

## Pemodelan Perubahan Dasar Perairan (*Bed Level Change*) di Pantai Moro, Kabupaten Kendal

**Muhammad Chiesa Fathirayan, Hariyadi, Alfi Satriadi\***

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof.H.Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia  
\*Corresponding author, e-mail : alfi.satriadi@lecturer.undip.ac.id

**ABSTRAK:** Pantai Moro, Gubugsari, merupakan salah satu daerah wisata yang potensial di Kabupaten Kendal. Pantai Moro memiliki menara pandang yang menjadi ciri khas. Faktor alam berupa perubahan dasar perairan di Pantai Moro perlu diperhatikan untuk menunjang kegiatan masyarakat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran jenis sedimen dan perubahan dasar perairan berdasarkan hasil model. Pemodelan untuk mengetahui perubahan dasar perairan dilakukan menggunakan perangkat lunak MIKE21 modul Sand Transport dengan memasukkan data-data seperti batimetri, pasang surut, arus, gelombang, angin dan karakteristik sedimen dasar. Pemodelan dilakukan selama satu bulan setiap musim. Sedimen dasar di Perairan Pantai Moro berupa pasir, lanau, pasir lanauan dan lanau pasiran pada daerah pantai dan lanau pada daerah laut. Hasil pemodelan menunjukkan terjadi sedimentasi pada daerah dekat pantai sebesar 0,0945 - 0,0005 m, dan terjadi erosi pada daerah muara sebesar 0,005 m.

**Kata kunci:** Pantai Moro; pemodelan; sedimen

### *Modelling of Bed Level Change at Moro Beach, Kendal Regency*

**ABSTRACT:** Moro Beach, Gubugsari District is one of potential tourism areas in Kendal Regency. Moro Beach has sight tower, which is the hallmark of the area. Natural factor in the form of bed level changes is need to be considered to support community activities. This study aimed to determine the distribution of sediment types and the bed level change of Moro Beach based on model result. The model is using MIKE 21 software ; Sand Transport (ST) module with input data of bathymetry, tides, current, waves, wind and seabed sediment. Sediment of Moro Beach is sand, silt, sandy silt and silty sand in beach area and silt in sea area. The result of modeling is indicates the sedimentation process near the beach with a value of 0,0945 m - 0,0005 m and erosion process in the estuary area with a value of 0,005 m.

**Keywords:** Moro Beach; modeling; sediment

## PENDAHULUAN

Sedimentasi dan erosi yang terjadi pada suatu perairan merupakan dampak yang ditimbulkan dari proses transport sedimen. Proses transport sedimen terjadi dikarenakan faktor hidro-oseanografi seperti arus, pasang surut dan gelombang. Transport sedimen juga dapat diakibatkan oleh adanya sirkulasi arus dari pasang surut (Boggs, 1987; Satriadi, 2013). Pantai Moro merupakan daerah pesisir di Gubugsari, Desa Gempolsewu, Kabupaten Kendal (Mahendra *et al.*, 2017). Kawasan Pantai Moro merupakan daerah potensial untuk menjadi kawasan pariwisata dan menjadi jalur keluar masuk kapal nelayan, namun masalah yang terjadi di Pantai Moro adalah terjadi perubahan dasar perairan setiap tahunnya yang cukup signifikan sehingga memiliki potensi untuk menjadi kendala dalam melakukan akses ke kawasan wisata Pantai Moro.

Studi mengenai sedimentasi dan erosi pantai sudah pernah dilakukan (Afrianto, *et al.*, 2015) di daerah serupa. Hasilnya, daerah perairan Pantai Moro yang mendapat suplai sedimen dari Sungai Koto mengalami sedimentasi dengan nilai 0,1668 kg/m<sup>2</sup> /hari yang tentunya mempengaruhi

perubahan pada muara dan garis pantai (Hidayah dan Aprianti, 2020). Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui sebaran jenis sedimen di Perairan Pantai Moro serta mengetahui perubahan dasar perairan Pantai Moro yang fungsinya diharapkan dapat menjadi informasi dan bahan pertimbangan dalam kegiatan mitigasi serta pengembangan wilayah di masa mendatang.

## MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan pada tanggal 31 Agustus-3 September 2020 di Pantai Moro, Kabupaten Kendal. Materi dalam penelitian ini meliputi data utama dan data pendukung berupa parameter lingkungan yang didapat dari laman resmi dan instansi terkait yang menunjang data penelitian. Data utama dalam penelitian ini adalah data gelombang, batimetri dan sampel sedimen. Data pendukung yang digunakan dalam penelitian ini antara lain data angin yang diperoleh dari laman *cds.climate.copernicus.eu* untuk peramalan gelombang, data pasang surut bulan Agustus tahun 2020 yang diperoleh dari laman *ina-sealevelmonitoring.big.go.id/ipasut/datda/map*, data batimetri nasional dari laman *tides.big.go.id/DEMNAS* dan Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) Wilayah Kabupaten Kendal dari Badan Informasi Geospasial tahun 2018 dengan skala 1 : 25.000.

Metode penelitian kali ini menggunakan metode kuantitatif. Metode ini umum digunakan dalam penelitian populasi dan sampel tertentu. Untuk menentukan titik pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling* yaitu penentuan titik pengambilan sampel dengan pertimbangan mewakili keadaan seluruh daerah penelitian (Sugiyono, 2009).

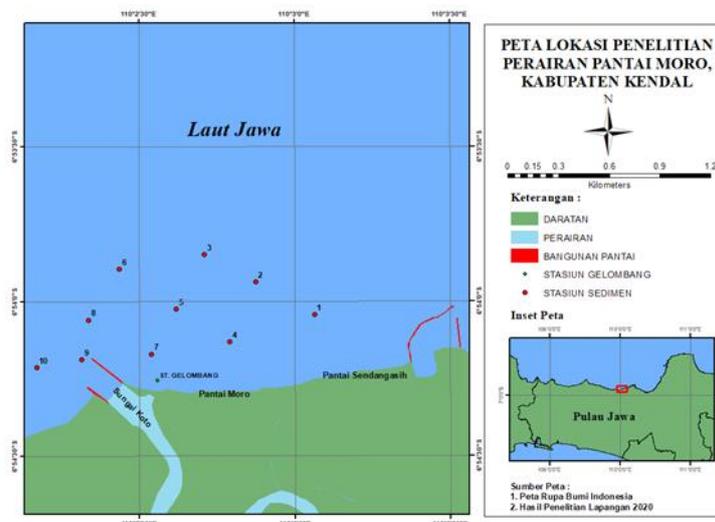
Pengukuran gelombang dilakukan dengan menggunakan palem gelombang yang diletakkan pada posisi sebelum gelombang pecah dalam kurun waktu 3x24 jam. Data *time series* tinggi dan periode gelombang selanjutnya digunakan sebagai verifikasi dalam pemodelan gelombang. Data tinggi dan periode gelombang yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mendapatkan tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode gelombang signifikan ( $T_s$ ) dengan persamaan sebagai berikut:

$$n = 33,33 \% \times \text{Jumlah data}$$

$$H_s = \frac{(H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n)}{n}$$

$$T_s = \frac{(T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n)}{n}$$

Keterangan :  $H_s$  = Tinggi gelombang signifikan (m);  $T_s$  = Periode gelombang signifikan (s);  $H_1 \dots =$  Tinggi gelombang ke 1,2,...,n (m);  $T_1 \dots =$  Periode gelombang ke 1,2,...,n (s); n = Jumlah data



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian

Peramalan gelombang menggunakan data angin selama 10 tahun (2011-2020) yang diperoleh dari ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). Data angin yang diperoleh diolah menggunakan *software* WRPLOT untuk mengetahui arah dan kecepatan angin dominan yang ditampilkan dalam bentuk *wind rose*. Sedangkan untuk peramalan gelombang menggunakan metode *Svendrup Munk Bretschneider* (SMB). Metode *Svendrup Munk Bretschneider* (SMB) merupakan metode yang digunakan untuk memperoleh nilai tinggi dan periode gelombang laut signifikan. Hasil peramalan gelombang per musim dibuat untuk input ke pemodelan gelombang pada perangkat lunak MIKE 21 khususnya pada modul *Spectral Waves* (SW) untuk nantinya hasil output modul tersebut digunakan dalam penggunaan modul *Sand Transport* (ST).

Teknik pengambilan sampel sedimen dasar menggunakan *sediment grab*. Pengambilan sampel sedimen menggunakan dilakukan dengan cara menjatuhkan *sediment grab* ke perairan dan setelah sampel di dapat maka ditarik kembali dan sampel ditandai berdasarkan lokasi sampling. Sampel sedimen dasar pada penelitian ini dilakukan di 10 titik pengambilan sampel. Analisa ukuran butir sedimen dilakukan dengan pengayakan menggunakan alat *sieve shaker* selama 20 menit dengan amplitudo 70 dan dilakukan pemipetan.

Penyaringan hasil pemipetan menggunakan alat *vacump pump* dengan kertas saring *Whatman* 0.45  $\mu\text{m}$ , yang sebelumnya diukur beratnya dan dipanaskan dalam oven terlebih dahulu pada suhu 100°C selama 5 menit. Kertas saring hasil penyaringan dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C, dan ditimbang kembali untuk mengetahui besaran berat sedimen.

Data diperoleh dari laman *ina-sealevelmonitoring.big.go.id* Badan Informasi Geospasial bulan Agustus-September 2020 dengan interval waktu 1 jam. Data pasang surut digunakan untuk memperoleh dari elevasi muka air laut dan nilai konstanta M2, S2, K1, O1, M4, P1, MS4 dan S0. Data pasang surut kemudian diolah menggunakan metode admiralty untuk menentukan nilai MSL, HHWL, LLWL, elevasi serta tipe pasang surut nya (Hidayat *et al.*, 2019)

Pengambilan data batimetri dilakukan pada 10 titik dengan menyebar yang dilakukan dengan menggunakan tali skala dan meteran untuk perairan, sedangkan untuk perairan yang lebih dangkal diambil dengan menggunakan tongkat skala. Data batimetri sekunder diperoleh dari pengunduhan melalui laman *tides.big.go.id/DEMNAS*, yang berupa nilai elevasi rupa bumi. Nilai batimetri yang didapat dari pengukuran lapangan yang didapat kemudian dikoreksi dengan nilai muka air laut rata – rata (MSL). Setelah itu, dilakukan verifikasi dengan nilai batimetri sekunder yang telah diunduh dari laman *tides.big.go.id/DEMNAS*.

Modul *Sand Transport* MIKE 21 merupakan aplikasi model dari angkutan sedimen non kohesif. *Sand Transport Module* menghitung hasil dari pergerakan material non kohesif berdasarkan kondisi aliran di dalam modul hidrodinamik serta kondisi gelombang dari perhitungan gelombang (modul *spectral wave*). Perubahan dasar perairan (*bed level change*) (Gamabr 2) dapat diperoleh dengan berbagai cara, namun secara umum didasarkan pada persamaan kontinuitas sedimen yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$-(1 - n) \frac{\partial z}{\partial t} = \frac{\partial S_x}{\partial x} + \frac{\partial S_y}{\partial y} - \Delta S$$

Keterangan :  $n$  = *Bed porosity*;  $z$  = *Bed level*;  $t$  = Waktu;  $S_x$  = *Bed load* dalam arah  $x$ ;  $S_y$  = *Bed load* dalam arah  $y$ ;  $\Delta S$  = *Sediment sink*

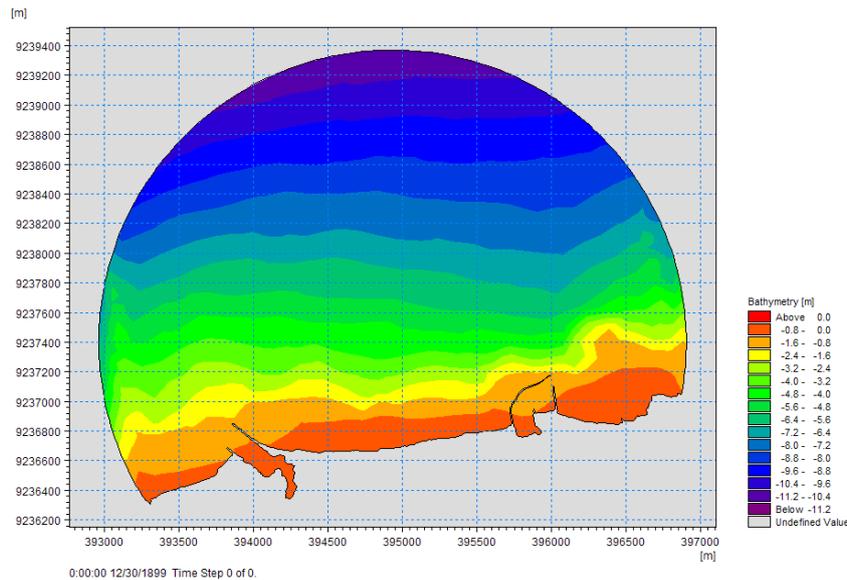
Perhitungan RMSE dilakukan untuk mengetahui besar kesalahan perhitungan antara data pengukuran lapangan dengan data sekunder atau data yang diperoleh dari pihak lain. Nilai RMSE dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \left[ \sum_{i=1}^N [X_i - X_i] ^2 \right]}$$

Keterangan : RMSE = Akar dari rata – rata kuadrat kesalahan;  $N$  = Jumlah data;  $X_i$  = Data Lapangan;  $X_i$  = Data Sekunder

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengukuran gelombang lapangan pada tanggal 31 Agustus-3 September 2020 diperoleh tinggi dan periode gelombang dapat dilihat pada Tabel 2. Data mawar angin digunakan untuk melihat arah dan kecepatan angin dominan selama 10 tahun pada tiap musim nya, mulai dari musim Barat, Peralihan 1, Timur dan Peralihan 2. Berdasarkan mawar angin yang didapat bahwa arah angin dominan pada musim barat dan peralihan 1 memiliki arah dominan dari arah timur laut dengan kecepatan berkisar 0,5 – 8,8 m/det, kemudian timur dan peralihan 2 angin memiliki arah dominan dari arah tenggara dengan kecepatan berkisar 0,5 – 5,7 m/det (Gambar 3). Peramalan gelombang menggunakan metode SMB (*Svendrup Munk Bretcheider*) mendapatkan tinggi dan periode gelombang signifikan. Berikut disajikan hasil pengolahan data peramalan gelombang pada Tabel 3.



**Gambar 2.** Domain Model *Bed Level Change*

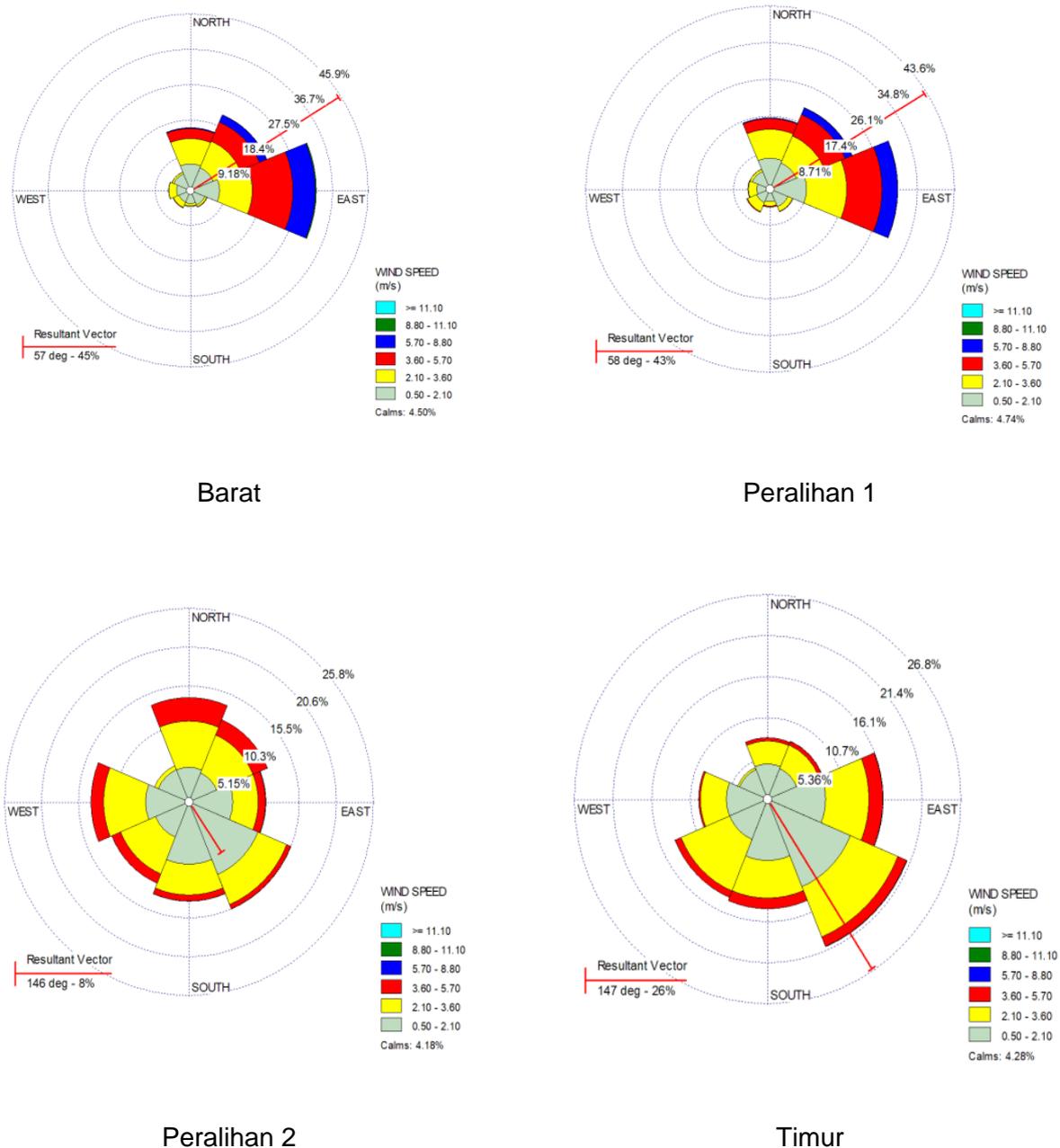
**Tabel 1.** Tinggi dan Periode Gelombang Peramalan

No	Musim	H (m)			T (s)		
		Maks	Sign	Min	Maks	Sign	Min
1	Barat	0,77	0,73	0,03	6,68	4,94	0,15
2	Peralihan 1	0,48	0,44	0,08	5,94	4,20	0,10
3	Timur	0,71	0,66	0,04	6,16	4,86	0,13
4	Peralihan 2	0,63	0,57	0,01	6,08	4,52	0,12

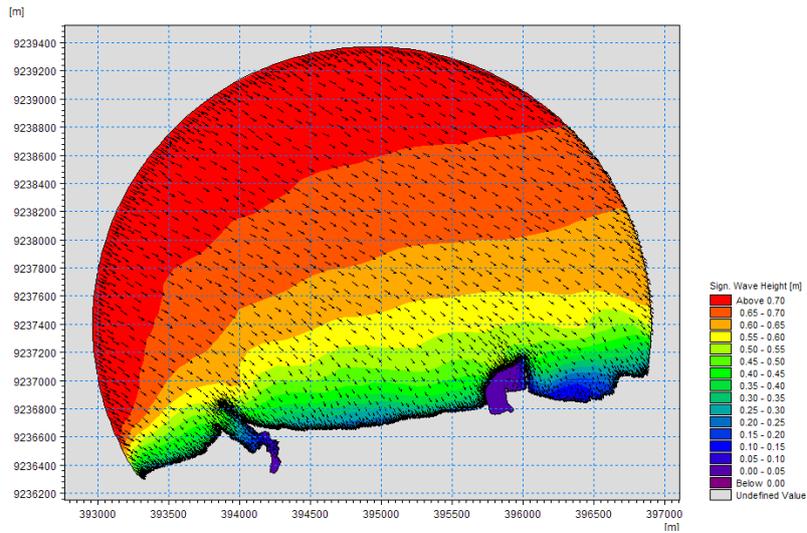
**Tabel 2.** Hasil Pengukuran Gelombang Lapangan

No	Gelombang	H (m)	T (s)
1	Maksimum	0,54	4,72
2	Rerata	0,24	4,17
3	Minimum	0,11	3,62
4	Signifikan	0,337	4,168

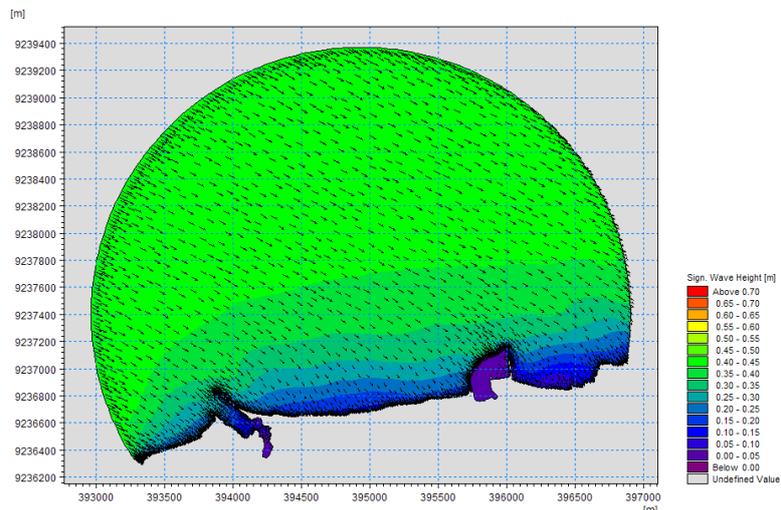
Hasil verifikasi gelombang menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dari data tinggi dan periode hasil peramalan gelombang angin pada waktu yang bersamaan dengan hasil tinggi dan periode gelombang pengukuran lapangan, yaitu data musim peralihan 2 yang menghasilkan verifikasi tinggi gelombang sebesar 0,205 dan verifikasi periode gelombang sebesar 0,645. Pemodelan gelombang dilakukan menggunakan *software* MIKE 21 modul SW. Hasil pengolahan model numerik berdasarkan per musim yaitu, musim barat, musim peralihan, musim timur, musim peralihan 2. Hal ini dikarenakan data input utama pemodelan merupakan data hasil peramalan gelombang dari pengolahan distribusi angin yang diolah berdasarkan musim selama 1 tahun.



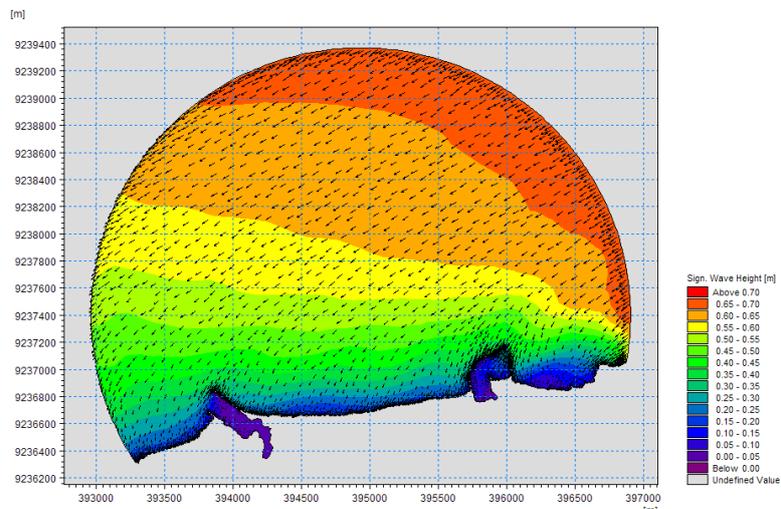
**Gambar 3.** Mawar Angin Tiap Musim Periode 2011-2020



**Gambar 4.** Hasil Pemodelan Tinggi dan Arah Penjalaran Gelombang Musim Barat

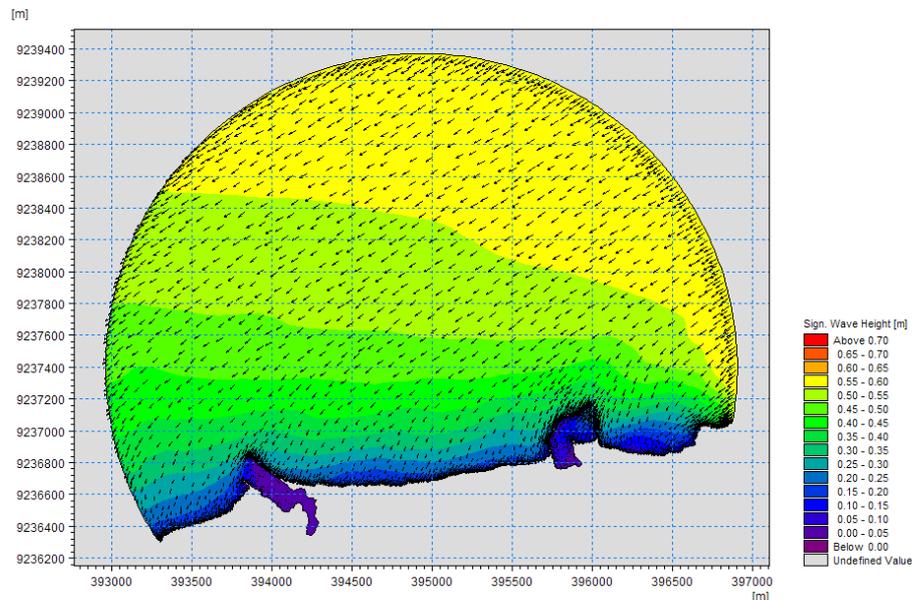


**Gambar 5.** Hasil Pemodelan Tinggi dan Arah Penjalaran Gelombang Musim Peralihan 1



**Gambar 6.** Hasil Pemodelan Tinggi dan Arah Penjalaran Gelombang Musim Timur

Analisis butir sedimen menggunakan Segitiga Shepard didapatkan jenis sedimen pada tiap stasiun disajikan pada Tabel 4. Sedimen berupa pasir lanauan ditemukan pada bagian barat muara sungai. Hal ini disebabkan mulut sungai yang menghadap ke arah barat laut serta kecepatan arus yang kuat pada sungai membawa material sedimen berupa pasir menuju laut (Kurniawan dan Pradana, 2016). Arus yang berasal dari sungai semakin mengecil pada saat di muara sungai karena bertemu dengan arus dari arah laut, hal ini menyebabkan sedimen berupa pasir akan terbawa ke daerah pantai di sekitarnya (Minarrohman dan Pratomo, 2017). Gelombang yang kecil tidak mampu membawa sedimen dengan ukuran butir besar (pasir) dalam jarak yang jauh, sehingga hanya menyebar pada daerah dekat sungai dan bagian barat pantai, sedangkan ukuran butir lebih halus akan terbawa arus menuju laut (Sigurdsson *et al.*, 2015).



**Gambar 7.** Hasil Pemodelan Tinggi dan Arah Penjalaran Gelombang Musim Peralihan 2

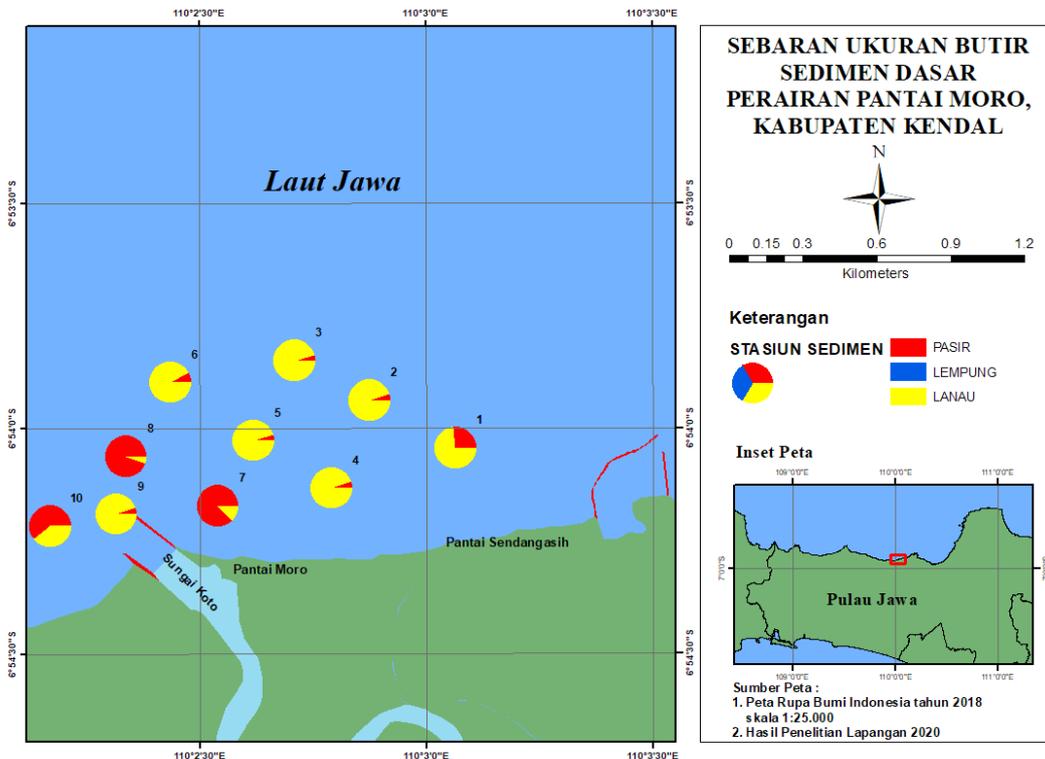
**Tabel 3.** Ukuran Butir Sedimen

Stasiun	Kandungan (%)			Jenis Sedimen
	Pasir	Lanau	Lempung	
1	26,575	73,415	0,009	Lanau Pasiran
2	5,506	94,483	0,009	Lanau
3	4,297	95,060	0,011	Lanau
4	5,497	94,494	0,007	Lanau
5	4,463	95,528	0,008	Lanau
6	8,193	91,795	0,011	Lanau
7	87,119	12,867	0,012	Pasir
8	94,023	5,963	0,012	Pasir
9	5,619	94,358	0,011	Lanau
10	60,533	39,455	0,011	Pasir Lanauan

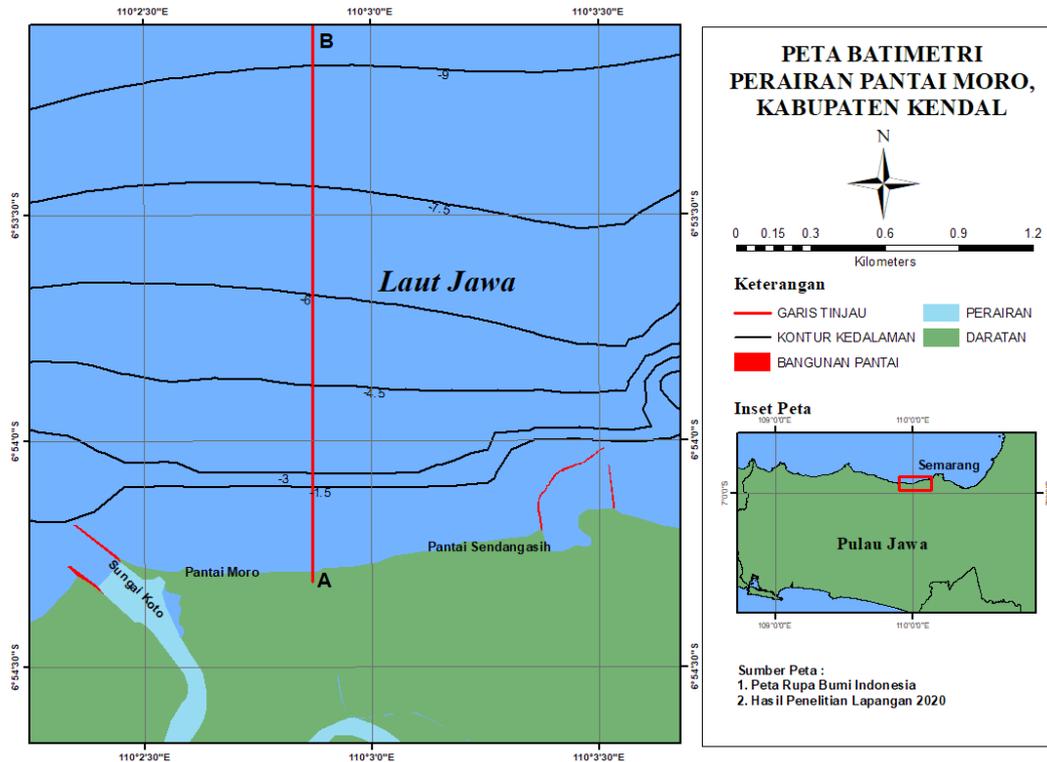
Hasil pengukuran lapangan batimetri perairan yang dikoreksi dengan MSL diperoleh batimetri terkoreksi. Batimetri lapangan terkoreksi kemudian digunakan untuk memverifikasi data batimetri sekunder dari batimetri nasional menghasilkan nilai RMSE sebesar 0,319. Verifikasi pola kontur kedalaman juga dilakukan sebagai data input dalam pengolahan model. Berdasarkan perhitungan nilai morfologi pantai bahwa Perairan Pantai Moro memiliki nilai kelerengn pantai (m) yaitu 0,0041 sehingga pantai ini dikategorikan sebagai pantai yang landai (Triatmojo, 1999).

**Tabel 4.** Batimetri Perairan Pantai Moro

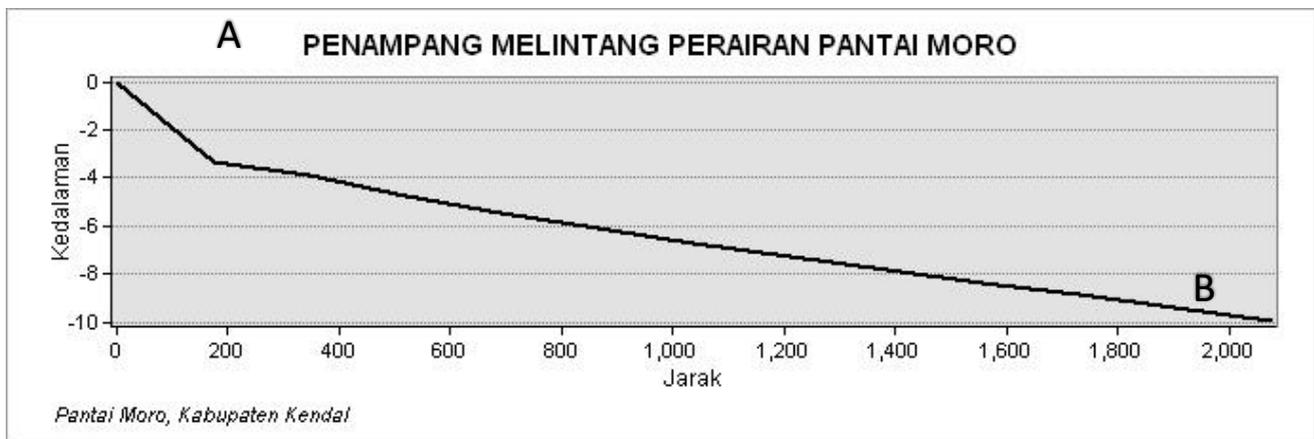
Bujur Timur	Lintang Selatan	d lapangan (m)	d koreksi (m)	d sekunder (m)
110° 3' 7.97"E	6° 54' 5.49" S	3,11	3,55	3,113
110° 2' 57.10"E	6° 53' 58.36" S	3,87	4,31	3,942
110° 2' 45.69"E	6° 53' 55.43" S	4,09	4,53	4,591
110° 2' 49.32"E	6° 54' 11.05" S	2,53	2,97	2,81
110° 3' 14.70"E	6° 54' 2.92" S	3,16	3,6	3,317
110° 2' 31.79"E	6° 53' 55.29" S	4,24	4,68	3,896
110° 2' 33.80"E	6° 54' 11.99" S	2,03	2,47	2,842
110° 2' 24.44"E	6° 54' 5.83" S	2,95	3,39	2,367
110° 2' 26.46"E	6° 54' 18.33" S	1,27	1,71	1,51
110° 2' 13.22"E	6° 54' 12.48" S	1,9	2,34	1,782



**Gambar 8.** Sebaran Jenis Sedimen Pantai Moro



Gambar 9. Kontur Kedalaman Perairan Pantai Moro



Gambar 10. Penampang Melintang Perairan Pantai Moro

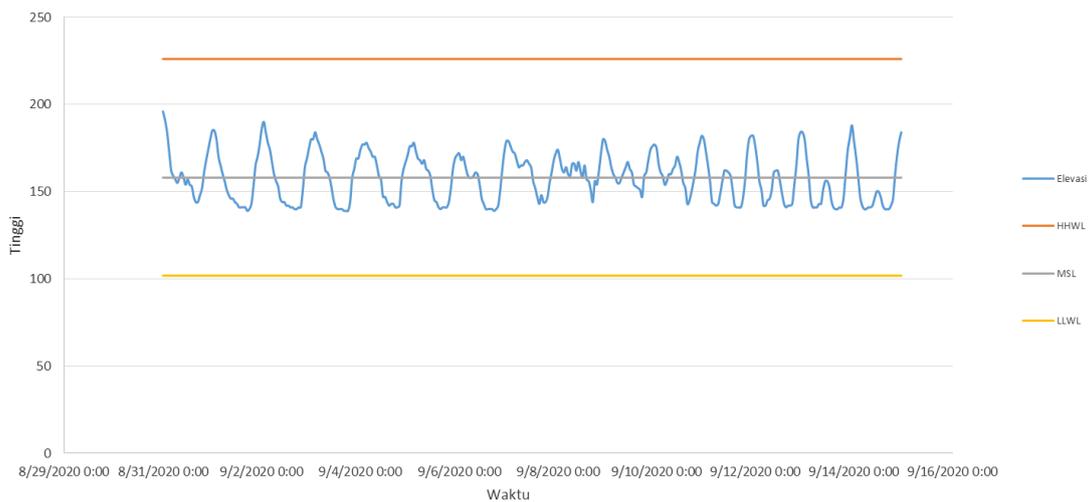
Hasil pengolahan data sekunder pasang surut didapatkan data pasang surut dengan nilai elevasi tertinggi 196 cm dan nilai elevasi terendah 139 cm. Berdasarkan data pasang surut yang telah dianalisis dengan menggunakan metode *Admiralty* diperoleh nilai komponen harmonik pasang surut yang disajikan dalam bentuk Tabel 6.

Nilai *Formzahl* didapatkan dari perhitungan dengan menggunakan rumus empiris dan didapatkan nilai *Formzahl* (F) sebesar 1,07 yang menunjukkan tipe pasang surut campuran condong harian ganda yang merupakan tipe pasang surut dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut tetapi tinggi dan periodenya berbeda (Ichsari *et al.*, 2020). Hal ini juga sesuai dengan penelitian (Kresteva, Rochaddi, & Satriadi, 2014) di perairan Sendangsikucing, Kendal dengan nilai *Formzahl* sebesar 0,89 yang merupakan tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda.

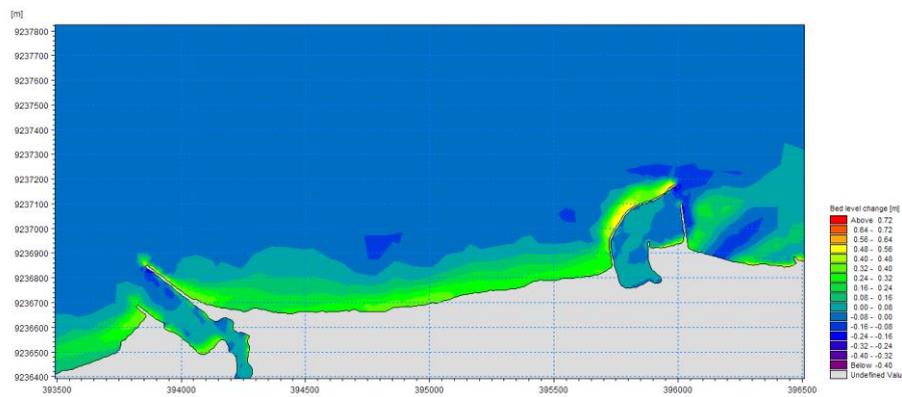
Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan dalam kurun waktu 15 dan 30 hari, hasil pemodelan menunjukkan terdapat gradien warna yang cukup bervariasi. Hal ini menunjukkan terjadinya proses sedimentasi maupun erosi selama simulasi 15 hari dan 30 hari. Perubahan dasar perairan yang terjadi di Perairan Pantai Moro setiap musimnya berdasarkan hasil pemodelan menunjukkan terjadi sedimentasi dengan ketebalan sebesar 0,45 m pada lokasi daerah pesisir pantai, sedangkan pada muara sungai dan perairan dengan lebih dalam terjadi erosi sebesar kurang dari 0,198 m (Sadono *et al.*, 2014; Rahmawati *et al.*, 2014). Faktor yang mempengaruhi pengangkutan sedimen dasar diantaranya yaitu gelombang dan arus. Hasil peramalan gelombang pada waktu penelitian, yaitu bulan September 2020 berada dalam rentang, 0,5 – 0,1 m. Tinggi gelombang tersebut relatif kecil karena tinggi gelombang di bawah 1 meter sehingga tidak berpengaruh banyak pada sebaran sedimen (Pettijohn, 1975). Gelombang dengan ketinggian yang relatif kecil tidak memungkinkan memindahkan sedimen dalam rentang jarak yang panjang.

**Tabel 5.** Komponen Harmonik Pasang Surut

Nilai Formhazl	MSL (cm)	Z <sub>0</sub> (cm)	HHWL (cm)	MHWL (cm)	LLWL (cm)	MLWL (cm)
1,07	158,03	67,98	226,008	83,41	101,81	52,55

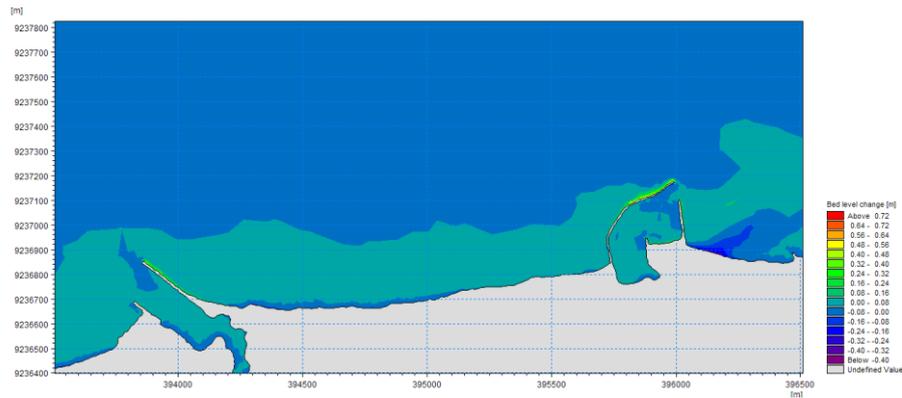


**Gambar 11.** Grafik Pasang Surut Bulan Agustus 2020

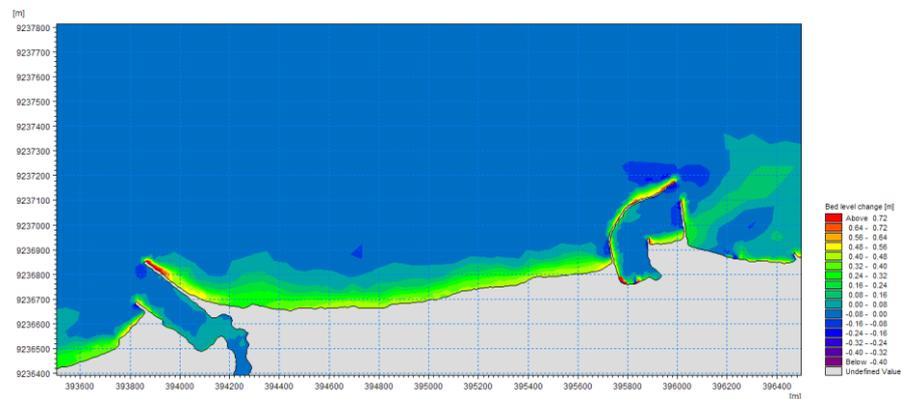


**Gambar 12.** Simulasi Model *Bed Level Change* Musim Barat selama 30 Hari

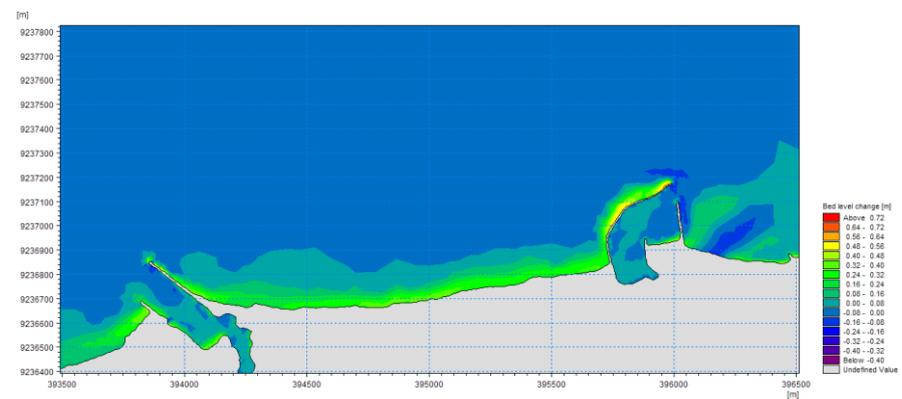
Hal ini ditandai dengan perubahan dasar perairan dalam waktu 30 hari, sedimentasi yang terjadi hanya terdapat pada daerah dekat pantai. Arus yang terjadi pada Perairan Pantai Moro memiliki kecepatan yang lebih besar pada daerah laut daripada pada daerah pantai. Semakin dekat dengan pantai, kecepatan arus akan semakin berkurang. Semakin besar kecepatan arus pada daerah laut menyebabkan terjadinya erosi pada daerah laut, dan akan terbawa ke arah perairan dekat darat, sehingga terjadi sedimentasi pada daerah dekat pantai. Sedimentasi yang dominan terjadi pada daerah pantai juga diakibatkan karena kecepatan arus yang kecil pada wilayah perairan tersebut. Hal ini mengakibatkan arus tidak mampu untuk membawa material sedimen dari pantai, sehingga terjadi sedimentasi sepanjang pantai.



**Gambar 13.** Simulasi Model Bed Level Change Musim Peralihan 1 selama 30 Hari



**Gambar 14.** Simulasi Model Bed Level Change Musim Timur selama 30 Hari



**Gambar 15.** Simulasi Model Bed Level Change Musim Peralihan 2 selama 30 Hari

## KESIMPULAN

Sebaran jenis sedimen yaitu pasir dan pasir lanauan pada daerah dekat muara dan pesisir, sedangkan jenis lanau dan lanau pasiran pada daerah yang lebih dalam. Perubahan dasar perairan yang terjadi pada Perairan Pantai Moro setiap musimnya berdasarkan hasil pemodelan menunjukkan terjadi sedimentasi dengan ketebalan sebesar 0,45 m pada lokasi daerah pesisir pantai, sedangkan pada muara sungai dan perairan dengan lebih dalam terjadi erosi sebesar kurang dari 0,198 m.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, D., Hariadi, H. & Indrayanti, E. 2016. Laju Sedimentasi pada Alur Pelayaran di Muara Sungai Kali Kuto, Kabupaten Kendal. *Journal of Oceanography*, 5(1):126-136.
- Boggs, S. 1987. Principles of Sedimentary and Stratigraphy. Merril Publishing.
- Hidayah, Z. & Apriyanti, A. 2020. Deteksi Perubahan Garis Pantai Teluk Jakarta Bagian Timur Tahun 2003-2018. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 13(2):143-150.
- Hidayat, T., Atmodjo, W., Hariyadi, H., Setyono, H., Ismanto, A. & Suryoputro, A.A.D. 2019. Kajian Tipe dan Komponen Pasang Surut Di Pantai Sigandu Kabupaten Batang. *Indonesian Journal of Oceanography*, 1(1): 1-5.
- Ichsari, L.F., Handoyo, G., Setiyono, H., Ismanto, A., Marwoto, J., Yusuf, M. & Rifai, A., 2020. Studi Komparasi Hasil Pengolahan Pasang Surut Dengan 3 Metode (Admiralty, Least Square Dan Fast Fourier Transform) Di Pelabuhan Malahayati, Banda Aceh. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(2): 121-128.
- Kresteva, G.D., Rochaddi, B. & Satriadi, A. 2014. Studi Kenaikan Muka Air Laut di Perairan Kendal. *Journal of Oceanography*, 3(4):535-539.
- Kurniawan, A. & Pradana, R.A., 2016. Pemodelan Aliran Material Sedimen Akibat Arus Pasang Surut Untuk Pemeliharaan Kedalaman Perairan Pelabuhan (Studi Kasus: Pelabuhan Tanjung Perak-Teluk Lamong, Surabaya). *Geoid*, 12(1):60-67.
- Mahendra, I.W.W.Y., Maulana, E., Wulan, T.R., Rahmadana, A.D.W. and Putra, A.S., 2017. Pemetaan Kawasan Rawan Abrasi di Provinsi Jawa Tengah Bagian Utara. *Bunga Rampai: Kepesisiran Dan Kemaritiman Jawa Tengah*, 2:93-105.
- Minarrohman, M.G. and Pratomo, D.G., 2017. Simulasi arus dan distribusi sedimen secara 3 dimensi di pantai selatan jawa. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2):G172-G177.
- Pettijohn, F.J., 1975. Sedimentary rocks. Vol. 3, p. 628. New York: Harper & Row.
- Sadono, A.J., Satriadi, A. & Helmi, M. 2014. Prediksi Perubahan Garis Pantai Tahun 2012-2022 Dengan Menggunakan Pemodelan Numerik Nemos (Nearshore Evolution Modeling System) Di Pantai Sigandu Kabupaten Batang Provinsi Jawa Tengah. *Journal of Oceanography*, 3(2):173-180.
- Satriadi, A., 2013. Kajian Transpor Sedimen Tersuspensi Untuk Perencanaan Pembangunan Pelabuhan Bojonegara Banten. *Buletin Oseanografi Marina*, 2(2):68-77.
- Sigurdsson, H., Houghton, B., McNutt, S., & Rymer, H. 2015. Encyclopedia of Volcanoes. Elsevier.
- Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Rahmawati, S., Irawan, A., Supriyadi, I.H. & Azkab, M.H., 2014. Panduan monitoring padang lamun. Bogor: COREMAP-CTI Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Yogyakarta: Beta Offset.