

LAJU SEDIMENTASI DI PERAIRAN BREBES, JAWA TENGAH MENGGUNAKAN METODE ISOTOP ^{210}Pb

THE RATE OF SEDIMENTATION VELOCITY ON BREBES WATERS, CENTRAL JAVA, BY USING ISOTOP ^{210}Pb

Wisnu Arya Gemilang^{1*}, Gunardi Kusumah¹, Ulung Jantama Wisna¹ dan Ali Arman²

¹Loka Penelitian Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir, Balitbang KP, KKP, Jl. Raya Padang-Painan km 16, Bungus, Padang

*Email: wisnu.gemilang@yahoo.co.id

²Pusat Aplikasi Isotopes dan Radiasi BATAN, Jl. Lebak Bulus Raya no 49, Jakarta

Diterima : 24-11-2016, Disetujui : 29-08-2017

ABSTRAK

Beberapa upaya mitigasi terhadap bencana erosi yang terjadi di kecamatan Brebes telah dilakukan dengan penanaman mangrove, pemasangan *hybrid engineering*, alat pemecah ombak, namun dari keseluruhan upaya tersebut masih dianggap belum menjadi solusi terbaik mengurangi dampak bencana erosi pantai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat rata-rata kecepatan sedimentasi berdasarkan umur absolut sedimen dasar laut yang dianggap mewakili daerah penyelidikan. Penentuan umur absolut sedimen berdasarkan aktifitas kandungan isotop alam ^{210}Pb pada sedimen. Hasil perhitungan laju sedimentasi tersebut dikorelasikan dengan data debit sungai dan kondisi hidro-oseanografi yang berperan dalam sistem sedimentasi. Berdasarkan profil *unsupported* ^{210}Pb pada lokasi IST-01 (Muara Pemali) dan IST-02 (Muara Nipon) rata-rata laju sedimentasinya berturut-turut 0,224 cm/tahun dan 0,211 cm/tahun, debit Sungai Pemali sebesar 14,4-48,1 m³/s, kecepatan arus pada stasiun IST-01 berkisar antara 0,001-0,1 m/s dan kecepatan arus pada stasiun IST-02 berkisar antara 0,001-0,08 m/s. Kondisi hidro-oseanografi daerah penelitian yang fluktuatif memberikan pengaruh besar terhadap proses sedimentasi. Besarnya debit sungai memiliki korelasi terhadap peningkatan besarnya nilai laju sedimentasi di Muara Pemali dan Muara Nippon. Hasil penelitian tersebut dapat dijadikan bahan rekomendasi upaya mitigasi bencana erosi di kecamatan Brebes

Kata Kunci: Sedimentasi, Pesisir Brebes, Hidrodinamika arus, Isotop *Unsupported* ^{210}Pb

ABSTRACT

Several efforts to mitigate the erosion event which occurred in Brebes sub district have been done by mangrove cultivation, hybrid engineering, and breakwater as well. Nevertheless, all those efforts did not work right away to solve the erosion problem and deteriorate its impact. This study has aim to determine the absolute sediment dating, which represents the study area. We decided the absolute sediment dating based on natural isotope activity ^{210}Pb contained on sediment. Sedimentation rate calculation result was correlated with the river discharge and hydro-oceanography conditions in the sediment area systems. Based on unsupported ^{210}Pb profile, at the station IST-01 (Pemali estuary) and IST-2 (Nipon estuary), the averages of sedimentation rate are 0.22 cm/year and 0.211 cm/year respectively. The discharge of Pemali River has ranged 14.4-48.1 m³/s. The current speed at the point IST-01 has ranged 0.001-0.1 m/s and at the station IST-02 has ranged 0.001-0.08 m/s. The hydro-oceanography condition which is volatile has a big impact on the process of sedimentation. The enhancing of river discharge has a correlation with the sedimentation rate enhancement in Pemali and Nippon estuary. The result of this study could be a basis of erosion mitigation effort in Brebes sub district.

Keywords: Sedimentation, Brebes, Hydrodynamics of surface current, Isotop *Unsupported* ^{210}Pb

PENDAHULUAN

Wilayah pantai Kabupaten Brebes memiliki potensi sumberdaya cukup tinggi dengan panjang garis pantai 53 km (Bappeda Kabupaten Brebes, 2013), memiliki luas kawasan mangrove 223,07 ha, terluas di wilayah pantai Jawa Tengah bagian barat dengan kerapatan vegetasi mangrove kategori *sapling* (anakan) 18,400 ind/ha tertinggi di Propinsi Jawa Tengah (Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Tengah, 2012).

Kegiatan *anthropogenic* berupa pembukaan kawasan mangrove untuk pertambakan udang intensif yang terus meningkat pada kurun waktu tahun 1982 – 2000 telah menyebabkan pengurangan luas kawasan mangrove secara signifikan dari tahun ke tahun dengan laju pengurangan 107 ha/tahun (Fiazia, 2006). Kerusakan mangrove memicu timbulnya abrasi dan sebaliknya abrasi menurunkan kuantitas dan kualitas sumber daya mangrove (Onrizal, 2010; Marfia, 2011).

Beberapa upaya untuk mengatasi kerusakan mangrove di Kabupaten Brebes telah dilakukan baik oleh Pemerintah Kabupaten Brebes maupun oleh masyarakat pemerhati mangrove (Suyono, 2015). Upaya yang sudah dilakukan tersebut masih belum memberikan hasil yang optimal sehingga kerusakan mangrove di wilayah pantai Kabupaten Brebes masih terus terjadi (Mackay, 2012).

Bencana erosi sangat berkaitan erat dengan proses akresi yaitu sedimentasi pantai yang terjadi bila jumlah sedimen yang diendapkan lebih besar daripada kemampuan laut untuk mengangkut sedimen tersebut sehingga daratan pantai akan bertambah (Diposaptono dan Budiman, 2007).

Upaya pengurangan area erosi secara alamiah dibutuhkan laju sedimentasi yang cukup besar pada daerah muara – muara sungai yang diperoleh dari aliran sungai yang membawa sedimen dari hulu dan selanjutnya akan terdeposit di bagian pesisir pantai yang mengalami erosi.

Erosi diperparah bila sedimen sungai yang menjadi penyeimbang tidak cukup menggantikan sedimen yang tererosi (Helfinalis dkk., 2010). Hal – hal tersebut menjadi latar belakang perlu dilakukannya penelitian yang bertujuan untuk mengetahui tingkat rata-rata kecepatan sedimentasi yang terjadi di kawasan pantai Kecamatan Brebes sehingga dapat diketahui karakteristik pengendapan sedimen.

Secara alami ^{210}Pb memiliki dua jenis, asal ^{210}Pb pertama adalah yang terbentuk secara alami di atmosfer karena hasil peluruhan ^{222}Rn , biasanya

disebut “*unsupported* ^{210}Pb ”, sementara lainnya disebut “*supported* ^{210}Pb ” yang secara alami dibentuk secara menerus oleh ^{222}Rn yang berasal dari unsur alam ^{226}Rn yang terkandung di dalam sedimen (Cazotti *et al.*, 2002). Penentuan umur sedimen dengan teknik radioisotope alam ^{210}Pb telah digunakan secara luas baik di danau maupun di perairan laut, tanah jatuhan dan penentuan laju sedimentasi di laut (Silva *et al.*, 2013).

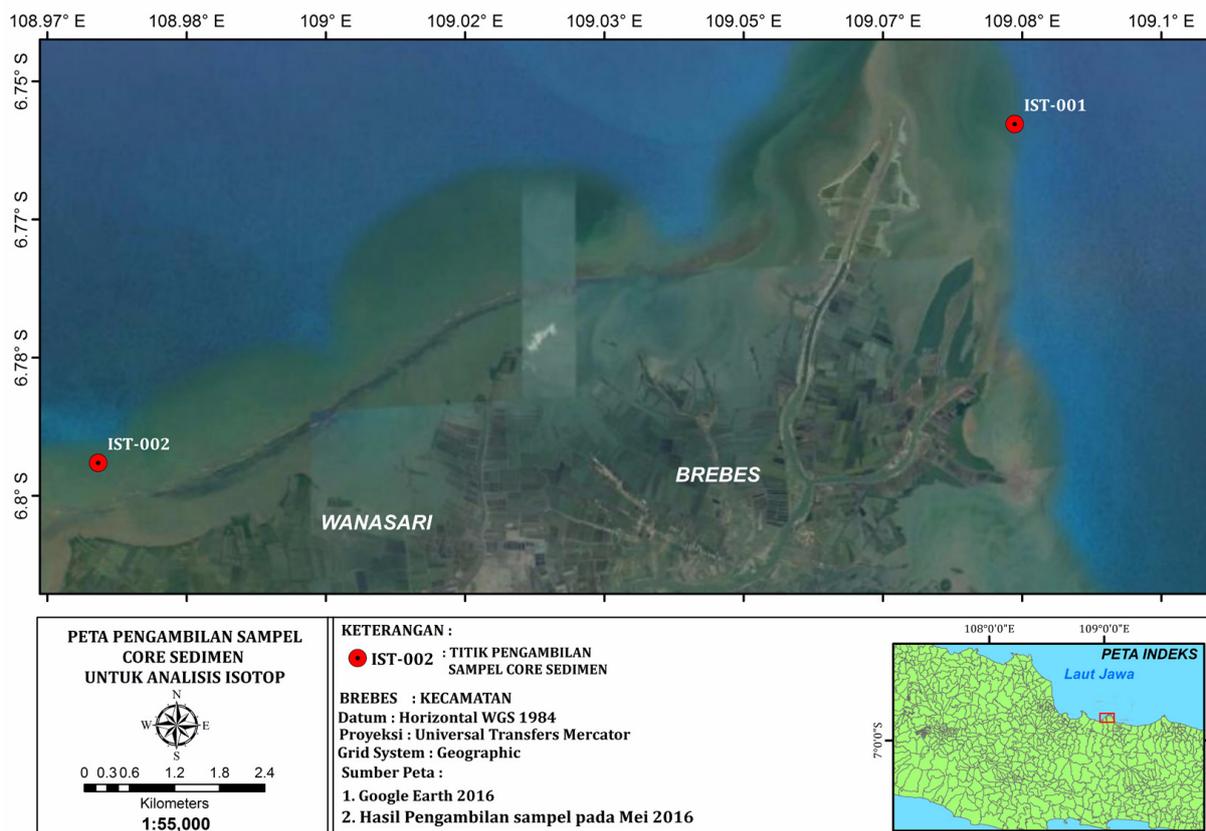
Pengukuran aktivitas spesifik ^{210}Pb pada lapisan inti sedimen dapat menentukan umur sedimen hingga sekitar 150 tahun ke masa lampau. Penentuan umur sedimen dengan ^{210}Pb sangat sesuai digunakan sebagai media untuk mengkaji perubahan dan kejadian dalam periode dimana aktivitas manusia mulai memberi dampak pada lingkungan dengan adanya perubahan yang signifikan pada lingkungan sekitar (Susiaty dkk., 2007). Lokasi penelitian difokuskan pada pesisir Kecamatan Brebes (Gambar 1). Tujuan dari penelitian adalah mengestimasi rata-rata kecepatan sedimen dalam kurun waktu tertentu menggunakan metode isotop *unsupported* ^{210}Pb dan mengetahui faktor-faktor alamiah yang memberikan pengaruh terhadap mekanisme dan kecepatan sedimentasi di pesisir Kecamatan Brebes.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di daerah pesisir Kecamatan Brebes yang terbagi atas dua bagian lokasi pengambilan sampel sedimen yaitu bagian barat dan timur pesisir pada dua muara yang berbeda yaitu pada bagian barat yang berdekatan dengan muara Sungai Nipon (IST-002) sedangkan pada bagian timur berdekatan dengan Sungai Pemali (IST-001) (Gambar 1).

Pengambilan sampel dilakukan di bulan Mei 2016 pada dua lokasi yang dianggap mewakili daerah penelitian yaitu di daerah pesisir Sungai Nipon dan Pemali. Sampel inti sedimen diambil menggunakan pipa PVC diameter 2 inch kemudian ditekan secara perlahan pada sedimen berbutir halus hingga rata-rata kedalaman 35 cm. Sampel sedimen *core* dibekukan dengan es batu untuk menghindari adanya pencampuran antar lapisan sedimen serta untuk memudahkan pada saat preparasi/pemotongan bagian sampel inti sedimen dengan interval ketebalan 2cm.

Perlakuan sampel selanjutnya dilaksanakan di laboratorium Kelautan Bidang Industri dan Lingkungan, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel sedimen core untuk analisis isotop

BATAN. Perhitungan kandungan ^{210}Pb total dilakukan di laboratorium tersebut untuk mengetahui aktivitas ^{210}Pb total dalam setiap sampel sedimen. Aktivitas ^{210}Pb total ditentukan dari hasil pengukuran salah satu anak luruhnya yaitu ^{210}Po dengan asumsi terdapat kesetimbangan antara keduanya. Destruksi sampel mengikuti prosedur (Sanchez *et al.*, 1993) dengan sedikit modifikasi (Arman dkk., 2013). *Supported* ^{210}Pb ditentukan dari nilai ^{210}Pb lapisan bawah yang konstan sehingga *unsupported* ^{210}Pb adalah selisih dari ^{210}Pb total dan *supported* ^{210}Pb (Cossa *et al.*, 2014).

Ukuran butir sedimen diketahui menggunakan metode granulometri (Hubbard dan Pocock, 1972; Hsieh, 1995). Klasifikasi ukuran butir dilakukan berdasarkan klasifikasi Wentworth (1922). Penentuan jenis tekstur sedimen dilakukan berdasarkan klasifikasi Diagram Segitiga Shepard tahun 1954 (Dyer, 1986). Parameter statistik yang digunakan dalam analisis sedimen berupa sortasi, *skewness* dan kurtosis menggunakan klasifikasi (Folk dan William, 1957).

Besaran umur yang diketahui hasil dari dating ^{210}Pb kemudian dikonversikan menjadi laju

sedimentasi. Hasil tersebut kemudian dibandingkan antara data hasil granulometri, data kecepatan laju dan debit sungai hasil pengamatan dan pengukuran di stasiun pengaturan sungai induk Pemali milik Pengelolaan Sumber Daya Air (PSDA) Tegal. Berdasarkan hasil interpretasi dan korelasi dari data – data tersebut kemudian dapat dilakukan interpretasi mekanisme sistem laju sedimentasi yang terjadi di dua lokasi sampel inti sedimen tersebut.

Kondisi hidro-oseanografi dilakukan dengan pengukuran data arus dan pasang surut dilakukan pada tanggal 21 Juli - 4 Agustus 2016, menggunakan ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler-Nortek*), *set-up* ADCP ditampilkan pada Tabel 1. Data hasil perekaman ADCP tersebut digunakan untuk validasi hasil. Pemodelan arus pasang surut dilakukan menggunakan modul *flow model fm* dan disimulasikan untuk 2 periode musim yang berbeda (Musim Barat dan Musim Timur), sehingga terlihat pengaruh pasang surut terhadap pembentukan dan pola arus di sepanjang perairan Brebes dan memperlihatkan pola transpor oleh faktor hidro-oseanografi pada kedua titik observasi (Gambar 1). *Set-up* pemodelan hidrodinamika ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 1. *Set-up* alat ADCP

Deployment	Brebes
Start at	21/07/2016 11:00:00
Profile interval (s)	600
Number of cells	15
Cell size (m)	1.00
Blanking distance (m)	0.50
Measurement load (%)	50
Average interval (s)	300
Power level	High
Compass upd. Rate (s)	600
Speed of sound (m/s)	Measured
Salinity (ppt)	35
Assumed duration (days)	30
Battery utilization (%)	212.0
Vertical vel. Prec (cm/s)	0.7
Horizon. Vel. Prec (cm/s)	2.0

Tabel 2. *Set-up* pemodelan hidrodinamika

Parameter	Diterapkan dalam simulasi
Waktu simulasi	Number of time step = 2000 Time step interval = 900 Simulation date (Musim Timur) = 1/7/2016 12.30 AM-15/7/2016 08.30 PM Simulation date (Musim Barat) = 1/12/2016 12.30 AM-15/12/2016 08.30 PM Simulation date (point series) = 1/5/2016 12.30 AM-15/5/2016 08.30 PM
Mesh boundary	Batimetri = Digitasi peta batimetri DISHIDROS
Flood and dry	Drying depth = 0.005 m Flooding depth = 0.05 m Wetting depth = 0.1 m
Boundary condition	Type = Specified level Format = Varying in time, constant along boundary Time Series = Peramalan pasang surut dengan koordinat: 1. Longitude: 109.05297, Latitude: -6.7806 2. Longitude: 109.05010, Latitude: -6.7665 3. Longitude: 109.03086, Latitude: -6.7651 4. Longitude: 109.01559, Latitude: -6.7773 5. Longitude: 109.01882, Latitude: -6.7888

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi mekanisme laju sedimentasi daerah penelitian dapat diketahui berdasarkan beberapa parameter yang berkaitan terhadap proses sedimentasi. Beberapa parameter untuk mengetahui mekanisme sedimentasi diantaranya, umur sedimen, sedimentasi, persentase porositas, jenis tekstur sedimen serta faktor alam lainnya seperti perubahan kecepatan arus dan debit sungai.

Karakteristik sedimen daerah penelitian

Klasifikasi jenis tekstur sedimen pada tiap lapisan inti contoh sedimen berdasarkan analisis ukuran butir menunjukkan tekstur sedimen yang berbeda-beda seperti terlihat pada Tabel 3. Jenis

tekstur sedimen yang ada pada sampel IST-001 di muara Sungai Pemali berdasarkan klasifikasi tekstur sedimen (Dyer, 1986), didominasi oleh tekstur sedimen Lanau - Pasir Lanauan. Jenis tekstur sedimen pada sampel IST-002 di muara Sungai Nipon didominasi Pasir Lanauan – Lanau Pasiran.

Perbedaan ukuran butir sedimen berhubungan dengan asal sumber sedimen. Semakin mendekati pantai dan muara sungai ukuran butir sedimen semakin halus, sedangkan ukuran butir yang berhadapan dengan laut lepas lebih kasar (Nugroho dan Basit, 2014). Hal ini menunjukkan bahwa sumber sedimen berasal dari laut yang kemudian mengalami proses transportasi hingga akhirnya terendapkan menjadi sedimen di masing-masing lokasi. Karakteristik endapan sedimen yang berada disekitar muara sungai cenderung berukuran lanau serta campuran mineral lempung dan sisa tumbuhan, hal ini mencirikan bahwa adanya pengaruh dari darat sangat mendominasi. Lokasi sedimen kelompok pasir berada pada bagian lepas pantai dan tidak berdekatan dengan muara sungai dicirikan dengan adanya komposisi pecahan cangkang biota laut, kondisi tersebut membuktikan bahwa pada zona tersebut pengendapan dan pengaruh laut sangat berperan

Proses pengendapan, arus dan pasang surut di suatu perairan dapat berperan untuk menyeleksi ukuran jenis sedimen sehingga mengakibatkan adanya variasi ukuran jenis. Ketika adanya arus yang kuat, sedimen yang memiliki fraksi kasar tidak mudah terbawa arus, namun sedimen halus

akan terbawa mengendap di daerah perairan yang lebih tenang (Nugroho dan Basit, 2014). Berdasarkan hasil klasifikasi tersebut bahwa fraksi halus jenis lanau terendapkan pada bagian dekat dengan muara IST-001, dapat diinterpretasikan bahwa arus sungai melemah pada bagian muara dan arus laut pada kondisi tertentu juga melemah. Parameter analisis granulometri (ukuran butir sedimen) berupa rata-rata, sortasi, kurtosis dan *skewness* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk identifikasi proses transportasi dan deposisi sedimen. Untuk memperoleh klasifikasi parameter granulometri tersebut maka dilakukan perhitungan statistik dengan hasil yang tercantum pada Tabel 4.

Tabel 3. Jenis sedimen di perairan pesisir Kecamatan Brebes Berdasarkan klasifikasi Diagram Segitiga Shepard tahun 1954

Lokasi	Kedalaman (cm)	Tekstur Sedimen	Lokasi	Kedalaman (cm)	Tekstur Sedimen
IST-01	0-2	Lanau Lempungan	IST-02	0-2	Lanau
	2-4	Lanau Pasiran		2-4	Lanau Lempungan
	4-6	Pasir Lanauan		4-6	Lanau
	6-8	Lanau Pasiran		6-8	Lanau Pasiran
	8-10	Lanau		8-10	Lanau Pasiran
	10-15	Lanau		10-15	Lanau
	15-20	Lanau		15-20	Lanau Pasiran
	20-25	Lanau		20-25	Pasir Lanauan
	25-30	Lanau		25-30	Pasir Lanauan
	30-35	Pasir Lanauan		30-35	Pasir Lanauan

Tabel 4. Hasil statistik perhitungan parameter sedimen

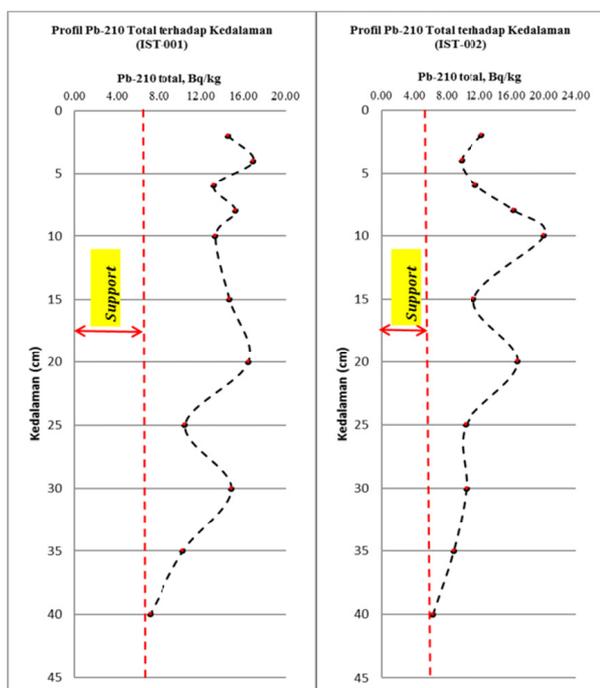
Kode Stasiun	Sortasi	Klasifikasi	Skweness	Klasifikasi	Kurtosis	Klasifikasi
IST-01(1)	2,13	terpilah sangat buruk	-0,1	Menceng simetris	2,14	sangat runcing
IST-01(2)	1,92	terpilah buruk	0,36	Menceng sangat halus	1,89	sangat runcing
IST-01(3)	1,79	terpilah buruk	0,7	Menceng sangat halus	2,1	sangat runcing
IST-01(4)	1,87	terpilah buruk	0,3	Menceng sangat halus	1,87	sangat runcing
IST-01(5)	1,71	terpilah buruk	-0,01	Menceng simetris	2,6	sangat runcing
IST-01(6)	1,6	terpilah buruk	0,03	Menceng simetris	2,04	sangat runcing
IST-01(7)	1,36	terpilah buruk	-0,01	Menceng simetris	2,05	sangat runcing
IST-01(8)	1,36	terpilah buruk	-0,05	Menceng simetris	3,15	sangat runcing sekali
IST-01(9)	1,95	terpilah buruk	-0,07	Menceng simetris	2,79	sangat runcing
IST-01(10)	1,55	terpilah buruk	0,7	Menceng sangat halus	4,17	sangat runcing sekali
IST-02(1)	1,55	terpilah buruk	0,12	Menceng halus	2,23	sangat runcing
IST-02(2)	1,55	terpilah buruk	0,12	Menceng halus	2,46	sangat runcing
IST-02(3)	1,29	terpilah buruk	0,46	Menceng sangat halus	2,56	sangat runcing
IST-02(4)	1,97	terpilah buruk	-0,01	Menceng simetris	2,02	sangat runcing
IST-02(5)	1,97	terpilah buruk	-0,01	Menceng simetris	2,02	sangat runcing
IST-02(6)	1,17	terpilah buruk	0,1	Menceng halus	5,2	sangat runcing sekali
IST-02(7)	1,95	terpilah buruk	0,06	Menceng simetris	2,71	sangat runcing
IST-02(8)	1,83	terpilah buruk	0,23	Menceng halus	1,9	sangat runcing
IST-02(9)	1,65	terpilah buruk	0,68	Menceng sangat halus	2,75	sangat runcing
IST-02(10)	1,52	terpilah buruk	0,76	Menceng sangat halus	3,7	sangat runcing sekali

Nilai sortasi sedimen di lokasi penelitian termasuk dalam pemilahan buruk hingga sedang, Ingmanson dan Wallace (1989) menjelaskan bahwa sedimen dengan granulometri terpilah buruk diakibatkan oleh ukuran partikel yang terakumulasi secara acak. Kondisi pemilahan butiran sedimen buruk dipengaruhi oleh kekuatan arus dan gelombang sangat tidak stabil, artinya kekuatannya tidak sama setiap saat sehingga butiran sedimen yang diendapkan berbeda sangat mencolok (Rifardi, 2012). Selain kondisi tersebut proses pertemuan antara arus sungai dengan arus laut menyebabkan terjadinya gradasi energi arus pengendapan sehingga menyebabkan kondisi energi arus yang fluktuatif dan ukuran butir sedimen tidak terpilah dengan baik.

Statistik nilai kemencengan ukuran butir sedimen juga merupakan indikator jauh atau dekatnya sedimen tersebut tertransportasi dari sumbernya. Nilai kemencengan (*skewness*) apabila semakin negatif menunjukkan adanya kelebihan partikel ukuran besar, sedangkan semakin positif menunjukkan adanya kelebihan partikel ukuran kecil (Bayhaqi dan Dunggu, 2015).

Hubungan laju sedimentasi dengan debit sungai

Profil total ^{210}Pb dan *supported* ^{210}Pb pada sampel inti sedimen ditampilkan pada Gambar 2.

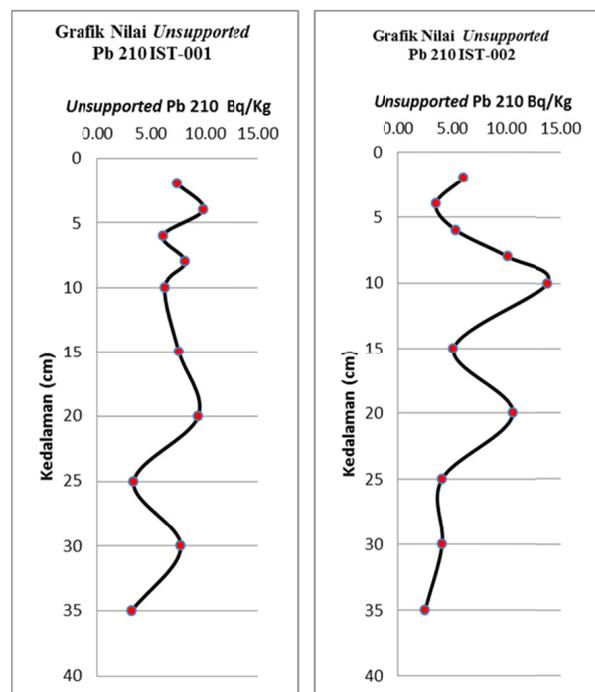


Gambar 2. Profil nilai ^{210}Pb total dan *supported* ^{210}Pb terhadap kedalaman sampel inti sedimen IST-001 dan IST-002, di perairan pesisir Kecamatan Brebes

Besarnya *supported* ^{210}Pb pada lokasi IST-001 dan IST-002 adalah 7,12 Bq/kg dan 6,24 Bq/kg. Hasil pengukuran *unsupported* ^{210}Pb pada tiap conto lapisan inti sedimen dari dua titik lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.

Profil *unsupported* ^{210}Pb menunjukkan nilai yang fluktuatif antara IST-001 dan IST-002. Pada umumnya nilai *unsupported* ^{210}Pb pada setiap lapisan kedalaman inti sedimen cenderung makin kecil konsentrasinya dari lapisan atas ke bawah hingga kedalaman 35 cm. Berdasarkan pola kandungan *unsupported* ^{210}Pb tersebut maka penentuan umur dan laju sedimentasi dilakukan dengan menggunakan model CRS (*Constant Rate of Supply*) (Lubis dkk., 2007).

Umur sedimen bervariasi untuk seluruh inti sedimen seperti terlihat pada Tabel 5. Lapisan paling bawah yaitu pada kedalaman (25-30) cm dari sampel IST-001 berumur hingga 95 tahun, sedangkan pada sampel IST-002 pada kedalaman (25-30) cm berumur 91 tahun. Hal yang sama juga terlihat adanya perbedaan laju sedimentasi yang bervariasi pada tiap lapisan inti sedimen. Laju sedimentasi rata-rata pada sampel inti sedimen IST-001 yang berada dekat dengan muara Sungai Pemali sebesar 0,211 cm/tahun, sedangkan pada sampel IST-002 di muara Sungai Nipon sebesar 0,224 cm/tahun. Nilai rata-rata laju akumulasi



Gambar 3. Profil nilai *unsupported* ^{210}Pb IST-001 dan IST-002

Tabel 5. Laju sedimentasi di perairan pesisir Kec. Brebes berdasarkan analisis radionuklida alam ^{210}Pb

Lokasi	Kedalaman (cm)	Tahun pengendapan	Laju akumulasi sedimen (cm/tahun)	Lokasi	Kedalaman (cm)	Tahun pengendapan	Laju akumulasi sedimen (cm/tahun)
	0-2	2014	0,375		0-2	2014	0,357
	2-4	2009	0,255		2-4	2013	0,599
	4-6	2004	0,351		4-6	2011	0,377
	6-8	1996	0,217		6-8	2004	0,175
IST-01	8-10	1991	0,229	IST-02	8-10	1992	0,095
	10-15	1984	0,157		10-15	1986	0,190
	15-20	1968	0,091		15-20	1969	0,066
	20-25	1963	0,179		20-25	1954	0,104
	25-30	1921	0,040		25-30	1925	0,054

sedimen lebih besar pada dekat dengan muara Sungai Nipon, dibandingkan dengan yang dekat muara Sungai Pemali.

Berdasarkan data nilai laju akumulasi sedimen pada tiap lapisan inti sedimen terlihat adanya nilai terbesar pada tiap sampel, IST-001 terukur 0,375 cm/tahun kedalaman (0-2) cm diikuti dengan kedalaman 2-6 cm dengan nilai 0,351 cm/tahun pada tahun 2014. Pada IST-002 nilai laju akumulasi sedimen terbesar 0,599 cm/tahun pada kedalaman 2-4cm dengan tahun pengendapan 2013. Beberapa faktor dapat menjadi penyebab terjadinya anomali besarnya laju akumulasi sedimen salah satunya adanya besarnya debit sungai yang dapat memberikan dampak meningkatnya partikel sedimen yang terbawa dari hulu dan terendapkan di hilir atau muara sungai. Berdasarkan data debit sungai rata-rata tahunan yang diperoleh dari stasiun pengamatan milik Pengelola Sumber Daya

Air wilayah Sungai Pemali Comal dari tahun 1990 – 2015 pada Tabel 6 memperlihatkan nilai debit sungai yang fluktuatif.

Kondisi Hidro-Oseanografi

Validasi hasil model dilakukan untuk mengetahui besar nilai *error* dalam pemodelan, nilai RMSE didapatkan sebesar 11,09 % untuk data arus dan nilai RMSE sebesar 12,53 % untuk data elevasi muka laut. Menurut Chorma?ski *et al.* (2009) nilai MRSE < 40 % menandakan bahwa model menghasilkan simulasi hidrodinamika yang baik berdasarkan syarat batas model yang telah dibuat.

Kecepatan arus pada Musim Barat berkisar antara 0-0,78 m/s, kecepatan arus tertinggi berada pada wilayah lepas pantai bagian utara daratan Brebes yang merupakan arus yang bergerak dari laut jawa, pada musim ini angin bergerak dari Benua Asia dan mempengaruhi arah arus dominan (Handoyo dan Suryoputro, 2015).

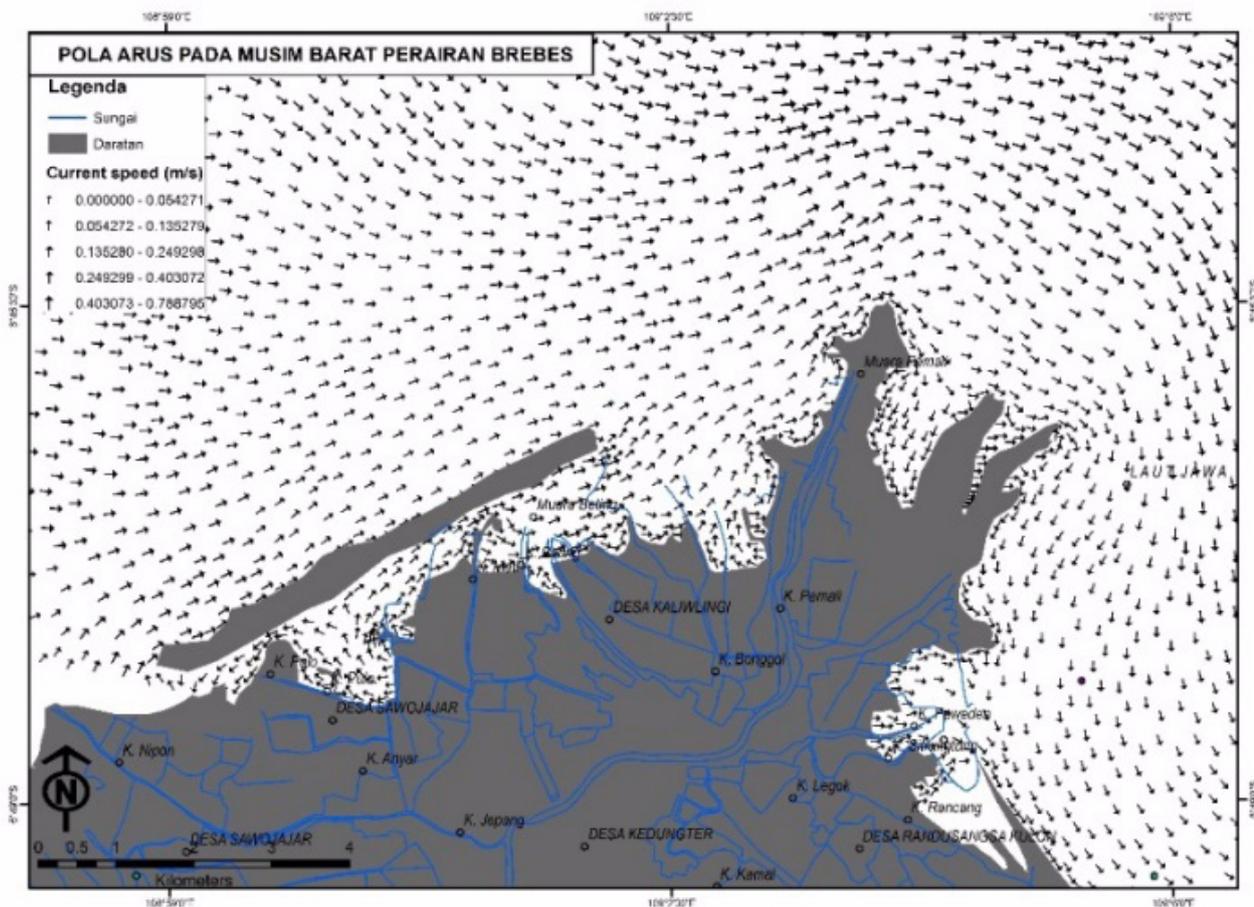
Terlihat pada Gambar 4 bahwa arus datang dari arah Barat Laut dengan kecepatan mencapai 0,78 m/s, namun diwilayah sekitar muara Pemali berkisar antara 0,05-0,15 m/s, dan di Muara Nipon berkisar antara 0,05-0,13 m/s, rendahnya kecepatan arus di wilayah kedua muara tersebut sangat mendukung bagi terendapkannya sedimen yang awalnya berasal dari *input* Sungai Pemali dan Sungai Nipon.

Arah arus pada Musim Barat cenderung bergerak kearah Timur, sehingga diduga sebaran sedimen dari Sungai Nipon mendominasi di wilayah Desa Sawojajar dan

Tabel 6. Rata-rata tahunan debit Sungai Comal Pemali Tahun 1990-2015

Tahun	Rata-rata Debit Sungai Tahunan (m^3/s)	Tahun	Rata-rata Debit Sungai Tahunan (m^3/s)
1990	38	2003	35,8
1991	46	2004	39,5
1992	37,7	2005	37,4
1993	35,7	2006	42,2
1994	14,4	2007	39,1
1995	59,7	2008	34,52
1996	43,3	2009	41
1997	36,7	2010	79
1998	47,2	2011	46,65
1999	41,4	2012	41,4
2000	49,1	2013	65,1
2001	47,5	2014	39,9
2002	34,7	2015	48,1

(Sumber: Data Hasil Pengamatan Stasiun PSDA Tegal, 1990 – 2002)



Gambar 4. Pola arus pada Musim Barat di perairan Brebes

Kaliwlingi, sedangkan sebaran sedimen dari Sungai Pemali diduga akan terendapkan di wilayah timur muara sungai tersebut.

Simulasi model dilakukan hanya pada kondisi pasang purnama dimana kecepatan transport meningkat, karena di wilayah perairan Brebes didominasi oleh arus pasang surut, pada saat pasang tertinggi kecepatan arus menjadi maksimal dan transport sedimen yang terjadi juga semakin tinggi (Wisha dkk., 2016).

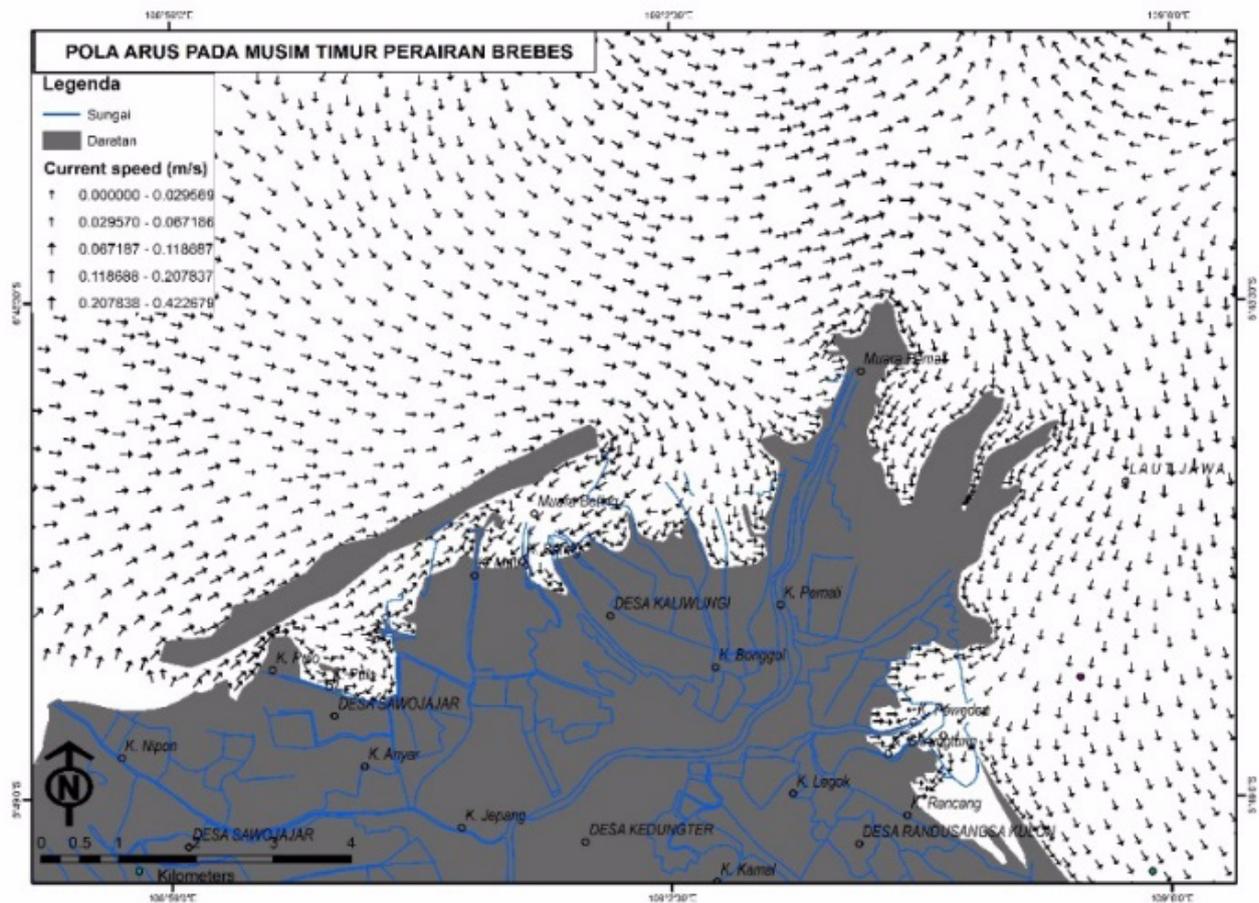
Berbeda dengan pola arus pada Musim Timur, kecepatan arus berkisar antara 0-0,42 m/s, dengan arah dominan arus bergerak ke arah Selatan dan Timur, arus yang berasal dari Barat dan Utara mengalami deformasi sehingga terjadi pertemuan dua arus di wilayah pulau pasir (beting) dengan kecepatan berkisar antara 0-0,02 m/s.

Pada Musim Timur, angin bergerak dari Benua Australia dan terlihat pada Gambar 5 bahwa masih ada dominasi arus yang bergerak ke Timur, sehingga terjadi pertemuan antara 2 sumber arus yang berasal dari Barat dan dari Timur, kejadian tersebut erat kaitannya dengan mekanisme *downwelling* dimana partikel-partikel sedimen dan

senyawa lainnya yang melayang, terbawa oleh arus menuju dasar perairan dan terendapkan (Gao dan Jia, 2002).

Mekanisme *downwelling* tersebut didukung dengan kecepatan arus pada kondisi tersebut tergolong lemah dengan kecepatan berkisar antara 0,02-0,06 m/s. Kecepatan arus di sekitar Muara Nipon pada Musim Timur berkisar antara 0-0,22 m/s, sedangkan pada Muara Pemali berkisar antara 0-0,19 m/s, kecepatan tersebut lebih rendah bila dibandingkan dengan kecepatan arus di kedua muara pada Musim Barat, hal ini sangat mendukung terjadinya pengendapan sedimen di sekitar muara karena mekanisme turbulensi dan pengadukan oleh arus tidak terjadi secara signifikan (Wisha dan Heriati, 2016).

Berdasarkan hasil dating ^{210}Pb (Tabel 6) terlihat bahwa pada stasiun IST 01 dan IST 02 memiliki laju sedimentasi yang selalu berubah-ubah setiap tahunnya, hal tersebut salah satunya disebabkan oleh kondisi oseanografi yang juga fluktuatif bergantung pada kondisi musim dan arah angin di kedua lokasi pengambilan sampel.



Gambar 5. Pola arus pada Musim Timur di perairan Brebes

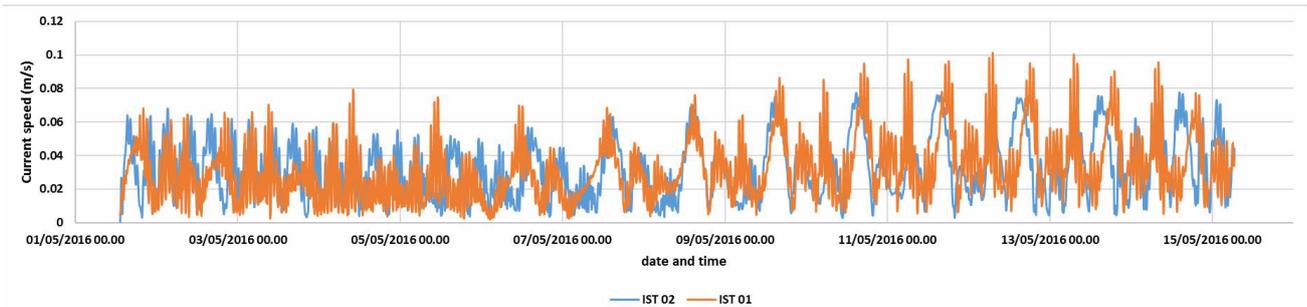
Pada beberapa tahun terakhir laju sedimentasi pada kedua stasiun meningkat (Tabel 5), hal tersebut dikarenakan terjadinya deformasi pola arus akibat adanya perubahan morfologi dasar perairan, seperti timbulnya daratan yang hanya muncul pada kondisi surut (beting), mengindikasikan bahwa terjadi akumulasi sedimen dan sedimentasi di wilayah tersebut.

Menurut Frihy *et al.* (1991) bahwa adanya kesetimbangan pantai menyebabkan volume sedimen yang tertransport akan sebanding dengan volume sedimen yang terendapkan di wilayah lain

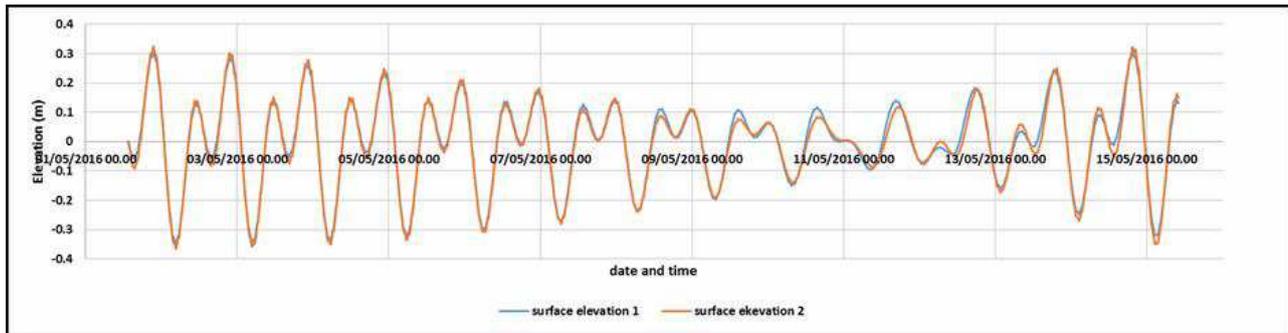
dalam satu perairan.

Perbandingan kecepatan arus pada stasiun pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 6, terlihat bahwa kecepatan arus di stasiun IST 01 lebih tinggi selama 15 hari sebelum pengambilan sampel sedimen, berkisar antara 0,001-0,1 m/s, sedangkan pada stasiun IST 02 kecepatan arus berkisar antara 0,001-0,08 m/s.

Stasiun IST 02 memiliki kecepatan arus yang lebih rendah sehingga mekanisme turbulensi dan pengadukan oleh arus juga rendah dan dapat menyebabkan sedimen yang melayang lebih



Gambar 6. Perbandingan kecepatan arus pada stasiun pengambilan sampel



Gambar 7. Perbandingan elevasi muka air pada stasiun pengambilan sampel

mudah mengendap (Voulgaris dan Meyers, 2004), terbukti bahwa terdapat pulau pasir yang terbentuk dari tingginya sedimentasi di wilayah Timur Muara Nipon (Beting).

Untuk kondisi pasang surut pada kedua stasiun pengambilan sampel tidak jauh berbeda, hanya dibebberapa waktu elevasi muka air di stasiun IST 01 lebih tinggi namun tidak signifikan berbeda (Gambar 7), perbedaan jarak antara kedua stasiun pengambilan sampel sebesar 12,5 km, sehingga jelas bahwa kondisi pasang surut di kedua stasiun tidak jauh berbeda karena pasang surut sejatinya merupakan gelombang panjang (Azis, 2006).

KESIMPULAN

Laju sedimentasi daerah kecamatan Brebes hasil analisis isotop ^{210}Pb rata-rata laju sedimentasi di muara Pemali sebesar 0,224 cm/tahun, sedangkan pada muara Nipon sebesar 0,211cm/tahun. Tekstur sedimen didominasi oleh lanau hingga pasir lanauan, parameter statistik sedimen mengindikasikan kondisi pergerakan air sebagai media transport sedimen sangat fluktuatif. Kondisi hidro-oseanografi daerah penelitian dan besarnya debit sungai sangat berperan dalam proses transportasi sedimen dan pengendapan di pesisir kecamatan Brebes.

Pada Musim Barat kecepatan arus lebih besar daripada Musim Timur, pada pada Musim Timur sedimen yang berasal dari muara-muara sungai cenderung terendapkan karena mekanisme transport yang lemah pada musim tersebut, sedangkan pada Musim Barat kecepatan arus sangat maksimal dan cenderung terjadi proses turbulensi dan *mixing* di perairan Brebes, keberadaan beting gisik menandakan bahwa laju sedimentasi di perairan Brebes meningkat disetiap tahunnya.

SARAN

Dengan laju sedimentasi yang tinggi di perairan Brebes, diharapkan adanya penelitian lebih lanjut mengenai sistem pengelolaan dan pencodetan muara sungai untuk mengurangi bencana abrasi di Kecamatan Brebes.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Loka Penelitian Sumber Daya dan Kerentanan Pesisir (LPSDKP) Balitbang KP atas DIPA Anggaran Penelitian tahun 2016 terkait penelitian yang dilakukan di Kecamatan Brebes. Serta kepada DKP Kab. Brebes dan Kelompok Mangrove Pandansari yang telah membantu dalam proses pengambilan data dilapangan.

DAFTAR ACUAN

- Arman, A., Zamani, N. P., dan Watanabe, T. 2013. Study to determination the age and extension rate of corals in related to climate change by X-ray. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*, 9(1), 1-10.
- Azis, M. F. 2006. Gerak air di laut. *Oseana*, 31(4), 9-21.
- Bappeda Kabupaten Brebes. 2013. *Kabupaten Brebes dalam Angka*. 320p.
- Bayhaqi Ahmad dan Caesar M.A. Dungga. 2015. Distribusi butiran sedimen di pantai Dalegan Gresik Jawa Timur. *Jurnal Depik*. 4(3): 153-159p. Doi: 10.13170/depik.4.3.3054.
- Cazotti, R.I., Silverio, P.R., Nascimento, M.R.L dan Mozeto, A.A. 2002. *Mozeto, A.A. Datação de Sedimentos do Reservatório de Barra Bonita, Rio Tietê, SP com Pb-210: Distribuição Histórica de Metais Pesado*. Brazil. Report, INAC, Rio de Janeiro.
- Chormanski, J., Mirosław-Swiatek, D dan Michałowski, R. 2009. A hydrodynamic

- model coupled with GIS for flood characteristics analysis in the Biebrza riparian wetland. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 38(1), 65-73. Doi: 10.2478/v10009-009-0004-x.
- Cossa, D., Buscail, R., Puig, P., Chiffolleau, J. F., Radakovitch, O., Jeanty, G and Heussner, S, 2014. Origin and accumulation of trace elements in sediments of the northwestern Mediterranean margin. *Chemical Geology*, 380, 61-73. Doi: 10.1016/j.chemgeo.2014.04.015.
- Dinas Kelautan dan Perikanan Propinsi Jawa Tengah. 2012. *Penyusunan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K) Provinsi Jawa Tengah*. 135p.
- Diposaptono, S. dan Budiman. 2007. *Hidup Akrab dengan Gempa dan Tsunami*. Bogor. PT Sarana Komunikasi Utama. 383 p.
- Dyer, K. 1986. *Coastal and estuarine sediment dynamics*. John Wiley dan Sons. Chichester. 342p.
- Fiazia, N.A. 2006. *Struktur Komunitas Mangrove dan Implikasinya pada Kegiatan Rehabilitasi di Pesisir Brebes, Jawa Tengah*. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 85p.
- Folk, Robert L dan William C. Ward. 1957. *Brazos river bar: a study in the significance of grain-size parameters*. *Journal of Sediment and Petrology*, 27:3-26p. Doi: 10.1306/74d70646-2b21-11d7-8648000102c1865d.
- Frihy, O. E., S.M., Nasr, M.H, Ahmed, M. E., Raey. 1991. *Temporal Shoreline and Bottom Changes of the Inner Continental Shelf off the Nile Delta, Egypt*. *J. Coa. Res*, 7(2):465-475. Doi: 10.1007/bf00824361.
- Gao, S dan J. Jia. 2002. *Modeling Suspended Sediment Disribution in Continental Shelf Upwelling Downwelling Settings*. *Geo. Mar. Let*, 22(4):218-226. Doi: 10.1007/s00367-002-0116-8.
- Handoyo, G dan A. A. D., Suryoputro. 2015. Kondisi Arus dan Gelombang pada Beragai Kondisi Morfologi Pantai di Perairan Pantai Kendal Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*. 18(1):33-37.
- Helfinalis, Pramudji dan Hadikusumah. 2010. *Studi Kelayakan Pembangunan Dermaga di Lingkungan Perairan Pantai Ujung Gebang Indramayu*, Laporan Akhir Program Insentif Peneliti dan Perekayasa LIPI tahun 2010. Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta. 44p.
- Ingmanson D.E dan W.J. Wallace. 1989. *Oceanography an Introduction*. Fouth Edition. Wadsworth Publishing Company. Belmont, California. 541p.
- Lubis, A. A., Aliyanta, B., & Menry, Y. 2007. Estimation of Sediment Accumulation Rate in Jakarta Bay Using Natural Radionuclide Unsupported ²¹⁰Pb. *Indonesian Journal of Chemistry*, 7(3), 309-313. Doi: 10.22146/ijc.442.
- Mackay, P. 2012. *The Brebes Mangrove Restoration & Reforestation for Climate Change Adaptation Project; Central Java Green Belt Mangrove Corridor Program, Brebes Regency*. Bappeda Kabupaten Brebes. 67p.
- Marfia, M.A. 2011. The hazards of coastal erosion in Central Java, Indonesia: An overview. *Geografi A Online TM. Malaysian Journal of Society and Space*, 7(3), 1-9.
- Nugroho, H, S dan Abdul Basit. 2014. Sebaran Sedimen Berdasarkan Analisis Ukuran Butir di Teluk Weda, Maluku Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6: 229-240.
- Onrizal. 2010. Perubahan Tutupan Hutan Mangrove di Pantai Timur Sumatera Utara Periode 1977–2006. *Jurnal Biologi Indonesia*, 6(2), 163-172.
- Rifardi. 2012. *Geologi Sedimen Modern (Edisirevisi)*. Universitas Riau Press.
- Sanchez-Ccabeza, J.A., Masque, P., Schell, W.R., Palanques, A., Valiente, M., Palet, C., OBIol, R.P., and Cano, J.P.1993. *Record of anthropogenic environmental impact in the continental shelf north of Barcelona city*. Proceeding of a symposium. IAE.
- Silva, M. V. N., Sial, A. N., Barbosa, J. A., Ferreira, V. P., Neumann, V. H., & De Lacerda, L. D. 2013. *Carbon isotopes, rare-earth elements and mercury geochemistry across the K–T transition of the Paraíba Basin, northeastern Brazil*. Geological Society, London, Special Publications, 382(1), 85-104. Doi: 10.1144/SP382.2.
- Susiati, H., Ali, A. L., Yarianto, SBS., Fepriadi, F dan Sarmin, S. 2007. *Aplikasi Teknik Nuklir Untuk Studi Geokronologi Sedimen di Perairan Pantai Lokasi Tapak PLTN Ujung*

- Lemahabang, Semenanjung Muria. Proseding Seminar Nasional Teknologi Pengolahan Limbah VI Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN, Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi-Ristek.
- Suyono. 2015. *Strategi Penanganan Kerusakan Mangrove di Wilayah Pantai Kabupaten Brebes Propinsi Jawa Tengah*. Program Doktor Manajemen Sumber Daya Pantai Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Voulgaris, G. dan S.T.Meyers. 2004. *Temporal Variability of Hydrodynamics, Sediment Concentration and Sediment Settling Velocity in a Tidal Creek*. *Con. She. Res*, 24(15): 1659-1683. Doi: 10.1016/j.csr.2004.05.006.
- Wentworth, C. K. 1922. *A scale of grade and class terms for clastic sediments*. *The Journal of Geology*, 30(5), 377-392.
- Wisha U. J., Husrin, S dan Prasetyo, G. S. 2016. Hydrodynamics of Bontang Seawaters: Its Effects on the Distribution of Water Quality Parameters. *Ilmu Kelautan*, 21(3): 123-134. Doi: 10.14710/ik.ijms.21.3.123-134.
- Wisha, U. J dan Heriati, A. 2016. *Analysis of Tidal Range and Its Effect on Distribution of Total Suspended Solid (TSS) in The Pare Bay Waters*. *Jurnal Kelautan*, 9(1): 23-31. Doi: 10.21107/jk.v9i1.1066.