

Efektifitas Struktur Kerapatan terhadap Laju Sedimentasi dan Jenis Sedimen pada Hybrid Engineering di Desa Timbulsloko, Demak, Jawa Tengah

Ginnia Julianti Utomo*, Warsito Atmodjo, Denny Nugroho Sugianto, Rikha Widiaratih dan Aris Ismanto

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang, Kota Semarang, Kode Pos 50275 Telp/fax (024) 7474698

*Email: ginniajuliantiutomo@student.undip.ac.id

Abstrak

Kabupaten Demak merupakan salah satu wilayah yang mengalami berbagai permasalahan pesisir yang cukup parah. Erosi dan abrasi pantai menjadi fenomena yang terus terjadi selama 20 tahun terakhir. Perairan Sayung merupakan salah satu daerah yang mengalami erosi dan abrasi pantai dengan wilayah yang dilintasi banyak nelayan. Perubahan wilayah pesisir akibat permasalahan tersebut memicu berbagai dampak buruk bagi wilayah tersebut, seperti, kehilangan daerah pesisir, tambak, bahkan mangrove. Aktivitas penebangan hutan mangrove, penambangan pasir, tingginya fenomena gelombang dan pasang surut air laut yang juga memicu adanya erosi dan abrasi pantai. Akibat hal tersebut, angkutan sedimen yang berpindah akan membuat berubahnya garis pantai dan pengikisan wilayah daratan pantai. Penurunan kualitas pesisir akan berpengaruh signifikan jika erosi pantai dalam jangka panjang tidak segera diatasi dan akan membuat masukan sedimen dari sungai juga tidak seimbang akan berpotensi kerugian yang lebih besar. Penerapan *hybrid engineering* dengan metode ramah lingkungan menjadi solusi berbasis ekosistem, karena mampu mengembalikan substrat lumpur sebagai tempat tumbuhnya mangrove. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji struktur *hybrid engineering permeable* yang dapat meningkatkan laju sedimentasi di Perairan Sayung. Pengambilan data lapangan dilakukan selama 10 bulan dengan metode *purposive sampling*. Analisis laju sedimentasi yang dihasilkan yakni berkisar antara 0,64 – 3,61 cm/bulan. Meningkatnya laju sedimentasi menunjukkan adanya struktur *hybrid engineering* yang bekerja secara efektif yang didukung dengan adanya hubungan faktor oseanografi yaitu gelombang dan pasang surut.

Kata kunci: Laju Sedimentasi, Demak, Hybrid Engineering, Erosi Pantai, Abrasi Pantai

Abstract

Demak Regency is one of the areas experiencing severe coastal problems. Coastal erosion and abrasion have become a continuous phenomenon for the last 20 years. Sayung waters is one of the areas experiencing coastal erosion and abrasion, with many fishermen crossing the area. Changes in coastal areas due to these problems trigger various bad impacts for the area, such as loss of coastal areas, ponds, and even mangroves. Mangrove logging activities, sand mining, high waves and tidal phenomena also trigger coastal erosion and abrasion. As a result of this, moving sediment transport will make the coastline change and the erosion of the coastal land area. The decline in coastal quality will have a significant effect if coastal erosion in the long term is not immediately addressed and will make the sediment input from the river also unbalanced, which will potentially lead to greater losses. The application of hybrid engineering with environmentally friendly methods is an ecosystem-based solution, because it is able to restore the mud substrate as a place for mangroves to grow. This study aims to study the hybrid engineering structure that can increase the sedimentation rate in Sayung Waters. Field data collection was carried out for 10 months using purposive sampling method. The resulting sedimentation rate analysis ranged from 0.64 to 3.61 cm/month. The increasing sedimentation rate indicates the existence of a hybrid engineering structure that works effectively which is supported by the relationship between oceanographic factors, namely waves and tides.

Keywords: Sedimentation Rate, Demak, Hybrid Engineering, Coastal Erosion, Coastal Abrasion

PENDAHULUAN

Desa Timbulsloko, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah merupakan wilayah pesisir yang memiliki topografi yang landai dan datar dengan variasi tinggi permukaan berkisar 0 – 10 m di atas permukaan air laut. Material penyusun pesisir Demak berupa lumpur atau lempung, sehingga proses yang terjadi adalah sedimentasi lumpur dan pasang air laut. Dampak erosi dan abrasi pantai selama 20 tahun terakhir cukup parah. Kecamatan Sayung mengalami perubahan wilayah pesisir akibat erosi sebesar 74,47 ha (Mauludi *et al.*, 2018). Pada tahun 2013, Desa Timbulsloko, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah kehilangan daerah pesisir seperti pertanian, tambak dan mangrove sebesar 400-1300 meter (Astra *et al.*,

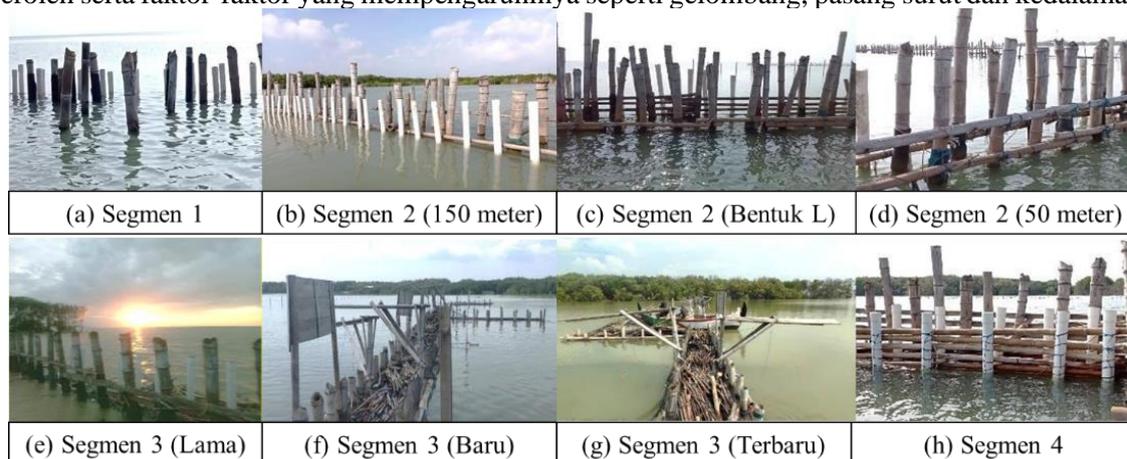
2014). Menurut Diposaptono (2001), erosi pantai dapat berdampak pada berkurangnya wilayah daratan dan kemunduran garis pantai terutama di Desa Timbulsloko, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Karena dipicu oleh penurunan muka tanah, kerusakan hutan mangrove, perubahan iklim global, penambangan pasir di sekitar pantai dan pembuatan tambak yang tidak memperhitungkan keadaan kondisi dan lokasi (Damaywanti, 2013). Hal ini mengindikasikan keseimbangan pesisir Demak akan terganggu, terlebih adanya proses pembangunan dan reklamasi pelabuhan di Kota Semarang.

Rusaknya hutan mangrove menyebabkan wilayah daratan di sekitar pesisir Desa Timbulsloko, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah memiliki pertahanan yang lemah terhadap dinamika alam pesisir yang berasal dari arus, gelombang, pasang surut dan angin (Fathurrohman dan Marjuki, 2017). Penurunan kualitas pesisir akan berpengaruh signifikan jika erosi pantai dalam jangka panjang tidak segera diatasi dan akan membuat masukan sedimen dari sungai juga tidak seimbang. Oleh karena itu, mitigasi bencana pesisir perlu diimplementasikan lebih lanjut untuk mengurangi kerugian yang lebih besar (Diposaptono dan Budiman, 2008).

Menurut Winterwerp *et al.*, (2014), langkah yang digunakan sebelum mengatasi erosi pantai adalah dengan memulihkan sedimen. Proses sedimentasi di pantai dapat berlangsung jika jumlah sedimen yang diendapkan lebih besar dan banyak daripada jumlah sedimen yang terbawa erosi pantai yang terjadi, sehingga daratan pantai akan bertambah dan akan kembali seperti sebelum terjadi erosi. Salah satu solusi perlindungan stabilitas wilayah pesisir dengan melalui pendekatan sistem pelindung pantai dengan *hybrid engineering*. Menurut Verschure (2013), konsep *hybrid engineering* yang ditujukan untuk melindungi wilayah Desa Timbulsloko, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah dari erosi dan menstabilkan wilayah pesisir. Bangunan ini juga berfungsi untuk menahan transpor sedimen sepanjang pantai sehingga dapat mengurangi atau menghentikan abrasi yang terjadi (Pranoto *et al.*, 2016). Efeknya gelombang dapat diredam agar tidak membatasi pergerakan massa air yang membawa suplai sedimen yang terperangkap di lingkungan berlumpur seperti di Desa Timbulsloko, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Struktur *hybrid engineering* seperti ini dinilai mampu mengatasi permasalahan erosi pantai di Desa Timbulsloko, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah dapat mengembalikan garis pantai yang hilang (Ginting, 2018).

Pengaplikasian *hybrid engineering* melalui proses sedimentasi akan merangsang penambahan lahan yang sebelumnya hilang akibat erosi. *Hybrid engineering* menjadi solusi yang inovatif karena mampu mengembalikan substrat lumpur sebagai tempat tumbuhnya mangrove (Jati dan Pribadi, 2017). Efeknya gelombang dapat diredam agar tidak membatasi pergerakan massa air yang membawa suplai sedimen yang terperangkap di lingkungan berlumpur seperti di Desa Timbulsloko, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah (Verschure, 2013).

Berdasarkan uraian diatas, maka diperlukan kajian dan analisa dalam mengetahui seberapa besar tingkat efektifitas dari struktur *hybrid engineering permeable* dalam mempercepat laju sedimentasi dan jenis sedimen yang diperoleh serta faktor-faktor yang mempengaruhinya seperti gelombang, pasang surut dan kedalaman air.



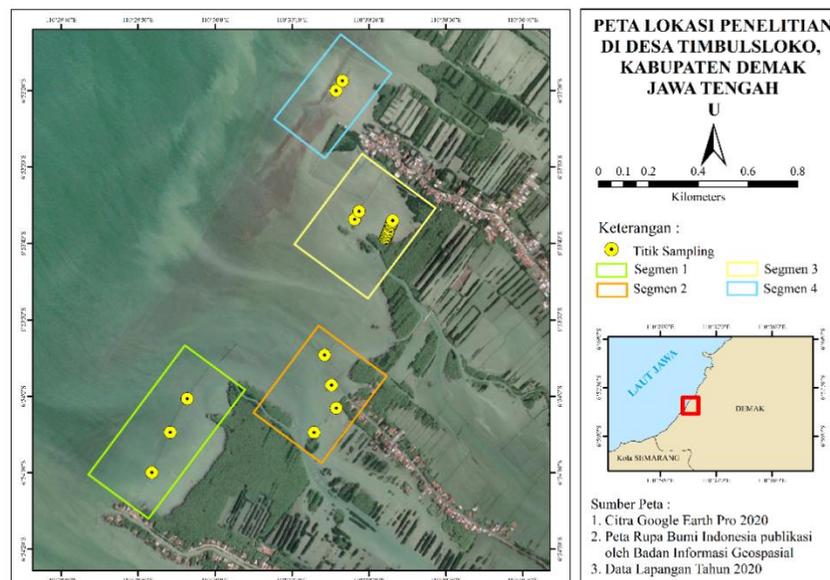
Gambar 1. Kondisi *Hybrid Engineering* di Setiap Lokasi Segmen

MATERI DAN METODE

Materi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data primer yaitu laju sedimentasi, sedimen permukaan (*grab sampler*), sedimen bawah permukaan (*core sampler*), tinggi dan periode gelombang, batimetri dan pasang surut di Desa Timbulsloko, Kabupaten Demak, Jawa Tengah yang mencakup Perairan

Sayung, Demak, Jawa Tengah. Data sekunder pada penelitian ini meliputi peta google earth (satelit GeoEye), Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) terbitan Badan Informasi Geospasial, data peramalan gelombang yang diperoleh dari website (www.ogimet.com) dan data pasang surut terbitan PUSHIDROSAL tahun 2020-2021. Pengambilan data primer pada penelitian ini menggunakan metode *purposive sampling*. Pengambilan data laju sedimentasi (*sediment trap*) dan sedimen dasar permukaan (*grab sampler*) sebanyak 8 titik yakni segmen 1, segmen 2 (150 m, 50 m dan bentuk L), segmen 3 (lama, baru, terbaru) dan segmen 4. Sedangkan sedimen bawah permukaan (*core sampler*) sebanyak 5 titik yakni yang berada di sekitar area *hybrid engineering* segmen 3 (baru dan terbaru) yang disajikan pada (Gambar 1). Menurut Yuspitaldo (2021) Pengolahan data laju sedimentasi dengan menghitung volume basah dan volume kering, pengolahan data sedimen permukaan dengan klasifikasi Aashto untuk mengetahui jenis sedimen, sedangkan pengolahan data sedimen bawah permukaan dengan klasifikasi Aashto untuk mengetahui stratifikasi lapisan tanah. Pengolahan data gelombang dengan menggunakan microsoft excel untuk dilakukan *filtering data* dan data yang dihasilkan sensor ultrasonik merupakan jarak antara sensor ke muka air laut. Pengolahan data pasang surut menggunakan metode admiralty yang bertujuan untuk mengetahui tipe pasang surut, bilangan Formzahl dan nilai kedudukan muka air dengan nilai komponen pasang surut seperti S0, M2, S2, K2, N2, K1, P1, O1, dan MS4. Selanjutnya data pasang surut digunakan untuk koreksi nilai batimetri lapangan dan nilai kedalaman air lapangan. Data batimetri yang telah terkoreksi, kemudian diolah dengan menggunakan *software* ArcGIS 10.5. Data kedalaman air yang telah terkoreksi, kemudian diolah dengan menggunakan microsoft excel untuk mendapatkan laju pandangkalan perairan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini akan diperoleh data sedimen menggunakan *sediment trap*, *grab sampler* dan *core sampler*, data kedalaman air dengan tongkat ukur berskala, data gelombang dengan sensor ultrasonik, data batimetri dengan tongkat ukur berskala dan data pasang surut dengan palem pasut. Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dengan *software* google earth untuk layout pada peta, pengunduhan data melalui website resmi seperti www.tanahairindonesia.com untuk perolehan data Peta Rupa Bumi Indonesia, www.ogimet.com untuk perolehan data peramalan gelombang untuk pengolahan data angin ditampilkan mawar angin permusim selama 10 tahun (2010-2020), <http://ina.sealevelmonitoring.big.go.id/ipasut/> dan Buku Pasang Surut terbitan PUSHIDROSAL untuk perolehan data pasang surut.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

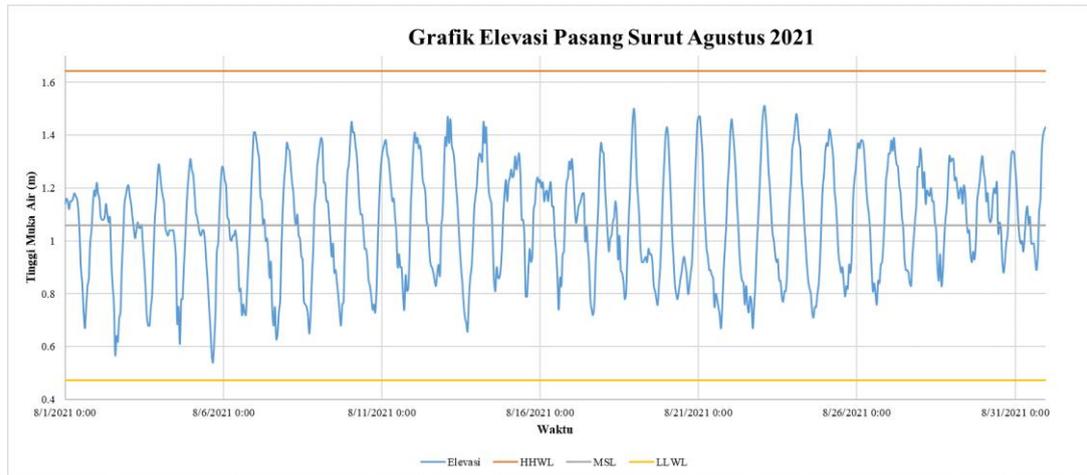
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Data pasang surut yang diolah dengan menggunakan metode Admiralty menghasilkan nilai amplitude (A) dan beda fase (g°) yang disajikan pada Tabel 1. Nilai Formzahl yang didapatkan yaitu sebesar 2,14 yang tergolong dalam pasang surut tipe campuran condong ke harian tunggal dimana dalam satu hari terjadi satu pasang tinggi dan satu pasang rendah yang disajikan pada Gambar 3.

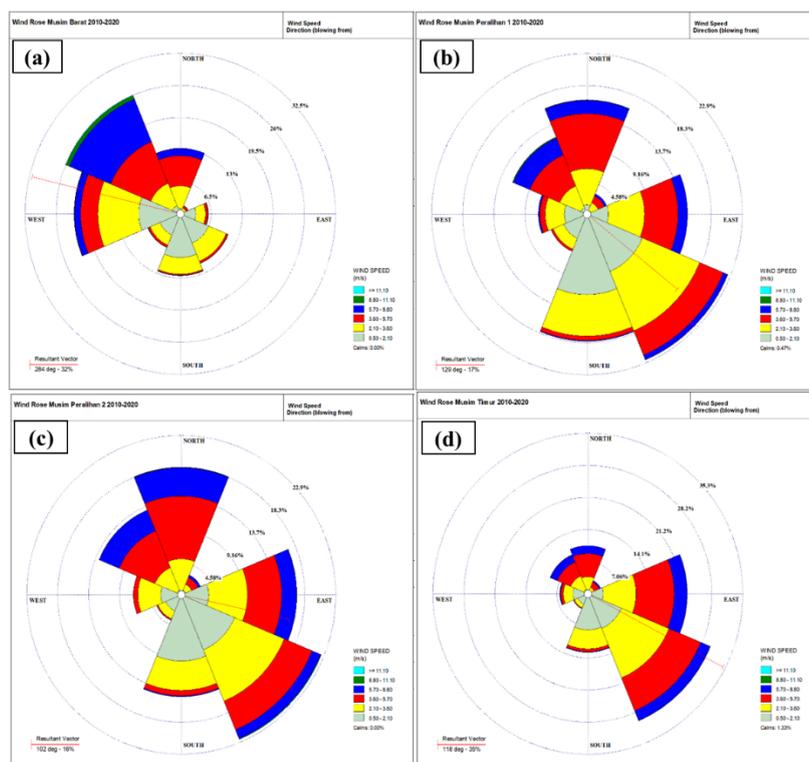
Tabel 1. Komponen pasang surut

Komponen	So	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
Amplitudo (cm)	1,06	0,06	0,08	0,03	0,25	0,05	0,01	0	0,02	0,08
Beda Fase (°)	180	122,52	307,69	369,9	423,50	55,72	328,05	227,21	307,69	423,5



Gambar 3. Kedudukan muka air lokasi

Kondisi angin pada musim barat memiliki arah angin dominan barat laut dengan kecepatan maksimal sebesar 5,7-8,8 m/s yang disajikan pada Gambar 4(a). Musim Peralihan 1 memiliki arah angin dominan tenggara dengan kecepatan maksimal sebesar 0,5-3,6 m/s yang disajikan pada Gambar 4(b). Musim Timur memiliki arah angin dominan tenggara dengan kecepatan maksimal sebesar 0,5-3,6 m/s yang disajikan pada Gambar 4(c). Musim Peralihan 2 memiliki arah angin dominan tenggara dengan kecepatan maksimal sebesar 0,5-2,1 m/s yang disajikan pada Gambar 4(d).



Gambar 4. Windrose (2010-2020)

Hasil analisis data angin menunjukkan bahwa nilai tinggi dan periode gelombang peramalan semua musim yang memiliki nilai signifikan terbesar adalah karakteristik gelombang musim Barat dan musim Timur sebesar 0,29 meter yang disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

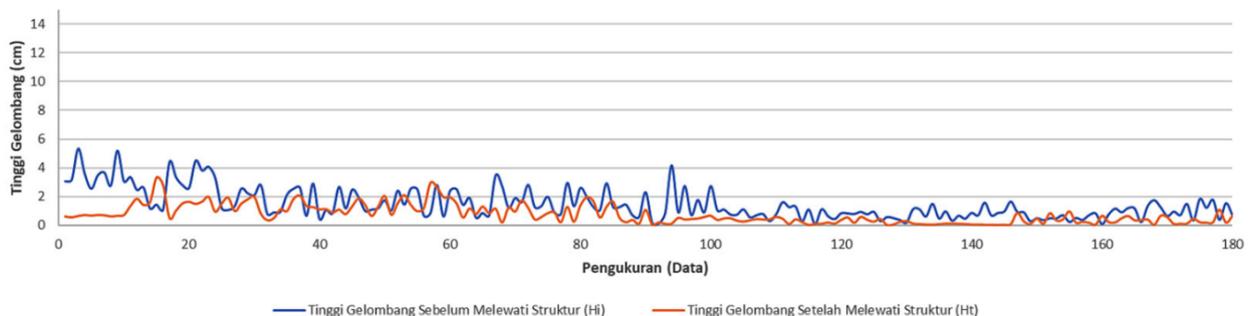
Tabel 2. Data tinggi peramalan gelombang signifikan tahun 2010-2020

Musim	Hs	Hmax	Hmin	Hrata-rata
Barat	0,29	3,08	0,04	0,32
Peralihan 1	0,26	2,26	0,006	0,28
Timur	0,29	2,13	0,04	0,31
Peralihan 2	0,01	2,52	0,04	0,32

Tabel 3. Data periode peramalan gelombang signifikan tahun 2010-2020

Musim	Ts	Tmax	Tmin	Trata-rata
Barat	3,78	7,84	3,04	3,78
Peralihan 1	3,71	6,79	2,89	3,71
Timur	3,77	6,79	2,89	3,78
Peralihan 2	2,94	7,24	3,04	3,8

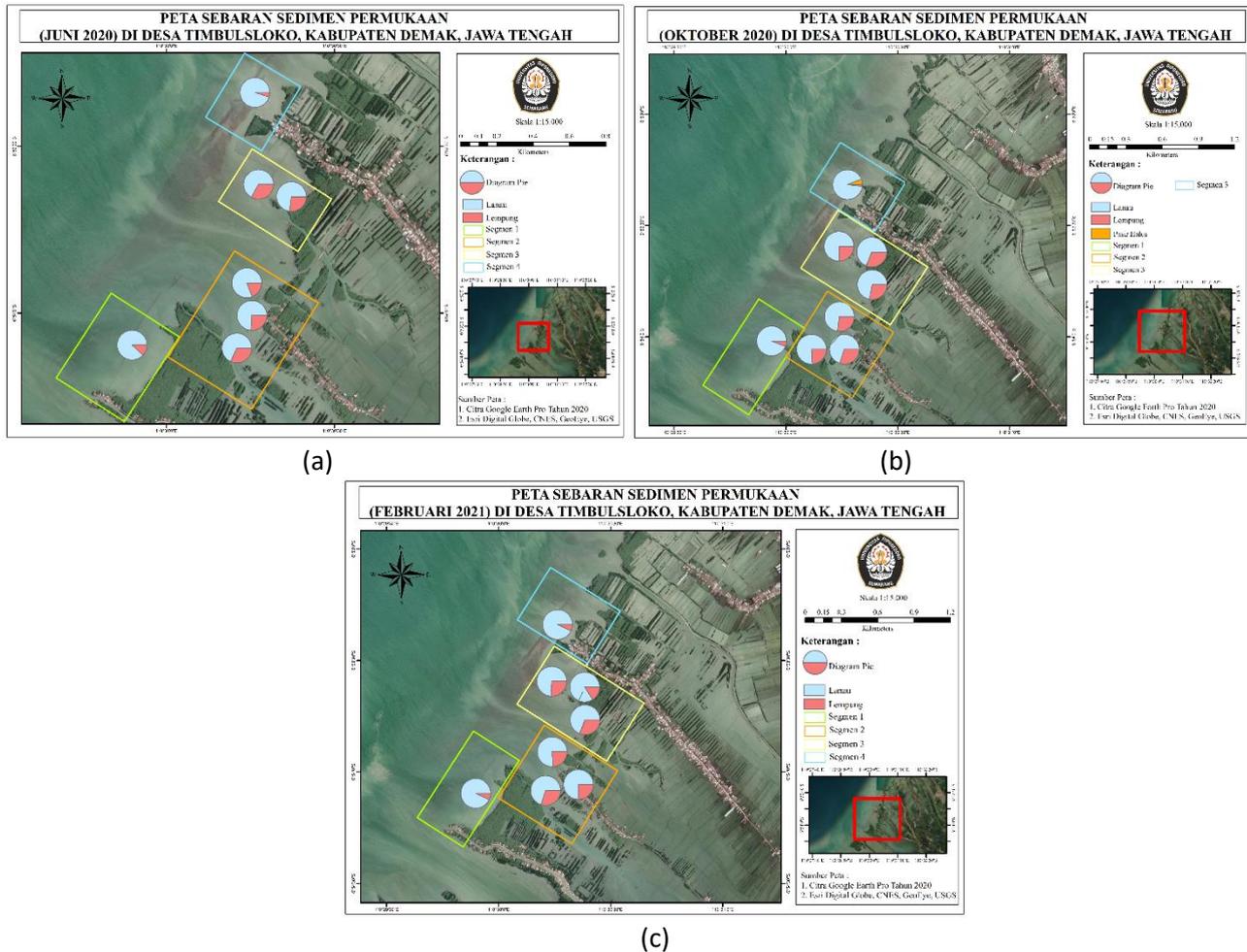
Hasil pengukuran gelombang lapangan disajikan pada Gambar 4 yang menggunakan sensor ultrasonik. Posisi peletakan alat gelombang berada di depan dan belakang *hybrid engineering*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan jarak antara sensor ke muka air laut pada saat sebelum melewati *hybrid engineering* dan setelah melewati *hybrid engineering* dikarenakan ketinggian muka air laut di belakang struktur mengalami penurunan/peredaman. Selain itu, pembangkitan gelombang hampir bersamaan dengan pasang surut, sehingga 2 parameter tersebut saling berpengaruh satu sama lain.



Gambar 5. Kedudukan Muka Air *Hybrid Engineering* (Gelombang)

Sampel analisis ukuran butir di Perairan Sayung, Kabupaten Demak dihasilkan bahwa lokasi ini memiliki kandungan lanau (*silt*) dan lempung (*clay*) yang memiliki kandungan dominan di seluruh stasiun pengamatan dengan nilai yang diperoleh berkisar antara 67% - 95% dan 2%-33% untuk periode Juni 2020, Oktober 2020 dan Februari 2021 yang disajikan pada Gambar 6.

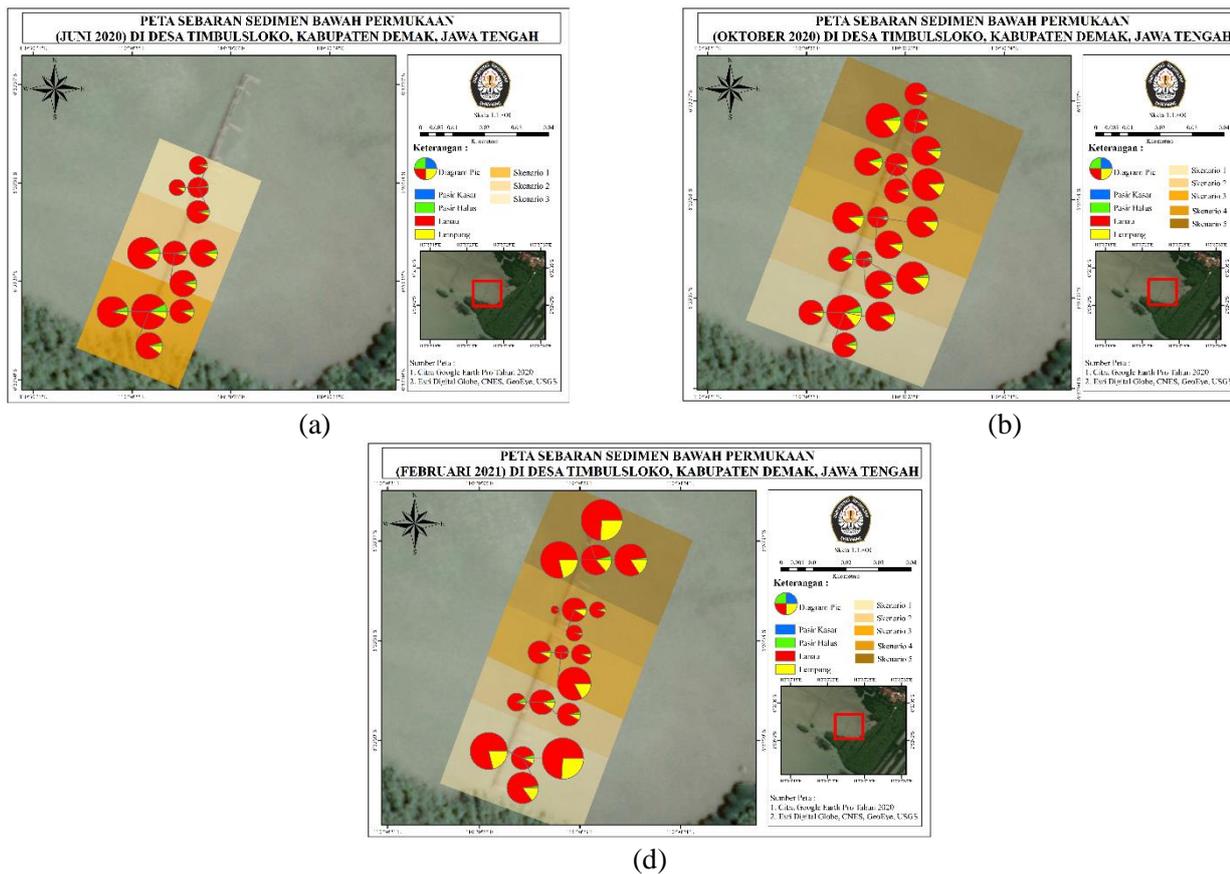
Hasil analisis laboratorium sedimen *core* menghasilkan kurva akumulasi ukuran butir yang menguraikan (stratifikasi) jenis lapisan tanah di lokasi segmen 3 baru dan segmen 3 terbaru. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya variasi jenis sedimen yang meliputi kerikil, pasir kasar, pasir halus, lanau dan lempung untuk periode Juni 2020, Oktober 2020 dan Februari 2021.



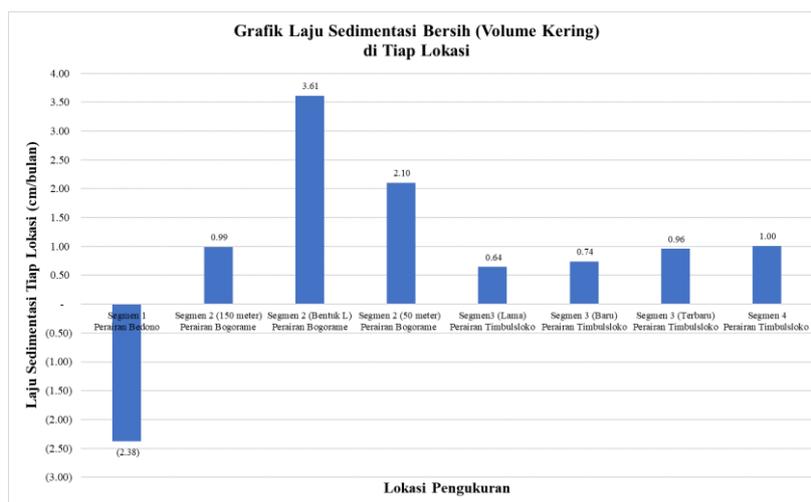
Gambar 6. Peta sebaran sedimen permukaan

Pengolahan data laju sedimentasi dengan menganalisis laju sedimentasi kotor (volume basah) pada sedimen *trap* yang kemudian dikeringkan hingga mendapat laju sedimentasi bersih (volume kering) yang bermula dari bulan Juni 2020 sampai dengan bulan Maret 2021 di Perairan Demak, Jawa Tengah. Pada gambar 8 yakni segmen 1, laju sedimentasi mengalami minus dikarenakan angkutan sedimen yang dihasilkan mengalami perlambatan, dimana struktur *hybrid engineering permeable* tidak dapat bekerja dengan baik sesuai fungsinya. Berdasarkan analisis laju sedimentasi di Perairan Sayung, Kabupaten Demak didapatkan nilai laju sedimentasi disajikan pada Gambar 8.

Pengolahan data kedalaman perairan di lapangan dengan mengoreksi data pasang surut BIG melalui website <http://ina-sealevelmonitoring.big.go.id/> yang bermula dari bulan Juni 2020 sampai dengan bulan Maret 2021 di Perairan Demak, Jawa Tengah. Nilai terendah laju pendangkalan berdasarkan regresi (cm/bulan) perubahan kedalaman perairan berada di segmen 3 (terbaru) perairan Timbulsloko sebesar -0.885 cm/bulan dan nilai tertinggi laju pendangkalan berdasarkan regresi (cm/bulan) perubahan kedalaman perairan berada di segmen 1 Perairan Bogorame sebesar 5.32 cm/bulan.



Gambar 7. Peta sebaran sedimen bawah permukaan



Gambar 8. Grafik laju sedimentasi bersih (volume kering) pada setiap lokasi pengamatan



Gambar 9. Grafik laju pendangkalan berdasarkan regresi pada setiap lokasi pengamatan

Pembahasan

Pada Musim Barat memiliki nilai tinggi gelombang signifikan sebesar 0,29 meter. Berdasarkan analisa windrose, musim Barat memiliki arah angin dominan barat laut dengan kecepatan angin maksimum ($\geq 11,10$) dan kecepatan angin dominan berkisar antara 5,7-8,8 m/s, frekuensi sebesar 9,34%. Hal ini dikarenakan arus yang bergerak di perairan Sayung tidak didominasi oleh pengaruh angin dan terganggunya topografi daratan, sehingga kecepatan angin yang bertiup di atas permukaan laut terlalu rendah (Fadika et al. 2014). Hasil analisis laboratorium sedimen *core* pada musim ini menghasilkan jenis sedimen pasir kasar berkisar antara 0,06%-0,24%, pasir halus berkisar antara 0,9%-7,48%, lanau berkisar antara 74%-94,84% dan lempung berkisar antara 1%-26%. Hasil analisis laboratorium jenis butir sedimen, menghasilkan kandungan lanau (*silt*) berkisar antara 69%-93% dan lempung (*clay*) berkisar antara 7%-31%. Musim Timur memiliki nilai tinggi gelombang signifikan sebesar sebesar 0,29 meter. Musim Timur memiliki arah angin dominan tenggara dengan kecepatan angin maksimum 0,5-3,6 m/s, frekuensi sebesar 8,24-11,71%. Hal ini dikarenakan oleh pusat tekanan di daerah Timur lebih tinggi dari pada di daerah Barat (Fadika et al. 2014). Hasil analisis laboratorium sedimen *core* pada musim ini menghasilkan jenis sedimen pasir kasar berkisar antara 0,1%-0,2%, pasir halus berkisar antara 1,52%-7,24%, lanau berkisar antara 84,98%-96,6% dan lempung berkisar antara 1%-10%. Hasil analisis laboratorium jenis butir sedimen, menghasilkan kandungan lanau (*silt*) berkisar antara 67%-95% dan lempung (*clay*) berkisar antara 5%-33%. Musim Peralihan I memiliki nilai tinggi gelombang signifikan sebesar 0,26 meter. Musim Peralihan 1 memiliki arah angin dominan tenggara dengan kecepatan angin dominan berkisar antara 0,5-3,6 m/s, frekuensi sebesar 8,83-9,12%. Hal ini dikarenakan pada musim ini merupakan musim Peralihan dari musim Barat menuju musim Timur (Fadika et al. 2014). Musim Peralihan II memiliki nilai tinggi gelombang signifikan sebesar 0,01 meter. Oleh karena itu, nilai tinggi peramalan gelombang memiliki hubungan yang linier dengan distribusi kecepatan angin. Musim Peralihan II memiliki arah angin dominan timur tenggara dengan kecepatan angin dominan tenggara yang berkisar antara 0,5-2,1 m/s, frekuensi sebesar 8,54%. Hal ini dikarenakan menandakan sebagai berakhirnya musim Timur. Pada musim ini terdapat sisa dari musim Timur yaitu terdapat angin yang bergerak dari arah Timur yang dapat menyebabkan angin bergerak menuju arah Barat Laut (Fadika et al. 2014). Hasil analisis laboratorium sedimen *core* pada musim ini menghasilkan jenis sedimen kerikil sebesar 0,12%, pasir kasar berkisar antara 0,04%-0,52%, pasir halus berkisar antara 1,3%-7,44%, lanau berkisar antara 79,54%-93,36% dan lempung berkisar antara 3%-14%. Hasil analisis laboratorium jenis butir sedimen, menghasilkan kandungan pasir halus sebesar 6%, lanau (*silt*) berkisar antara 69%-94% dan lempung (*clay*) berkisar antara 2%-31%.

Efektivitas *hybrid engineering* disekitar lokasi pengamatan sangat dipengaruhi oleh beberapa aspek seperti kondisi oseanografi, material komponen pembangunan struktur *hybrid engineering* dan karakteristik sedimen. Adanya bangunan *hybrid engineering* seperti di segmen 2 (150 meter, bentuk L, 50 meter), segmen 3 (lama, baru, terbaru) dan segmen 4 mampu meningkatkan laju sedimentasi secara cepat, sehingga karakteristik sedimen yang ber lumpur dilokasi pengamatan menjadi indikator keberhasilan adanya bangunan

hybrid engineering ini. Bangunan *hybrid engineering* di segmen 1 tidak efektif, karena material komponen yang menjadi aspek keberhasilan efektifitas *hybrid engineering* seperti ranting mangrove tidak diisi ulang secara rutin. Topografi yang landai dan tidak dirawat juga menjadi faktor utama tingginya gelombang dan arus di lokasi tersebut. Sedangkan di segmen lainnya dapat dikatakan efektif karena *hybrid engineering* juga mampu mereduksi gelombang dan arus yang terjadi cenderung tenang, tidak sebesar gelombang dan arus di segmen 1.

Berdasarkan hasil pengolahan laju sedimentasi yang diperoleh, bahwa nilai laju sedimentasi yang diperoleh pada beberapa titik stasiun menghasilkan nilai yang relatif. Nilai laju sedimentasi juga sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya gelombang yang terjadi di lokasi tersebut, sesuai dengan pernyataan dari Hidayat et al. (2014) bahwa laju sedimentasi sangat dipengaruhi oleh parameter kualitas air terutama kecepatan arus dan kedalaman, artinya semakin dalam perairan semakin kecil kecepatan arus dalam perairan. Laju sedimentasi yang terendah (mengalami perlambatan) berada di segmen 1 sebesar -2,38 untuk laju sedimentasi bersih. Sedangkan laju sedimentasi tertinggi (mengalami percepatan) berada di segmen 2 (bentuk L) sebesar 3,61 cm/bulan untuk laju sedimentasi bersih. Hal ini disebabkan karena pengaruh arah datang gelombang terhadap sedimen sepanjang pantai yang terangkut. Menurut Triatmodjo (1999) angkutan sedimen sepanjang pantai tidak dapat terjadi jika sudut datang gelombang pecah ($\alpha = 0$). Selain itu, untuk stasiun lainnya mengalami percepatan laju sedimentasi, kecuali pada segmen 1. Hal ini disebabkan karena sistem pengadukan di segmen 1 cenderung rendah, karena pengaruh energi gelombang yang besar, sehingga angkutan sedimen yang diperoleh sedikit. Kondisi bangunan pada segmen 1 yang sudah tidak terawat, serasah yang menjadi komponen dalam bangunan *hybrid engineering* sudah hilang terbawa ombak. Sehingga laju sedimentasi menjadi rendah dan sebaliknya untuk bangunan *hybrid engineering* yang mengalami laju sedimentasi secara cepat pada segmen 2, segmen 3 dan segmen 4. Hanya saja segmen 2 (bentuk L) yang mengalami percepatan laju sedimentasi paling tinggi, sehingga dapat dikatakan bahwa arus dan gelombang yang ada di segmen 2, segmen 3 dan segmen 4 cenderung rendah. Maka dari itu, sedimen yang dibawa oleh arus semakin banyak. Mekanisme laju sedimentasi di lokasi penelitian menunjukkan bahwa tidak semua sedimen yang berada di sekitar *hybrid engineering* terperangkap. Hal itu disebabkan karena beberapa faktor seperti, pengaruh lingkungan pengendapan yang berada di sedimen *trap*, aktivitas nelayan dan biotik laut, *storm surge* yang akan mempengaruhi resuspensi sedimen terhadap laju sedimentasi yang relatif berbeda-beda (Qarnain et al., 2014). Terutama pada saat mengalami pasang air laut, akan mengakibatkan arus menuju ke darat akan membawa material sedimen memasuki struktur *hybrid engineering*. Sedangkan pada saat mengalami surut, ketinggian air laut di darat lebih tinggi. Proses ini akan mengakibatkan pergerakan arus menuju laut, sehingga material sedimen akan terperangkap oleh struktur *hybrid engineering* dan terjadi proses sedimentasi. Artinya, semakin besar arus yang melewati struktur *hybrid engineering*, maka sedimen yang tertangkap pun akan semakin besar. Struktur *hybrid engineering* yang berfungsi sebagai peredam gelombang, akan membuat kondisi arus dan gelombang lebih tenang (Prayogi et al., 2016). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang diperoleh, dimana pada segmen 2, segmen 3 dan segmen 4 memiliki arus dan gelombang yang lebih tenang sehingga laju sedimentasi cepat. Namun jika dibandingkan dengan segmen 1, teori tersebut tidak sesuai, dikarenakan struktur bangunan *hybrid engineering* yang sudah tidak berfungsi dengan baik dan membuat arus dan gelombang lebih besar. Pengaruhnya adalah, laju sedimentasi yang diperoleh cenderung sedikit, karena sistem pengadukannya yang lebih rendah.

Hasil analisis laboratorium jenis butir sedimen, kandungan lanau (*silt*) dan lempung (*clay*) yang Mekanisme tersebut dapat diketahui dari besarnya kekuatan arus dan gelombang di perairan (Rifardi et al., 1998). Hal ini didasarkan bahwa perairan Sayung, Demak memiliki arus yang lemah dan sedimennya tersusun atas lanau (*silt*) dan lempung (*clay*). Sedimen jenis lanau memiliki sifat kohesif dimana sulit terdistribusi oleh arus (Rahmadi et al., 2021). Menurut Nybakken (1992) Jika arus lemah, maka partikel yang akan mengendap adalah partikel berupa lanau (*silt*) dan lempung (*clay*). Lokasi pengamatan berada lebih dekat ke arah darat atau dekat dengan muara sungai dan kawasan mangrove, maka ukuran butir yang diperoleh cenderung semakin halus. Jenis sedimen lanau (*silt*) dan lempung (*clay*) berada pada zona intertidal yang rendah dengan kandungan pasir lebih rendah. Akumulasi sedimen terhadap ukuran butir berpengaruh terhadap tingginya nilai kekeruhan. Lokasi pengamatan berada lebih dekat ke arah darat atau dekat dengan muara sungai dan kawasan mangrove, maka ukuran butir yang diperoleh cenderung semakin halus. Pergerakan arus laut dan debit sungai dapat mempengaruhi faktor lain salah satunya yaitu sedimen. Sedimen yang terbawa oleh air laut maupun air sungai sangat bergantung pada besar kecepatan aliran, semakin besar nilai kecepatan aliran maka semakin

banyak dan semakin besar ukuran partikel sedimen yang dapat terbawa oleh aliran (Nabila *et al.*, 2021). Hal tersebut disebabkan karena adanya suspensi dan proses pengendapan yang berdampak pada pendangkalan. Kondisi ini tentu saja dikarenakan kondisi ini dapat terjadi dikarenakan letak bangunan hybrid engineering yang memiliki karakteristik yang berbeda-beda dan perawatan yang berbeda-beda akibatnya gelombang yang menjalar menuju hybrid engineering akan mempengaruhi sedimen yang terbawa gelombang dan dapat terperangkap dan mengendap di belakang bangunan hybrid engineering. Terlebih dapat mengurangi besar energi gelombang daripada saat direfleksikan, sehingga dengan adanya bangunan hybrid engineering. Maka energi gelombang yang masuk sudah tereduksi terlebih dahulu dan dapat melakukan fungsinya dengan baik, yaitu semakin mengurangi energi gelombang sehingga perairan cukup tenang dan sedimen yang dihasilkan.

Hasil analisis laboratorium sedimen *core* menghasilkan kurva akumulasi ukuran butir yang menguraikan (stratifikasi) jenis lapisan tanah di lokasi segmen 3 baru dan segmen 3 terbaru. Lapisan pada sedimen menjadi penting untuk mengetahui perbandingan perbedaan kelas ataupun level. Adanya perbedaan nilai yang diperoleh, sesuai dengan pernyataan Hoefel dan Elgar (2003) bahwa pengaruh tersebut berasal dari bentuk morfologi pesisir perairan Sayung yang menunjukkan adanya beberapa sungai kecil dan bermuara di pantai yang memiliki peranan penting dalam mensuplai sedimen yang akan bertransportasi di sekitar pantai hingga terendapkan menjadi sedimen pada masing-masing lokasi. Variasi nilai yang dihasilkan disebabkan karena stratifikasi sedimen pada dasarnya berasal dari lapisan pada partikel yang mengendap, karena pengaruh dari adanya akumulasi pada permukaan bumi. Lanau (*silt*) memiliki tekstur lebih halus dan menjadi dominasi tertinggi pada jenis sedimen di perairan Sayung, Kabupaten Demak. Perbedaan ukuran butir dan jenis sedimen berkaitan dengan asal sumber sedimen berasal. Lokasi segmen 3 baru dan terbaru cenderung lebih dekat ke arah darat atau dekat dengan muara sungai dan kawasan mangrove, maka ukuran butir yang diperoleh cenderung semakin halus. Pada sedimen halus arus dan gelombang di terjadi cenderung lemah, tenang dan berada di dekat daratan dan muara sungai. Apabila kecepatan arus berkurang, maka arus tidak mampu lagi mengangkut sedimen dan akan terjadi sedimentasi di lokasi pengamatan (Triatmodjo, 1999). Hal ini sesuai dengan pernyataan Siebold dan Berger (1993) dimana kecepatan arus dapat mempengaruhi pergerakan sedimen dan ukuran butir sedimen sebesar 1 mm yang dapat bergerak jika kecepatan arus minimal sebesar 0,5 m/dt. Ciri yang dimiliki yakni berwarna hitam pekat dan berlumpur dengan substrat yang dapat dijumpai pada bagian dasar perairan. Sebaran ukuran butir yang lebih kasar mengindikasikan terjadinya pengikisan di daerah tersebut. Pasir kasar dan pasir halus yang memiliki nilai yang lebih rendah dari pengolahan analisis laboratorium disebabkan karena berada pada bagian permukaan tanah dan mengindikasikan bahwa sedimen tersebut berasal dari penggerusan pasir oleh gelombang yang akhirnya tertransportasikan. Menurut (Nontji, 2002) ekosistem mangrove tentu berpengaruh besar terhadap kondisi parameter oseanografi di lapangan, seperti mampu meredam gelombang. Hal ini tentu sesuai dengan kondisi pesisir Demak yang terancam bencana erosi bertahun-tahun, karna ekosistem mangrove mampu mempercepat daratan yang hilang.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian pada Perairan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah dapat disimpulkan bahwa hybrid engineering mampu bekerja secara efektif dalam mempercepat laju sedimentasi yang ditandai dengan penurunan nilai kedalaman perairan, meningkatnya laju sedimentasi dan menambahnya luasan sedimen yang telah hilang. Laju pendangkalan paling cepat berada pada segmen 2 (bentuk L) sebesar 0,145 cm/bulan, laju sedimentasi bersih sebesar 3,61 cm/bulan. Hal ini disebabkan karena pengaruh arah datang gelombang terhadap sedimen sepanjang pantai yang terangkut. Jenis sedimen yang dihasilkan yaitu kandungan lanau (*silt*) dan lempung (*clay*). Sedangkan stratifikasi kurva akumulasi ukuran butir yang menguraikan (stratifikasi) jenis lapisan tanah yaitu kerikil, pasir kasar, pasir halus, lanau dan lempung. Nilai yang dihasilkan yaitu sebesar Kerikil memiliki nilai sebesar 0,12%. Pasir kasar memiliki nilai berkisar antara 0,04% - 0,52%. Pasir halus memiliki nilai berkisar antara 0,9% - 7,48%. Lanau memiliki nilai berkisar antara 74% - 96,60%. Lempung memiliki nilai berkisar antara 1% - 26%.

DAFTAR PUSTAKA

Astra, A. S., Sabarini, E. K., Harjo, A. M., dan Maulana, M. B., 2014. Keterlibatan Masyarakat dalam Pengelolaan Kawasan Pesisir dan Laut (Studi Kasus: Kawasan Perlindungan Pesisir Desa Timbulsloko, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Wetlands Internasional Indonesia*, Bogor.

- Damaywanti, K. 2013. Dampak Abrasi Pantai terhadap Lingkungan Sosial (Studi Kasus di Desa Bedono, Sayung, Demak. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. pp. 363-367.
- Diposaptono. 2001. Erosi Pantai dan Klasifikasinya, Kasus di Indonesia. Prosiding Konferensi Esdal 2001., Jakarta.
- Diposaptono, S., dan Budiman. 2008. Hidup Akrab dengan Gempa dan Tsunami. Buku Ilmiah Populer., Bogor, 383 hlm.
- Fadika, U., A. Rifai dan B. Rochaddi. 2014. Arah Dan Kecepatan Angin Musiman Serta Kaitannya Dengan Sebaran Suhu Permukaan Laut Di Selatan Pangandaran Jawa Barat. *Jurnal Oseanografi*, 3(3): 429-437.
- Fathurrohman, S. dan Marjuki, B. 2017. Identifikasi Dinamika Spasial Sumberdaya Mangrove di Wilayah Pesisir Kabupaten Demak Jawa Tengah. *Jurnal Majalah Geografi Indonesia*, 31(1): 56-64. doi: 10.22146/mgi.24234.
- Ginting, J. W. R. 2018. Efisiensi Model Fisik Peredaman Energi Gelombang dengan Permeable Breakwater. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 9(1): 1-16. doi: 10.32679/jth.v9i1.420.
- Hidayat, M., Ruswahyuni., dan Widyorini, N. 2014. Analisis Laju Sedimentasi di Daerah Padang Lamun dengan Tingkat Kerapatan Berbeda di Pulau Panjang, Jepara. *Jurnal of Maquares*, 3(3): 73-79.
- Hoefel, F. and Elgar, S. 2003. Wave-induced Sediment Transport and Sandbar Migration. *Science*, 299 (5614): 1885-1887. <https://doi.org/10.1126/science.1081448>.
- Jati, I. W., dan Pribadi, R. 2017. Penanaman Mangrove Tersistem sebagai Solusi Penambahan Luas Tutupan Lahan Hutan Mangrove Baros di Pesisir Pantai Selatan Kabupaten Bantul. *Proceeding Biology Education Conference*. 14(1): 148-153.
- Mauludi, F., Sulardiono, B., dan Haeruddin. 2018. Hubungan Jenis Sedimen dengan Kerapatan Mangrove di Desa Timbulsloko, Demak. *Journal of Maquares*, 7(4): 323-332. doi: <https://doi.org/10.14710/marj.v7i4.22566>.
- Morissan. 2017. Metode Penelitian Survei. Jakarta: Kencana.
- Nabila, A., J. Marwoto., P. Subardjo., A. Rifai dan W. Atmodjo. 2021. Analisa Laju Sedimentasi di Dermaga 4 Pelabuhan Cigading 1 Provinsi Banten. *Jurnal Oseanografi*, 3(1).
- Nontji, A., 2002. Laut Nusantara. 3th edition., Djambatan., Jakarta, 367 hlm.
- Nyakkben, J. W., 1992. Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologis. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka.
- Pranoto, H. R., W. Atmodjo dan D. N. Sugianto. 2016. Studi Sedimentasi pada Bangunan Groin di Perairan Timbulsloko, Kabupaten Demak. *Jurnal Oseanografi*, 5(1): 86-95.
- Prayogi, H., S. Widada dan Hariadi. 2016. Pengaruh Arus terhadap Laju Sedimentasi di Sekitar Sabuk Permeable di Timbulsloko, Kabupaten Demak. *Jurnal Oseanografi*, 5(1): 137-147.
- Rahmadi, N., S. Widada., J. Marwoto., W. Atmodjo dan R. Widiaratih. 2021. Studi Sebaran Sedimen di Perairan Sungai Banjir Kanal Timur Semarang, Jawa Tengah. *Indonesia Journal of Oceanography*, 3(3), pp 63-71.
- Triatmodjo, B., 1999. Teknik Pantai. Beta Offset., Yogyakarta. 362 hlm.
- Siebold, E. and W. H. Berger. 1993. The Sea Floor. An Introduction to Marine Geology. Second Edition. Springer- Verlag Berlin. Jerman. 350 hlm.

- Verschure, S. 2013. Final Report on Applying Hybrid Engineering to Restore a Muddy Coast in North Java Indonesia. Wetlands International., Netherlands.
- Winterwerp, H., Wesenbeeck, B. V., Dalssen, J. V., Tonneijck, F., Verschure, S., & Eijk, P. V. 2014. A Sustainable Solution for Massive Coastal Erosion in Central Java. Towards Regional Scale Application of Hybrid Engineering. Discussion Paper, Deltares and Wetlands International., 45 p.
- Yusuf, M. 2017. Metode Penelitian (Kuantitatif, Kualitatif dan Penelitian Gabungan). Jakarta: Kencana.
- Yuspitaldo, I. 2021. Analisis Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil dengan Metode Elemen hingga dan Kesetimbangan Batas. [Skripsi]. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Bandung, 57 hlm.