

**ANALISIS PERUBAHAN GEOMORFOLOGI DASAR LAUT
AKIBAT PENAMBANGAN PASIR LAUT DI PERAIRAN TIMUR
PULAU KARIMUN BESAR PROVINSI KEPULAUAN RIAU**

Isnaini Sofiyani*, Ankiq Taofiqurrahman**, Noir P. Purba** dan M. Salahuddin***

*) Mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran

**) Staf Pengajar Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran

***) Staf Peneliti Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan geomorfologi dasar laut dan volume pasir laut yang ditambang di wilayah Perairan Timur Pulau Karimun Besar. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pasang surut, kedalaman, peta batimetri, sebaran sedimen, wilayah kuasa penambangan, dan rekaman seismik. Metode yang digunakan adalah metode observasi, dengan cara pengumpulan data. Data dianalisis secara deskriptif, dengan membandingkan tiga tahun pengukuran batimetri, analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG), analisis rekaman seismik, dan studi pustaka. Terjadi perubahan geomorfologi dasar laut akibat penambangan pasir laut, yang ditunjukkan dengan morfologi dasar laut yang tidak beraturan dan terjadi perubahan kedalaman sekitar 5-30 meter selama tahun 1955, 1998, dan 2005. Volume pasir laut yang ditambang pada tahun 1955 sampai dengan 1998 adalah 26.672.232,82 m³ dan pada tahun 1998 sampai dengan 2005 terjadi kenaikan yang signifikan, hingga mencapai jumlah sebanyak 62.580.425,44 m³.

Kata kunci : Perubahan Geomorfologi, Penambangan Pasir Laut, dan Perairan Timur Pulau Karimun Besar

ABSTRACT

The purpose of this study is to detect the changes of seabed geomorphology and volume of sea sand which have been exploited in the eastern waters of Karimun Besar Island. In this study, the data that has been utilized are tidal, depth, bathymetric data, sediment distribution, mining authority area, and the record of seismic. Data collecting is being used for observation method in order to conduct this study. To analyze all the data descriptively, Geographic Information System (GIS) can help to compare the three years bathymetric data with spatial analysis as well as seismic record analysis and literature review. There are change of the sea bed geomorphology due to sea sand exploitation of mining. It can be seen on the irregular seabed morphology and also the depth change about 5-30 meters from 1955, 1998, until 2005. The amount of sea sand volume that has been exploited from 1955 until 1998 is 26.672.232,82 m³ and there is increasing amount from 1998 until 2005 which reach 62.580.425,44 m³.

Keywords : Changes of Geomorphology, Sea Sand Mining, and Eastern Waters of Karimun Besar Island

PENDAHULUAN

Perairan laut Indonesia merupakan perairan laut tropis yang kaya akan sumber daya hayati dan non-hayati. Salah satu sumber daya kelautan non-hayati adalah pasir laut yang memiliki fungsi ekologi dan ekonomi. Fungsi ekologisnya sebagai substrat bagi organisme bentik, terumbu karang, padang lamun, dan mangrove. Fungsi ekonomi sebagai sumber pendapatan daerah untuk diambil mineralnya atau sebagai bahan baku untuk mereklamasi pantai.

Pasir laut dapat dieksploitasi dengan menambanginya, menggunakan kapal keruk (*dredger*) yang sekaligus menyedot pasir karena dilengkapi dengan alat penyedot pasir. Eksploitasi ini menyebabkan dampak negatif bagi ekosistem. Dimana salah satunya terhambatnya pertumbuhan karang, hilangnya sejumlah padang lamun, rusaknya daerah perikanan tangkap dan perikanan budidaya akibat kekeruhan (BAPPENAS, 2005).

Salah satu lokasi penambangan pasir laut yang sudah lama menjadi perhatian adalah yang terdapat di Pulau Karimun, Provinsi Kepulauan Riau. Pulau Karimun dan pulau-pulau kecil di sekitarnya termasuk jalur timah tinggian batuan dasar granit, sehingga di wilayah ini mempunyai potensi laut yang besar terutama potensi pasir laut dan timah selain untuk kegiatan perikanan, dan transportasi (DKP Karimun, 2010).

Penambangan pasir laut ini dianggap dapat merubah geomorfologi dasar laut karena menurut laporan P3GL (2000), morfologi dasar laut yang seharusnya membentuk pola kontur kedalaman yang sejajar dengan garis pantai kini polanya membulat membentuk lubang-lubang yang mendalam.

Berdasarkan uraian di atas upaya penyediaan informasi tentang kondisi geomorfologi dan besarnya volume pasir laut yang ditambang khususnya di wilayah Perairan Timur Pulau Karimun Besar dalam kaitannya untuk menjaga dan mengelola sumber daya di wilayah pesisir dan laut sangat diperlukan.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Perangkat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Perangkat keras: komputer, scanner, dan printer.
2. Perangkat lunak: ArcGIS 9.3, Surfer 10, GEDCO Vista 11.0, dan *Microsoft Excel*.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data pasang surut tanggal 27 Agustus sampai 24 September 2005.
2. Data titik kedalaman tahun 2005
3. Peta batimetri tahun 1955 hasil digitasi Peta AMS Bengkalis dan Siak Sri Indrapura skala 1:250.000
4. Peta batimetri tahun 1998 hasil digitasi Peta Selat Durian dan Air Pelayaran di sekitarnya skala 1:100.000
5. Data sebaran sedimen tahun 2005
6. Data hasil rekaman seismik tahun 2000
6. Data wilayah Kuasa Penambangan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi. Data dianalisis secara deskriptif, dengan membandingkan tiga batimetri, analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG), analisis rekaman seismik, dan studi pustaka.

Tahapan dalam penelitian ini adalah:

1. Koreksi pasang surut dengan menggunakan perhitungan Admiralty. Hasilnya digunakan untuk mengoreksi titik kedalaman tahun 2005.
2. Pembuatan peta batimetri dan sebaran sedimen menggunakan ArcGIS 9.3 dengan prosedur :
 - a. Data titik kedalaman yang telah dikoreksi pasang surut digunakan untuk membuat peta kontur batimetri tahun 2005 .
 - b. Digitasi peta tahun 1955 dan 1998 untuk membuat peta kontur batimetri.
 - c. Pembuatan model 3 dimensi dari setiap tahun dengan menggunakan Surfer 10.
 - d. Overlay peta batimetri untuk mendapatkan peta komposit, yaitu peta yang memiliki pola sebaran garis kontur batimetri pada posisi geografis yang sama dari dua tahun yang berbeda, sehingga didapatkan perpotongan garis-garis kontur dengan nilai kedalaman yang berbeda.

- d. Data sebaran sedimen dimasukkan kedalam peta batimetri.
3. Pengolahan hasil rekaman seismik menggunakan GEDCO Vista 11.0, dengan prosedur :
 - a. *Scan* rekaman seismik lalu ubah bentuknya menjadi raster.
 - b. Rubah ke dalam format SEG-Y untuk menyimpan data seismik.
 - c. Koreksi geometri, dengan cara memasukkan posisi rekaman pada *line* seismik sehingga diperoleh rekaman yang terkoreksi.
 - d. Filtering terhadap sinyal seismik untuk mendapatkan sinyal yang dominan sehingga akan memudahkan dalam proses interpretasi.
 - e. Interpretasi rekaman seismik dengan cara menarik *horizon* yang merupakan penanda batas sekuen dalam suatu rekaman seismik untuk menentukan ketebalan sedimen.

Didasarkan pada prinsip penjalaran gelombang suara yang dilepas kemudian dipantukan kembali oleh lapisan sedimen/batuan yang ditangkap oleh unit penerima, untuk menghitung ketebalan sedimen/batuan digunakan persamaan jarak, yaitu :

$$S = V \times t$$

S : jarak atau ketebalan

V: kecepatan gelombang pada media air (V air) dan pada media sedimen (V sed).

t : waktu tempuh perambatan gelombang suara pada media dalam satuan TWT (*Two Way Traveltime*)

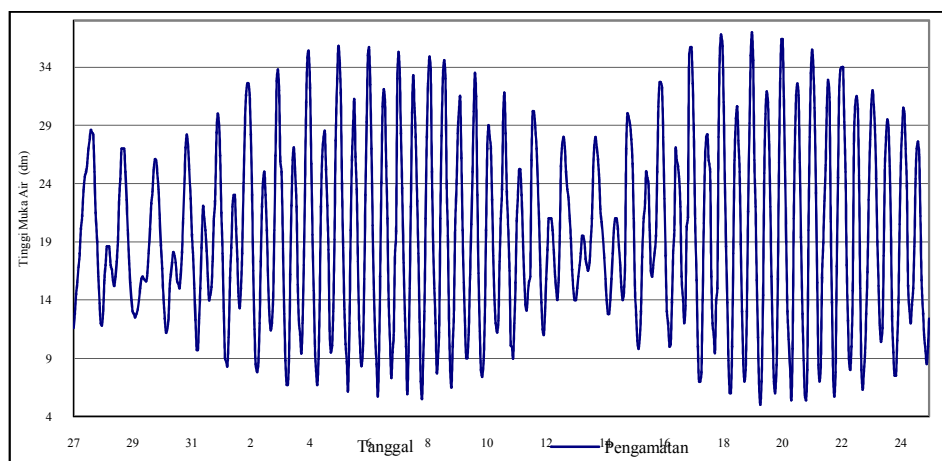
Berdasarkan hasil pengukuran semi empiris, kecepatan gelombang dalam air (V air) sekitar 1500 m/s dan kecepatan gelombang dalam sedimen (V sed) sekitar 1600 m/s (Hubrol et al., 1980; Khesin et al., 1995).

Analisis data dilakukan dengan analisis deskriptif, yaitu dengan menganalisis hasil pengolahan data dengan studi pustaka. Analisis data dilakukan dengan membandingkan tiga batimetri Perairan Timur Pulau Karimun Besar (tahun 1955, 1998, dan 2005). Setelah didapatkan perbedaan titik kedalaman dan wilayah kuasa penambangan maka dapat dihitung berapa volume pasir yang ditambang dengan cara menggunakan analisis spasial. Kemudian data hasil rekaman seismik diinterpretasi untuk mengetahui jenis dan ketebalan batuan sedimen dan sebaran sedimennya pun dibandingkan dari ketiga tahun tersebut.

HASIL PEMBAHASAN

Pasang Surut

Hasil perhitungan pasang surut pada tanggal 27 Agustus sampai 24 September 2005 dengan lokasi Perairan Tanjung Selemah, termasuk tipe pasang surut campuran condong ke setengah harian ganda (*semi diurnal tide*). Nilai MSL sebesar 19.6 dm, dipakai sebagai faktor koreksi kedalaman untuk mendapatkan kedalaman yang sesungguhnya.

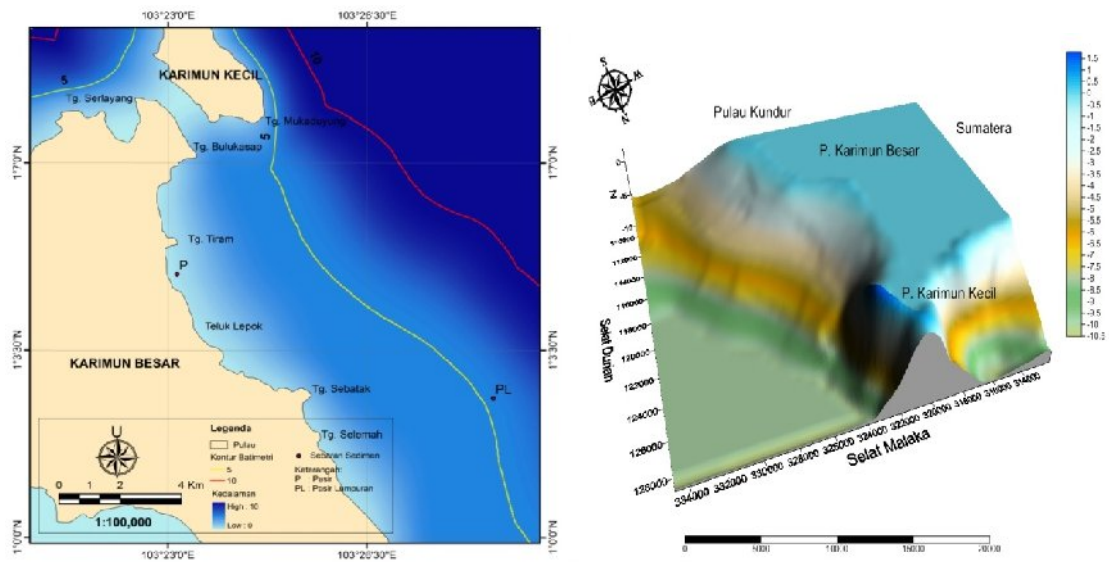


Gambar 1. Grafik Pasang Surut

Batimetri

Peta batimetri perairan timur Pulau Karimun Besar tahun 1955 menunjukkan Kedalaman maksimum sebesar 10 meter, terdapat di sebelah timur menuju Laut

Cina Selatan. Kedalaman minimum yang terdapat di sepanjang garis pantai, yakni 5 meter. Peta ini memiliki pola kontur batimetri yang sejajar dengan garis pantai Pulau Karimun Besar.

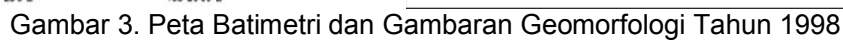


Gambar 2. Peta Batimetri dan Gambaran Geomorfologi Tahun 1955

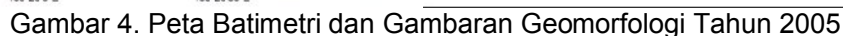
Pada gambar di atas antara Pulau Karimun Besar dan Pulau Karimun Kecil, yaitu di utara Tanjung Bulukassap kedalamannya di bawah 5 meter. Sedimen yang terdapat di selatan Tanjung Tiram berjenis pasir dan yang menuju Laut Cina Selatan berjenis pasir lumpuran. Pulau Karimun Besar termasuk kedalam Kepulauan Riau, morfologinya dibentuk akibat erosi arus laut pada batuan granit sehingga membentuk suatu tonjolan bahkan dataran (Rahardiawan, 2011). Dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa pada tahun 1955 morfologi dasar lautnya landai. Morfologinya landai karena pola konturnya renggang mengikuti garis pantai.

Peta Batimetri Tahun 1998 pada Gambar 3 menunjukkan pola kontur batimetri dengan kedalaman berkisar

antara 5-45 meter. Daerah dengan kedalaman 20-40 m terdapat di sebelah timur menuju Laut Cina Selatan. Daerah timur Pulau Karimun Kecil memiliki morfologi yang sedikit curam, ini dicirikan dengan adanya kontur-kontur batimetri yang rapat dari kedalaman 10-40 meter. Arah tenggara Tanjung Selomah, arah timur laut Tanjung Tiram dan Tanjung Sebatok terdapat kontur dengan kedalaman 10 meter, serta arah utara Pulau Karimun Besar dan timur Tanjung Selomah terdapat kontur dengan kedalaman 5 meter. Ini diindikasikan *tailing* hasil penambangan dan penggalian pasir dan timah, yang menyebabkan kontur tidak beraturan (PT. Barelang Sugi Bulan, 1999).



Peta batimetri tahun 2005 pada Gambar 4 menunjukkan pada sebelah utara Pulau Karimun Besar kedalamannya 15 meter dengan bentuk yang membulat. Sebelah timur Pulau Karimun Besar kontur dengan kedalaman 5-30 meter polanya sejajar dengan garis pantai dan di daerah Tanjung Bulukasap dengan kedalaman 10 meter memiliki pola kontur yang membulat. Morfologi dasar laut umumnya landai kecuali di sebelah timur Pulau Karimun Kecil, mempunyai morfologi yang curam.



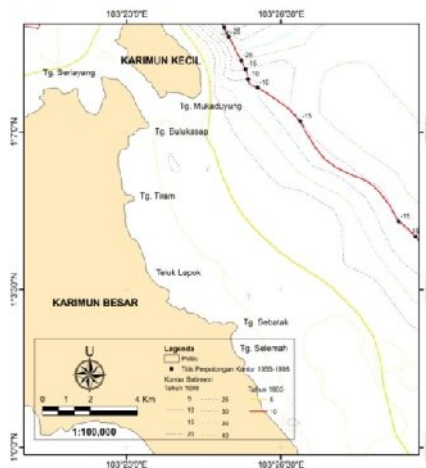
Menurut hasil analisis besar butir PDKK Bakosurtanal pada tahun 2005, sebaran sedimen yang ada pada gambar di atas adalah jenis lumpur pasir. Dapat dilihat pada Gambar 4 secara umum morfologi dasar laut pada Perairan Timur Pulau Karimun Besar pada tahun 2005 landai dan curam. Pada sebelah timur Pulau Karimun Besar morfologinya landai dan sekitar Pulau Karimun Kecil morfologinya curam.

Terlihat adanya perbedaan morfologi dasar laut tahun 1998 dengan tahun 2005, morfologi dasar laut yang tidak beraturan pada tahun 1998 kembali terisi oleh sedimen, karena aktivitas penambangan pasir laut yang mulai berkurang karena adanya Surat Keputusan Bersama Menteri pada tahun

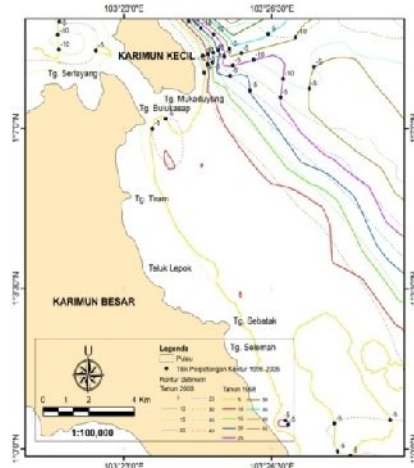
2002 tentang “Penghentian Sementara Ekspor Pasir Laut”.

Perbandingan Batimetri

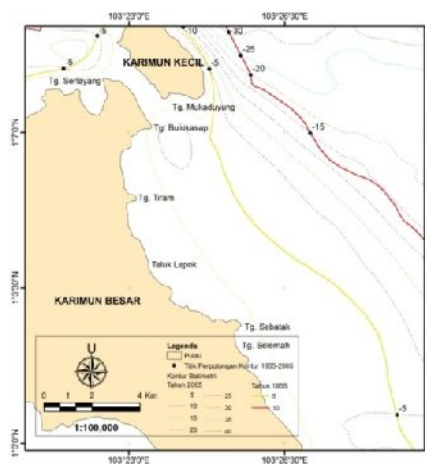
Peta komposit perairan timur Pulau Karimun Besar yang disajikan pada gambar 5 menunjukkan kontur kedalaman 5 meter pada tahun 1998 letaknya semakin dekat dengan garis pantai, bila dibandingkan dengan tahun 1955. Terdapat delapan titik perpotongan garis kontur batimetri tahun 1955 dengan tahun 1998, yang teramati sebagai proses pendalaman. Titik perpotongan ini banyak terdapat di sebelah timur Pulau Karimun Kecil dengan pendalaman dari 10 meter hingga 30 meter selama 43 tahun. Ini terjadi karena pada wilayah tersebut terdapat kegiatan eksplorasi penambangan pasir laut.



Gambar 5. Peta Komposit Perairan Timur Pulau Karimun Besar Tahun 1955 & 1998



Gambar 6. Peta Komposit Perairan Timur Pulau Karimun Besar Tahun 1998 & 2005



Gambar 7. Peta Komposit Perairan Timur Pulau Karimun Besar Tahun 1955 & 2005

Peta Komposit pada Gambar 6 menunjukkan 35 titik perpotongan kontur batimetri pada tahun 1998 dengan tahun 2005. Daerah sebelah utara Pulau Karimun Besar terdapat empat titik perpotongan kontur batimetri, kedalaman 5 meter dengan 10-15 meter. Pada sebelah tenggara Tanjung Selemah dan timur Tanjung Bulukasap terdapat lima titik perpotongan kedalaman 5 dengan 10 meter.

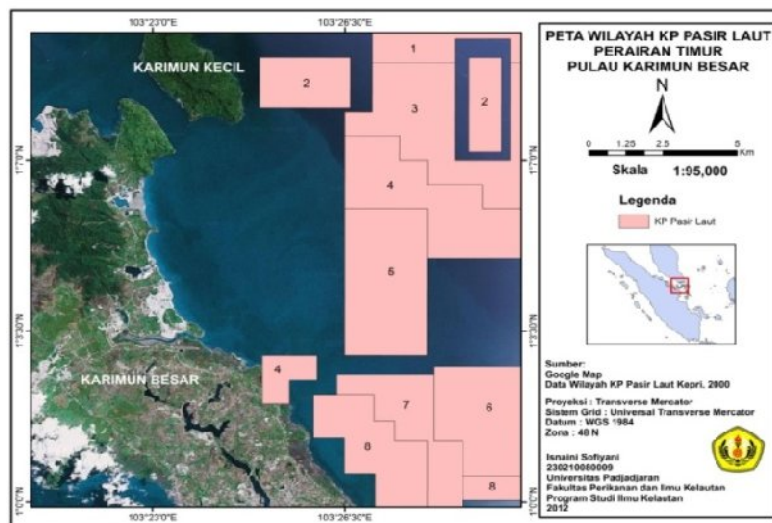
Perpotongan kontur batimetri paling banyak terdapat di timur Pulau Karimun Kecil pada perubahan kedalamannya sekitar 5-10 meter dalam periode 7 tahun. Pada sebelah timur Pulau Karimun Besar antara tahun 1998 dengan 2005 tidak begitu terlihat perbedaan kontur kedalamannya. Ini diindikasikan adanya Surat Keputusan Bersama Menteri pada tahun 2002 tentang "Penghentian Sementara Ekspor Pasir Laut". Hal lain yang mungkin adalah lokasi hasil pengerukan telah ditutupi oleh sedimen akibat terbawa massa air.

Gambar 7 menunjukkan titik-titik perpotongan batimetri tahun 1955 dan 2005 sebanyak delapan titik. Sebelah utara Pulau Karimun Besar terdapat

perpotongan garis kontur kedalaman 5 meter dengan 10 meter, artinya terjadi pendalaman 5 meter. Pada sebelah timur Pulau Karimun Kecil garis kontur kedalaman 5 meter berpotongan dengan kedalaman 10 meter, terjadi pendalaman 5 meter. Garis kontur kedalaman 10 meter berpotongan dengan kedalaman 25-40 meter.

Perubahan batimetri ini dipengaruhi oleh sedimen. Sedimen yang terdapat di Perairan Pulau Karimun Besar pada tahun 1955 pasir, tahun 1998 lumpur dan pasir lumpuran, serta tahun 2005 lumpur pasiran. Perubahan sedimen ini disebabkan oleh transpor sedimen dan dampak dari penambangan pasir. Hasil pengamatan di lapangan menurut Delinom, dkk (2001) menunjukkan bahwa ada pasokan sedimen dari daratan Sumatra dan Malaysia yang mengisi kembali daerah yang sudah ditambang pasirnya.

Peta pada Gambar 8 menunjukkan wilayah KP penambangan pasir laut. Pada daerah ini terdapat delapan KP. Kebanyakan dari KP ini memulai penambangan pasir laut dari tahun 1996 dan berakhir di tahun 1998.



Gambar 8. Peta Wilayah Kuasa Penambangan Pasir Laut

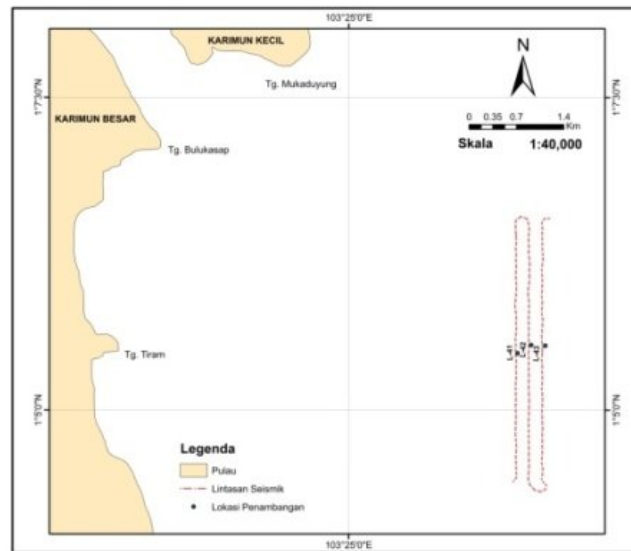
Dari hasil pengolahan analisis spasial didapatkan bahwa volume pasir laut yang ditambang pada tahun 1955 sampai dengan 1998 adalah 26.672.232,82 m³ dengan luas penambangan pasir 95.514.000 m². Pasir yang ditambang tiap tahunnya sebesar 620.284,48 m³/tahun, dengan pendalaman

0,0065 m/tahun. Pada tahun 1998 sampai dengan 2005, volume pasir yang ditambang sebanyak 62.580.425,44 m³ atau 8.940.060,78 m³/tahun, dengan pendalaman 0.094 m/tahun. Volume pasir yang ditambang dari tahun 1995 sampai 2005 tidak dapat dihitung karena data spasial yang berbeda.

Seismik Pantul Dangkal

Lintasan survei kapal riset Geomarin I di perairan timur Pulau Karimun (Gambar 9) yang digunakan untuk penelitian ini terdapat 3 lintasan

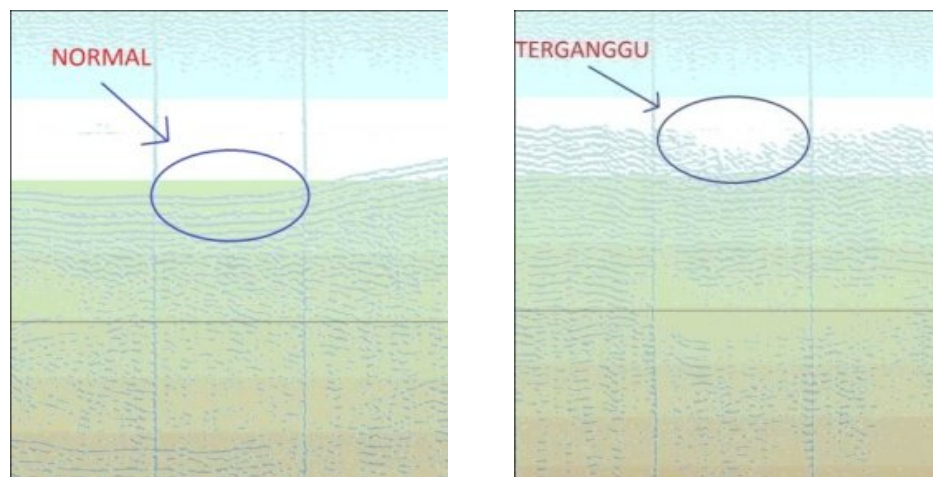
yang menunjukkan adanya penambangan pasir, yaitu pada koordinat $103^{\circ}26'21.29''$ - $103^{\circ}26'34.125''$ BT dan $1^{\circ}5'27.487''$ - $1^{\circ}5'31.8''$ LS.



Gambar 9. Peta Lintasan Seismik

Terdapat perbedaan morfologi dasar laut yang normal dengan yang terganggu oleh penambangan pasir (Gambar 10). Morfologi dasar laut yang

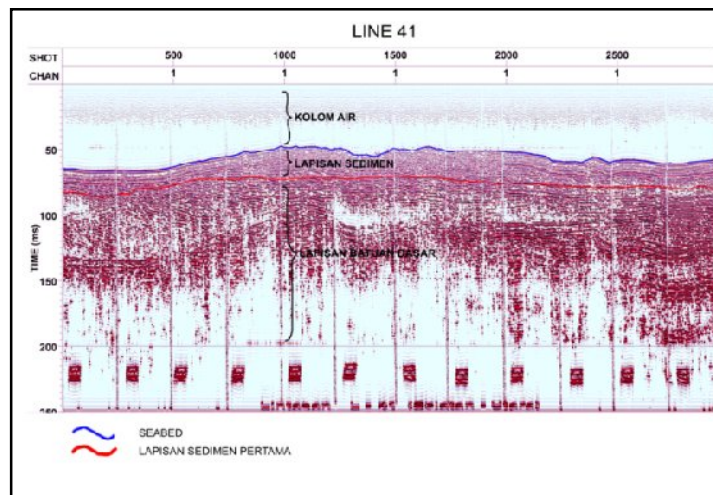
normal memiliki lapisan *seabed* yang rata. Morfologi dasar laut yang terganggu lapisan *seabed*-nya tidak rata atau terdapat lekukan-lekukan.



Gambar 10. Perbedaan Morfologi Dasar Laut Normal dan Terganggu

Setelah dilakukan interpretasi dengan cara penarikan *horizon*, yang merupakan penanda batas sekuen dalam suatu

rekaman seismik. Hasil dari proses interpretasi seismik ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Penampang Seismik yang telah di-Filter

Berdasarkan gambar di atas, terlihat bahwa *horizon seabed* yang berundulasi (naik-turun), yang menunjukkan penambangan pasir atau *channel* buatan manusia. Dari data *horizon seabed* yang ada menguatkan bahwa terjadi adanya perubahan atau terganggunya morfologi dasar laut akibat penambangan pasir laut.

Penarikan *horizon* lapisan sedimen termuda berdasarkan reflektor yang semakin menguat yang dibatasi oleh *horizon* merah. Setelah diinterpretasi dan dihitung ketebalan lapisan sedimen termudanya menggunakan persamaan jarak, penarikan lapisan sedimen termuda yang berasosiasi dengan pasir urug terlihat kedalamannya sekitar 7-19 meter.

Dampak Penambangan Pasir Laut terhadap Sumber Daya Hayati dan non-Hayati

Pada umumnya pulau-pulau di gugusan Kepulauan Riau yang termasuk dalam wilayah perairan Selat Malaka cenderung memiliki pantai dengan karakteristik pantai bakau, yang pada sebagian besar garis pantainya ditutupi oleh vegetasi bakau (mangrove). Penambangan pasir laut dapat mengakibatkan perubahan garis pantai yang menimbulkan rusaknya ekosistem mangrove. Penambangan pasir laut dengan cara penghisapan dapat mengakibatkan lumpur pada dasar perairan menjadi teraduk. Berpotensi meningkatkan kekeruhan dan jumlah zat padat tersuspensi baik di daerah tambang maupun di sekitarnya. Peningkatan kekeruhan dan kandungan zat padat tersuspensi akan mengurangi penetrasi

cahaya matahari, serta tingkat nutrisi air laut (PT. Equator Reka Citra, 1996). Abrasi pantai diperkirakan berlangsung hanya pada saat air pasang maksimum yang diperkuat oleh kondisi klimatologi daerah setempat. Lingkungan pantai yang cenderung mengalami proses abrasi yang relatif besar adalah kawasan Pantai Tanjung Sebatak. Menurut Laporan P3GL tahun 1998, secara umum kawasan pantai Pulau Karimun Besar, relatif kecil mengalami perubahan garis pantai yang diakibatkan oleh energi gelombang karena nilai energi fluks yang relatif kecil.

Dampak dari penambangan pasir adalah pengurangan daratan. Salah satunya adalah Pulau Nipah, Pulau Nipah merupakan pulau kecil terluar yang berada di timur laut Pulau Karimun Besar berbatasan dengan negara Singapura. Menurut penelitian Poerba, dkk. tahun 2011 terdapat perubahan garis pantai di Pulau Nipah, yaitu dari luasan 659.689,58 m² pada tahun 1990 menjadi 594.916,07 m² pada tahun 2009. Perubahan garis pantai di Pulau Nipah ini selain dipengaruhi oleh kenaikan muka air laut, juga diduga akibat penambangan pasir laut yang terdapat di Pulau Karimun, daerah penambangan pasir ini terisi kembali oleh sedimen yang berasal dari Pulau Nipah. Jika daratan berkurang maka ekosistem pun akan berkurang. Penambangan pasir ini telah mengakibatkan dampak terhadap ekosistem pantai, baik hayati maupun yang non-hayati. Ekspor penambangan pasir laut telah dilarang, namun karena pengawasan yang lemah dan kebutuhan ekspor pasir laut yang tinggi tetap saja

terdapat penambangan pasir secara ilegal. Untuk mengurangi dampak dari eksploitasi pasir laut ini diperlukan penzonasian dan peraturan untuk daerah wilayah tambang.

KESIMPULAN

Telah terjadi perubahan geomorfologi dasar laut akibat penambangan pasir laut, yang ditunjukkan dengan morfologi dasar laut yang tidak beraturan dan terjadi perubahan kedalaman sekitar 5-30 meter selama tahun 1955, 1998, dan 2005. Volume pasir laut yang ditambang pada tahun 1955 sampai dengan 1998 adalah 26.672.232,82 m³ dan pada tahun 1998 sampai dengan 2005 terjadi kenaikan yang signifikan, hingga mencapai jumlah sebanyak 62.580.425,44 m³.

DAFTAR PUSTAKA

- Dinas Kelautan dan Perikanan Karimun. 2010. *Kondisi Umum Kabupaten Karimun*. <http://dkp-karimun.blogspot.com/> (diakses 23 Januari 2012).
- BAPPENAS. 2005. *Menuju Harmonisasi Sistem Hukum Sebagai Pilar Pengelolaan Wilayah Pesisir Indonesia*. Jakarta.
- Rahardiawan, R. 2011. *Kompilasi Data Geologi Dasar Laut Regional*. <http://www.mgi.esdm.go.id/> (diakses 23 Januari 2012).
- PT. Barelang Sugi Bulan. 1999. *Bahan Galian Pasir Laut di Wilayah KP. Eksplorasi Perairan Selat Sugi (Blok I) Kecamatan Batam Selatan dan Pulau Karimun (Blok II) Kecamatan Karimun Kabupaten Riau Kepulauan Provinsi Riau*. Laporan Eksplorasi Lengkap. Jakarta.
- PT. Equator Reka Citra. 1996. *Analisa Dampak Lingkungan (ANDAL) Penambangan Pasir Urug Lepas Pantai Kecamatan Karimun*. Bandung.
- Poerba, dkk. 2011. *Potensi Tenggelmnya Pulau-Pulau Kecil Akibat Perubahan Iklim (Studi Kasus: Wilayah Sumatera Bagian Utara)*. Draft Jurnal Makara UI.
- Delinom, Robert M., Hartanto, P., Sastra, N., Sukmayadi, D. 2001. *Rotasi Kegiatan Penambangan Pasir Laut di Kepulauan Riau (Studi kasus penambangan pasir di Perairan Selat Combol-Batam)*. Laporan Penelitian. Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI. Bandung. 31-48 hlm.
- Supriharyono. 2004. Effects of Sand Mining on Coral Reefs in Riau Islands. *Jurnal Pengelolaan Pesisir*, 7, 2, 89-100.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. 1998. *Inventarisasi Pemanfaatan Geologi Wilayah Pantai Perairan Pulau Karimun Besar Kepulauan Riau, Propinsi Riau*. P3GL. Bandung. 44 hlm.