

## Deposisi Sedimen di Perairan Laut Paya Pesisir Pulau Kundur-Karimun-Riau

Rifardi

Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Sp.Panam Pekanbaru-Riau-Indonesia  
Telp.0761-862620; fardi64@yahoo.co.id

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan hubungan antara distribusi sedimen, jarak dan waktu sedimentasi dengan aktivitas penambangan bawah air dan karakteristik oseanografi, arus dasar dan pasang surut. Sedimen permukaan diambil dari 41 stasiun sampling di Laut Paya dan sekitar Pulau Kundur Propinsi Kepulauan Riau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, bagian utara dari daerah aktivitas penambangan dicirikan oleh sedimen yang dipengaruhi oleh massa air Selat Malaka, sedangkan bagian selatan didominasi oleh sedimen yang berasal dari Pulau Sumatera. Selain itu, sedimen Laut Paya berasal dari hasil abrasi dan lithifikasi pantai Pulau Rangsang dan Kundur, yang berada di depan perairan tersebut. Sebaran sedimen ditentukan oleh arus dasar dan pasang surut, dan penambangan. Ada dua rute sedimentasi, yaitu rute selatan dan utara dari daerah aktivitas penambangan yang ditentukan oleh pola arus pasang surut dan bathimetri perairan. Pada saat pasang, sedimen pasir sangat halus ditransportasikan dari daerah dumping dan penambangan menuju arah selatan. Sebaliknya pada saat surut sedimen ini akan ditransportasikan ke arah barat laut dari daerah dumping dan penambangan. Jarak dan waktu deposisi sedimen ini lebih besar dan cepat selama pasang dari pada surut. Perbedaan jarak dan waktu deposisi mengindikasikan bahwa kecepatan arus memainkan peranan penting dalam proses deposisi sedimen.

**Kata kunci :** deposisi, sebaran sedimen, penambangan bawah air.

### Abstract

In attempt to clarify the relationship between distribution of sediments, distance and time of deposition, and underwater mining activity and of oceanographic characteristic, surface sediments were collected from 41 stations in the Paya Sea of Vicinity Area of Coastal Area of Kundur Island, Riau Island Province. Present work revealed that Northern part of underwater mining activity is occupied by sediments influenced by water mass from Malacca Strait and in the contrary the southern part is dominated by sediment derived from Sumatera island. In addition, high abrasion and lithification along the coast of Rangsang and Kundur Islands facing the study area is assumed to discharge the sediment into the area. Sediment distribution is strongly affected by tidal and bottom currents, as well as sediment discharged from underwater mining activity. There were two routes of sedimentation, i.e., southern and northwestern route. The routes are determined by tidal current pattern and bathymetry of waters. During high tide, very fine sand sediment is transported toward the southern dumping and mining areas of underwater mining. On the other hand, during low tide, the sediment is transported toward the northwestern of the areas. The transport distance and deposition time of the sediment is greater and faster during the high tide than the low tide. The above situation indicate that current velocity play important role on the deposition of sediment.

**Key words :** deposition, sediment distribution, undermining.

### Pendahuluan

Perairan Laut Paya Pesisir Pulau Kundur Kabupaten Karimun Propinsi Kepulauan Riau terletak pada jalur pelayaran internasional dan nasional, dan terbentang diantara Pulau Kundur, Karimun, Mendol dan Rangsang. Perairan Laut Paya secara dominan

dipengaruhi pola oseanografi Selat Malaka dan suplai dari pesisir timur Pulau Sumatera khususnya pengaruh pemasukan berbagai material dari Sungai Kampar. Oleh sebab itu perairan ini dicirikan dengan potensi sumberdaya alam bernilai ekonomis tinggi yang tersebar di wilayah pesisir dan lautan, diantaranya

potensi mineral, gas dan minyak bumi, perikanan, dan pariwisata. Tetapi sejak tiga dekade yang lalu terjadi penurunan potensi sumberdaya perairan di wilayah pesisir dan lautan propinsi ini, khususnya pada perairan Laut Paya Pesisir Pulau Kundur Kabupaten Karimun (Rifardi, 2006).

Berbagai tekanan ekologis terhadap perairan Laut Paya terjadi sebagai akibat dari kombinasi antara tekanan yang disebabkan oleh aktivitas manusia dan perubahan alami. Diantara aktivitas tersebut adalah pemanfaatan potensi sumberdaya alam yang dilakukan oleh *stakeholder*, salah satunya adalah penambangan timah bawah air. Selain itu perubahan kualitas air dan karakteristik Selat Malaka secara tidak langsung mempengaruhi kualitas perairan ini. Besarnya suplai massa air dari pesisir pantai timur Pulau Sumatera dan karakteristik tipe geomorfologi pantai sekitar perairan Laut Paya juga mempengaruhi kondisi laut. Fenomena-fenomena ini diduga dapat merubah pola sedimentasi yang berlangsung sesuai dengan kuantitas dan kualitas tekanan ekologis yang terjadi.

Beberapa penelitian telah dilakukan di perairan Laut Paya dengan fokus pada fisika, kimia dan biologi laut, tetapi belum ada penelitian tentang karakteristik sedimen. Walaupun penelitian aspek-aspek sedimen di perairan laut dangkal akhir-akhir ini dilakukan berbagai ahli diantaranya Rifardi *et al.*, (1998), Rifardi dan Oki (1998), Brahmawanto *et al.*, (2000), Tomiyasu *et al.*, (2000), Rifardi (2001a, b dan 2002), Tomiyasu *et al.*, (2006), Bodergat *et al.*, (2006), namun tidak membahas tentang proses sedimentasi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan hubungan antara distribusi sedimen, jarak dan waktu deposisi, dengan aktivitas penambangan bawah air dan karakteristik oseanografi perairan Laut Paya Pesisir Pulau Kundur Kabupaten Karimun. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai dasar untuk pengelolaan proses sedimentasi dan abrasi yang terjadi di perairan Laut Paya.

## Materi dan Metode

Penelitian dilakukan pada bulan Maret-April 2001 di perairan Laut Paya Pesisir Pulau Kundur Kabupaten Karimun Propinsi Kepulauan Riau. Empat puluh satu titik pengamatan ditentukan secara acak sesuai dengan kondisi lapangan yaitu di sekitar lokasi penambangan timah bawah air dan sekitar lokasi *dumpling* sisa material yang tidak diambil (lihat gambar).

Sampel sedimen diambil dari masing-masing stasiun dengan menggunakan Eckman Grab Sampler. Ukuran butir sedimen dianalisis di laboratorium dengan menggunakan metoda mekanikal (Rifardi *et al.*, 1998

dan 2001). Karakteristik oseanografi di perairan Laut Paya seperti kecepatan, arah arus, kedalaman dan salinitas masing-masing diukur dengan menggunakan current meter, kompas, echo sounder dan refraktometer.

Ukuran butir ( $Mz$ =diamater rata-rata) dianalisis dan ditentukan kelas ukuran masing-masing sub populasi sedimen berdasarkan skala Wentworth (Lewis & McConchie, 1994). Sub populasi sedimen diplotkan dalam peta wilayah studi untuk melihat sebaran secara geografi, dengan menggunakan program Arc View 3. Hasil analisis ukuran butir juga digunakan untuk menentukan tipe sedimen di daerah studi berdasarkan Shepard Triangle (Suryanti & Rifardi, 2005).

Kecepatan pengendapan partikel sedimen dihitung dengan menggunakan prinsip-prinsip Hukum Stokes. Nilai kecepatan pengendapan partikel ini digunakan untuk menentukan jarak dan waktu pengendapan partikel sedimen dari sumbernya melalui modifikasi persamaan fungsi trigonometri dan resultan dua buah vektor (Sears & Zemansky, 1991). Proses sedimentasi dibahas secara deskriptif dan kecenderungan sebaran dibandingkan dengan karakteristik oseanografi perairan *in situ* dan analisis laboratorium.

## Hasil dan Pembahasan

### *Distribusi sub-populasi sedimen*

Hasil analisis fraksi sedimen disimpulkan dalam bentuk proporsi masing-masing sub populasi kelas ukuran yaitu kerikil, pasir, lumpur, diameter rata-rata, kategori dan tipe sedimen, seperti pada Tabel 1. Secara umum sedimen permukaan daerah penelitian disusun oleh hampir semua subpopulasi kelas ukuran kecuali subpopulasi kerikil (gravel) tidak dijumpai pada stasiun 3, 4, 6, 10-16. Proporsi kerikil yang terbesar dijumpai pada stasiun 19 sebesar 25,59% disebabkan oleh letak yang berdekatan dengan perairan pantai berbatu dan bekas terumbu. Sedangkan proporsi pasir 22,26-90,30% dan lumpur 3,35-77,74%. Pola sebaran ketiga subpopulasi sedimen permukaan ini dipengaruhi oleh karakteristik oseanografi dan tipe sedimen penyusun pantai Pulau Rangsang, Kundur dan pulau-pulau lainnya yang mengelilingi Laut Paya seperti Pulau Karimun Besar, Merak, Babi, Parit, Papan, Topang dan Pulau Mendol. Brahmawanto *et al.*, (2000) menemukan bahwa karakteristik oseanografi yang berperan penting dalam proses abrasi pantai adalah arus menyusur pantai (*longshore current*) dan gelombang. Pola sebaran subpopulasi ketiga kelas ukuran sedimen tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 dapat dilihat sedimen yang berukuran pasir mendominasi daerah penelitian, proporsinya melebihi 50% kecuali bagian utara yang letaknya relatif jauh dari lokasi penambangan yang didominasi sedimen lumpur. Apabila pola sebaran ini dibandingkan dengan pola sebaran kandungan total sedimen tersuspensi (Rifardi, 2006), maka kedua sebaran mempunyai pola berlawanan. Kondisi ini disebabkan oleh aktivitas penambangan bawah air yang menyebabkan terjadinya perubahan morfologi dasar perairan. Selain itu, pola dan kecepatan arus pasang surut memberikan pengaruh yang berbeda dimana arus ini sangat dominan mempengaruhi pola sebaran *Total Suspended Solid* (Rifardi, 2006), sedangkan morfologi perairan juga dipengaruhi oleh arus dasar perairan. Rifardi & Oki (1998) menemukan bahwa pada perairan laut semi tertutup, pola arus dasar perairan lebih dominan mempengaruhi tipe sedimen dibandingkan dengan pola arus permukaan. Proporsi pasir lebih dari 75% tersebar pada stasiun 1, 5, 8, 11 dan 17 yang terletak di sepanjang pantai Pulau Kundur, kecuali stasiun 11 dan 17 yang berdekatan dengan aktivitas penambangan. Sedimen yang menyusun perairan pantai Pulau Kundur didominasi oleh sedimen berfraksi kasar yang berasal dari hasil abrasi dan lithifikasi pantai berbatu dan bekas terumbu. Sesuai dengan prinsip pengendapan, sedimen yang berukuran kasar akan diendapkan tidak jauh dari sumbernya, dan karena alasan inilah sedimen yang terdapat di stasiun 11 dan 17 didominasi oleh sedimen bertipe pasir (Tabel 1).

Sedimen lumpur dengan proporsi lebih kecil dari 30% tersebar di bagian selatan daerah *dumping* dan penambangan. Hal ini diduga disebabkan di daerah selatan dipengaruhi oleh masuknya sedimen dari Sungai Kampar yang terletak di Pulau Sumatera. Berbeda dengan daerah utara *dumping* dan penambangan yang dominan dipengaruhi oleh karakteristik arus Selat Malaka, distribusi sedimen lebih didominasi oleh lumpur dengan proporsi lebih dari 30%. Analog dengan kondisi diatas, Rifardi dan Ujiie (1993) menemukan bahwa sebaran sedimen yang berukuran kasar mendominasi daerah sekitar muara sungai dan yang berukuran lebih halus diangkut menuju arah laut. Ukuran diameter rata-rata butiran sedimen ( $M_z \phi$ ) menunjukkan kecenderungan pola sebaran yang hampir sama dengan sebaran pasir dan lumpur. Karakter dasar perairan didominasi oleh ukuran butir halus ( $M_z \phi: >3 \phi$ ) pada bagian utara, selain disebabkan oleh hal yang telah dijelaskan di atas, juga dipengaruhi oleh karakter dasar perairan yang berupa lumpur di sebelah utara Pulau Rangsang yang kedalamannya tidak lebih dari 5 meter (Dehidros, 2001).

### **Jarak dan waktu deposisi dari daerah dumping**

Jarak dan waktu proses pengendapan dari daerah *dumping* di daerah penelitian ditentukan berdasarkan modifikasi persamaan fungsi trigonometri dan resultan dua buah vektor (Sears & Zemansky, 1991). Berdasarkan hasil analisis fraksi sedimen diperoleh gambaran bahwa sedimen permukaan didominasi oleh dua jenis ukuran butir sedimen yaitu pasir dan lumpur. Oleh sebab itu dalam tulisan ini yang dianalisis untuk menentukan sedimentasi adalah ukuran butir sedimen yang terdapat pada stasiun 23 (sebagai daerah *dumping*) dan stasiun 11 (sebagai daerah penambangan). Hasil analisis ukuran butir sedimen dan karakteristik oseanografi pada stasiun 23 yang terletak di daerah *dumping* dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan data pada Tabel 2, dihitung waktu dan jarak pengendapan untuk ukuran butir sedimen pasir sangat halus dari daerah *dumping* pada saat pasang dan surut. Pada saat pasang (kecepatan arus 0,22 m/dt) sedimen pasir sangat halus (diameter 3,12 $\phi$  atau 0,115 mm), ditransportasikan dari daerah *dumping* menuju arah selatan sejauh 5.458,53 meter, dan waktu yang dibutuhkan sedimen ini mengalami proses deposisi pada jarak tersebut adalah 25.993 detik setara dengan 7,22 jam. Sebaliknya pada saat surut (kecepatan arus 0,14 m/dt) sedimen ini akan ditransportasikan ke arah barat laut sejauh 2.996,85 m dan waktu yang diperlukan untuk mengendap pada jarak ini adalah 21.406 dt setara dengan 5,95 jam. BKPSL (2001) dan Rifardi (2006) menemukan pola arus yang bervariasi di perairan Laut Paya pesisir Pulau Kundur Kabupaten Karimun Propinsi Kepulauan Riau, dimana pada saat pasang arus mengalir ke arah selatan dari daerah *dumping*, sebaliknya pada saat surut arus mengalir ke arah barat laut. Deposisi sedimen sangat ditentukan oleh kekuatan arus yang membawa partikel sedimen tersebut, hal terlihat dari perbedaan jarak dan waktu deposisi yang disebabkan oleh berbedanya kecepatan arus.

Parameter fisika dan kimia perairan juga berperan penting dalam proses deposisi, diantaranya suhu dan salinitas. Hasil pengukuran *In situ*, suhu perairan 28,6-30,5°C, salinitas 25-32‰. Suhu dan salinitas di stasiun 23 adalah 29,7°C dan 29‰ (BKPSL, 2001). Suhu, salinitas dan densitas perairan mempengaruhi kecepatan tenggelam partikel sedimen (Lewis & McConchie, 1994), dan densitas suatu perairan ditentukan oleh suhu dan salinitas perairan tersebut (Millero & Sohn, 1992). Perbedaan proses sedimentasi antara stasiun satu dengan lainnya di lokasi penelitian diduga disebabkan oleh karakteristik fisika dan kimia perairan. Pada penelitian ini perbedaan tersebut tidak dianalisis lebih lanjut.

**Tabel 1.** Karakteristik sedimen permukaan peraliran Laut Paya Pesisir Pulau Kundur

Stasiun	Mz (Ø)	Kategori*	Tipe	Stasiun	Mz (Ø)	Kategori*	Tipe
ST-16	6,12	F.St	Lumpur	ST-7	2,34	F.Sd	Pasir berlumpur
ST-3	5,80	MSt	Lumpur berpasir	ST-9	1,52	M.Sd	Pasir berlumpur
ST-4	4,24	C.St	Lumpur berpasir	ST-10	4,02	C.St	Pasir berlumpur
ST-12	4,44	C.St	Lumpur berpasir	ST-18	2,36	F.Sd	Pasir berlumpur
ST-13	6,03	F.St	Lumpur berpasir	ST-20	3,42	Vf.Sd	Pasir berlumpur
ST-14	4,75	C.St	Lumpur berpasir	ST-21	2,45	F.Sd	Pasir berlumpur
ST-15	6,04	F.St	Lumpur berpasir	ST-23	3,12	Vf.Sd	Pasir berlumpur
ST-22	5,23	M.St	Lumpur berpasir	ST-28	3,03	Vf.Sd	Pasir berlumpur
ST-24	4,16	CSt	Lumpur berpasir	ST-29	2,42	F.Sd	Pasir berlumpur
ST-25	4,35	CSt	Lumpur berpasir	ST-31	4,22	CSt	Pasir berlumpur
ST-26	4,24	CSt	Lumpur berpasir	ST-32	1,92	MSd	Pasir berlumpur
ST-27	4,76	CSt	Lumpur berpasir	ST-33	3,48	Vf.Sd	Pasir berlumpur
ST-30	4,92	CSt	Lumpur berpasir	ST-34	2,12	F.Sd	Pasir berlumpur
ST-1	1,73	M.Sd.	Pasir	ST-35	2,56	F.Sd	Pasir berlumpur
ST-5	1,21	M.Sd	Pasir	ST-36	2,12	F.Sd	Pasir berlumpur
ST-8	1,30	M.Sd	Pasir	ST-37	2,56	F.Sd	Pasir berlumpur
ST-11	3,23	Vf.Sd	Pasir	ST-38	1,76	MSd	Pasir berlumpur
ST-17	0,55	C.Sd	Pasir	ST-39	3,45	Vf.Sd	Pasir berlumpur
ST-19	0,65	C.Sd	Pasir berkerikil	ST-40	3,54	Vf.Sd	Pasir berlumpur
ST-2	1,52	M.Sd	Pasir berlumpur	ST-41	3,26	Vf.Sd	Pasir berlumpur
ST-6	4,05	C.St	Pasir berlumpur				

\*) MSd = Medium sand = pasir berukuran sedang  
 CSd = Coarse sand = pasir kasar  
 FSd = Fine sand = pasir halus  
 Vf.Sd = very fine sand = pasir sangat halus.  
 MSt = Medium Silt = lempung sedang  
 CSt = coarse silt = lempung kasar  
 FSt = fine silt = lempung halus

**Tabel 2.** Perbandingan karakteristik stasiun 23 dan 11 di peraliran Laut Paya Pesisir Pulau Kundur

No	Parameter	Nilai		Satuan
		ST 23	ST 11	
1	Diameter pasir sangat halus	3,12; 0,115	3,23; 0,1065	µ; mm
2	Densitas partikel (pasir sangat halus)	2,65	2,65	g/cm <sup>3</sup>
3	Densitas media	1,025	1,025	g/cm <sup>3</sup>
4	Kecepatan arus pasang	0,21	0,32	m/dt
5	Arah arus pasang	180°	170°	m/dt
6	Kecepatan arus surut	0,14	0,14	m/dt
7	Arah arus surut	10°	10°	-
8	Kedalaman peraliran merata	8,5	12,9	M

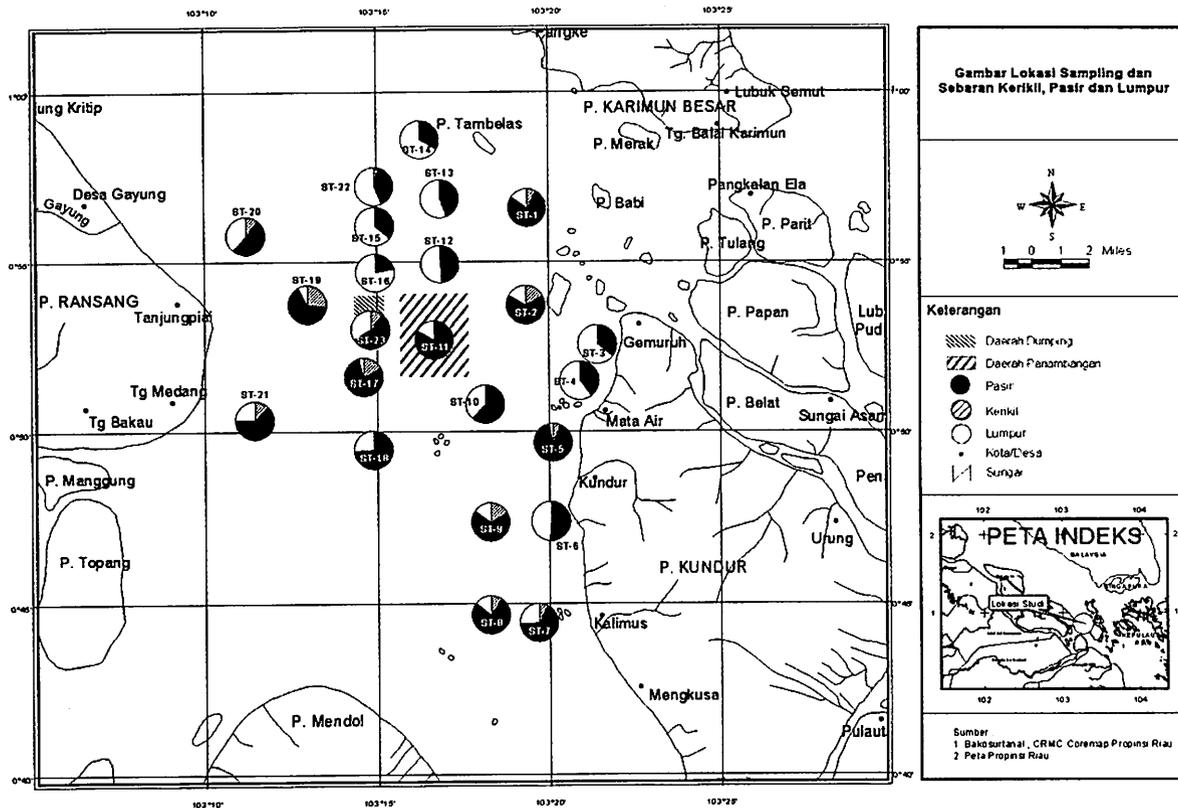
**Jarak dan waktu deposisi dari daerah penambangan**

Hasil analisis ukuran butir sedimen dan karakteristik oseanografi pada stasiun 11 dan sekitarnya yang terletak di daerah penambangan dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan data tabel tersebut, dihitung jarak dan waktu deposisi sedimen pasir sangat halus dari daerah penambangan pada saat pasang dan surut.

Sedimen yang tergolong pasir sangat halus pada saat arus pasang, ditransportasikan dari daerah penambangan menuju selatan sejauh 14.944 m, dan waktu yang dibutuhkan sedimen untuk deposisi pada jarak tersebut adalah 46.701 detik setara dengan 12,79 jam. Sebaliknya pada saat surut sedimen ini akan ditransportasikan menuju arah barat laut sejauh 5.644,95 m dan waktu yang diperlukan untuk

mengendap pada jarak ini adalah 40.321 dt setara dengan 11,2 jam.

Hasil deposisi di daerah penambangan dan dumping terdapat perbedaan yang cukup mencolok baik pada saat pasang maupun surut. Hal ini disebabkan oleh perbedaan bentuk bathimetri dan kecepatan arus, dimana pada daerah penambangan terjadi proses pendalaman dasar laut dan arus daerah sekitarnya lebih kuat sedangkan sebaliknya pada daerah dumping terjadi proses pendangkalan dan arusnya lebih lemah. Mubarak (2004) menemukan bahwa kecepatan arus dari permukaan ke dasar perairan cenderung melemah karena pengaruh gesekan dasar perairan sehingga semakin dalam perairan semakin cepat arus permukaan. Brahmawanto *et al.*, (2000), sebaran sedimen dipengaruhi kecepatan arus, dan menjelaskan sedimen akan tersebar jauh dari sumber pada



**Gambar 1.** Pola sebaran subpopulasi ketiga kelas ukuran sedimen di perairan Laut Paya Pesisir Pulau Kundur - Karimun - Kepulauan Riau

kecepatan arus yang lebih tinggi.

### Kesimpulan

Arus dasar perairan dan perubahan tipe morfologi dasar perairan akibat penambangan bawah air memainkan peranan penting dalam pola sebaran sedimen di perairan Laut Paya; Pada saat pasang, sedimen pasir sangat halus ditransportasikan dari daerah dumping menuju arah selatan sejauh 5.458,53 meter, dengan waktu deposisi 25.993 detik, sebaliknya pada saat surut sedimen ini akan ditransportasikan ke arah barat laut sejauh 2.996,85 m dalam waktu 21.406 detik. Pada saat arus pasang sedimen pasir sangat halus, ditransportasikan dari daerah penambangan menuju arah selatan sejauh 14.944 m, dengan waktu deposisi 46.701 dt, sebaliknya pada saat surut sedimen ini akan ditransportasikan menuju arah barat laut sejauh 5.644,95 m dalam waktu 40.321 dt. Perbedaan jarak dan waktu deposisi mengindikasikan bahwa kecepatan arus memainkan peranan penting dalam proses deposisi sedimen dan terdapat perbedaan karakteristik oseanografi antara daerah dumping dan penambangan.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Tim Peneliti Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan (PKSPL) Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau atas partisipasinya dalam pengambilan sampel lapangan dan analisis laboratorium.

### Daftar Pustaka

Bodegrad, A.M., Oki, K., Rio, M. & Tabarant, M. 2006. Taxonomic Unit, Civilation, Volcanism: Their influence on the chemical composition of ostracods carapaces (Kagoshima Bay, Khyushu Japan). *Mar. Biol. Res.* (2):316-325.

Bramawanto, R., Rifardi & Ghalib, M. 2000. Karakteristik gelombang dan sedimen di Pelabuhan Stasiun Kelautan Universitas Riau dan sekitarnya, Selat Rupa Pantai Timur Sumatera. *J. Perikanan dan Kelautan.* V (13) 25-38.

Dehidros TNI-AL, 2001. Daftar Pasang Surut Kepulauan Indonesia Tahun 2001.

Lewis, D. W & McConchie, D. 1994. Analytical

- Sedimentology. Chapman and Hall. New York, London, 197p.
- Millero, F. J. & Sohn, M. L., 1992. Chemical Oceanography. CRC Press, Inc., United State of America, 531p.
- Mubarak. 2004. Model Transpor Sedimen Kohesive untuk Kajian Penyebaran Koprostanol di Perairan Pantai Semarang. Disertasi Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Bandung, 277 hal.
- Oseanografi .2005.. Awal kehidupan bermula di laut. Tekanan dan Kedalaman Laut. <http://oseanografi.blogspot.com/2005/07/tekanan-dan-kedalaman-laut.html>
- Oceanography 540-Marine geological processess-Autumn Quarter 2002 <http://www2.ocean.washington.edu/oc540/lec02-24/>
- PKSPL-Faperika UNRI, 2001. Studi Rona Lingkungan di Laut Paya OPKK III Kundur Dalam Rangka ISO 14001, 238 hal.
- Rifardi & Ujiie, H. 1993. Sedimentological Aspects of the Oura River Estuary and its Environs on the East Coast of Northern Okinawa Island. *Bull. Coll. Sci., Univ. Ryukyus.* 56:145-163.
- Rifardi, Oki, K. & Tomiyasu, T., 1998. Sedimentary Environments Based on Textures Surface Sediments and Sedimentation rates in the South Yatsushiro Kai (Sea), Southwest Kyushu, Japan. *J. Sedimentol. Soc. Japan.* 48: 67-84.
- Rifardi, & Oki, K., 1998. Relative Sedimentation Rates and Taphonomy inferred from the L/TI Values of Benthic Foraminifers in the South Yatsushiro Kai (Sea), outhwest Kyushu, Japan. *Fossil.* 65: 10-30.
- Rifardi. 2001a. Karakteristik Sedimen Daerah Mangrove dan Pantai Perairan Selat Rupert, Pantai Timur Sumatera. *Ilmu Kelautan.* VI (21) : 62-71.
- Rifardi. 2001b. Study on Sedimentology from the Mesjid River Estuary and its Environs in the Rupert Strait, the East Coast of Sumatera Island. *J. Coast. Dev.* 4(2): 87-97.
- Rifardi. 2002. Ecological Analysis of Living Benthic Foraminifera In Surface Sediments from the South Yatsushiro Kai (Sea), Southwest Kyushu, Japan. *J. Coast. Dev.* 5(3) :117-129.
- Rifardi. 2006. Studi Muatan Tersuspensi di Perairan Laut Paya Pesisir Pulau Kundur Kabupaten Karimun Propinsi Kepulauan. *J. Ilmu Kelautan Univ. Riau.* 21 VI:62-71.
- Sears, F. M. & Zemansky M. W. 1991. Fisika untuk Universitas 1. Mekanika, Panas, Bunyi. Seduran Bebas Soerjana dan Ahmad, A. Penerbit Bina Cipta. 556 hal.
- Suryanti & Rifardi. 2005. Distribusi Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam Sedimen Anak Sungai Siak Berasal dari Limbah Kota Pekanbaru. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. *J. Perikanan dan Kelautan.* 10(2) : 119-125.
- Tomiyasu, T., Nagano, A., Sakamoto, H., Rifardi, Oki, K. & Akagi, H., 2000. Mercury Contamination in the Yatsushiro sea south-western Japan: spatial variations of mercury in sediment. *J. Sci. Total Environ.* 257: 121-132.
- Tomiyasu, T., Matsuyama, A., Eguchi, T., Fuchigami, Y., Oki, K., Horvat, M., Rajar. R., & Akagi, H., 2006. Spatial Variation of Mercury in Sediment of Minamata Bay Japan. *J. Sci. Total Environ.* 368: 283-290.