

PENGARUH ARUS TERHADAP LAJU SEDIMENTASI DI SEKITAR SABUK PERMEABELDI TIMBUL SLOKO, KABUPATEN DEMAK

Hari Prayogi, Sugeng Widada, Hariadi*)

Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan,
Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang Tlp. / Fax. (024)7474698 Semarang 50275
E-mail: s_widada@yahoo.co.id

Abstrak

Demak merupakan salah satu kabupaten di wilayah pesisir utara Jawa Tengah yang mengalami abrasi. Tahun 1980, terjadi konversi lahan mangrove karena pembukaan tambak. Struktur permeabel merupakan salah satu alternatif solusi perlindungan pantai di Desa Timbul Sloko dari Pemerintah, dengan tujuan akhir mengembalikan garis pantai. Peranan arus terhadap dinamika perubahan pantai yakni membawa material sedimen sehingga berpotensi menyebabkan sedimentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh arus terhadap laju sedimentasi di sekitar sabuk permeabel. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 13 April 2015 hingga 3 Mei 2015. Data primer yakni data arus dan sampel sedimen terperangkap. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Analisis laju sedimentasi dan ukuran butir dilakukan dengan metode Buchanan dan Holme Mc Intyre serta pemodelan arus menggunakan software MIKE 21 modul Flow Model. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, Perairan Timbul Sloko memiliki arus rata-rata 0,0365 m/s dengan arah arus dominan ke timur laut pada kondisi pasang dan ke barat daya pada kondisi surut. Rata-rata laju sedimentasi pada sabuk permeabel pada saat pasang purnama dan perbani berturut-turut adalah 0,219-0,99 kg/m²/hari dan 0,205-0,504 kg/m²/hari. Rata-rata laju sedimentasi di dalam area sabuk permeabel lebih tinggi dibandingkan laju sedimentasi di luar sabuk permeabel.

Kata kunci: Arus, Laju Sedimentasi, Sabuk Permeabel, Timbul Sloko Demak

Abstract

Demak is one of the districts in the north coast of Central Java that experienced abrasion. In 1980, there was a conversion of mangroves for shrimp ponds. Permeable structure is an alternative solution in the Timbul Sloko Village coastal protection from the Government, with the main goal of restoring the shoreline. The current role of the dynamics of coastal change that bring sediment material thereby potentially causing sedimentation. This study aims to determine the current effect on the rate of sedimentation around permeable belt. The research was conducted on April 13, 2015 to May 3, 2015. The primary data are the currents data and trapped sediment samples. The method used in this research is descriptive method. Analysis of sedimentation rate and grain size was conducted by Buchanan and Holme Mc Intyre and current modeling using software modules MIKE 21 Flow Model. Based on the research that has been done, Water Timbul Sloko has a current average of 0.0365 m / s with the dominant current direction to the northeast on the tidal conditions and to the southwest at low tide conditions. The average rate of sedimentation on permeable belt

during neap tide and are respectively 0.219 to 0.99 kg/m²/day and 0.205 to 0.504 kg/m²/day. The average rate of sedimentation in the area of permeable belt is higher than the rate of sedimentation in the outer permeable belt.

Keywords: *Current, Sediment Acceleration, Sedimentation Rate, Timbul Sloko Demak*

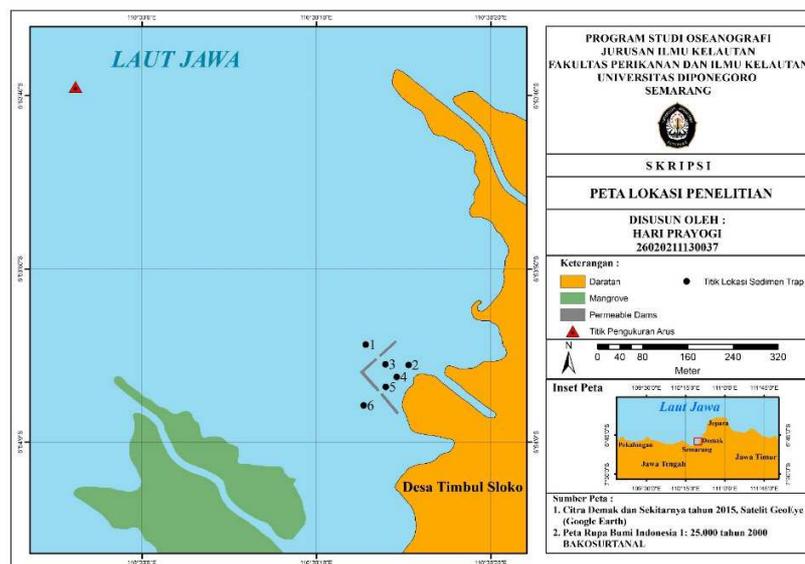
1. Pendahuluan

Salah satu permasalahan utama yang terjadi pada kawasan pesisir di Indonesia adalah tingginya tingkat erosi pantai atau abrasi, salah satu diantaranya adalah Kabupaten Demak. Terjadinya abrasi di pesisir Kabupaten Demak lebih banyak disebabkan oleh kegiatan pembangunan di wilayah lain yang berakibat pada berubahnya pola hidrodinamika perairan seperti ketidakseimbangan pergerakan sedimen dari dan menuju pantai oleh pengaruh gelombang dan arus laut (Ismail, 2012).

Kawasan pesisir Desa Timbul Sloko merupakan kawasan dengan sebaran lahan mangrove dan tambak di sepanjang pantainya. Pada tahun 1980, terjadi konversi lahan mangrove dalam jumlah cukup tinggi karena pembukaan tambak. Tahun 2000, mulai terjadi abrasi di pesisir Desa Timbul Sloko dan pada tahun 2013 mengalami abrasi 400 – 1300 meter (Astra *et al.*, 2014). Ancaman tersebut menyebabkan penurunan hasil produksi dan pendapatan petani tambak disebabkan abrasi laut yang menghantam lahan tambak (Ismail, 2012).

Struktur permeabel merupakan salah satu alternatif solusi perlindungan pantai di Desa Timbul Sloko dari Pemerintah dengan tujuan akhir mengembalikan garis pantai. Struktur permeabel dibangun dengan menggunakan bahan-bahan yang tersedia secara lokal seperti kayu, bambu dan ranting pohon dengan mengadaptasi sistem kerja akar mangrove sebagai perangkap sedimen. Struktur permeabel ini berfungsi untuk mengembalikan kondisi pantai melalui proses alami seperti sedimentasi sehingga kondisi hidrodinamika dan ekologi akan kembali seperti semula dan merangsang penambahan lahan yang sebelumnya terkikis oleh abrasi (Verschure, 2013).

Berkaitan dengan hal tersebut di atas maka dilakukan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh arus terhadap laju sedimentasi di sekitar sabuk permeabel. Pengukuran data lapangan di Perairan Timbul Sloko dilakukan pada tanggal 13 April – 3 Mei 2015. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Timbul Sloko, Demak

2. Materi dan Metode

A. Materi Penelitian

Materi dalam penelitian ini meliputi data primer yang terdiri atas data arus di Perairan Timbul Sloko, Demak dan sampel sedimen terperangkap, serta data sekunder yang terdiri atas data pasang surut dari BMKG Maritim Semarang, Peta Lingkungan Pantai Indonesia 1 : 250.000 Tahun 2000, Peta Rupa Bumi Indonesia 1:25.000 Tahun 2001 Bakosurtanal serta *Google Earth* Satelit *GeoEye* 2015.

B. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif, yakni metode untuk memperoleh gambaran mengenai situasi atau kejadian yang diteliti atau dikaji dalam waktu dan tempat tertentu untuk memperoleh gambaran tentang situasi dan kondisi secara lokal (Suryabrata, 1992). Hasil penelitian menggambarkan kondisi dari laju sedimentasi yang dipengaruhi oleh arus pada sabuk permeabel di Perairan Timbul Sloko, Demak.

Metode penentuan lokasi pengambilan data arus dan sampel sedimen terperangkap menggunakan metode *Cluster Sampling* (area sampling), yakni menentukan lokasi pengukuran jika daerah yang dikaji sangat luas (Fathoni, 2006). Penentuan titik koordinat lokasi pengamatan dan pengukuran dilakukan dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Lokasi pengukuran dan pengambilan sampel merupakan lokasi yang dianggap dapat mewakili daerah penelitian.

Metode pengukuran arus yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Lagrange*. Teknik pengukuran arus menggunakan bola duga (*drifter*), didapatkan data kecepatan rata-rata arus pada kedalaman 0,6d (Poerbandono dan Djunasjah, 2005). Pengambilan data dilakukan selama 3 x 24 jam dengan selang waktu 60 menit.

Hasil pengukuran arus lapangan diperoleh data berupa kecepatan dan arah arus total serta titik koordinat. Kecepatan dan arah arus ini akan diuraikan komponennya menjadi komponen U (timur-barat) dan V (utara-selatan). Besar komponen U didapat dari rumus:

$$U = V_{total} \sin \frac{(Dir\pi)}{180} \quad (1)$$

Sedangkan besar komponen V didapat dari:

$$V = V_{total} \cos \frac{(Dir\pi)}{180} \quad (2)$$

Data arus yang didapat dari pengukuran lapangan disajikan dalam bentuk grafik analisis data arus pengukuran lapangan sehingga dapat menggambarkan pola arus perairan. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan program *World Current* dan *WRPLOT* (Poerbandono dan Djunasjah, 2005).

Untuk mengetahui laju sedimentasi, digunakan *sediment trap* berbentuk silinder berupa pipa paralon dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 50 cm. *Sediment trap* dipasang selama 20 hari dalam satu siklus purnama dan perbani dengan interval pengambilan 5 hari. Titik pemasangan *sediment trap* yaitu di area sabuk permeabel dengan pertimbangan selalu mengalami perendaman baik pada saat pasang maupun surut.

Analisis laju sedimentasi dilakukan dengan metode Buchanan dan Holme Mc Intyre (1948) yaitu:

1. Sampel diendapkan selama satu malam, air yang berada diendapan dipisahkan;
2. Sampel yang sudah diendapkan ditimbang dan dipindahkan dalam gelas ukur volume 1 liter yang telah diisi aquades, dikocok hingga homogen lalu dilakukan pemipetan;
3. Masing-masing hasil pemipetan diletakan pada botol sampel yang sebelumnya ditimbang;
4. Selanjutnya dilakukan penamaan sedimen dan menentukan ukuran sedimen yang merupakan diameter sedimen pada persentase 50% dari sampel sedimen. Setelah kadar sedimen diketahui, hasil yang didapat kemudian diplotkan penamaan sesuai dengan segitiga penamaan sedimen;
5. Hasil pemipetan dengan masing-masing diameter yang diperoleh lalu disaring menggunakan kertas saring *milipore* 0,42 μm yang sebelumnya dibasahi dengan aquades dan dikeringkan dengan oven pada suhu 105° C. Sampel disaring menggunakan pompa hisap, bersama dengan kertas saring yang telah diketahui beratnya, dan residu hasil penyaringan ditimbang;
6. Hasil saringan kemudian dioven pada suhu 105° C; dan
7. Sampel yang sudah kering dimasukkan dalam desikator 20 menit, kemudian ditimbang.

Rumus APHA (1976) dalam Supriharyono (1990) perhitungan laju sedimentasi yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Laju Sedimentasi} &= A - B / \text{luas} / \text{minggu} \text{ (gr/luas pralon / minggu)} \\ &= \left(\frac{10000}{\pi.r^2}\right)(A - B) \text{ (gr/m}^2\text{/hari)} \end{aligned} \quad (3)$$

$$= \left(\frac{10}{\pi.r^2}\right) (A - B) \text{ (kg/ m}^2\text{/hari)} \quad (4)$$

keterangan:

A : Berat alumunium foil + sedimen setelah pemanasan 105 °C dalam gram

B : Berat awal alumunium foil setelah pemanasan 105 °C dalam gram

Data pasang surut dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Maritim Semarang, dilakukan analisis harmonik pasang surut dengan metode yang dikemukakan oleh Admiralty sehingga diperoleh konstanta harmonik pasang surut yaitu M_2 , S_2 , K_2 , N_2 , K_1 , O_1 , P_1 dan

Q₁. Dari konstanta pasang surut tersebut diperoleh juga bilangan *Formzahl* (F) yang menunjukkan tipe pasang surut di daerah penelitian.

Validasi Data dan Analisis Statistik

Menurut George *et al* (2010), untuk memvalidasi model, digunakan beberapa data lapangan seperti data arus dan pasang surut melalui analisis statistik. *Cost Function* (CF) adalah nilai non-dimensi yang mengkuantifikasi perbedaan antara nilai model dan data lapangan, sehingga menunjukkan kecocokan antara dua data tersebut. Hal ini didapatkan oleh:

$$CF = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{|D_n - M_n|}{\sigma_D} \tag{5}$$

dimana N adalah jumlah total pengamatan, n adalah perbandingan data ke- n, D nilai pengamatan, M adalah nilai Model dan

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (D_n - \bar{D})^2} \tag{6}$$

adalah standar deviasi dari pengamatan. D menunjukkan rata-rata pengamatan. Kriteria yang digunakan adalah CF <1 sangat baik, 1-2 baik, 2-3 cukup, > 3 buruk (George *et al*, 2010).

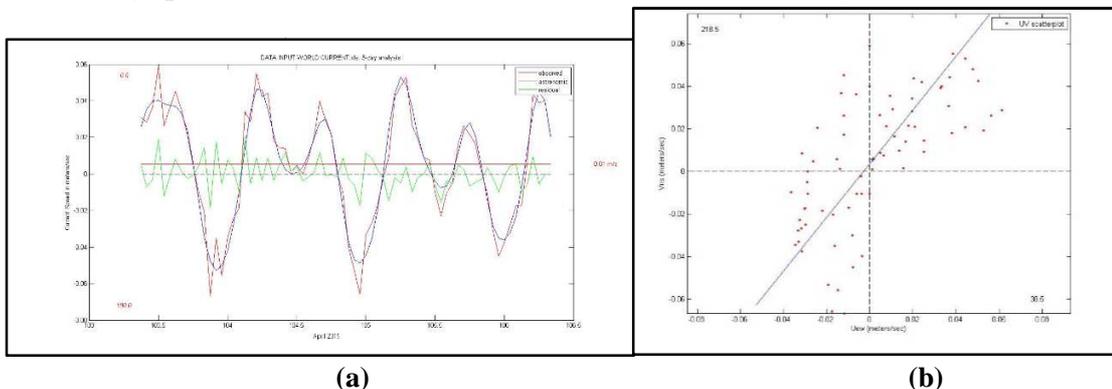
3. Hasil dan Pembahasan

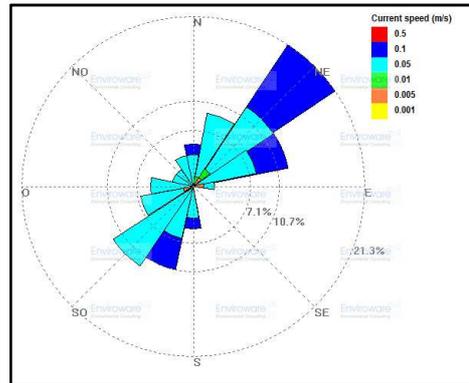
Berdasarkan pengukuran arus diperoleh kecepatan maksimum, minimum dan rata – rata pada kedalaman 2,4 meter, ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kecepatan Arus Maksimum, Minimum dan Rata - rata

Kedalaman (m)	Kecepatan Arus (m/s)			Arah (°)	
	Maksimum	Minimum	Rata-rata	Maksimum	Minimum
2.4	0.06893	0.00143	0.03645	355	0

Arus di perairan Timbul Sloko berdasarkan grafik pemisah didominasi arus pasang surut. Diketahui dari arus total (*observed*) mengikuti pola kecepatan arus pasut (*astronomic*) sedangkan pengaruh arus residu (*residual*) relatif kecil. Hasil *scatter plot* menunjukkan persebaran arus di titik koordinat 110°29'56,61" BT dan 6°53'40,77" LS. Dapat dilihat persebaran arus terdapat pada tiga kuadran yakni kuadran 1,3 dan 4. Dominasi arus yang terdapat pada kuadran 1 dan 4 memperlihatkan gerakan arus yang terjadi adalah arus bolak balik yang relatif sama dengan hasil *current rose*. Berdasarkan pengolahan arus menggunakan *WRPLOT* diperoleh diagram yang menunjukkan dominasi arah arus. Arah arus dominan menuju timur laut pada kondisi pasang dan ke arah barat daya pada saat surut (Gambar 2).

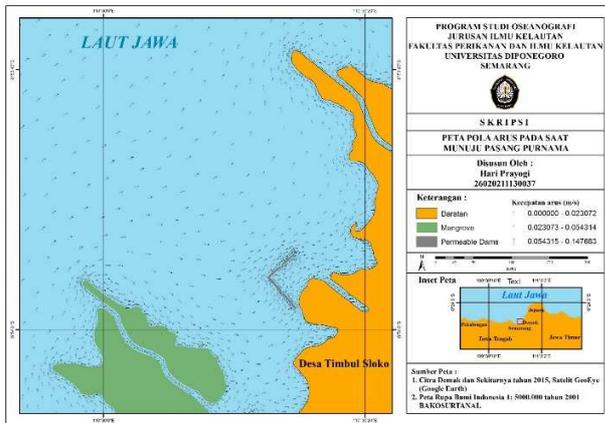




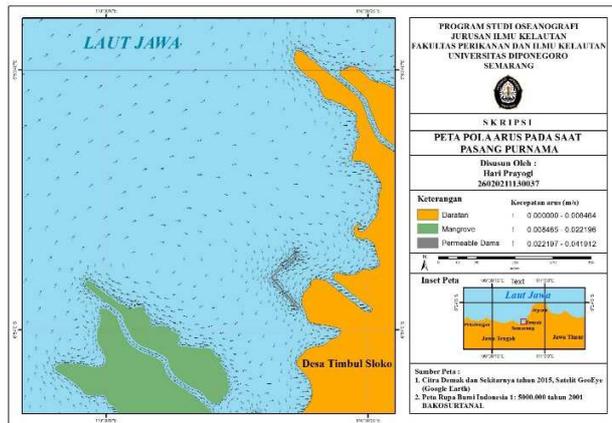
(c)

Gambar 2. (a) Grafik Arus Lapangan Menggunakan *SoftwareWorld Currents*, (b) *Scatter Plot* Menggunakan *SoftwareWorld Currents*, (c) *Current Rose* Menggunakan *SoftwareWRPLOT*

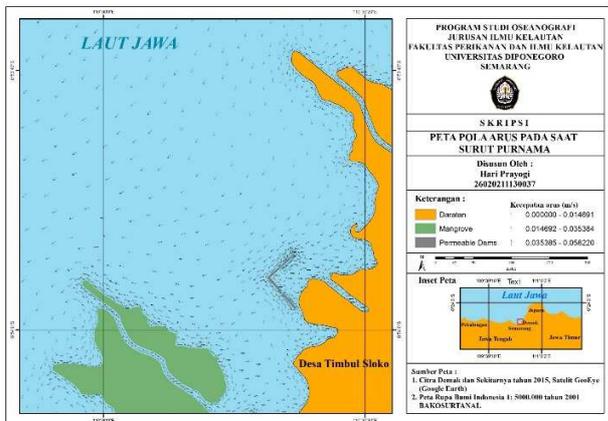
Berdasarkan hasil simulasi arus menggunakan software *MIKE 21* dengan menggunakan *Flow Model* menghasilkan vektor arus, yaitu besar dan arah arus yang meliputi kondisi arus saat menuju pasang, menuju surut, pasang dan surut dalam siklus purnama dan perbani. Hasil model tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 10.



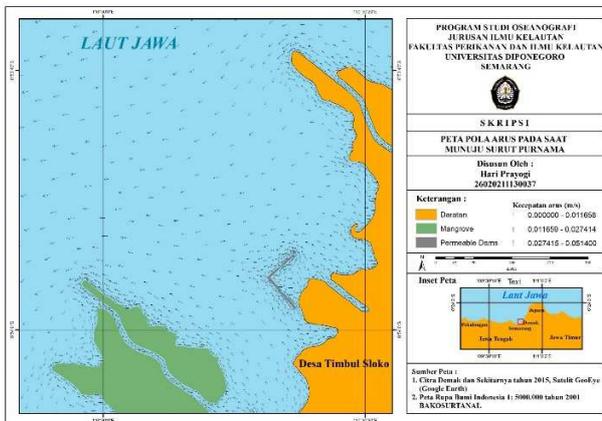
Gambar 3. Peta Pola Arus Saat Menuju Pasang Purnama di Perairan Timbul Sloko



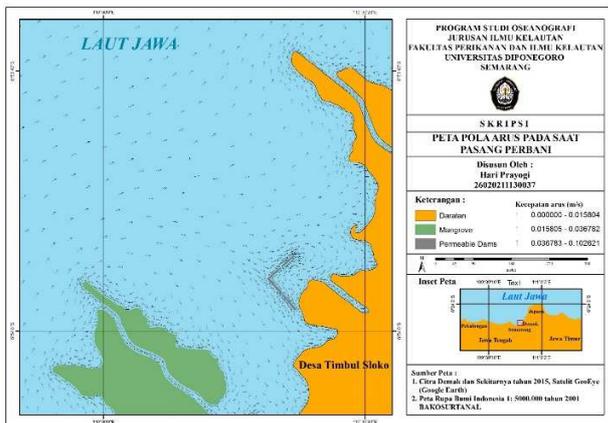
Gambar 4. Peta Pola Arus Saat Pasang Purnama di Perairan Timbul Sloko



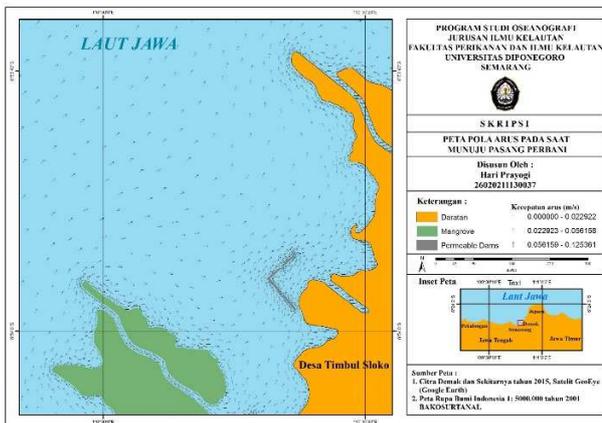
Gambar 5. Peta Pola Arus Saat Menuju Surut Purnama di Perairan Timbul Sloko



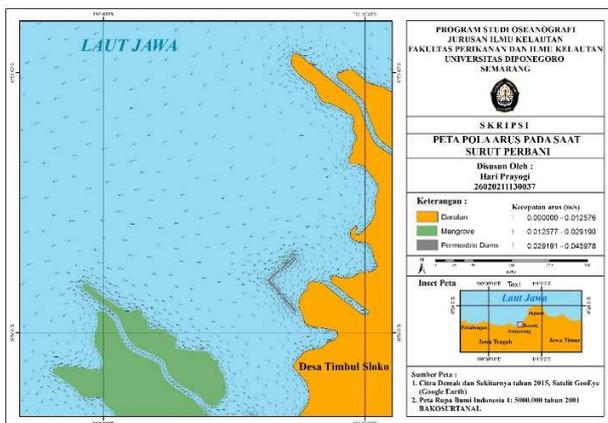
Gambar 6. Peta Pola Arus Saat Kondisi Surut Purnama di Perairan Timbul Sloko



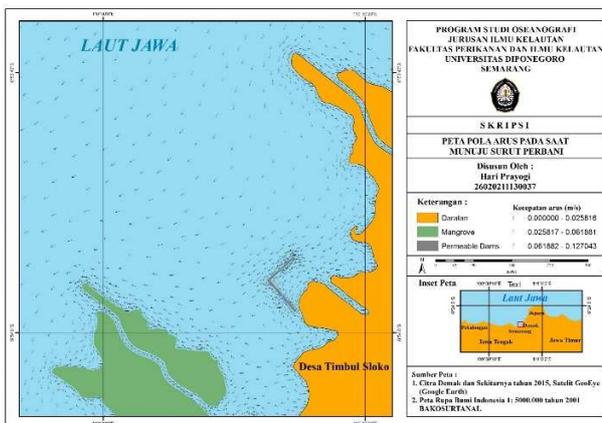
Gambar 7. Peta Pola Arus Saat Menuju Pasang Perbani di Perairan Timbul Sloko



Gambar 8. Peta Pola Arus Saat Pasang Perbani di Perairan Timbul Sloko

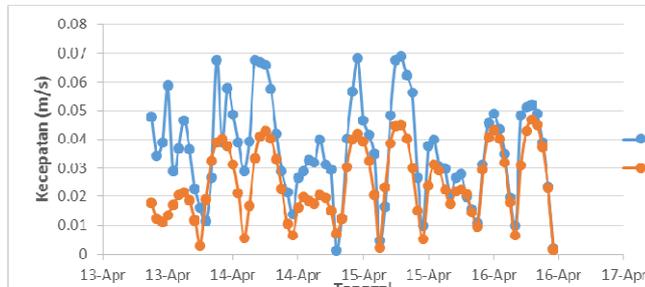


Gambar 9. Peta Pola Arus Saat Menuju Surut Perbani di Perairan Timbul Sloko

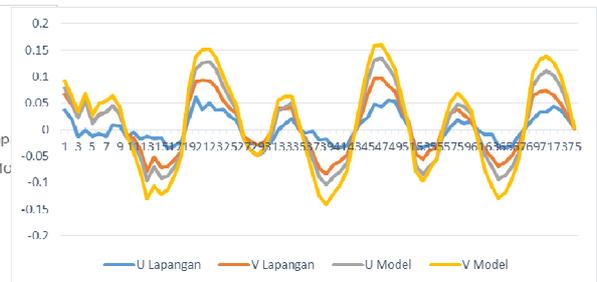


Gambar 10. Peta Pola Arus Saat Kondisi Surut Perbani di Perairan Timbul Sloko

Berdasarkan hasil perhitungan *Cost Function (CF)*, diperoleh akurasi antara hasil data arus lapangan dengan simulasi model sebesar 0,713 dengan kategori sangat baik sebagaimana terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Validasi Data Arus Pengamatan dan Model di Perairan Timbul Sloko



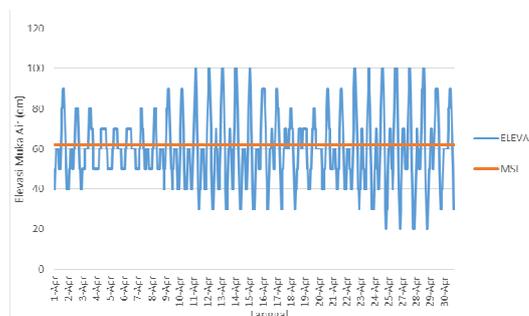
Gambar 12. Grafik Validasi Kecepatan Arus dalam U dan V

Berdasarkan hasil pengolahan data pasang surut bulan April 2015 di perairan Timbul Sloko, diperoleh nilai komponen pasang surut, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Komponen - Komponen Pasang Surut Perairan Timbul Sloko

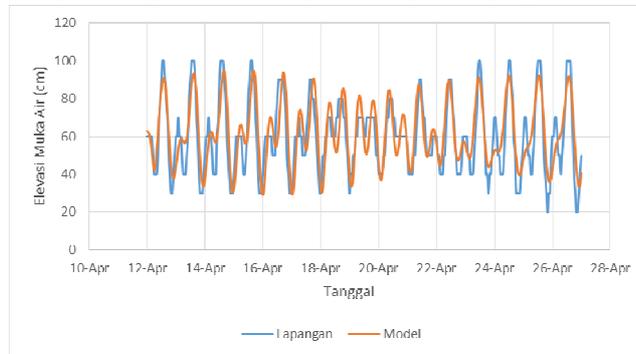
Komponen	Amplitudo (Cm)	Beda Fase (g°)
So	62	
O1	6	244
P1	7	342
K1	22	342
M2	14	270
S2	9	94
N2	5	183
K2	2	94
M4	2	282
MS4	1	180

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh nilai tinggi muka air rata – rata (MSL) sebesar 62 cm dan juga bilangan Formzahl sebesar 1,246 yang menunjukkan bahwa pasang surut di daerah penelitian bertipe pasang surut campuran condong ke harian ganda yaitu dalam satu hari terjadi dua kali pasang pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda. Berikut merupakan grafik pasang surut hasil pengolahan di perairan Timbul Sloko tercantum pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik Pasang Surut di Perairan Timbul Sloko

Hasil perhitungan *Cost Function (CF)* dari data pengamatan pasang surut oleh BMKG Maritim Semarang dan pasang surut model menggunakan *software MIKE 21* diperoleh nilai sebesar 0.487 yang berarti masuk kategori sangat baik, sebagaimana grafiknya pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Validasi Pasang Surut

Pengamatan laju sedimentasi dilakukan pada 6 stasiun selama 20 hari, dengan interval pengambilan 5 hari, dimana waktu pengambilan sampel dimulai pada tanggal 13 April 2015 dan di akhiri pada tanggal 03 Mei 2015. Laju sedimentasi ditampilkan dalam rata - rata laju sedimentasi tiap stasiun selama 20 hari. Hasil laju sedimentasi tersebut dapat dilihat dalam Tabel 3. Selain dalam berat, laju sedimentasi juga di gambarkan dalam bentuk volume. Perbandingan laju sedimentasi dalam volume tersaji dalam Tabel 4. Perbandingan laju sedimentasi tiap stasiun perminggu dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.

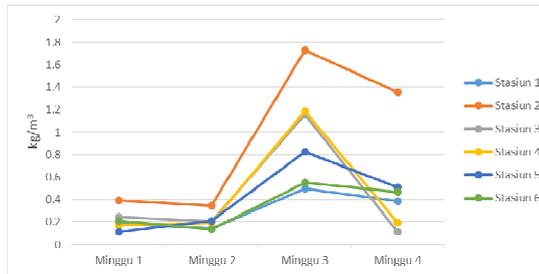
Tabel 3. Rata - rata Laju Sedimentasi Tiap Stasiun dalam Berat (g)

Stasiun	Laju Sedimentasi dalam Berat				Rata - rata
	Minggu 1 (Purnama I)	Minggu 2 (Perbani I)	Minggu 3 (Purnama II)	Minggu 4 (Perbani II)	
	kg/m ² /hari	kg/m ² /hari	kg/m ² /hari	kg/m ² /hari	
1	0.189	0.138	0.495	0.383	0.301
2	0.393	0.347	1.728	1.356	0.956
3	0.247	0.206	1.16	0.113	0.432
4	0.168	0.192	1.185	0.192	0.434
5	0.109	0.212	0.822	0.51	0.413
6	0.208	0.136	0.550	0.467	0.340
Rata-rata	0.219	0.205	0.990	0.504	

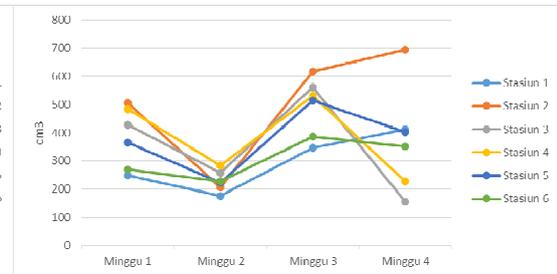
Tabel 4. Rata - rata Laju Sedimentasi Tiap Stasiun dalam Volume (cm³)

Stasiun	Laju Sedimentasi dalam Volume				Rata - rata
	Minggu 1 (Purnama I)	Minggu 2 (Perbani I)	Minggu 3 (Purnama II)	Minggu 4 (Perbani II)	
	cm ³ /minggu	cm ³ /minggu	cm ³ /minggu	cm ³ /minggu	
1	247.218	175.113	345.076	412.031	294.860
2	504.738	206.015	618.046	695.302	506.025
3	427.482	257.519	561.392	154.512	350.226
4	484.136	283.271	530.490	226.617	381.128
5	365.677	221.467	515.039	401.730	375.978

6	267.820	226.617	386.279	350.226	307.736
Rata-rata	382.845	228.334	492.720	373.403	



Gambar 15. Perbandingan Laju Sedimentasi Tiap Stasiun



Gambar 16. Perbandingan Laju Sedimentasi Tiap Stasiun Per Minggu

Analisa ukuran butir sedimen dilakukan untuk mengetahui jenis sedimen yang terperangkap dalam Sediment Trap. Hasil perbandingan ukuran butir per stasiun tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Ukuran Butir pada Masing-masing Stasiun

Stasiun	Sand	Silt	Clay	Jenis Sedimen
	%	%	%	
1	0	85.00	15.00	<i>Silt</i>
2	0	89.76	10.24	<i>Silt</i>
3	0	84.59	15.41	<i>Silt</i>
4	0	84.68	15.32	<i>Silt</i>
5	0	83.21	16.79	<i>Silt</i>
6	0	81.98	18.02	<i>Silt</i>

Pada saat pasang elevasi muka air di laut lebih tinggi, mengakibatkan pergerakan massa air atau arus menuju ke darat dan sekaligus membawa material sedimen memasuki struktur permeabel. Pada kondisi surut elevasi muka air di darat lebih tinggi dan mengakibatkan pergerakan arus menuju ke laut, dalam kondisi ini (*slack water*) material sedimen akan terjebak oleh struktur permeabel yang selanjutnya terjadi proses sedimentasi. Semakin besar massa air yang memasuki struktur permeabel maka akan semakin besar pula material sedimen yang terperangkap.

Struktur bangunan yang juga berfungsi sebagai peredam gelombang memungkinkan kondisi di dalam sabuk permeabel memiliki kondisi yang relative lebih tenang. Terdapat *gate* pada struktur ini juga memungkinkan arus mentransportkan material sedimen lebih tinggi ke dalam sabuk permeabel. Kondisi yang demikian memungkinkan proses sedimentasi berlangsung lebih cepat dibandingkan kondisi di luar sabuk permeabel. Dengan demikian struktur ini memiliki fungsi sebagai perangkap sedimen (*permeabel dams*), mengakumulasi sedimentasi dan menjaga material sedimen tetap dalam sabuk permeabel.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan Perairan Timbul Sloko memiliki arus rata-rata 0,0365 m/s dengan arah arus dominan ke timur laut pada kondisi pasang dan ke barat daya pada kondisi surut. Arus merupakan salah satu faktor pengadukan sedimen dalam perairan.

Semakin besar julat pasang yang terjadi maka akan semakin besar pula arus yang terbentuk dan berbanding lurus dengan transpor material sedimen oleh arus menuju darat yang berpengaruh terhadap besarnya laju sedimentasi. Rata-rata laju sedimentasi pada sabuk permeabel di Perairan Timbul Sloko Demak pada saat pasang purnama dan perbani berturut-turut adalah 0,219-0,99 kg/m²/hari dan 0,205-0,504 kg/m²/hari. Rata-rata laju sedimentasi di dalam area sabuk permeabel lebih tinggi dibandingkan laju sedimentasi di luar sabuk permeabel.

Daftar Pustaka

- Astra, A.S., Etwin Kusiati Sabarani, Arief M.H., dan Mochamad B.M. 2014. Keterlibatan Masyarakat dalam Pengelolaan Kawasan Pesisir dan Laut (*Mangrove Capital Project*). Bogor: Wetlands International Indonesia.
- Fathoni, A. 2006. Metodologi Penelitian dan Teknik Penyusunan Skripsi. Rineka Cipta. Bandung, 149 hlm.
- George, M.S., L. Bertino, O.M. Johannessen, A. Samuelsen, M. Svedrup. 2010. Validation of a Hybrid Coordinate Ocean Model for The Indian Ocean. Center for Global Ocean Studies and Operational Oceanography/Nansen Environmental and Remote Sensing Center. Bergen Norway, 3(2): 28 p.
- Ismail, C.S. 2012. Pengaruh Abrasi Terhadap Tingkat Pendapatan Petani Tambak Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. *Geo Image*, 1(1): 58-60 hlm.
- Supriharyono. 1990. Hubungan Tingkat Sedimentasi dengan Hewan Mikrobentos di Perairan Muara Sungai Moro Demak Kabupaten Dati II Jepara. Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro. Semarang.
- Suryabrata, S. 1992. Metodologi penelitian. Rajawali press. Jakarta, 115 hlm.
- Verschure, S. 2013. Bekerjasama dengan Alam untuk Mengatasi Erosi Pantai Berlumpur Timbul Sloko, Sayung, Demak, Central Java, Indonesia. *Mangrove Capital Project, Hybrid Engineering*. Wetlands International, 34 hlm.