

Analisis Hidrodinamika di Perairan Lemong, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung Menggunakan Piranti Surface-Water Modeling System

Andojo Wurjanto ¹⁾, Harman Ajiwibowo ²⁾

^{1,2)} Teknik Kelautan, Institut Teknologi Bandung

¹⁾ andojowurjanto@gmail.com, ²⁾ harman.ajiwibowo65@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v13i2.6480>

Hydrodynamic Analysis Using Surface-water Modeling System in Lemong Waters, West Lampung Regency, Lampung Province

ABSTRACT

Lemong Beach is part of the western coast of Lampung Province which is prone to abrasion caused by the Indian Ocean waves. This study aims to identify the tidal and current characteristics in Lemong waters as a part of coastal protection planning. The tidal analysis is performed by using the RMA2 module from Surface-Water Modeling System (SMS). Data utilized in the model including bathymetry and local tidal elevations from field surveys. Modeling is conducted using an online nesting method utilizing four stages of grid resolution with 1 x 1 km² as the highest used around the Lemong Beach Waters. The model is validated with the tidal elevations measured in two points in shallow water and three points in deep water areas. The modeling result shows that the tidal range of Lemong Beach Waters is approximately 1.4 meters as a mixed tide, dominantly in semi-diurnal. The model also shows that the current pattern in Lemong Beach Waters is dominantly moving towards southeast during flows and towards northwest during ebbs. Modeling can be further improved by including current speed from field measurement in the validation process.

Keywords: current, Lemong, RMA2, SMS, tides

ABSTRAK

Pantai Lemong merupakan bagian dari Kawasan Pantai Pesisir Barat, Provinsi Lampung yang berpotensi terkena abrasi akibat gelombang dari Samudera Hindia. Rencana pengamanan pantai diperlukan untuk mencegah abrasi. Studi ini dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik pasang surut dan arus di perairan Lemong sebagai parameter untuk perencanaan pengamanan pantai. Analisis pasang surut dan arus dilakukan dengan pemodelan numerik pada modul RMA2 dari perangkat lunak Surface-Water Modeling System (SMS). Data yang digunakan pada pemodelan adalah batimetri dan elevasi pasang surut setempat yang didapatkan dari hasil survei. Pemodelan dilakukan dengan metode online nesting dengan empat tingkat resolusi grid dengan resolusi tertinggi pada 1 x 1 km² saat mendekati ke Perairan Pantai Lemong. Hasil pemodelan divalidasi dengan data lapangan berupa elevasi pasang surut pada dua titik di perairan dangkal dan tiga titik di perairan dalam. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa tunggang pasang surut di wilayah Pantai Lemong mencapai 1,4 m dengan tipe mixed – dominan semi diurnal. Hasil pemodelan juga menunjukkan pola arus di Perairan Lemong yang memiliki arah dominan menuju Tenggara saat pasang dan menuju Barat Laut saat surut. Untuk pengembangan model berikutnya, disarankan agar menyertakan data kecepatan arus hasil survei lapangan dalam proses validasi sehingga kesesuaian hasil pemodelan dengan lapangan dapat lebih ditingkatkan.

Keywords: arus, Lemong, pasang surut, RMA2, SMS

PENDAHULUAN

Pantai Lemong merupakan salah satu kawasan pariwisata di Kecamatan Lemong, pesisir barat Provinsi Lampung. Kecamatan Lemong terletak pada koordinat 05° 01' 50" Lintang Selatan dan 103° 46' 01" Bujur Timur di Provinsi Lampung, Pulau Sumatera. Kecamatan Lemong memiliki luas wilayah 454,99 km² atau 15,65% dari luas Kabupaten Pesisir Barat. Perairan ini berbatasan dengan Kec. Nasal, Kab. Kaur, Bengkulu (Utara), Kec. Pesisir Utara (Selatan), Samudera Hindia (Barat).

Sisi barat dari Pulau Sumatera merupakan wilayah yang saat ini mengalami abrasi berkelanjutan. Pada jalur lintas barat (Jalinbar) di Provinsi Bengkulu, misalnya, tingkat abrasi bervariasi dari 0.5 m per tahun seperti di Pantai Pasar Bawah Manna hingga 5 meter per tahun di wilayah kota Bengkulu (Suwarsono et al., 2011). Kecamatan Ngambur di Kabupaten Pesisir Barat, Lampung yang merupakan Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) juga merupakan yang terkena dampak abrasi. Abrasi pada wilayah tersebut menyebabkan penyusutan tidak dapat bertelur. Posisi Pantai Lemong yang

Article History:

Received: January, 19th 2020; **Accepted:** May, 10th 2020

REKAYASA ISSN: 2502-5325 has been Accredited by Ristekdikti (Arjuna) Decree: No. 23/E/KPT/2019 August 8th, 2019 effective until 2023

Cite this as:

Wurjanto, A., & Ajiwibowo, H. (2020). Analisis Hidrodinamika di Perairan Lemong, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung Menggunakan Piranti Surface-Water Modeling System. *Rekayasa*, 13(2), 154-163. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v13i2.6480>

juga berada pada Pesisir Barat Lampung menjadikan Pantai Lemong juga terancam mengalami abrasi.

Gelombang merupakan salah satu faktor penyebab abrasi. Gelombang besar berperiode panjang seperti dari badai atau gelombang badai kecil yang beriringan (*storm cluster*) merupakan penyebab abrasi yang drastis (Castelle et al., 2015). Wilayah pesisir barat Lampung berhadapan langsung dengan Samudera Hindia sehingga seringkali dikenai gelombang besar. Berdasarkan laporan dari Badan Meteorologi dan Geofisika pada tahun 2019, gelombang pada wilayah pesisir barat Lampung dapat mencapai 4 hingga 6 meter pada bulan Oktober 2019.

Perencanaan pengamanan pantai diperlukan untuk menjaga pantai dari kerusakan berupa abrasi akibat gelombang. Solusi pengamanan pantai dapat berupa solusi alami atau buatan. Solusi alami berupa penanaman vegetasi seperti mangrove terbukti dapat mengurangi erosi dalam jangka panjang, namun tidak efektif dalam menghadapi gelombang besar (Gedan et al., 2011). Vegetasi yang ditanam juga perlu dijaga dalam proses pertumbuhannya agar tidak rusak terkena gelombang besar.

Solusi buatan untuk mencegah abrasi akibat gelombang dapat berupa (1) *seawall*, (2) *bulkhead*, (3) *revetment*, (4) *beach nourishment*, (5) *detached breakwater*, (6) *groin*, dan (7) *sand bypassing* (Pilarczyk, 2012). Solusi berupa *hard structure* seperti *groin* dan *detached breakwater* memiliki kelemahan diantaranya menyebabkan erosi di tempat lain dan dampak visual atas pembangunan *hard structure* yang mungkin tidak diminati masyarakat (Rangel et al., 2018). Namun, *hard structure* juga memiliki kelebihan yaitu dapat mempertahankan garis pantai persis pada lokasi yang didesain sebagaimana pada *seawall* (Balaji et al., 2017). Oleh karena itu, pengamanan pantai yang cocok untuk memastikan pencegahan abrasi pada wilayah Pantai Lemong dalam waktu yang relatif singkat adalah pengamanan pantai buatan. Selain itu, desain *hard structure* secara ukuran dan material juga dapat diskalakan sesuai dengan kondisi lingkungan setempat.

Perencanaan struktur pengaman pantai buatan membutuhkan data lingkungan antara lain batimetri, gelombang, arus, dan pasang surut. Batimetri menentukan ukuran struktur dimana semakin dalam pengaman pantai ditempatkan maka semakin besar struktur yang harus dibangun. Hal ini disebabkan karena bangunan pantai memerlukan bagian puncak atau *crest* yang cukup tinggi untuk menahan gelombang sementara harus tetap berada menapak di dasar laut. Selain itu, bentuk dari pengaman pantai yang paling lazim adalah bangunan tipe *rubble mound* dengan kemiringan (Goda, 2010).

Gelombang mempengaruhi desain dari pengaman pantai dari berbagai aspek. Gelombang merupakan salah satu penentu tinggi dan lebar puncak desain bangunan pengaman pantai. Gelombang juga menjadi gaya pada bangunan pengaman pantai (Goda, 2010). Pada penelitian oleh Manansang et al., (2018), pola sedimentasi pada pantai dipengaruhi gelombang bersamaan dengan konfigurasi dari pemecah gelombang sebagai salah satu jenis bangunan pengaman pantai.

Selain gelombang, arus juga menentukan pola sedimentasi pada pantai. Data arus perlu diketahui untuk menentukan pola sedimentasi dan erosi di wilayah sekitar bangunan pengaman pantai setelah struktur dibangun. Pada penelitian oleh Febribusmadian et al. (2012), sedimentasi butiran pasir dipengaruhi oleh kecepatan arus dimana butiran berupa sedimen dan lanau mengendap saat kecepatan arus menurun.

Data lingkungan terakhir yang dibutuhkan adalah data pasang surut. Data pasang surut untuk diperlukan untuk menentukan elevasi serta posisi dari struktur pengaman pantai. Perencanaan dari puncak dari struktur pengaman pantai perlu mempertimbangkan elevasi pasang surut dan gelombang dalam kondisi ekstrem seperti badai (Goda, 2010).

Studi ini dilakukan untuk mengetahui perilaku dan pola pasang surut serta arus di Perairan Lemong, Provinsi Lampung, Indonesia. Pada studi ini, dilakukan analisis hidrodinamika dengan pemodelan numerik menggunakan modul RMA2 dari *Surface-water Modeling*

System (SMS) untuk mencapai tujuan tersebut. RMA2 merupakan modul yang memiliki kemampuan untuk pemodelan arus dua dimensi. Beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan RMA2 untuk pemodelan pasang surut dan arus adalah oleh Mawarda et al. (2010) dan Supiyati et al. (2012). Kedua studi tersebut memodelkan pasang surut dan arus untuk wilayah pelabuhan yang kerap terjadi sedimentasi dan mengakibatkan kendala pada lalu lintas kapal.

Untuk mendapatkan nilai dari kedua parameter tersebut diperlukan pengumpulan data hasil pengukuran di lapangan (Sartika et al., 2017) atau dengan melakukan pemodelan menggunakan perangkat lunak yang tersedia (Betancur et al., 2016; Bhattacharjee et al., 2018). Pengumpulan data lapangan akan menghasilkan data yang lebih akurat, namun memerlukan biaya yang besar serta cakupan wilayah yang terbatas. Perolehan data dengan pemodelan numerik dapat dilakukan pada domain yang lebih besar namun harus disertai validasi dengan data lapangan. Pada studi ini, dipilih pemodelan numerik yang dilengkapi dengan data lapangan berupa elevasi pasang surut sebagai data untuk validasi.

Sebelumnya sudah pernah dilakukan studi dengan topik yang sama yaitu analisis hidrodinamika namun dengan lokasi yang berbeda seperti di Kaliwungu (Tarhadi et al., 2014) dan Teluk Banten (Wisha et al., 2015). Studi dengan metode pemodelan numerik sebelumnya juga banyak digunakan sebagai acuan dalam menentukan dan menghitung potensial energi gelombang serta arus yang dapat dibangkitkan. Contoh beberapa studi mengenai pemodelan untuk studi energi terbarukan arus pasang surut di Indonesia adalah di Larantuka (Ajiwibowo et al., 2017a) dan Kelabat (Ajiwibowo et al., 2017b). Selain di perairan lepas, pemodelan hidrodinamika juga dapat dilakukan di badan air lainnya seperti danau (El-Sammany et al., 2011; Ajiwibowo, 2018), sungai (Bhattacharjee et al., 2018) dan teluk (Wisha et al., 2015; Ajiwibowo et al., 2017b; Takagi et al., 2018) baik dengan menggunakan perangkat lunak SMS (Ajiwibowo, 2018), Delft-3D (Takagi et al., 2018; Jeyaraj et al., 2016) dan MIKE 3 (Ajiwibowo et al., 2017a; Ajiwibowo et al., 2017b). Studi dengan perangkat pemodelan tersebut juga dapat dilakukan untuk memodelkan perubahan atau pergerakan sedimentasi (El-Sammany et al., 2011) serta salinitas (Schoellhamer, 2000).



Sumber: Citra Google Maps (2019)

Gambar 1 Lokasi Kecamatan Lemong, Provinsi Lampung, Pulau Sumatera

METODE PENELITIAN

Survei Lapangan

Pengambilan data lapangan dilakukan pada bulan 1 hingga 10 Juli 2015 di perairan Pantai Lemong. Data lapangan yang dibutuhkan dalam pemodelan dengan SMS adalah berupa batimetri dan elevasi pasang surut setempat. Kedua data ini digunakan sebagai bahan pemodelan dan validasinya. Survei lapangan dilakukan pada lokasi yang ditunjukkan pada Gambar 1.

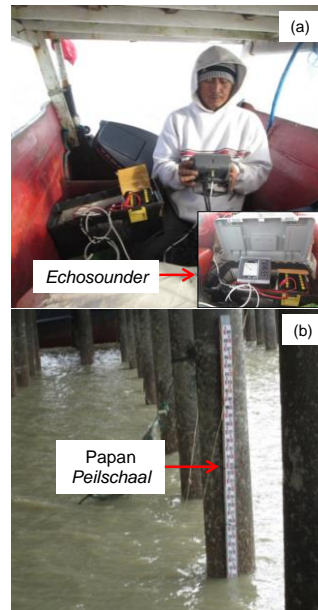
Survei batimetri dilakukan untuk mengetahui data kedalaman suatu perairan. Wilayah survei batimetri di Perairan Lemong dapat dilihat pada Gambar 1. Alat survei yang digunakan ialah *single beam echosounder*. Pada saat pengukuran, *echosounder* diletakkan didalam kapal yang akan bergerak secara memanjang dan melintang di sepanjang area yang telah ditentukan dengan jarak antara jalur *sounding* sebesar 50 m. Dokumentasi survei batimetri ditunjukkan pada Gambar 2(a).

Data kedalaman perairan diambil dengan interval jarak 30 m untuk setiap jalur. Posisi awal serta akhir dari setiap jalur direkam oleh alat pengukur dengan GPS. Posisi GPS ini dijadikan acuan lintasan kapal sepanjang jalur *sounding*.

Data batimetri ini akan digunakan sebagai salah satu input dalam pemodelan. Panjang pantai Lemong yang disurvei sekitar 12 km sepanjang pantai dan 1 km ke arah lautan. Kedalaman di kawasan tersebut berkisar diantara -2 m hingga -70 m. Elevasi hasil survei diikatkan pada MSL.

Elevasi Pasang Surut

Data elevasi pasang surut diambil menggunakan papan peilschaal yang diletakkan di pinggir pantai. Pengamatan pasang surut dilakukan selama 15 hari dengan selang pengamatan satu jam. Hasil yang didapatkan berupa data seri waktu pasang surut. Pengamatan pasang surut dilakukan bersamaan dengan survei topografi dan batimetri sehingga kedua survei tersebut dapat diikatkan pada datum yang sama. Lokasi pengambilan data elevasi pasang surut berada di titik A pada koordinat 5°0'57"S dan 103°40'41"E sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Dokumentasi survei elevasi pasang surut ditunjukkan pada Gambar 2(b).



Gambar 2 Dokumentasi kegiatan survei (a) batimetri dan (b) pasang surut

Persamaan Pengatur pada Perangkat Lunak

Pada studi ini, pemodelan hidrodinamika dilakukan menggunakan perangkat lunak SMS. Modul RMA2 pada SMS merupakan model numerik. Terdapat dua persamaan pengatur yang digunakan pada RMA2 yaitu Persamaan (1) yang merupakan persamaan integrasi massa fluida dan Persamaan (2) serta (3) yang merupakan persamaan momentum untuk arah x dan y dalam melakukan pemodelan. Berikut adalah persamaan pengatur yang digunakan pada RMA2:

Pemodelan dilakukan pada domain seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3. Data batimetri menggunakan kompilasi data dari survei dan peta laut Indonesia dengan kedalaman mencapai

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

$$\begin{aligned} h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} + hv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left[E_{xx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + E_{xy} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right] \\ + gh \left[\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{g \omega n^2}{(1.486h^{1/6})^2} (u^2 + v^2)^{1/2} \\ - \zeta V_a^2 \cos \psi - 2hv \omega \sin \phi = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} h \frac{\partial v}{\partial t} + hu \frac{\partial v}{\partial x} + hv \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left[E_{yx} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + E_{yy} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right] \\ + gh \left[\frac{\partial a}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} \right] + \frac{g \omega n^2}{(1.486h^{1/6})^2} (u^2 + v^2)^{1/2} \\ - \zeta V_a^2 \sin \psi - 2hu \omega \cos \phi = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Keterangan:

h = kedalaman perairan	g = percepatan gravitasi
x, y = koordinat Kartesian	a = elevasi dasar
t = waktu	n = nilai kekasaran Manning
u, v = kecepatan dalam arah x dan y	ζ = koefisiensi pergesekan angin secara empirik
ρ = massa jenis fluida	V_a = kecepatan angin
E = koefisien kecepatan Eddy	ψ = arah angin
	ω = sudut rotasi bumi
	ϕ = latitude lokal

7000 meter pada Samudra Hindia. Model dijalankan dengan pasang surut, dimana konstituen pasang surut pada Sembilan kondisi batas (lihat Box "BC" pada Gambar 3) didapatkan dari NAOTide (Matsumoto et al. 2000).

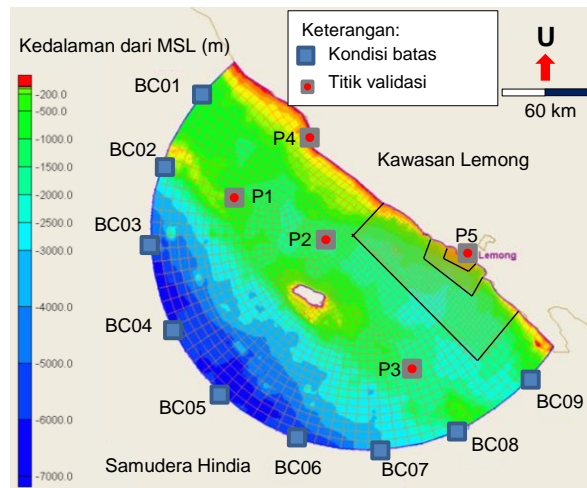
Pemodelan menggunakan metode *online nesting* yang mana terdapat empat bagian yang memiliki ukuran grid yang didesain berbeda. Ukuran menjadi lebih kecil/rapat saat posisi grid semakin mendekati garis pantai. Hal ini dilakukan agar hasil pemodelan di kawasan sekitar pantai memiliki akurasi yang lebih tinggi. Pembagian grid ditunjukkan pada Gambar 3, dengan garis hitam menandakan transisi ukuran grid. Ukuran grid berkisar antara 9 x 6 km untuk bagian terluar dan 1 x 1 km untuk bagian yang paling dalam (rapat).

Alternatif lain yang dapat digunakan adalah *offline nesting*, seperti yang didemonstrasikan oleh Ajiwibowo et al. (2017a) di Larantuka, Ajiwibowo et al. (2017b) di Kelabat, dan Ajiwibowo (2018) di Kerinci. Pada *offline nesting*, domain dibagi menjadi beberapa tahap, mulai dari kawasan besar dengan resolusi besar hingga kawasan regional dengan resolusi lebih halus.

Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk mengetahui kelayakan model. Kelayakan model dinilai dari nilai error antara data hasil pemodelan RMA2 dengan data lapangan pembanding, yaitu NAOTide, Dishidros dan hasil survei. Validasi model dilakukan pada 5 titik, yaitu P1, P2, P3, P4 dan P5 seperti pada Gambar 3 berupa titik merah. Detail lokasi validasi diberikan pada Tabel 1.

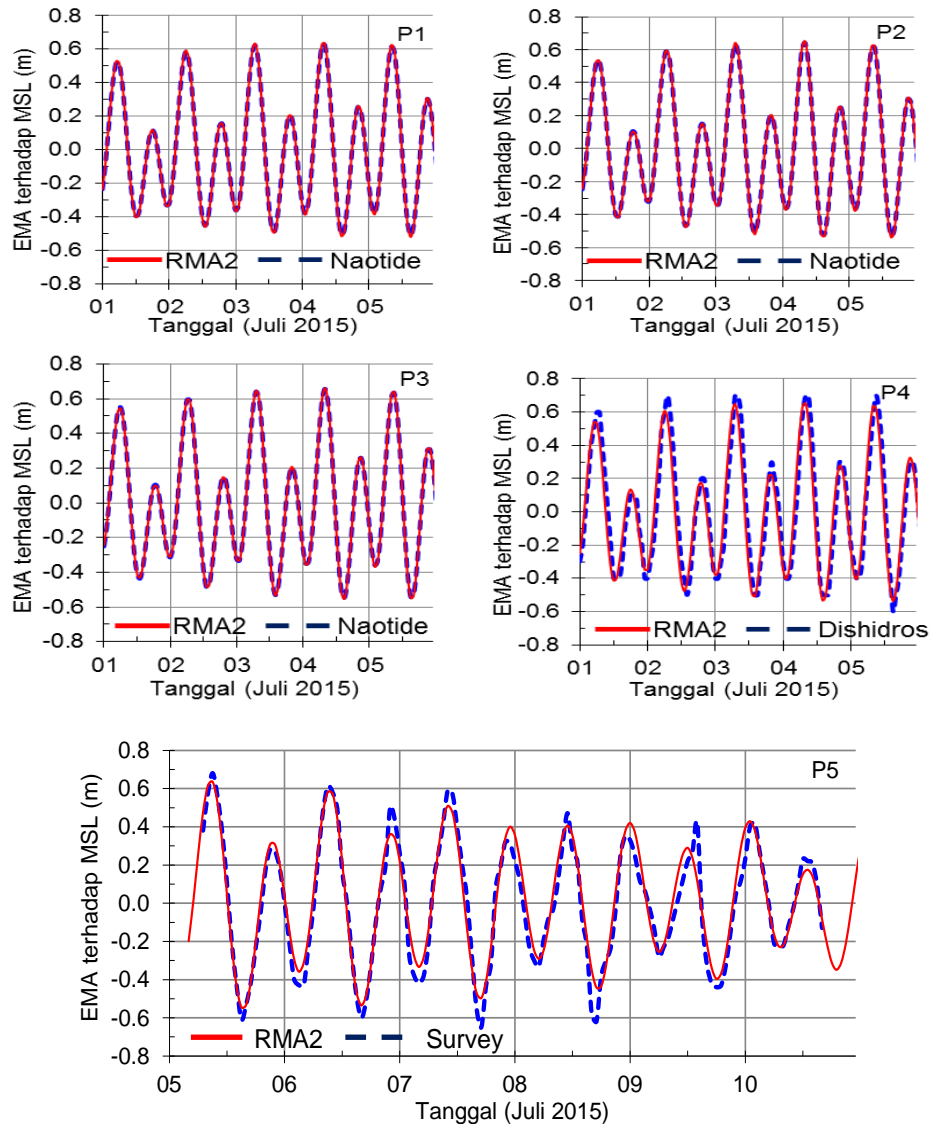
Hasil perbandingan antara data RMA2 dan data pembanding disajikan pada Gambar 4. Nilai error antara kedua data dihitung menggunakan parameter koefisien korelasi (r), *root mean square error* (rmse), dan *mean absolute error* (mae). Hasil perhitungan error pada 5 titik tercantum pada Tabel 2.



Gambar 3 Domain pemodelan beserta kondisi batas dan titik validasi

Tabel 2 Nilai error validasi

Error	P1	P2	P3	P4	P5
r	0.9999	0.9998	0.9997	0.9581	0.9704
rmse	0.0050	0.0061	0.0073	0.0829	0.0816
mae	0.0042	0.0050	0.0061	0.0672	0.0650



Gambar 4 Hasil validasi di titik P1, P2, P3, P4 dan P5

Pada titik P1, P2, dan P3 data model dan pembandingan dari NAOTide tepat berhimpitan dengan nilai $r = 0.999$, $rmse = 0.0061$, dan $mae = 0.0051$ untuk rata-rata sebagaimana terlihat pada Gambar 4(a), 4(b) dan 4(c). Hasil ini sudah terprediksi karena kondisi batas juga didapatkan dari NAOTide. Hasil validasi pada titik P4 dan P5 berupa perbandingan masing-masing dengan Tabel Pasang Surut Dishidros dan hasil pengukuran lapangan diberikan pada Gambar 4(d) dan 4(e). Data pada kedua titik menunjukkan terdapat diskrepansi yang sangat kecil antara model dan data lapangan. Nilai r , $rmse$, dan mae rata-rata pada Titik P4 dan P5 adalah sebesar 0.9642, 0.0822, dan 0.0661. Model dinilai layak untuk digunakan melihat dengan nilai r yang mendekati 1 serta nilai $rmse$ dan mae yang mendekati 0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Elevasi Pasang Surut

Pasang surut merupakan peristiwa naik turun permukaan air yang terjadi secara periodik akibat gaya tarik menarik benda langit. Karakteristik pasang surut di suatu perairan dapat diperoleh dengan mengetahui konstituen pasang surut perairan tersebut. Elevasi muka air yang didapatkan dari hasil pemodelan diolah dengan metode least square analysis untuk mendapatkan amplitudo dan fasa dari Sembilan konstituen pasang surut utama, seperti yang dituliskan di Tabel 3. Lalu dari konstituen pasut didapatkan elevasi penting seperti yang diberikan di Tabel 4.

Tabel 3 Konstituen pasang surut di Pantai Lemong

Konstituen	Deskripsi	Amplitudo	Fasa
M2	<i>Principal lunar</i>	31.35	93.15
S2	<i>Principal solar</i>	12.28	262.2
N2	<i>Large lunar elliptic</i>	7.81	101.19
K2	<i>Luni-solar</i>	4.09	-23.16
K1	<i>Luni-solar diurnal</i>	11.85	192.59
O1	<i>Principal lunar diurnal</i>	7.29	224.97
P1	<i>Principal solar diurnal</i>	4.83	37.38
M4	<i>Shallow water overtides of principal lunar</i>	0.01	24.45
MS4	<i>Shallow water quarter diurnal</i>	0.01	208.68
SO	<i>Mean water level</i>	0.74	

Tabel 4 Elevasi penting di Perairan Lemong

Elevasi Penting	Elevasi (cm)	Jumlah Kejadian
<i>Highest High Water Level (HHWL)</i>	76.64	1
<i>Mean High Water Spring (MHWS)</i>	61.29	493
<i>Mean High Water Level (MHWL)</i>	33.18	14082
<i>Mean Sea Level (MSL)</i>	0.00	175320
<i>Mean Low Water Level (MLWL)</i>	-33.76	14080
<i>Mean Low Water Spring (MLWS)</i>	-50.80	493
<i>Lowest Low Water Level (LLWL)</i>	-63.12	1
Tunggang pasang (cm)	139.76	

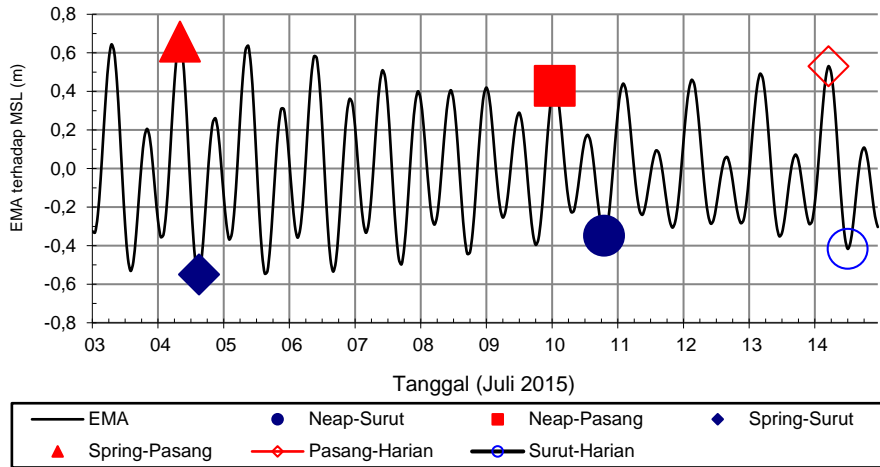
Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa M2, S2, dan K1 merupakan konstituen dominan dengan nilai amplitudo sebesar 31.35, 12.28, dan 11.85 cm. Dari Tabel 4 didapatkan elevasi pasang surut tertinggi (HAT) adalah 76.64 cm dan terendah (LAT) adalah -63.12 cm dari muka air rata-rata (MSL). Elevasi penting ini dapat digunakan dalam desain struktur pantai dan lepas pantai di perairan Lemong.

Dari konstituen pasang surut di Tabel 3, dapat dihitung nilai bilangan formzhal untuk menentukan tipe pasang surut di perairan Lemong. Formula bilangan formzhal diberikan pada Persamaan 4. Setelah perhitungan didapatkan nilai bilangan formzhal sebesar 0.44, maka tipe pasang surut di perairan Lemong ialah mixed-dominan semi diurnal. Dari grafik time series di Gambar 4 juga dapat dilihat terdapat 2 lembah dan 2 puncak dalam 24 jam, yang merupakan karakteristik tipe semi diurnal.

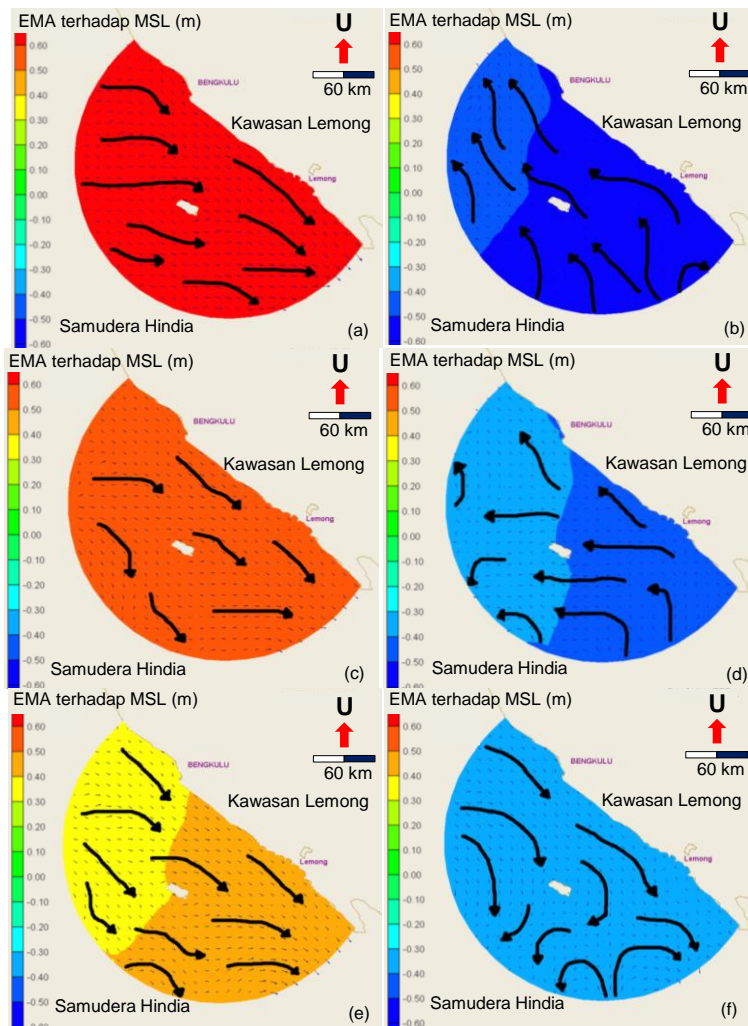
Pola Arus

Hasil model spasial arus dianalisis untuk enam kondisi yaitu saat (1) pasang tertinggi, (2) pasang terendah, (3) surut tertinggi, (4) surut terendah, (5) pasang harian, dan (6) surut harian. Enam kondisi ini ditunjukkan pada Gambar 5. Nilai elevasi pasang surut yang ditunjukkan mengacu pada MSL. Saat kondisi pasang atau *flood*, baik dalam musim *spring*, *neap*, atau harian, arus dominan bergerak menuju Tenggara sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6(a), 6(c) dan 6(e).

Pada kondisi ini, elevasi pada setiap musim adalah 0.70, 0.40, dan 0.55 meter dari MSL untuk masing-masing musim *spring*, *neap*, dan harian. Saat kondisi surut atau *ebb* untuk musim *spring* dan *neap*, arah arus dominan menuju Barat Laut seperti pada Gambar 6(b) dan 6(d). Sementara saat surut harian, arus dominan bergerak ke arah Tenggara dan Barat seperti pada Gambar 6(f). Elevasi muka air untuk masing-masing musim *spring*, *neap*, dan harian adalah -0.60, -0.40, dan -0.50 meter dari MSL.



Gambar 5 Momen pengamatan pola arus Pantai Lemong



Gambar 6 Pola arus Pantai Lemong pada saat (a) *spring flood*, (b) *spring ebb*, (c) *daily flood*, (d) *daily ebb*, (e) *neap flood* dan (f) *neap ebb*

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada studi ini disajikan dan dilaporkan kegiatan pengambilan data lapangan, *numerical modeling*, validasi model serta analisis model. Survei dilakukan untuk menentukan batimetri serta elevasi pasang surut di lokasi studi. Setelah disimulasikan dengan RMA2, model divalidasi dengan data hasil survei dan menghasilkan kecocokan yang baik dengan nilai r direntang 0.9581 – 0.9999, $rmse$ direntang 0.0050 – 0.0829, dan mae direntang 0.0042 – 0.0672.

Dengan analisis *least square* didapatkan elevasi pasang surut di perairan Lemong memiliki tipe *mixed - dominan semi diurnal* dengan tunggang pasang sebesar 139.76 cm. Berdasarkan hasil pemodelan, arus di Perairan Lemong dominan menuju menuju Tenggara saat pasang dan menuju Barat Laut saat surut.

Validasi pemodelan arus dapat lebih ditingkatkan dengan menyertakan data kecepatan arus hasil pengukuran wilayah setempat. Data kecepatan arus ini dibandingkan dengan kecepatan arus hasil pemodelan sehingga dapat lebih dipastikan bahwa kecepatan arus pada model sudah mendekati kecepatan hasil pengukuran. Kecepatan arus yang tervalidasi dapat digunakan untuk menghasilkan model pola transport sedimen sebelum dan sesudah dibangunnya bangunan pengaman pantai.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajiwibowo, H. (2018). Numerical model of sedimentation and water quality in Kerinci Lake. *International Journal of GEOMATE*, 15(51), 77-84. <https://doi.org/10.21660/2018.51.85592>
- Ajiwibowo, H., Lodiwa, K. S., Pratama, M. B., & Wurjanto, A. (2017a). Field measurement and numerical modeling of tidal current in larantuka strait for renewable energy utilization. *International Journal of GEOMATE*, 13(39), 124-131. <https://doi.org/10.21660/2017.39.98548>
- Ajiwibowo, H., Pratama, M. B., & Wurjanto, A. (2017a). Assessment of Tidal Current Power Potency in Kelabat Bay, Indonesia. *International Journal of Engineering and Technology*, 9(4), 3100-3110. <https://doi.org/10.21817/ijet/2017/v9i4/170904089>
- Balaji, R., Sathish Kumar, S., & Misra, A. (2017). Understanding the effects of seawall construction using a combination of analytical modelling and remote sensing techniques: Case study of Fansa, Gujarat, India. *The International Journal of Ocean and Climate Systems*, 8(3), 153-160. <https://doi.org/10.1177/1759313117712180>
- Betancur-Pérez, G., Toro-Botero, F. M., & Gómez-Giraldo, A. (2016). Methodology for hydrodynamic model selection. Case study: Spatial variability of the thermal structure in the Riogrande ii tropical reservoir, Colombia. *DYNA*, 83(198), 154-164. <https://doi.org/10.15446/dyna.v83n198.50400>
- Castelle, B., Marieu, V., Bujan, S., Splinter, K. D., Robinet, A., Sénéchal, N., & Ferreira, S. (2015). Impact of the winter 2013-2014 series of severe Western Europe storms on a double-barred sandy coast: Beach and dune erosion and megacusp embayments. *Geomorphology*, 238, 135-148. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.03.006>
- EL-Sammany, M. S., & EL-Moustafa, A. M. (2011). Adaptation of Surface Water Modeling System for Sediment Transport Investigations in Lake Nasser. *Nile Basin Water Science & Engineering Journal*, 4(1), 58-72.
- Gedan, K. B., Kirwan, M. L., Wolanski, E., Barbier, E. B., & Silliman, B. R. (2011). The present and future role of coastal wetland vegetation in protecting shorelines: Answering recent challenges to the paradigm. *Climatic Change*. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-0003-7>
- Febribusmadian, Puwanto, & Hariadi (2012). Studi pola arus dan sedimentasi di dekat breakwater bagian luar kolam labuh Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. *Journal of Oceanography*, 1(2), 178-185.
- Goda, Y. (2010). *Random Seas and Design of Maritime Structures*, 3rd Edition. London: World Scientific.

- Jeyaraj, S. K., & Venugopal, V. (2016). Assessment of tidal energy potential along The Gulf of Khambhat, Gujarat, India. *2nd International Conference on Offshore Renewable Energy (CORE 2016)*.
- Manansang, M.K., Hendratta, L.A., & Dundu, A.K.T. (2018). Analisis pengaruh breakwater terhadap transport sedimen Pantai Sindulang 1 sampai Tumumpa 2. *Jurnal Sipil Statik*, 6(2), 113-124.
- Matsumoto K., Takanezawa T., & Ooe M. (2000). Ocean Tide Models Developed by Assimilating TOPEX/POSEIDON Altimeter Data into Hydrodynamical Model: A Global Model and a Regional Model around Japan. *Journal of Oceanography*, 56(5), 567–581.
- Mawarda, Kurniawati, N., & Ulqodry, T.Z. (2010). Simulasi pemodelan arus pasang surut di kolam Pelabuhan Tanjung Priok Jakarta menggunakan perangkat lunak SMS 8.1 (Surface-water Modeling System 8.1). *Maspari Journal*, 1(1), 48-52.
- Pilarczyk, K. W. (2012). Coastal Structures in International Perspective. In K.C. Young (Ed.), *Coastal and Ocean Engineering Practice*. California, US: California State University.
- Sartika, D., Hartoko, A., & Kurniawan, K. (2018). Analisis data batimetri lapangan dan citra LANDSAT 8 Oli di Perairan Selat Lepar Kabupaten Bangka Selatan. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 13(2), 75-81.
<https://doi.org/10.14710/ijfst.13.2.75-81>
- Schoellhamer, D. H. (2000). Influence of salinity, bottom topography, and tides on locations of estuarine turbidity maxima in northern San Francisco Bay. *Proceedings in Marine Science*, 3, 343-357. [https://doi.org/10.1016/S1568-2692\(00\)80130-8](https://doi.org/10.1016/S1568-2692(00)80130-8)
- Supiyati, Suwarsono, & Hutami, K. (2012) Pola Arus Pasang Surut di Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu Menggunakan Software Surface-water Modeling System (SMS) 8.1. *Jurnal Gradien*, 8(2), 792-795.
- Suwarsono, Supiyati, & Supardi. (2011). Zonasi Karakteristik Kecepatan Abrasi dan Rancangan Teknik Penanganan Jalan Lintas Barat Bengkulu Bagian Utara sebagai Jalur Transportasi Vital. *MAKARA of Technology Series*, 15(1), 31-38. <https://doi.org/10.7454/mst.v15i1.854>
- Takagi, H., Pratama, M. B., Kurobe, S., Esteban, M., Aránguiz, R., & Ke, B. (2019). Analysis of generation and arrival time of landslide tsunami to Palu City due to the 2018 Sulawesi earthquake. *Landslides*, 16(2019), 983-991. <https://doi.org/10.1007/s10346-019-01166-y>
- Tarhadi, Indrayanti, E., & Anugroho DS, A. (2014). Studi Pola Dan Karakteristik Arus Laut di Perairan Kaliwungu Kendal Jawa Tengah Pada Musim Peralihan I. *Jurnal Oseanografi*, 3(1), 16-25.
- Wisha, U. J., Husrin, S., & Prihantono, J. (2015). Hidrodinamika Perairan Teluk Banten Pada Musim Peralihan (Agustus–September). *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 20(2), 101-112. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.20.2.101-112>