

**POLA ARUS DAN TRANSPOR SEDIMEN
PADA KASUS PEMBENTUKAN TANAH TIMBUL
PULAU PUTERI KABUPATEN KARAWANG**

Andi W. Dwinanto, Noir P. Purba, Syawaludin A. Harahap, dan Mega L. Syamsudin
Universitas Padjadjaran

Abstrak

Tanah timbul adalah salah satu fenomena yang diakibatkan oleh pengendapan sedimen. Keberadaan tanah timbul akan menyebabkan perubahan pola sirkulasi arus dimana akan menyebabkan perubahan kecepatan arus dan gelombang, sedimentasi maupun kedalaman. Perubahan sirkulasi arus menyebabkan efek yang berantai terhadap suatu ekosistem. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pola pasang surut, karakteristik pola arus, dan transpor sedimen sebelum dan sesudah Pulau Puteri terbentuk. Hasil penelitian karakteristik pola arus perairan Pulau Puteri sebelum terbentuk saat surut terendah dengan kecepatan arus tertinggi berkisar antara 0,266 hingga 0,293 m/s dan pergerakan arus bergerak dari arah timur dan arah barat menuju utara pantai Cikiong. Pada saat pasang tertinggi, kecepatan arus tertinggi berkisar di antara 0,32 hingga 0,346 m/s dan pergerakan arus bergerak dari arah barat menuju timur pantai Cikiong. Karakteristik pola arus perairan Pulau Puteri setelah terbentuk saat surut terendah dengan kecepatan arus tertinggi berkisar di atas 0,373 m/s dan pergerakan arus bergerak dari arah selatan menuju utara Pulau Puteri. Pada saat pasang tertinggi, kecepatan arus tertinggi berkisar di antara 0,346 hingga 0,373 m/s dan pergerakan arus bergerak dari arah selatan dan barat bergerak menuju arah timur Pulau Puteri. Pengendapan sedimen tertinggi pada saat sebelum Pulau Puteri terbentuk berada di sekitar area muara sungai, sedangkan pengendapan sedimen tertinggi pada saat setelah Pulau Puteri terbentuk berada di sekitar selatan Pulau Puteri.

Kata Kunci: Pasang surut, pola arus, transpor sedimen, pemodelan, tanah timbul, Pulau Puteri

PENDAHULUAN

Dinamika perairan laut sangat kompleks terutama di perairan dangkal dan pesisir. Terdapat

fenomena alam terjadi di pesisir perairan antara lain abrasi dan akresi pantai, saltasi, dan fenomena tanah timbul. Fenomena yang tanah timbul terjadi akibat kondisi oseanografi yang menyebabkan pengendapan sedimen di suatu tempat. Hutabarat dan Evans (1985) menyatakan arus merupakan salah satu faktor yang berperan dalam pengangkutan sedimen di daerah pantai. Sedimen tersebut akan terperangkap di suatu tempat jika kondisi arus dan oseanografi lainnya tidak dominan dibandingkan gaya gravitasi. Salah satu fenomena yang diakibatkan oleh pengendapan sedimen yakni tanah timbul. Tanah timbul merupakan sebuah daratan yang muncul akibat adanya endapan sedimen yang terbawa oleh arus yang selanjutnya mengalami perubahan ketinggian permukaan.

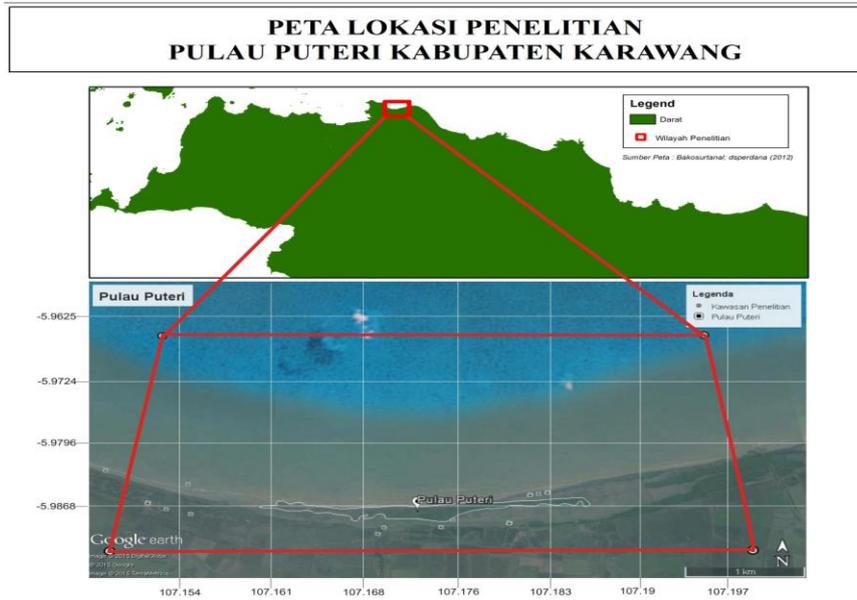
Dalam studi kasus kali ini mengambil kajian tanah timbul yang dinamakan oleh warga setempat Pulau Puteri di kawasan pantai Cikiong Desa Segarjaya Kab. Karawang, Jawa Barat. Pulau Puteri awalnya muncul sekitar tahun 2002. Pulau Puteri berada pada titik koordinat 107.171026° BT dan -5.987623° LS. Asal mula muncul karena dibuat peng-hambat arus laut yang terbuat dari karung-karung yang diisi pasir sehingga material yang dibawa oleh arus laut mengendap dengan posisi memanjang sejajar dengan bibir pantai cikiong. Tanah Timbul Pulau Puteri tidak tenggelam pada saat keadaan pesisir sedang pasang dan diprediksikan akan masih mengalamikan perluasan pulau. Pulau baru ini muncul mengakibatkan perbedaan kondisi oseanografi di sekitar perairan pantai cikiong yang di mana mempengaruhi karakteristik arus sebelum dan sesudah terbentuknya pulau Puteri tersebut.

Berdasarkan atas uraian diatas diperlukan suatu kajian untuk mengetahui karakteristik oseanografi sesudah dan sebelum tanah timbul di perairan Karawang, yaitu dengan melakukan simulasi menggunakan model hidro-oseanografi sebelum dan sesudah terbentuknya tanah timbul dengan menggunakan perangkat lunak MIKE dan pemanfaatan data citra satelit. Penggunaan model pada penelitian ini lebih pada tujuan efisiensi dengan pertimbangan biaya dan waktu yang dibutuhkan yang (Latief, 2002 dalam Sinaga, 2006). Model digunakan merupakan model hidrodinamika dengan data batimetri dan data pasang surut

sebagai penggerak utama dan nilai inputan yang konstan sebagai masukan konsentrasi sedimen tersuspensi (Sinaga *et al*, 2013). Dengan menggunakan model hidro-oseanografi akan terlihat pergerakan pola arus dan transpor sedimen sebelum dan sesudah terbentuknya Pulau Puteri. Pengambilan data penelitian mengacu pada Lim *et al* (2014) untuk pengukuran parameter arus; Ishikawa *et al* (2014); Kusmanto & Setyawan (2013) untuk analisis citra. Pada penelitian ini dibutuhkan data pola arus, pasang surut, sedimen, batimetri, dan angin untuk diperoleh karakteristik oseanografi pada perairan Pulau Puteri. Hal ini dikarenakan keberadaan tanah timbul akan menyebabkan perubahan pola sirkulasi arus dimana akan menyebabkan perubahan kecepatan arus dan gelombang, sedimentasi maupun kedalaman. Perubahan sirkulasi arus menyebabkan efek yang berantai terhadap suatu ekosistem.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni hingga Juli 2016. Lokasi penelitian bertempat di Pulau Puteri. Pulau Puteri secara administratif berada di Desa Segarjaya, Kecamatan Batujaya, Kabupaten Karawang, Jawa Barat. Wilayah penelitian yaitu Pulau Puteri ditujukan oleh kotak berwarna merah dengan luasan koordinat Pulau Puteri 107.148751° BT hingga 107.198266° BT dan -5.991526° LS hingga -5.966096° LS. Uji sampel sedimen dilakukan pada bulan April 2016 di Laboratorium Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran. Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Komputer Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran dan *Personal Computer* (PC). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi yaitu suatu pemeriksaan atau penelitian suatu kondisi di alam dengan interpretasi menggunakan pemodelan hidrodinamika secara sistematis, sederhana, dan cepat. Tujuannya adalah untuk membuat deskripsi atau gambaran secara faktual dan akurat mengenai fakta-fakta serta hubungan fenomena-fenomena yang diamati (Nasir 1983).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dibagi dalam tiga tahap, yaitu tahap pertama, tahap kedua, dan tahap akhir. Pada tahap pertama dari penelitian dengan mencari tentang literatur penelitian dan sumber pustaka tentang tanah timbul Pulau Puteri sebagai referensi. Pada saat *ground check* data yang diambil yaitu data batimetri, sedimen dan pasang surut. Data pasang surut dapat didapat dengan simulasi menggunakan perangkat MIKE. Sedangkan data angin merupakan data penunjang yang diunduh. Dalam pembuatan model hidro-oseanografi, maka dibutuhkan data (Tabel 1).

Proses analisis citra satelit juga dibutuhkan dalam penelitian seperti mengamati perubahan secara visual keadaan pulau pada saat ini dan tahun-tahun sebelumnya. Setelah mendapatkan data penunjang dan data utama selanjutnya membuat model Hidro-oseanografi pola arus dan transport sedimen pada Pulau Puteri dengan membuat dua scenario, terdiri dari model dengan adanya pulau dan tanpa adanya pulau. Selanjutnya menghasilkan model hidrooseanografi sebelum dan sesudah Pulau Puteri terbentuk, melakukan interpretasi dan melakukan penarikan sebuah kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola Arus Pada Surut Terendah Tahun 2002 dan 2016

Simulasi Hidro-dinamika menggunakan model numerik 2 dimensi secara horizontal.

Data yang digunakan sebagai inputan berupa data batimetri yang bersumber dari peta batimetri Topex dan pengambilan data lapangan langsung dan data angin yang digunakan sebagai pembangkit arus permukaan menggunakan data dari Ascet. Data pasang surut digunakan sebagai input data model dari hasil pengukuran langsung di lapangan. Pada Model Hidro-dinamika perairan Pulau Puteri dilakukan 2 simulasi. Simulasi pertama pada saat Pulau Puteri belum terbentuk yaitu tahun 2002 dan simulasi yang kedua pada tahun 2016 pada saat dimana Pulau Puteri sudah terbentuk. Simulasi dilakukan pada tanggal 25 Juni hingga 25 Juli tahun 2002 dan 2016 dimana pada waktu tersebut perairan laut Jawa sedang mengalami angin musim timur yang di mana angin yang berasal dari arah Australia ke arah asia. Sistem muson ini disebabkan karena adanya perbedaan tekanan udara yang merupakan hasil pengaruh ketidakseimbangan pemanasan sinar matahari (Hutabarat dan Evans 1986). Simulasi digambarkan per hari setiap surut terendah masing-masing dengan waktu yang bersamaan pada pukul 00:00 WIB. Simulasi hidrodinamika menggambarkan pergerakan arus yang dipengaruhi oleh pasang surut dan juga syarat batas kedalaman perairan. Dapat dilihat simulasi model arus pada surut terendah tahun 2002 dan 2016 pada Gambar 2.

Tabel 1. Data Penelitian

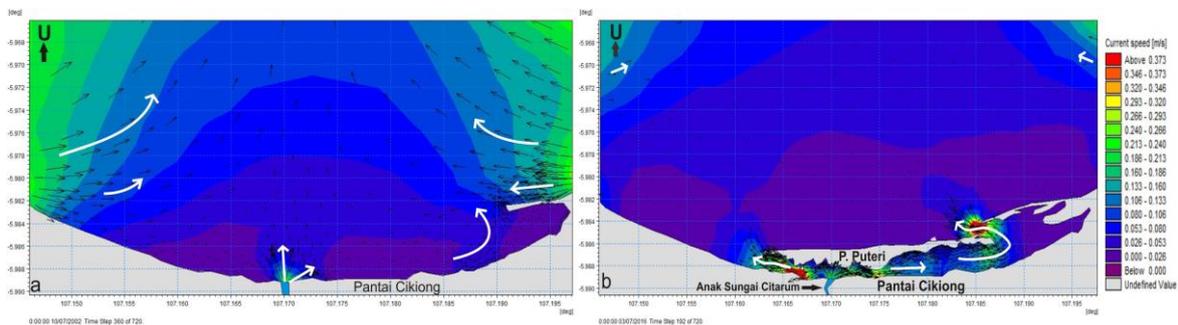
No	Data Set	Tahun	Resolusi		Sumber	Website
			Temporal	Spasial		
1	Angin	2002	Bulanan	4km	Ascat	www.noaa.gov
		2016	Bulanan	4km	Ascat	www.noaa.gov
2	Batimetri	2016			Insitu	
3	Batimetri	2016		6km	Topex	topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_srtm30.cgi
4	Pasut	2016	2 jam		Insitu	
5	Pasut Prediksi	2002	1 jam		MIKE	
		2016	1 jam		MIKE	

Profil pola arus pada tanggal 10 Juli tahun 2002 pukul 00.00 WIB merupakan hasil model Hidro-dinamika (Gambar 2a). Hasil dari simulasi Hidro-dinamika *time-step* 360 menunjukkan bahwa nilai kecepatan arus tertinggi berkisar antara 0,240 hingga 0,266 m/s serta nilai kecepatan arus terendah berkisar pada 0,0 hingga 0,026 m/s. Terlihat kondisi arus pada bulan Juni-Juli 2002 bergerak dari arah timur dan arah barat menuju utara pantai Cikiong. Profil pola arus pada tanggal 3 Juli tahun 2016 pukul 00.00 WIB merupakan hasil model Hidro-dinamika (Gambar 2b). Hasil dari simulasi Hidro-dinamika *time-step* 192 menunjukkan bahwa nilai surut terendah di wilayah tanah timbul Pulau Puteri pada tanggal 3 Juli jam 00.00 dengan nilai surutan terendah berkisar diantara -0,30 m hingga -0,31 m dan nilai kecepatan arus tertinggi berkisar di atas 0,373 m/s sedangkan nilai kecepatan arus terendah adalah 0,0 m/s. Pada Gambar 2b terdapat perbedaan kecepatan arus di perairan Pulau Puteri yang terletak di antara koordinat di antara koordinat 5.984⁰ LS - 5.986⁰ LS dan 107.183⁰ BT – 107.188⁰ BT dan 5.988⁰ LS -

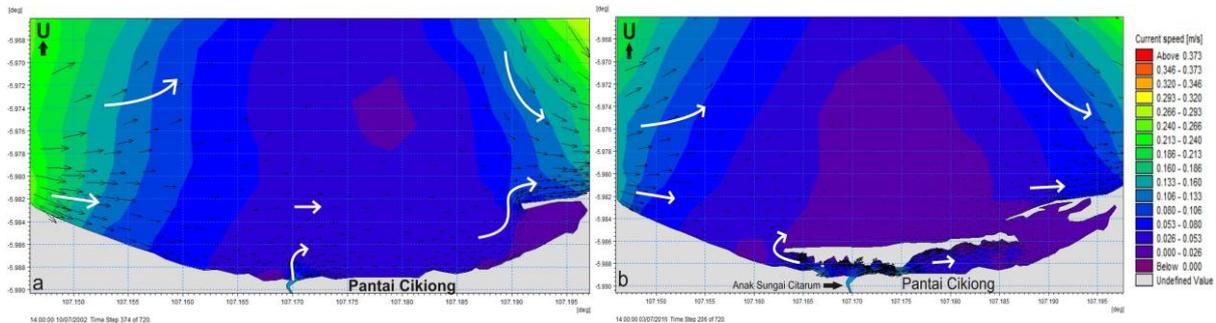
5.990⁰ LS dan 107.165⁰ BT – 107.170⁰ BT yang berada tepat di sebelah barat muara anak sungai Citarum dengan kecepatan arus berkisar di atas 0,373 m/s yang terbilang cukup tinggi dibandingkan di daerah lainnya. Terlihat arah arus bergerak dari arah selatan menuju utara tanah timbul Pulau Puteri.

Pola Arus Pada Pasang Tertinggi Tahun 2002 dan 2016

Profil pola arus pada tanggal 10 Juli tahun 2002 pukul 14.00 WIB merupakan hasil model Hidro-dinamika (Gambar 3a). Hasil dari simulasi Hidro-dinamika *time-step* 374 menunjukkan bahwa nilai kecepatan arus tertinggi berkisar di atas 0,373 m/s dan nilai kecepatan arus terendah 0,0 m/s. Profil pola arus pada tanggal 3 Juli tahun 2016 pukul 14.00 WIB merupakan hasil model Hidro-dinamika (Gambar 3b). Hasil dari simulasi Hidro-dinamika *time-step* 206 menunjukkan bahwa nilai kecepatan arus tertinggi berkisar di atas 0,373 m/s dan nilai kecepatan arus terendah adalah 0,0 m/s.



Gambar 2. Kecepatan Arus Pada Surutan Terendah (a) Juni – Juli 2002 Sebelum Tanah Timbul Pulau Puteri Terbentuk; (b) Juni – Juli 2016 Sesudah Tanah Timbul Pulau Puteri Terbentuk



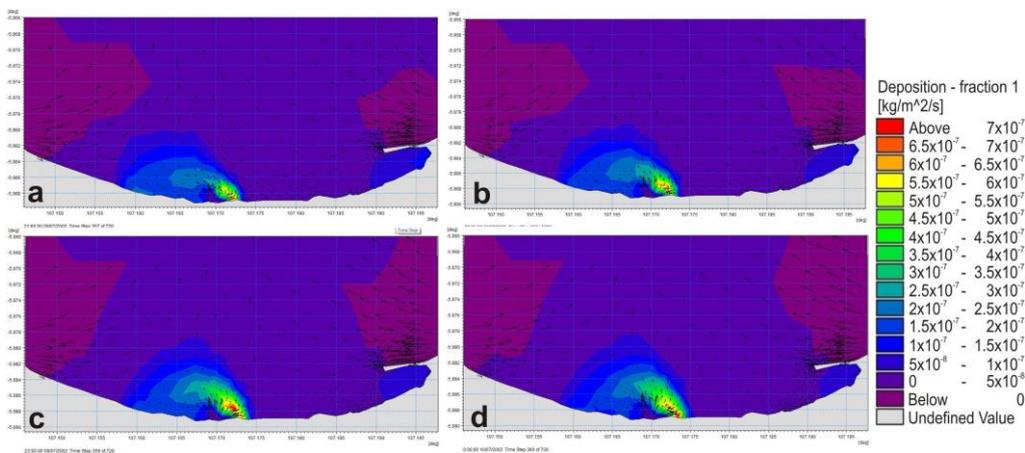
Gambar 3. Kecepatan Arus Pada Pasang Tertinggi (a) Tahun 2002 Sebelum Pulau Puteri Terbentuk; (b) Tahun 2016 Sesudah Pulau Puteri Terbentuk

Pada Gambar 3a menjelaskan hasil nilai pasang tertinggi di wilayah perairan Pantai Cikiong pada tanggal 10 Juli 2002 jam 14.00 dengan nilai pasang tertinggi berkisar 0,48 m sampai 0,49 m dan nilai kecepatan arus tertinggi berkisar di atas 0,293 m/s serta nilai kecepatan arus terendah 0,00 m/s. Pada gambar terdapat perbedaan kecepatan arus di perairan Pantai Cikiong yang terletak di antara koordinat 5.960° LS - 5.968° LS dan 107.195° BT - 107.200° BT dengan kecepatan arus 0,266 hingga 0,293 m/s yang terbilang cukup tinggi dibandingkan di daerah lainnya. Terlihat arah arus pada Gambar 3a bergerak dari arah barat menuju timur pantai Cikiong. Berdasarkan Gambar 3b pada tahun 2016 hasil nilai pasang tertinggi di wilayah Pulau Puteri pada tanggal 3 Juli jam 14.00 dengan nilai pasang tertinggi berkisar antara 0,42 m hingga 0,43 m dan nilai kecepatan arus tertinggi berkisar di antara 0,266 hingga 0,293 m/s yang terletak di antara koordinat 5.964° LS - 5.968° LS dan 107.195° BT - 107.2° BT. Pada

Gambar 6b nilai kecepatan arus terendah berkisar di antara 0,00 hingga 0,026 m/s yang terdapat di sebelah utara dan barat Pulau Puteri yang ditandai oleh warna biru keunguan. Terlihat arah arus pada Gambar 3b dari arah selatan dan barat bergerak menuju arah timur Pulau Puteri.

Transpor Sedimen Tahun 2002

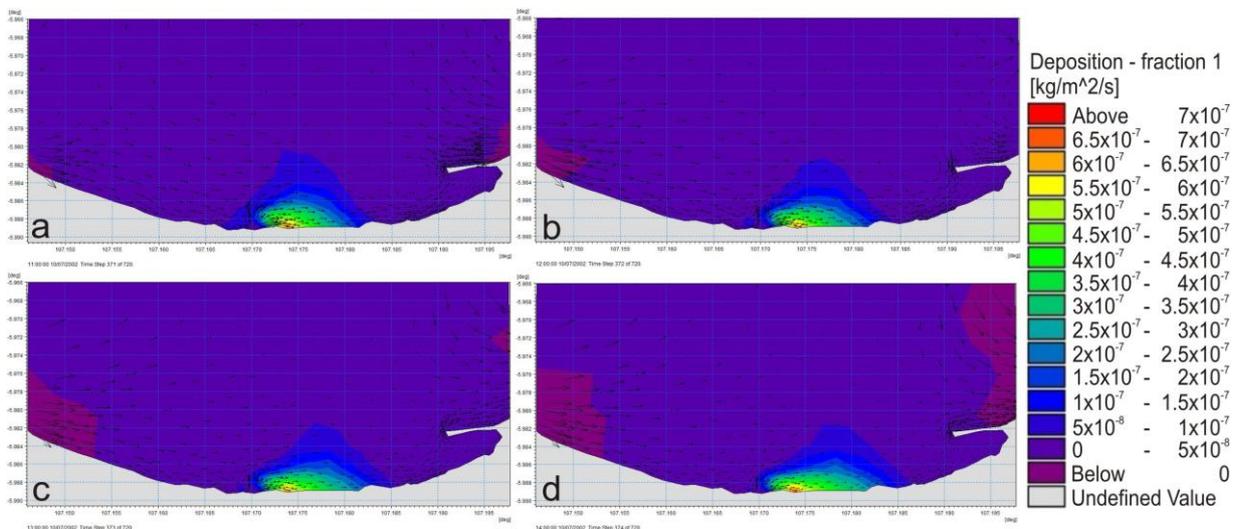
Hasil simulasi transpor sedimen dengan waktu simulasi selama 1 bulan (25 Juni – 24 Juli 2002) memperlihatkan perpindahan sedimen pada wilayah perairan Pantai Cikiong. Simulasi digambarkan per hari setiap surut terendah pada pukul 00:00 WIB dan pasang tertinggi 14:00 WIB. Simulasi transport sedimen menggambarkan pergerakan dan perpindahan sedimen yang dipengaruhi oleh arus, pasang surut, maupun kedalaman dasar laut. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dimana pergerakan sedimen pada saat menuju surut terendah.



Gambar 4. Transpor Sedimen Menuju Surut Terendah Bulan Juni - Juli Tahun 2002. (a) 3 Jam Sebelum Surut Terendah; (b) 2 Jam Sebelum Surut Terendah; (c) 1 Jam Sebelum Surut Terendah; (d) Surut Terendah

Dapat dilihat pada Gambar 4 profil transpor sedimen tiga jam menuju surut paling rendah yaitu pukul 00.00 WIB. Pengendapan sedimen paling tinggi terjadi di sekitar muara dengan ditunjukannya warna hijau hingga yang paling tinggi adalah warna merah. Pengendapan semakin tinggi dan luas saat menuju surut terendah, arus dari arah barat muara mempengaruhi pergerakan sedimen sehingga pengendapan sedimen di sebelah timur muara menjadi semakin tinggi. Profil transpor sedimen pada tanggal 10 Juli tahun 2002 pukul 00.00 WIB merupakan hasil model *Mud Transport* (Gambar 4d). Hasil dari simulasi transpor sedimen *time-step* 360 menunjukkan bahwa nilai transpor sedimen tertinggi berkisar antara 6.5×10^{-7} $\text{kg/m}^2/\text{s}$ hingga 7×10^{-7} $\text{kg/m}^2/\text{s}$ serta nilai transpor sedimen terendah adalah $0 \text{ kg/m}^2/\text{s}$. Sedimen bergerak ke arah barat, utara hingga timur muara, dapat dilihat pada area pantai yang mendekati muara terdapat warna yang berbeda. Pada area barat hingga utara muara terdapat warna biru tua hingga biru muda dengan nilai 5×10^{-8} hingga 3×10^{-7} $\text{kg/m}^2/\text{s}$. Pada area utara hingga timur muara terdapat warna hijau muda hingga warna orange dengan nilai 3×10^{-7} hingga 7×10^{-7} $\text{kg/m}^2/\text{s}$, hal ini menunjukkan pengendapan sedimen terbanyak terjadi pada area utara muara hingga timur muara. Kondisi perairan berbeda pada saat menuju pasang tertinggi dapat dilihat pada Gambar 5.

Dapat dilihat pada Gambar 5 profil transpor sedimen tiga jam menuju pasang tertinggi yaitu pukul 14.00 WIB. Pengendapan sedimen paling tinggi terjadi di sekitar muara dengan ditunjukannya warna biru muda hingga yang paling tinggi adalah warna kuning kecoklatan. Arus mengarah ke timur dari barat mempengaruhi pengendapan sedimen sehingga pengendapan pada pasang tertinggi bergerak ke arah timur muara. Pengendapan tertinggi terjadi di pesisir pantai Cikiong yang ditunjukkan dengan warna kuning kecoklatan. Hasil dari simulasi transpor sedimen *time-step* 374 menjelaskan hasil nilai pasang tertinggi di wilayah perairan Pantai Cikiong pada tanggal 10 Juli tahun 2002 jam 14.00 dengan nilai pasang tertinggi berkisar 0,48 sampai 0,49 m dan nilai transpor sedimen tertinggi berkisar antara 6×10^{-7} hingga 6.5×10^{-7} $\text{kg/m}^2/\text{s}$ serta nilai transpor sedimen terendah adalah $0,0 \text{ kg/m}^2/\text{s}$ (Gambar 10). Sedimen bergerak ke arah timur muara dengan ditandai warna biru hingga berwarna kuning kecoklatan dengan nilai 5×10^{-8} hingga 6.5×10^{-7} $\text{kg/m}^2/\text{s}$. Dapat diperhatikan bahwa saat pasang tertinggi, arus bergerak searah dari barat menuju timur sehingga sedimen yang berasal dari muara mengendap ke arah timur muara. Rekap nilai transport sedimen pada saat surut terendah dan pasang tertinggi tahun 2002 dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 5. Transpor Sedimen Menuju Pasang Tertinggi Bulan Juni - Juli Tahun 2002. (a) 3 Jam Sebelum Pasang Tertinggi; (b) 2 Jam Sebelum Pasang Tertinggi; (c) 1 Jam Sebelum Pasang Tertinggi; (d) Pasang Tertinggi

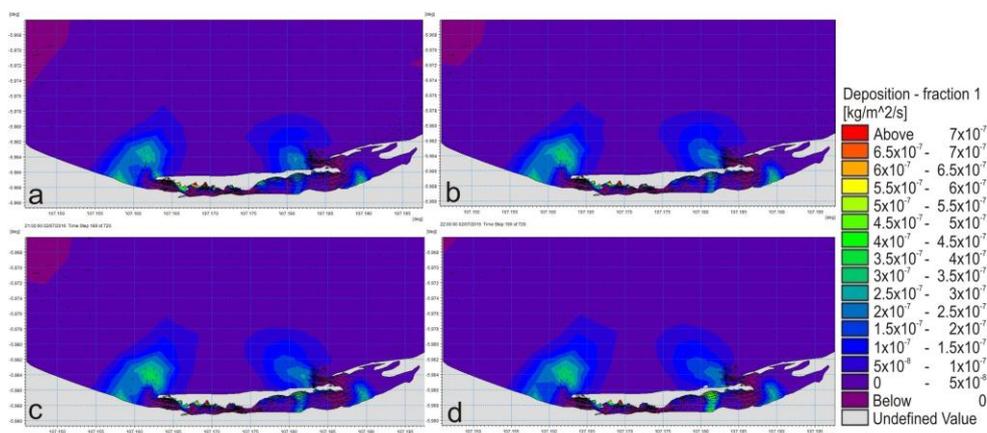
Tabel 2. Rekap Nilai Transpor Sedimen Tahun 2002

No	Tanggal (2002)	Waktu (WIB)	Pasang Surut (Meter)	Sedimen Tertinggi (kg/m ² /s)	Sedimen Terendah (kg/m ² /s)
1	10 Juli	00.00	-0,39 hingga -0,40	6.5 x 10 ⁻⁷ hingga 7 x 10 ⁻⁷	0,0
2	10 Juli	14.00	0,48 sampai 0,49	6 x 10 ⁻⁷ hingga 6.5 x 10 ⁻⁷	0,0

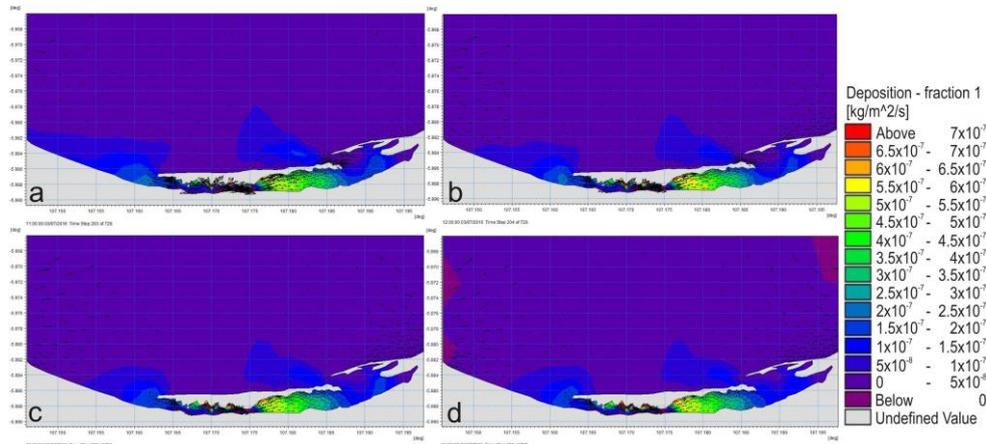
Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa pada surut terendah nilai sedimen tertinggi lebih tinggi dari saat pasang tertinggi. Nilai sedimen tertinggi pada saat surut terendah tanggal 10 juli 2002 pukul 00.00 yaitu berkisar diantara 6.5 x 10⁻⁷ hingga 7 x 10⁻⁷ kg/m²/s. Berbeda dengan pada saat pasang tertinggi tanggal 10 juli 2002 pukul 14.00 bernilai 6 x 10⁻⁷ hingga 6.5 x 10⁻⁷ kg/m²/s. Namun pada masing-masing memiliki nilai sedimen terendah yang sama yaitu 0 kg/m²/s. Berdasarkan model pola arus dan transpor sedimen tahun 2002 terlihat adanya kecocokan dimana pada saat kecepatan arus dan arah arus mempengaruhi arah pergerakan dan pengendapan sedimen. Arus yang berasal dari muara sungai membawa material sedimen menuju laut namun pada saat kecepatan arus rendah yang terjadi di utara pantai membuat pengendapan sedimen semakin tinggi. Pengendapan sedimen yang tinggi dikarenakan arus laut yang kecil tidak dapat membuat sedimen bergerak. Hal ini sesuai dengan pernyataan Komar (1998) dalam Siregar *et al* (2014) bahwa terbentuknya sudut datang gelombang akan mempengaruhi nilai arus sejajar pantai dimana dapat memungkinkan sedimen dasar berpindah sepanjang pantai dan terendapkan pada daerah dimana kecepatan arus tidak mampu lagi untuk memindahkan sedimen.

Transpor Sedimen Tahun 2016

Hasil simulasi transport sedimen dengan waktu simulasi selama 1 bulan (25 Juni – 24 Juli 2016) memperlihatkan perpindahan sedimen pada wilayah perairan Pulau Puteri. Simulasi digambarkan per hari setiap surut terendah pada pukul 00:00 WIB dan pasang tertinggi 14:00 WIB. Simulasi transpor sedimen menggambarkan pergerakan sedimen yang dipengaruhi oleh arus, pasang surut maupun kedalaman dasar laut. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 di mana pergerakan sedimen pada surutan terendah. Profil transpor sedimen tiga jam menuju surut paling rendah yaitu pukul 00.00 WIB. Pengendapan sedimen paling tinggi terjadi di selatan Pulau Puteri yang menghadap ke muara dengan ditunjukkannya warna hijau hingga yang paling tinggi adalah warna merah. Pengendapan semakin tinggi dan luas saat menuju surut terendah. Peningkatan endapan sedimen juga terjadi di barat laut Pulau puteri dan selatan Pulau Puteri yang sedikit lebih ke timur, dengan ditandai semakin luasnya warna hijau. Profil transpor sedimen pada tanggal 3 Juli 2016 jam 00.00 merupakan hasil model Mud Transport (Gambar 6d). Hasil dari simulasi transpor sedimen *time-step* 192 menunjukkan bahwa nilai tanspor sedimen tertinggi berkisar di atas 7 x 10⁻⁷ kg/m²/s dan nilai transpor sedimen terendah berkisar di bawah 0 kg/m²/s.



Gambar 6. Transpor Sedimen Menuju Surut Terendah Bulan Juni – Juli Tahun 2016. (a) 3 Jam Sebelum Surut Terendah; (b) 2 Jam Sebelum Surut Terendah; (c) 1 Jam Sebelum Surut Terendah; (d) Surut Terendah



Gambar 7. Transpor Sedimen Menuju Pasang Tertinggi Tahun 2016. (a) 3 Jam Sebelum Pasang Tertinggi; (b) 2 Jam Sebelum Pasang Tertinggi; (c) 1 Jam Sebelum Pasang Tertinggi; (d) Pasang Tertinggi

Dapat dilihat pada Gambar 7 profil transpor sedimen tiga jam menuju pasang paling tinggi yaitu pukul 14.00 WIB. Pengendapan sedimen paling tinggi terjadi di selatan Pulau Puteri dengan ditunjukkannya warna hijau hingga yang paling tinggi adalah warna merah. Pengendapan tidak mengalami perubahan yang signifikan pada saat menuju pasang tertinggi, namun dapat dilihat sedikit pergerakan sedimen di wilayah barat Pulau Puteri yang ditunjukkan oleh warna biru. Pergerakan endapan sedimen tersebut dipengaruhi arah arus laut yang bergerak dari arah barat menuju arah timur. Hasil dari simulasi transpor sedimen *time-step* 206 menunjukkan bahwa nilai transpor sedimen tertinggi berkisar di atas $7 \times 10^{-7} \text{ kg/m}^2/\text{s}$ dan nilai transpor sedimen terendah $0 \text{ kg/m}^2/\text{s}$. Pada Gambar 7d menjelaskan hasil nilai pasang tertinggi di wilayah Pulau Puteri pada tanggal 3 Juli 2016 jam 14.00 dengan nilai pasang tertinggi berkisar antara 0,42 m hingga 0,43 m. Pengendapan terbesar pada saat pasang tertinggi terjadi di Selatan Pulau Puteri yang memiliki nilai tertinggi berkisar di atas $7 \times 10^{-7} \text{ kg/m}^2/\text{s}$ ditandai dengan warna merah. Pengendapan sedimen tertinggi terjadi di selatan muara karena sedimen yang berasal dari muara terhalang oleh Pulau Puteri. Rekap nilai transpor sedimen pada saat surut terendah dan pasang tertinggi tahun 2016 dapat dilihat pada Tabel 3.

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa pada surut terendah tanggal 3 juli 2016 pukul 00.00 nilai sedimen tertinggi memiliki nilai yang sama dengan pada saat pasang tertinggi tanggal 3 juli 2016 pukul 14.00. Nilai sedimen tertinggi pada saat surut terendah dan pasang tertinggi yaitu di atas $7 \times 10^{-7} \text{ kg/m}^2/\text{s}$. Begitu juga dengan nilai sedimen terendah masing-masing memiliki nilai yang sama yaitu $0 \text{ kg/m}^2/\text{s}$. nilai pengendapan sedimen $7 \times 10^{-7} \text{ kg/m}^2/\text{s}$ dapat menyebabkan pengendapan sedimen dan dapat dikatakan termasuk pada laju pengendapan sedimen sedang. Hal ini berdasarkan Arironang *et al* 2014 dimana nilai laju pengendapan sedimen $4.97 \times 10^{-8} \text{ kg/m}^2/\text{s}$ dapat dikatakan rendah, $2.9 \times 10^{-7} \text{ kg/m}^2/\text{s}$ termasuk sedang, dan $4.41 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2/\text{s}$ dikatakan termasuk kategori tinggi. Berdasarkan model pola arus dan transpor sedimen bulan Juni-Juli 2016 sama seperti pada bulan Juni-Juli 2002 terlihat adanya kecocokan dimana pada saat kecepatan arus dan arah arus mempengaruhi arah pergerakan dan pengendapan sedimen. Arus yang berasal dari muara sungai membawa material sedimen menuju selatan Pulau Puteri. Kecepatan arus yang berada di sekitar muara tepatnya di Pantai Cikiong cukup tinggi dan mengakibatkan pengendapan sedimen pada area itu rendah. Hal ini mengakibatkan sedimen langsung menuju ke arah selatan Pulau Puteri dan terjadi pengendapan sedimen yang tinggi.

Tabel 3. Rekap Nilai Transpor Sedimen Tahun 2016

No	Tanggal (2016)	Waktu (WIB)	Pasang Surut (Meter)	Sedimen Tertinggi ($\text{kg/m}^2/\text{s}$)	Sedimen Terendah ($\text{kg/m}^2/\text{s}$)
1	3 Juli	00.00	-0,30 hingga -0,31	Di atas 7×10^{-7}	0,0
2	3 Juli	14.00	0,42 hingga 0,43	Di atas 7×10^{-7}	0,0

SIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi pemodelan yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa Karakteristik pola arus perairan tanah timbul Pulau Puteri sebelum terbentuk saat surut terendah dengan kecepatan arus tertinggi berkisar antara 0,240 hingga 0,266 m/s dan pergerakan arus bergerak dari arah timur dan arah barat menuju utara pantai Cikiong. Pada saat pasang tertinggi, kecepatan arus tertinggi berkisar di antara 0,266 hingga 0,293 m/s dan pergerakan arus bergerak dari arah barat menuju timur Pantai Cikiong. Karakteristik pola arus setelah tanah timbul Pulau Puteri terbentuk pada saat surut terendah dengan kecepatan arus tertinggi berkisar di atas 0,373 m/s dan pergerakan arus bergerak dari arah selatan menuju utara Pulau Puteri. Pada saat pasang tertinggi, kecepatan arus tertinggi berkisar di antara 0,266 hingga 0,293 m/s dan pergerakan arus bergerak dari arah selatan dan barat bergerak menuju arah timur Pulau Puteri. Pengendapan sedimen tertinggi pada saat sebelum tanah timbul Pulau Puteri terbentuk berada di sekitar area muara anak sungai Citarum, sedangkan pengendapan sedimen tertinggi pada saat setelah tanah timbul Pulau Puteri terbentuk berada di sekitar selatan Pulau Puteri.

DAFTAR PUSTAKA

- Aritonang, A.E, H. Surbakti dan A.I.S. Purwiyanto. 2014. *Laju Pengendapan Sedimen di Pulau Anakan Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan*. Jurnal Ilmu Kelautan Universitas Sriwijaya. Vol. 6, No. 2, Juli 2014.
- Haryono & S. Narni. 2004. *Karakteristik Pasang Surut Laut di Pulau Jawa*. Jurnal Fakultas Teknik, UGM VOL. 28, NO. I. Januari 2004
- Hutabarat, S. dan S. Evans. 1985. *Pengantar Oseanografi*. Penerbit UI – Press, Jakarta.
- Ishikawa, T., T. Komine, S. I. Aoki & T. Okabe, 2014. *Characteristics of Rip Current Drowning on the Shores of Japan*. Journal of Coastal Research (SI 72), 44-49.
- Kusmanto, E., dan W. B. Setyawan. 2013. *Arus Rip di Perairan Pesisir Pangandaran, Jawa Barat*. Jurnal Ilmu Kelautan UNDIP, Vol.18(2):61-70.
- Lim, H. S., C. S. Kim, H. J. Lee, J. S. Shim, S. J. Kim, K. S. Park, et al. 2014. *Variability of Residual Current and Waves in Haeundae Beach Using Long-term Observed AWAC Data*. Journal of Coastal Research, 166-172.
- Nasir, M. 1983. *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Sinaga, T.P.T. 2006. *Studi Transport Sedimen Sepanjang Pantai di Pantai Kecamatan Alfa-Beta dengan Pendekatan Model Menggunakan NEMOS*. Jurnal Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, UNDIP.
- Sinaga, A. T., A. Satriadi, Hariyadi, & F. Novico. 2013. *Pola Sebaran Sedimen Tersuspensi Berdasarkan Model Pola Arus Pasang Surut di Perairan Teluk Balikpapan, Kalimantan Timur*. Jurnal Ilmu Kelautan UNDIP, Vol 2:329-336.
- Siregar, C. R. E., G. Handoyo, & A. Rifai. 2014. *Studi Pengaruh Faktor Arus Dan Gelombang Terhadap Sebaran Sedimen Dasar Di Perairan Pelabuhan Kaliwungu Kendal*. Jurnal Ilmu Kelautan UNDIP. Volume 3, Nomor 3, Tahun 2014, Halaman 338 – 346.
- Surbakti, H. 2007. *Karakteristik Pasang Surut dan Pola Arus di Muara Sungai Musi, Sumatera Selatan*. Jurnal Ilmu Kelautan Universitas Sriwijaya.