

KAJIAN SEBARAN SUBSTRAT SEDIMEN PERMUKAAN DASAR DI PERAIRAN PANTAI KABUPATEN BANGKALAN

Aries Dwi Siswanto

Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura

Abstract

Dinamika pantai di perairan Kabupaten Bangkalan, diduga mengalami perubahan relatif signifikan, pasca pembangunan Jembatan Suramadu. Kondisi parameter hidrooseanografi akan berpengaruh terhadap pola dan sebaran dari distribusi sedimen permukaan dasar. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui ukuran butir sedimen permukaan dasar di perairan pantai Kabupaten Bangkalan. Penelitian dilakukan di perairan pantai di Kabupaten Bangkalan pada bulan April 2010. Materi utama penelitian berupa contoh sedimen permukaan dasar yang diambil berdasarkan *sample survey method* pada dua lokasi di kaki Jembatan Suramadu pada sisi Madura. Parameter hidrooseanografi diperoleh dari stasiun Maritim, BMKG Perak, Surabaya. Analisa contoh sedimen permukaan dasar dilakukan di laboratorium jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura. Metode studi kasus digunakan dalam penelitian ini untuk menggambarkan kondisi lingkungan pada ukuran dan skala waktu tertentu. Hasil analisa menunjukkan bahwa substrat sedimen permukaan dasar di kaki Jembatan Suramadu sisi Madura relatif homogen dengan kondisi arus dan gelombang yang relatif kecil.

Kata kunci : sedimen, parameter hidrooseanografi

Pendahuluan

Dinamika pantai di daerah Kabupaten Bangkalan diduga mengalami perkembangan cukup signifikan pasca pembangunan jembatan Suramadu (Siswanto, 2010). Dinamika ini menimbulkan perubahan, sehingga berdampak positif (penambahan luas daratan) dan berdampak negatif (tererosinya sebagian daratan yang mengakibatkan kemunduran garis pantai). Kedua dampak ini dapat terjadi dan selalu berubah sesuai dengan perubahan parameter dan kondisi lingkungan.

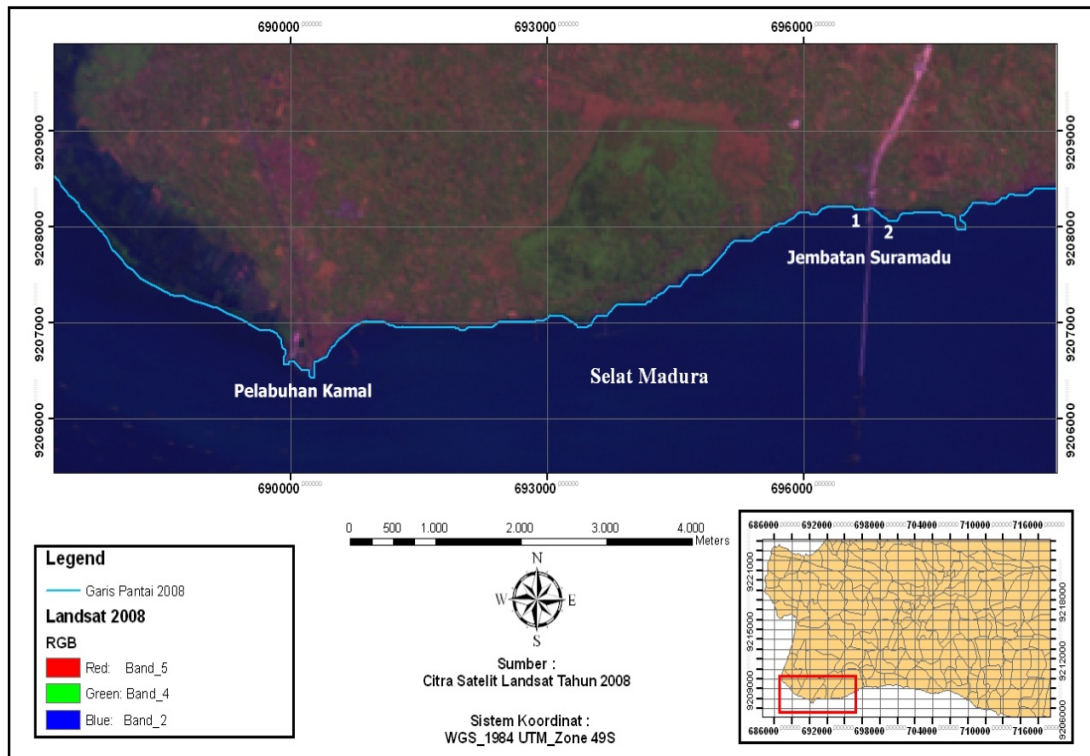
Meskipun tidak ada sungai yang bermuara ke perairan Selat Madura di daerah perairan pantai di Kabupaten Bangkalan (lokasi penelitian), akan tetapi material sedimen, sampah maupun limbah memungkinkan untuk terendapkan di sekitar muara akibat pengaruh pasang surut, arus, dan gelombang (Siswanto, 2010). Akumulasi dari material yang terendapkan, pada periode waktu tertentu, akan mempengaruhi luasan dan daratan di daerah pesisir dan pantai. Keberadaan akumulasi ini, diduga akan berpengaruh terhadap komposisi dari substrat permukaan dasar pada lokasi penelitian.

Komposisi material sedimen, terutama sedimen permukaan dasar, diduga mengalami perubahan. Untuk mengetahui perubahan

tersebut, dapat dilakukan dengan analisa ukuran butir sedimen. Selama ini, belum banyak dilakukan penelitian mengenai karakteristik sedimen di sekitar perairan pantai di Kabupaten Bangkalan, terutama pasca jembatan Suramadu. Sehingga, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan informasi tentang aspek geologi dan kemungkinan pengaruh yang timbul akibat perubahan yang terjadi.

Metoda Penelitian

Materi utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah contoh sedimen permukaan dasar di perairan pantai di Kabupaten Bangkalan. Data pendukung berupa parameter hidrooseanografi di peroleh dari stasiun maritim, BMKG Perak, Surabaya. Pengukuran dan pengambilan contoh sedimen permukaan dasar dilaksanakan pada bulan April 2010. Lokasi pengambilan contoh ada pada posisi 112° 45'15"-112°53'59"BT dan 07°10'819"- 07°12'328" LS. Lokasi pengambilan contoh sedimen permukaan dasar dilakukan pada dua stasiun, yaitu pada kedua sisi kaki Jembatan Suramadu di sisi pulau Madura (Gambar 3).



Gambar 1. Lokasi penelitian

Contoh sedimen permukaan dasar diambil menggunakan *grab sampler* dengan cara mengambil sebagian sedimen permukaan, kemudian contoh dimasukkan dalam kantong plastik untuk analisa ukuran butir. Sedimen yang telah dikeringkan kemudian dipisahkan antara yang mudah terurai dengan yang menggumpal.

Contoh yang mudah terurai diayak dengan *sieve shaker*, sedangkan contoh yang menggumpal direndam dengan air kemudian dilakukan pemipetan. Contoh sedimen dianalisa menggunakan metode Buchanan (1984) dalam Holme and Mc Intyre (1984), dilakukan di laboratorium jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo Madura.

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus (Hadi, 1993), yaitu meneliti terhadap suatu kasus secara mendalam yang hanya berlaku pada waktu, tempat, dan populasi yang terbatas, sehingga memberikan gambaran tentang situasi dan kondisi secara lokal dan hasilnya tidak dapat digeneralisasikan untuk tempat dan waktu yang berbeda.

Tabel 1. Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian di perairan Delta Bodri, Kabupaten Kendal.

No	Alat	Kegunaan	Ketelitian
1	Tongkat berskala	Mengukur kedalaman	1 cm
2	Kalkulator	Menghitung	-
3	Kantong plastik	Tempat contoh sedimen	-
4	Secchi disk	Mengukur kecerahan	1 cm
5	Core sampler	Contoh sedimen	-
6	Timbangan elektrik	Menimbang contoh sedimen	0,0001 gr
7	Petridisk	Wadah mengeringkan contoh sedimen	-
8	Gelas ukur 1000 ml	Tempat pemipetan	-
9	Oven	Mengeringkan contoh	Max 250°C
10	Pipet volume 50 ml	Melakukan pemipetan	1 ml
11	Stop watch	Menentukan waktu pemipetan	0,1 dt
12	Sieve shaker	Mengayak sedimen	-
13	Vacuum pump	Mempercepat penyaringan air	-
14	Kertas Whatman	Menyaring air	-

15	Aluminium foil	Tempat sampel sedimen	-
16	Kompas	Menentukan arah arus	0,1°
17	GPS	Menentukan posisi sampling	-
18	Piknometer	Mengukur berat jenis	-

3	Lanau sedang	240 – 960
4	Lanau halus	60 – 240
5	Lanau sangat halus	15 – 60
6	Lempung kasar	3.75 – 15
7	Lempung sedang	0.9375 – 3.75
8	Lempung halus	< 0.9375

Sumber: Koesoemadinata (1980)

Hasil Dan Pembahasan

Perairan pantai di Kabupaten Bangkalan sebagai bagian dari perairan Selat Madura merupakan perairan pantai yang dangkal sehingga angin dan pasang surut dapat menyebabkan resuspensi sedimen (Safitri, 2011) dan merupakan perairan pantai yang landai dengan kemiringan berkisar 0,33 (Siswanto, 2010; Siswanto dkk, 2010). Perairan di sekitar kaki jembatan Suramadu merupakan daerah relatif keruh dengan dinamika arus dan gelombang yang relatif kecil (Siswanto, 2011). Akan tetapi, meskipun dinamika arus dan gelombang relatif kecil, relatif berpengaruh terhadap distribusi sebaran sedimen tersuspensi sebagai akibat dominasi substrat sedimen yang berlumpur (Siswanto, 2010). Umumnya sedimen diklasifikasikan berdasarkan ukuran butir (Skala Wenwoth) (Tabel 2) (Selley, 1988).

Klasifikasi sedimen juga dapat dilakukan berdasarkan kecepatan pengendapannya (Koesoemadinata, 1980) (Tabel 3). Analisa ini dapat dilakukan dengan metode gravimetric (BSN, 2004), dan dilakukan pada jenis sedimen yang lebih halus.

Tabel 2. Klasifikasi Sedimen berdasarkan Ukuran Butir

No.	Nama	Diameter (mm)
1	Kerakal	> 0.6400
2	Kerikil	4.0000 – 64.0000
3	Gravel	2.0000 – 4.0000
4	Pasir sangat kasar	1.0000 – 2.0000
5	Pasir kasar	0.5000 – 1.0000
6	Pasir sedang	0.2500 – 0.5000
7	Pasir halus	0.1250 – 0.2500
8	Pasir sangat halus	0.0625 – 0.1250
9	Lanau	0.0039 – 0.0625
10	Lempung	< 0.0039

Sumber: Selley, 1988

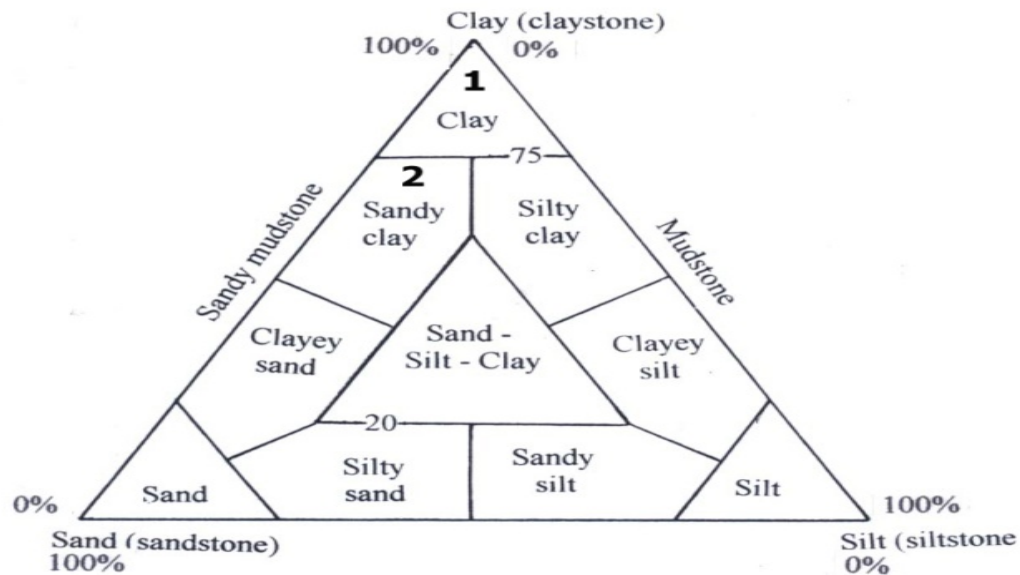
Tabel 3. Klasifikasi Ukuran Butir Berdasarkan Kecepatan Pengendapan

No.	Nama	Kecepatan Pengendapan (mikron/detik)
1	Pasir sangat halus	> 3.840
2	Lanau kasar	960 – 3.840

Hasil analisa sedimen berdasarkan skala Wenworth (Gambar 2) menunjukkan bahwa contoh sedimen permukaan dasar di lokasi penelitian berupa jenis *Clay* dan *Sandy clay*. Kedua jenis sedimen ini relatif halus, sehingga dengan kondisi arus dan gelombang yang relatif kecil, akan memungkinkan untuk memindahkan sedimen permukaan dasar (Siswanto, 2010) pada daerah yang relatif luas.

Parameter hidrooseanografi yang dianalisa meliputi data pasang surut, arus, dan gelombang. Analisa pasang surut menggunakan metode Admiralty (Suyarso dan Ongkosongo, 1989) menunjukkan bahwa pasang surut di lokasi penelitian bertipe campuran condong ke harian ganda (Gambar 3), karena dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi periodenya berbeda. Pasang surut terjadi akibat adanya gaya tarik menarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Akan tetapi karena jarak bulan terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi menjadi lebih besar (Suyarso dan Ongkosongo, 1989). Tipe pasang ini, pada lokasi penelitian, menunjukkan tidak terdapat *range* yang besar antara kondisi pasang dan saat surut. Dengan demikian, relatif kecil kondisi pasang surut ini akan berpengaruh terhadap sebaran dan distribusi sedimen permukaan dasar (Siswanto, 2010).

Arus di sepanjang daerah pantai sangat tergantung pada arah datang gelombang (Triatmodjo, 1999). Kemiringan pantai menyebabkan gelombang pecah sehingga terjadi kenaikan gelombang dan terbentuk arus, baik arus sepanjang pantai maupun arus tegak lurus pantai (Siswanto, 2010). Profil kenaikan muka air sepanjang pantai tidak sama sebagai akibat perbedaan tinggi gelombang pecah di sepanjang pantai (Triatmodjo, 1999; Safitri, 2011). Kondisi ini dapat menimbulkan aliran air sepanjang pantai, dan pada kondisi tertentu, gerakan air yang menuju tempat tersebut dibelokkan kembali ke arah laut yang membentuk arus (Triatmodjo, 1999; Siswanto, 2010; Safitri, 2011).



Gambar 2. Jenis sedimen sesuai skala Wenworth

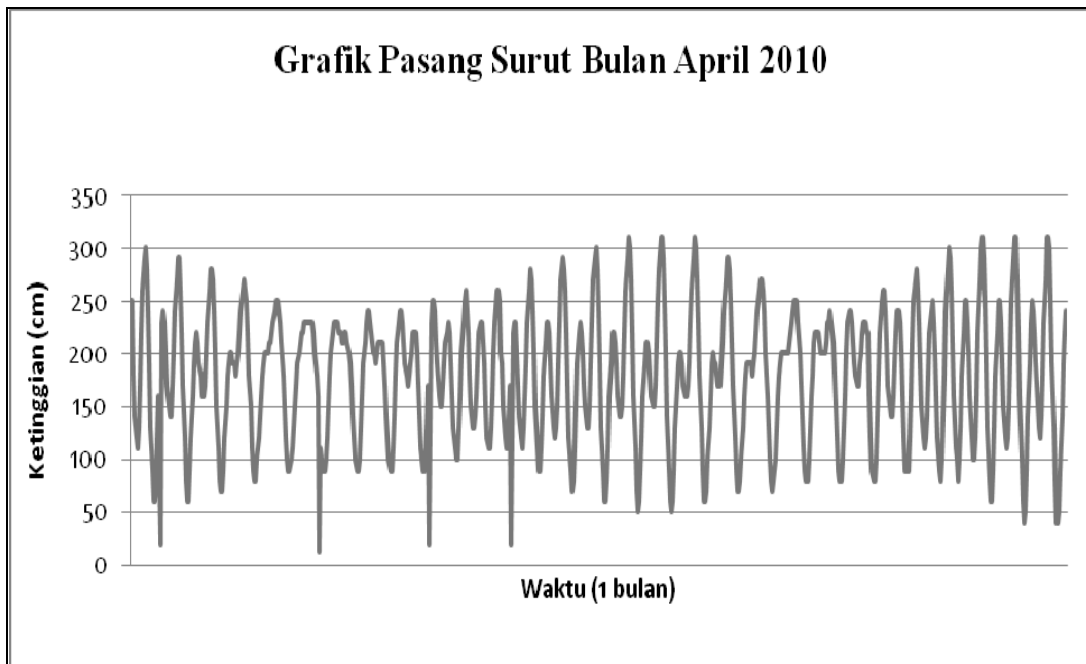
Arus di sepanjang daerah pantai sangat tergantung pada arah datang gelombang (Triatmodjo, 1999). Kemiringan pantai menyebabkan gelombang pecah sehingga terjadi kenaikan gelombang dan terbentuk arus, baik arus sepanjang pantai maupun arus tegak lurus pantai (Siswanto, 2010). Profil kenaikan muka air sepanjang pantai tidak sama sebagai akibat perbedaan tinggi gelombang pecah di sepanjang pantai (Triatmodjo, 1999; Safitri, 2011). Kondisi ini dapat menimbulkan aliran air sepanjang pantai, dan pada kondisi tertentu, gerakan air yang menuju tempat tersebut dibelokkan kembali ke arah laut yang membentuk arus (Triatmodjo, 1999; Siswanto, 2010; Safitri, 2011).

Kecepatan dan arah arus di sekitar Jembatan Suramadu Sisi Madura selama bulan April 2010, menunjukkan arah dominan ke Timur dan Tenggara. Arah arus dominan menjadi penentu transpor massa sedimen dasar dan partikel air dapat terangkut sesuai arah tersebut (Siswanto, 2010; Siswanto dkk, 2010).

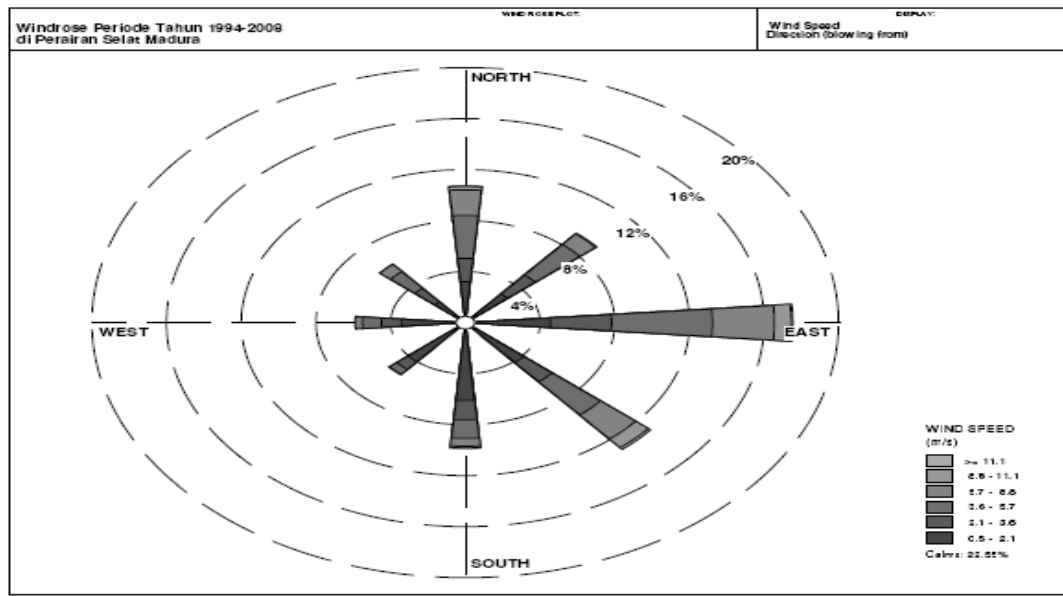
Hasil perhitungan arus sepanjang pantai berdasarkan data BMKG stasiun maritim, Tanjung Perak Surabaya sebesar $3,8 \times 10^{-7} m/s$ (Safitri, 2011). Pada perairan pantai

sempit dan semi tertutup, arus merupakan gaya penggerak utama sirkulasi massa air (Hutabarat dan Evans, 1986).

Gelombang laut dapat diperoleh dari pengukuran langsung, pemodelan maupun konversi angin. Tinggi dan kecepatan gelombang dikonversi berdasarkan data angin bulan April 2010 (Gambar 4) dengan arah bertiup tersebar pada semua arah dengan kecepatan angin paling dominan adalah arah Timur dan Tenggara. Angin akan mempengaruhi fetch efektif yang terbentuk sebagai pembangkit gelombang di perairan laut (Triatmodjo, 1999). Arah dan kecepatan angin tergantung pada musim. Pada musim kemarau angin dominan kuat dan konstan bertiup dari selatan sampai tenggara, sedangkan pada musim penghujan angin lebih lemah dan lebih bervariasi dengan angin dominan dari barat daya sampai barat laut (Triatmodjo, 1999; Safitri, 2011). Kecepatan angin, baik dominan arah Timur (Gambar 4) maupun arah Tenggara, relatif kecil dan paling dominan $\pm 4,65$ knots. Angin dengan kecepatan yang besar diatas permukaan laut akan membangkitkan gelombang di sepanjang pantai (Triatmodjo, 1999).



Gambar 3. Grafik Pasang Surut Bulan April 2010



Gambar 4. Mawar Angin dengan Pola Arah Angin Timur

Kenaikan muka air laut-akibat gelombang yang dibangkitkan oleh angin di pantai yang berbentuk corong (seperti teluk dan estuari) akan lebih besar dibandingkan pada pantai yang lurus, karena massa air yang terdorong oleh angin akan bergerak terpusat pada ujung corong (Triatmodjo, 1999; Safitri, 2011). Penurunan muka air yang cepat dapat

menyebabkan kerusakan, seperti erosi maupun abrasi; karena sapuan air dari genangan kembali ke laut. Pergerakan air ini akan menimbulkan arus.

Arus yang timbul sebagai akibat pergerakan air, dibedakan menjadi dua, yaitu arus sejajar pantai (*longshore current*) dan arus tegak lurus pantai (*rip current*) (Triatmodjo,

1999). Dari kedua arus tersebut, arus sejajar pantai (*longshore current*) yang lebih dominan mempengaruhi pergerakan sedimen sepanjang pantai. Perhitungan arus sejajar pantai dilakukan berdasarkan properties gelombang pecah (Triatmodjo, 1999; Siswanto, 2010). Arus ini penting karena memungkinkan untuk memindahkan sedimen di dasar pantai (Triatmodjo, 1999).

Pembahasan

Laut menerima beraneka materi, baik yang larut maupun berupa padatan, dari berbagai sumber berbeda. Sedimen merupakan partikel yang berasal dari hasil pembongkaran batuan dan potongan kulit (*shell*) serta sisa rangka dari organisme laut (Sahala dan Stewert (1986) dalam Ainy, 2011). Kalsium karbonat, silica, dan mineral lempung merupakan senyawa utama yang mendominasi penyusun sedimen laut dalam (Supangat dan Muawanah (2004) dalam Ainy, 2011).

Berdasarkan pada Gambar 2, jenis sedimen di perairan pantai di Kabupaten Bangkalan, berbeda pada kedua lokasi. Pada stasiun 1, jenis sedimen permukaan dasar berupa *clay*. Pada lokasi ini, daerah sepanjang pantai masih dijumpai tanaman bakau, meskipun kondisinya sudah relatif rusak. Sebaran tanaman bakau masih dapat dijumpai dari lokasi stasiun 1 ke arah dermaga pelabuhan Kamal, Kabupaten Bangkalan. Substrat sedimen permukaan dasar berupa *clay* sangat cocok untuk media tumbuh dan berkembang tanaman bakau. Pada stasiun 2, jenis sedimen permukaan dasar berupa *sandy clay*. Sedikit agak berbeda dengan jenis substrat pada stasiun 1, pada stasiun 2 ini tidak banyak ditemukan tanaman bakau. Keberadaan substrat sebagaimana pada stasiun 2, diduga menjadi salah satu ketidakoptimalan pertumbuhan tanaman bakau.

Mineral lempung dan produk non-organik merupakan hasil pelapukan dan hampir tidak banyak jumlahnya di permukaan air. Meskipun demikian, secara relatif tidak terlalu dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya, sehingga materi tersebut banyak ditemukan dalam sedimen laut-dalam (Supangat dan Muawanah 2004).

Sebaliknya, sedimen di perairan dangkal sangat dipengaruhi oleh dinamika perairan dan kondisi lingkungan (Siswanto,

2010). Sebaran sedimen pada suatu perairan pantai berkaitan erat dengan kondisi parameter hidrooseanografi (Komar, 1998) pada lokasi tersebut. Beberapa parameter hidrooseanografi yang berpengaruh terhadap sebaran dan distribusi sedimen, diantaranya adalah arus dan gelombang.

Parameter arus selama penelitian berlangsung relatif tidak terlalu besar. Akan tetapi, sudut datang gelombang pecah yang terbentuk memberikan pengaruh terhadap pergerakan sedimen (Komar, 1976; 1998). Arus akibat gelombang pecah ini, yang penting adalah arus sejajar pantai (*longshore current*). Arus ini berperan besar mengikis sebagian wilayah daratan, dan sekaligus memindahkan material yang terkikis tersebut.

Menurut Romimohtarto dan Juwana (1999) gelombang laut yang timbul diakibatkan angin di atas permukaan laut dan bisa juga oleh tekanan tangensial pada partikel air. Menurut Dahuri *et al.*, (1996) gelombang di permukaan laut umumnya terbentuk karena adanya proses aliran energi dari angin ke permukaan laut atau pada saat tertentu yang disebabkan oleh gempa di dasar laut. Gelombang dapat merambat ke segala arah membawa energi, kemudian dilepaskan ke pantai dalam bentuk hempasan ombak. Gelombang yang mendekati pantai mengalami *refraction* dan *convergence* jika mendekati semenanjung, atau *divergence* jika menemui cekungan. Gelombang yang menuju perairan dangkal mengalami *spilling*, *plunging*, *collapsing* atau *surgings*. (Gambar 3) (Komar, 1976; 1998; Sorensen, 1978; Kennet, 1982; Triatmodjo, 1999).

Gelombang di perairan pantai di Kabupaten Bangkalan, selama penelitian berlangsung mempunyai kisaran tinggi gelombang yang relatif kecil, sebesar 0,01 m. Hal ini mengakibatkan sedimen yang ada di perairan tidak memungkinkan untuk dipindahkan oleh tenaga gelombang dengan rentang jarak yang panjang (Triatmodjo, 1999; Siswanto, 2010; Siswanto, dkk, 2010). Besarnya sudut datang gelombang akan mempengaruhi pola arus sepanjang pantai yang memungkinkan sedimen berpindah sepanjang pantai dan akan terendapkan pada daerah dimana kecepatan arusnya tidak memungkinkan lagi untuk memindahkan sedimen (Komar, 1998; Komar, 1976 dalam Triatmodjo, 1999). Gelombang dengan sudut datang tertentu (Triatmodjo, 1999) dalam

pergerakannya menuju pantai akan mengalami perubahan bentuk sebagai akibat adanya perubahan kedalaman, diantaranya berupa refraksi (Komar, 1998; Triatmodjo, 1999).

Pasang merupakan satu fenomena alam yang terjadi di wilayah lautan secara periodik. Open University (1989) dalam Siswanto (2004) mendefinisikan pasang sebagai gelombang di perairan dangkal yang digerakkan oleh gaya gravitasi akibat posisi bulan dan matahari yang bervariasi terhadap lautan. Respon yang diberikan oleh perairan dangkal terhadap gaya gravitasi menyebabkan massa air bergerak secara vertikal dan horisontal (Ingmanson *et al.*, 1989 dalam Siswanto, 2004) dengan periode tertentu (Gross, 1993 dalam Triatmodjo, 1999). Pasang merupakan komponen penting dalam dinamika pantai yang menghasilkan arus dan perpindahan sedimen. Proses pasang sangat berpengaruh pada daerah dengan energi gelombang yang relatif lemah, lagoon, teluk dan estuari (Viles and Spencer, 1994 dalam Siswanto, 2004).

Kondisi pasang surut pada lokasi penelitian (Gambar 3) menunjukkan bahwa kisaran pasang surut yang ada tidak signifikan untuk mempengaruhi jenis dan sebaran sedimen (Triatmodjo, 1999; Siswanto, 2010). Hal ini disebabkan karena tenaga yang dibangkitkan oleh pasang surut akibat perbedaan ketinggian air saat pasang dan surut, tidak berpotensi untuk dapat memindahkan sedimen permukaan dasar, karena arus yang terbentuk akibat perubahan kondisi pasang ke surut maupun sebaliknya, tidak terlalu besar untuk memindahkan substrat sedimen permukaan dasar pada lokasi penelitian.

Kesimpulan Dan Saran

Jenis sedimen pada lokasi penelitian adalah *clay* dan *sandy clay*. Perlu dilakukan penelitian tentang stratigrafi ukuran butir sedimen pada lokasi penelitian agar deskripsi lingkungan geologi menjadi lebih komprehensif.

Daftar Pustaka

- Ainy, K. 2011. Studi Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) di Sepanjang Tiang Pancang Jembatan Suramadu. Laporan Praktek Kerja Lapang (PKL). Tidak dipublikasikan. Ilmu Kelautan-Universitas Trunojoyo Madura
- Dahuri, R., Jacub Rais, Sapta Putra Ginting dan M.J. Sitepu. 1996. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. P.T. Pradnya Paramitha. Jakarta.
- Hadi, S. 1993. Metodologi Riset. Yayasan Penerbit UGM. Yogyakarta.
- Holme, N.A. and A.D. McIntyre. 1984. Methods for the Study of Marine Benthos. Second Edition. Blackwell Scientific Publication. Oxford.
- Hutabarat, S. dan S.M. Evans. 1985. Pengantar Oseanografi. UI Press. Jakarta.
- Kennet, J.P. 1982. Marine Geology. Printice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. New Jersey.
- Komar, P.D. 1976. Beach Processes and Sedimentation. Printice Hall. New Jersey.
- Komar, P.D. 1998. Beach Processes and Sedimentation. Second Edition. Printice Hall. New Jersey.
- Koesoemadinata, R.P. 1980. Prinsip-Prinsip Sedimentasi. Institut Teknologi Bandung.
- Romimohtarto dan Sri Juwana. 1999. Biologi Laut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI. Jakarta.
- Safitri, N.D. 2011. Muatan Padatan Tersuspensi di Sekitar Kaki Jembatan Suramadu Sisi Madura. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Ilmu Kelautan. Universitas Trunojoyo Madura
- Selley, R.C. 1988. Applied Sedimentology. Academic Press. San Diego
- Siswanto, AD. 2004. Kajian Laju Sedimentasi dan Perubahan Garis Pantai di Perairan Delta Bodri, Kabupaten Kendal.

- Skripsi (Tidak dipublikasikan). Ilmu Kelautan, FPIK-Undip. Semarang
- Siswanto, A.D. 2010. Analisa Stabilitas Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan. Tesis (Tidak dipublikasikan). Program Pascasarjan Teknologi Kelautan-FTK-ITS. Surabaya
- Siswanto, A.D., W.A. Pratikto, dan Suntoyo. 2010. Analisa Stabilitas Garis Pantai di Kabupaten Bangkalan. Prosiding. Seminar Nasional Pascasarjan XI, ITS, Surabaya
- Siswanto, A.D. 2011. Tingkat Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) sebagai Indikator Awal Kualitas Perairan di Kabupaten Bangkalan Pasca Jembatan Suramadu. Prosiding. Seminar Nasional dan Workshop Biologi 2011. FMIPA Biologi. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya
- Supangat A dan Muawanah U. 2004. Pengantar Kimia dan Sedimen Dasar Laut. Jakarta : Pusat Riset wilayah lautan dan Sumber Daya non Hayati, Badan Riset Kelautan dan Perikanan, Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Suyarso dan Ongkosongo, 1989. Pasang Surut. ITB. Bandung
- Sorensen, R.M. 1978. Basic Coastal Engineering. John Willey and Sons. Singapore
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta offshet. Yogyakarta.