pasang surut pada saat pasang mentransportkan air dari laut menuju perairan pantai, dan pada saat surut mentransportkan air dari perairan pantai ke laut lepas (Hatayama *et al.*, 1996). Pengetahuan tentang karakteristik pasang surut dan arus laut yang dibangkitkan oleh pasang surut sangat perlu dilakukan untuk kepentingan navigasi pelabuhan, perencanaan dan pembangunan wilayah pesisir serta pembangunan struktur bangunan pantai.

Perairan pantai Cirebon adalah perairan yang berada pada posisi $6,6^{\circ}$ - $6,8^{\circ}$ LS dan $108,5^{\circ}$ - $108,8^{\circ}$ BT. Pemilihan lokasi penelitian di Perairan Cirebon dikarenakan pada daerah tersebut terdapat pelabuhan, pertambakan dan perumahan pinggir pantai yang memerlukan kajian analisis oseanografi

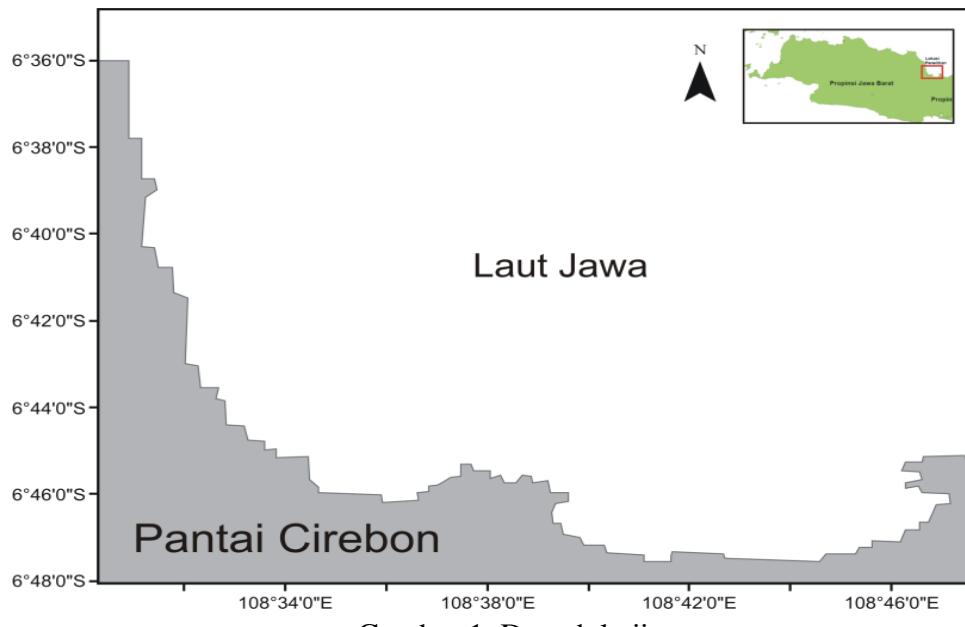
khususnya pasang surut dan arus pasang surut. Untuk memenuhi kebutuhan informasi pasang surut dan arus pasang surut di Perairan Cirebon, diperlukan penelitian dan survei lapangan, yang membutuhkan waktu yang lama dan dana yang besar.

Salah satu alternatif untuk mereduksi pengeluaran biaya adalah dengan menggunakan simulasi numeris, memanfaatkan teknologi komputer yang mampu memberikan gambaran pasang surut dan arus pasut suatu perairan dengan waktu yang relatif singkat. Simulasi numeris diharapkan dapat memberikan penggambaran karakteristik pasang surut dan arus pasang surut di Perairan Cirebon secara efisien dan efektif, sehingga dapat digunakan untuk aplikasi bidang yang terkait dengan kelautan, baik untuk kepentingan ilmiah, maupun aplikasi praktis secara luas.

II. DATA DAN PENDEKATAN

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan mulai dari 10 Oktober sampai dengan 24 Oktober 2011 dengan metode survei dan pembentukan model simulasi. Survei dilakukan di awal penelitian untuk mengetahui *input* pembentukan model, dan kemudian dilakukan survei diakhir penelitian sebagai *groundcheck* dari model yang dibuat. Lokasi penelitian adalah di perairan Pantai Cirebon yang berada pada posisi $6,6^{\circ}$ - $6,8^{\circ}$ LS dan $108,5^{\circ}$ - $108,8^{\circ}$ BT (Gambar 1).



Gambar 1. Daerah kajian

2.2. Data

1. Data yang digunakan sebagai input simulasi model adalah data batimetri, data komponen harmonik pasang surut dan data elevasi pasang surut yang diperoleh dari model pasut global FES04 (*Finite Element Solution tide model*).
2. Untuk data verifikasi hasil simulasi model hidrodinamika akan digunakan data pembanding berdasarkan hasil pengukuran.

2.3. Metode Penelitian

2.3.1. Model Hidrodinamika

Penelitian ini menggunakan modifikasi model hidrodinamika tiga dimensi yang dikembangkan oleh MARETEC (*Marine and Environmental Technology Research Center*), Technical University of Lisbon yang lebih dikenal dengan nama MOHID (*Modelo Hidrodinâmico*). Model ini telah diterapkan

pada berbagai penelitian oseanografi di Technical University of Lisbon, Portugal. MOHID menggunakan persamaan kontinuitas dan persamaan gerak atau kekekalan momentum yang diintegrasikan terhadap kedalaman (Miranda et al. 2000). Percepatan arah vertikal diabaikan sehingga vektor kecepatan memiliki besar dan arah yang sama sepanjang kolom air. Besarnya kecepatan aliran kedalaman rata-rata U dan V yang digunakan dinyatakan dalam persamaan :

$$U = \frac{1}{H} \int_{-h}^n u dz \text{ dan } V = \frac{1}{H} \int_{-h}^n v dz$$

Keterangan :

U dan V = Kecepatan perata-rataan terhadap kedalaman dalam arah sumbu x dan sumbu y (m/det)

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

H = Kedalaman perairan (m)

η = Elevasi muka air (m)

u dan v = Komponen kecepatan dalam arah sumbu x dan sumbu y (m/det)

dz = Perubahan koordinat dalam arah vertikal

2.3.2. Persamaan Kontinuitas

Prinsip kontinuitas menyatakan kekekalan massa dalam suatu ruang yang ditempati oleh suatu elemen fluida. Asumsi umum yang digunakan yaitu fluida tak termampatkan (*incompressible fluid*) sehingga tidak ada perubahan densitas terhadap ruang $\frac{d\rho}{dt} = 0$ dan aliran fluida dianggap tunak.

Persamaan kontinuitasnya adalah :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = 0$$

Keterangan :

- u, v = komponen kecepatan aliran dalam arah x dan y, (m/det)
- x, y = Koordinat kartesius
- t = Waktu (det);
- h = Kedalaman perairan (m)

2.3.3. Persamaan Gerak

Persamaan gerak dikenal sebagai persamaan kekekalan momentum. Persamaan ini menjelaskan aliran fluida yang mengikuti hukum kedua Newton. Bentuk persamaan gerak dalam MOHID dirumuskan sebagai berikut :

Persamaan gerak untuk arah x adalah

$$h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} hv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{p} \left(Exx \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + Exy \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + gh \left(\frac{\partial n}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{g \cdot u \cdot n^2}{(1.486h^6)^2} (u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}} - 2h\omega \sin \varphi = 0$$

Persamaan gerak untuk arah y adalah

$$h \frac{\partial v}{\partial t} hu \frac{\partial v}{\partial x} + hv \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{h}{p} \left(Eyx \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + Eyy \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + gh \frac{\partial n}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{g \cdot v \cdot n^2}{(1.486h^6)^2} (u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}} - 2h\omega v \sin \varphi = 0$$

Keterangan :

- ρ = kerapatan fluida (kg/m³)
- E = koefisien kekentalan Eddy (m²/det)
- untuk xx = arah normal terhadap x
- untuk yy = arah normal terhadap y
- untuk xy dan yx = arah geser pada setiap permukaan
- g = percepatan gravitasi (m²/det)
- n = koefisien kekasaran Manning
- ϕ = posisi lintang geografis (°)
- ω = sudut rotasi bumi (°)

2.3.4. Desain Model

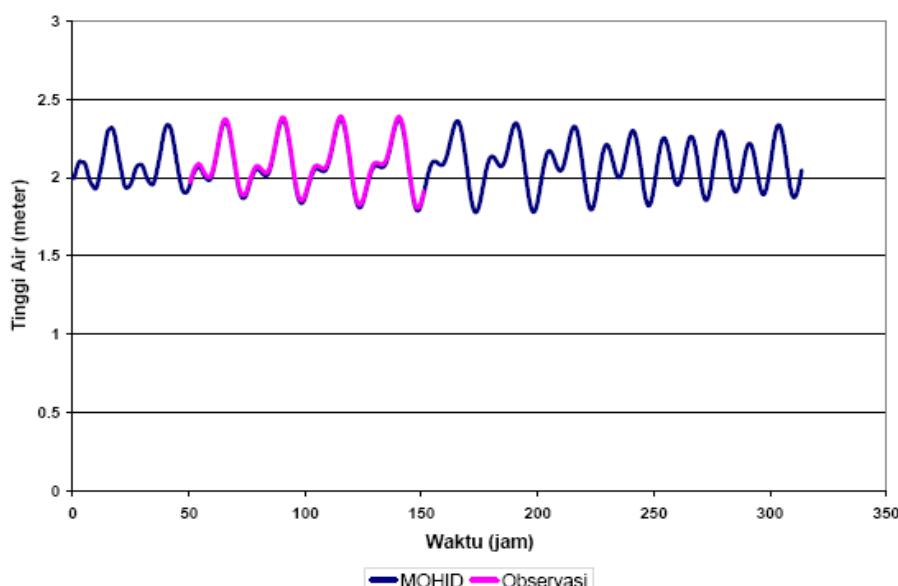
Daerah model penelitian adalah Perairan Cirebon seperti yang terlihat pada Gambar 1. Daerah model dibuat dengan perbandingan skala 1: 555, yaitu setiap ukuran grid $\Delta x = \Delta y = 555$ meter, sehingga terbentuk menjadi 60 x 70 grid yang meliputi seluruh Perairan Cirebon. Faktor pembangkit arus dalam simulasi numeris ini berupa elevasi pasang surut yang diinterpolasi dengan langkah waktu $\Delta t = 1200$ detik. Simulasi model hidrodinamika dijalankan selama 14 hari, dari 10 Oktober hingga 24 Oktober 2011. Nilai batas terbuka untuk input simulasi model adalah komponen harmonik pasang surut yang diperoleh dari model pasut global FES2004 (*Finite Element Solution tide model*) yang dikembangkan oleh Lyard et al (2006). Kedalaman maksimum daerah model mencapai 17 meter, daratan dan garis pantai

ditandai dengan kedalaman -99 meter, sedangkan morfologi garis pantai dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan simulasi. Untuk perbandingan, hasil simulasi diverifikasi dengan data pengamatan lapangan dari SBE Tide Gauge dan RCM7 Aanderaa *current meter* 5 ditambatkan di Perairan Cirebon pada posisi $108,63^\circ$ BT dan $6,47^\circ$ LS selama 336 jam.

III. HASIL DAN DISKUSI

Hasil simulasi model hidrodinamika yang berupa elevasi (tinggi) air laut, komponen kecepatan arus arah U dan V dapat dilihat pada gambar 2,3 dan 4. Berdasarkan hasil visualisasi gambar tersebut, tipe pasang surut Perairan Cirebon adalah tipe campuran

yang cenderung semidiurnal (harian ganda) dengan amplitudo sebesar 1,8 – 2,4 meter. Ini berarti bahwa dalam satu hari di Perairan Cirebon terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. Tidak terjadi amplitudo pasang surut yang mencolok dan fluktuasi muka air laut tersebut diikuti oleh gerakan massa air yang periodik seperti yang terlihat pada Gambar 3 dan 4. Tipe pasang surut campuran yang cenderung semidiurnal hasil visualisasi tersebut didukung oleh hasil perhitungan bilangan Formzahl (F) di stasiun penelitian yang bernilai sebesar 1,21. Nilai F yang berkisar 0,25 – 1,5 menandakan bahwa tipe pasang surut daerah tersebut adalah tipe campuran yang cenderung semidiurnal (Hardisty, 2009).



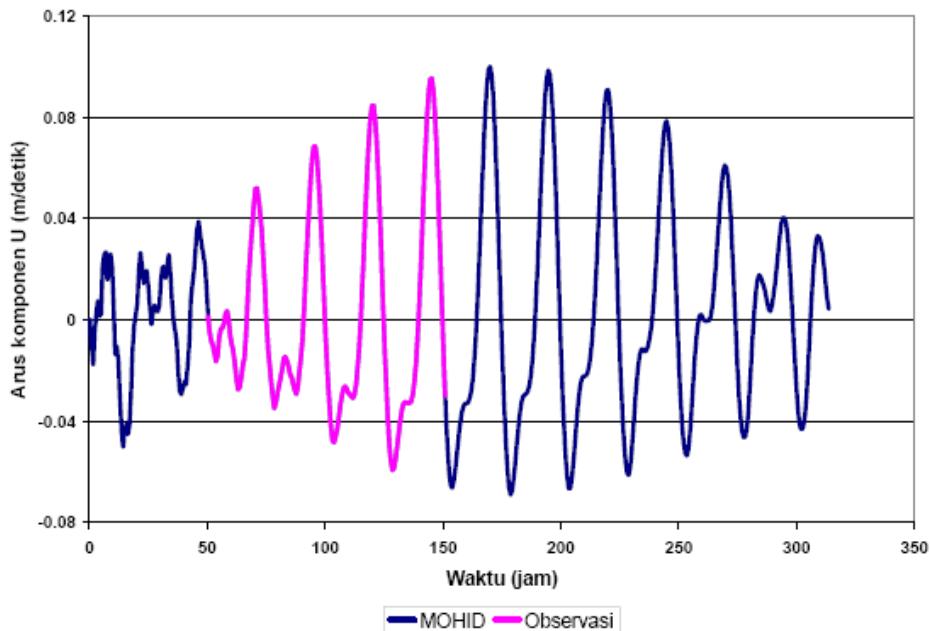
Gambar 2. Verifikasi elevasi muka laut hasil simulasi dengan hasil pengamatan

Tipe pasang surut di Perairan Cirebon yang dihasilkan dari penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Raharjo dan Faturahman (2002). Hasil uji

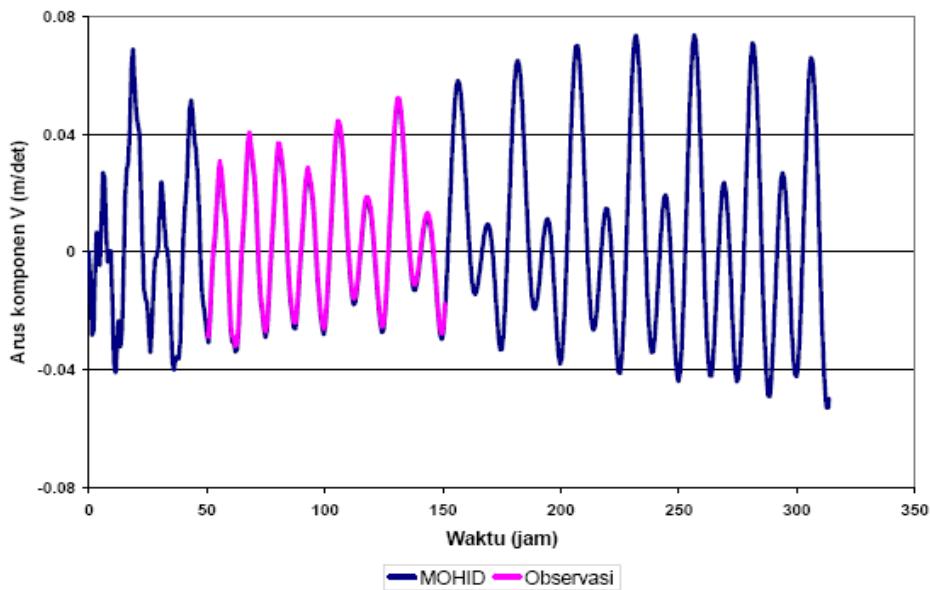
statistik menggunakan *F-test* antara data elevasi muka laut hasil simulasi dengan elevasi muka laut hasil observasi diketahui bahwa kedua data tersebut tidak berbeda

secara signifikan ($p > 0,05$) sehingga hasil simulasi elevasi air laut dianggap dapat

menggambarkan kondisi sebenarnya dengan baik.



Gambar 3. Verifikasi komponen arus pasang surut U hasil simulasi dengan hasil pengamatan



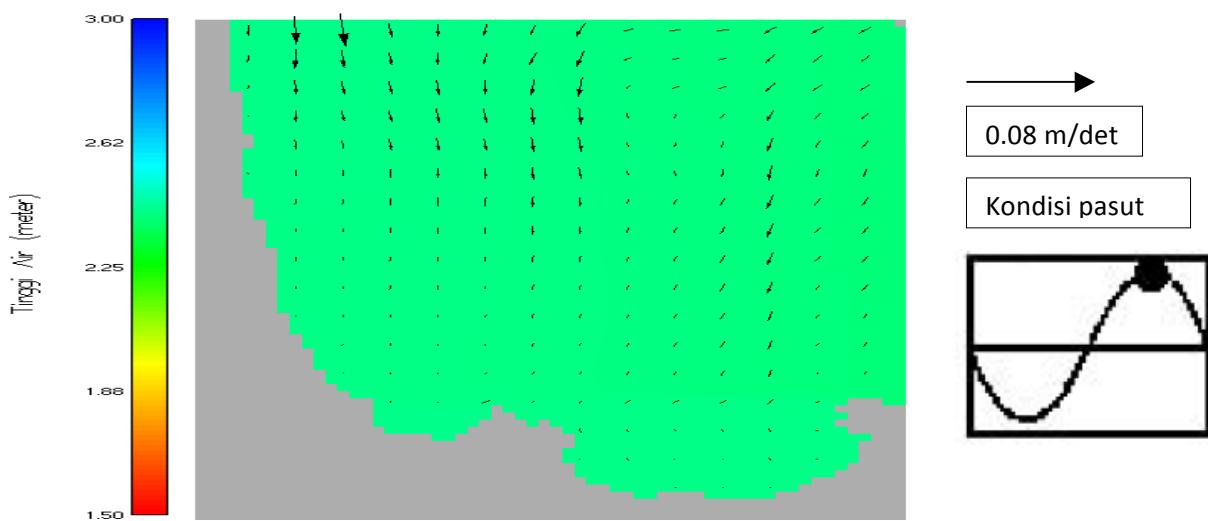
Gambar 4. Verifikasi komponen arus pasang surut V hasil simulasi dengan hasil pengamatan

Hasil verifikasi komponen kecepatan arus arah U dan V menunjukkan adanya perbedaan besarnya amplitudo komponen arus seperti yang terlihat pada Gambar 3 dan 4. Hasil observasi dan hasil simulasi

menunjukkan bahwa komponen kecepatan arus dalam arah U lebih dominan dibandingkan dengan kecepatan arus dalam arah V. Gambar 3 dan 4 juga menunjukkan besarnya ketepatan antara hasil simulasi

dengan hasil observasi dan terlihat bahwa kerapatan grafik simulasi dan observasi komponen kecepatan arus U lebih rapat dibandingkan komponen kecepatan arus V sehingga akurasi simulasi komponen arus dalam arah U lebih mendekati kondisi sebenarnya. Secara umum pola arus pasang

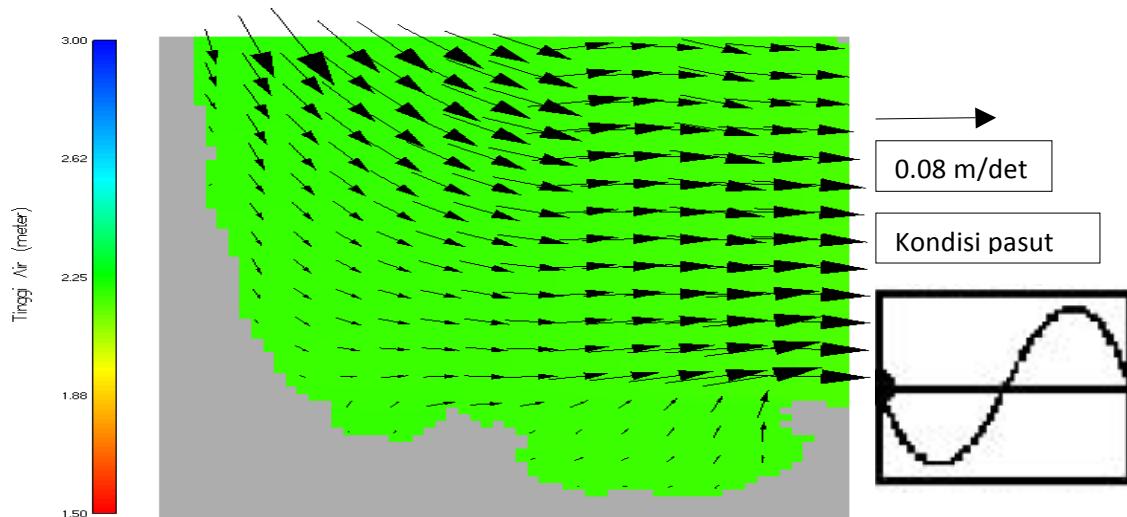
surut hasil simulasi model hidrodinamika pada saat air tertinggi menunjukkan bahwa arus pasang surut didominasi oleh aliran yang bergerak ke arah selatan dengan kecepatan maksimum yang mencapai 0,04 m/det (Gambar 5).



Gambar 5. Pola rata-rata arus pada saat pasang maksimum

Ketika elevasi air mencapai kondisi pasang menuju surut menengah, kecepatan arus pasang surut diketahui lebih besar bila dibandingkan dengan saat air tertinggi dan

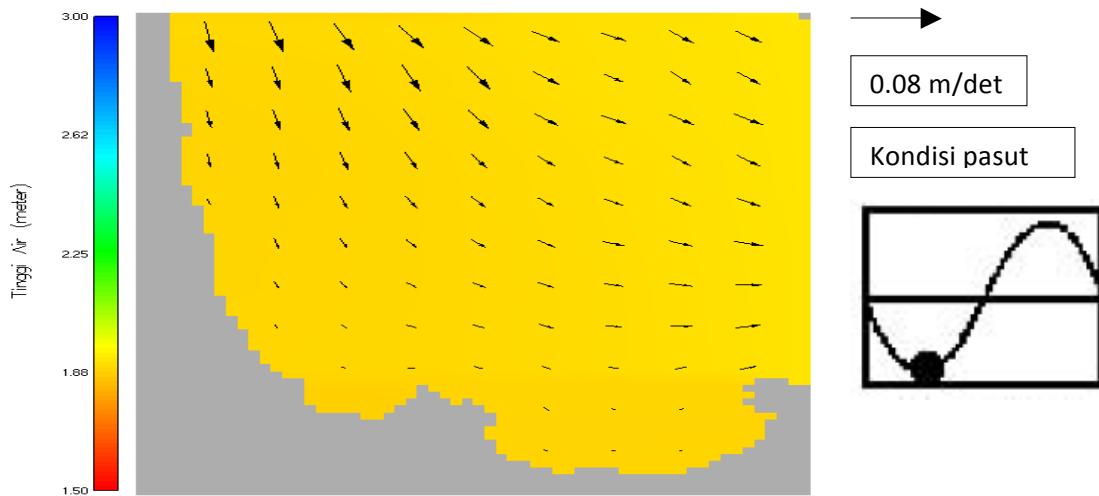
pola arus didominasi oleh aliran yang bergerak ke arah tenggara kemudian berbelok ke arah timur dengan kecepatan maksimum yang mencapai 0,94 m/det (Gambar 6).



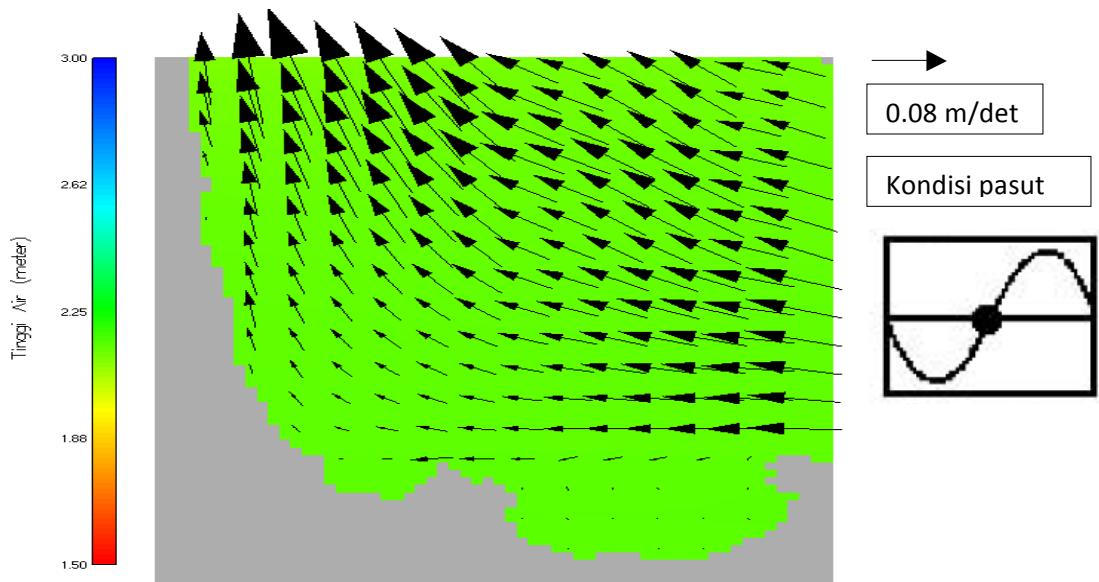
Gambar 6. Pola rata-rata arus pada saat pasang menuju surut menengah

Pada kondisi air terendah, kecepatan arus pasang surut diketahui mulai melemah dengan aliran yang didominasi bergerak ke arah tenggara dengan kecepatan maksimum mencapai 0,05 m/det (Gambar 7). Pada saat elevasi air mencapai kondisi surut menuju pasang menengah, kecepatan arus pasang surut

diketahui meningkat kembali sampai mencapai 0,99 m/det dengan aliran air yang didominasi menuju ke arah barat kemudian berbelok ke arah barat laut (Gambar 8). Pola arus pasang surut hasil simulasi numeris dalam penelitian ini memiliki kesamaan dengan hasil yang didapatkan oleh Siswanto (2008).



Gambar 7. Pola rata-rata arus pada saat surut minimum



Gambar 8. Pola rata-rata arus pada saat surut menuju pasang menengah

IV. KESIMPULAN

4.1. Kesimpulan

Dari hasil dan analisis pengolahan data, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Tipe pasang surut di Perairan Cirebon adalah tipe campuran yang cenderung semidiurnal.
2. Hasil verifikasi simulasi model hidrodinamika terhadap data lapangan sudah memiliki kesesuaian yang cukup baik ($p > 0,05$) sehingga hasil simulasi dapat mendekati kondisi di lapangan.
3. Kondisi arus pasang surut di Perairan Cirebon pada saat surut minimum lebih besar dari saat pasang maksimum. Begitu juga arus pasang surut saat surut menuju pasang menengah lebih besar dari kecepatan arus rata-rata arus saat pasang menuju surut menengah.
4. Pola arus di Perairan Cirebon didominasi oleh arah yang menuju ke arah tenggara kemudian alirannya berbelok ke arah timur pada saat pasang menuju surut menengah. Pada saat surut menuju pasang menengah arus pasang surut didominasi oleh aliran yang menuju ke arah barat yang kemudian alirannya berbelok ke arah barat laut.

4.2. Saran

Arus yang terjadi di Pantai Cirebon dipengaruhi oleh arus pasang surut, sehingga

arus ini dapat dijadikan acuan oleh para nelayan disekitar Pantai Cirebon sebagai salah satu indikator untuk melaut. Arus di Pantai Cirebon masih perlu untuk terus dikaji dengan menggunakan model simulasi hidrodinamika, agar didapatkan hasil yang benar-benar relevan dengan keadaan di lapangan, sehingga masyarakat di sekitar Pantai Cirebon dapat mengetahui dampak kedepan dari prediksi arus pasang surut tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Douglas, R. M. 2001. *Physical Oceanography*. Department of Geophysical Science. University of Chicago, Illinois.
- Duxbury, A. B., Duxbury, A. C., dan Sverdrup, K. A. 2002. *Fundamentals of Oceanography*.
- Hatayama, T., Awaji, T., dan Akitomo, K. 1996. *Tidal Currents in the Indonesian Seas and Their Effect on Transport and Mixing*. Journal of Geophysical Research 101 - C5, 12353-12373.
- Hardisty, J. 2009. *The Analysis of Tidal Stream Power*. John Wiley & Sons Ltd, UK. McGraw Hill Companies, New York.
- Miranda, R., Braunsweig, F., Leitao, P., Neves, R., Martins, F., dan Santos, A. 2000. *MOHID 2000 A Coastal Integrated Object Oriented Model*. Hydraulic Engineering Software VIII: 391-401.
- Lyard, F., Lefévre, F., Letellier, T., dan Francis, O. 2006. *Modelling the Global Ocean Tides: A Modern Insight from FES2004*. Ocean Dynamics 56: 394-415.
- Raharjo, P., dan Faturahman, A. 2002. *Estimasi Kecepatan Sedimentasi di Perairan Astanajapura, Kabupaten*

Cirebon, Jawa Barat.
www.mgi.esdm.go.id.

Siswanto, H. 2008. *Analisis Arus Di Perairan Pantai Desa Kanci, Cirebon. Tugas Akhir.* Program Studi Oseanografi Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Stewart, R.H. 2006. *Introduction to Physical Oceanography.* Department of Oceanography, Texas A & M University.