

Studi Sebaran Sedimen di Perairan Sub-cekungan Tarakan Kalimantan Timur

Latifah Mitrayani Hanum^{*)}, Sugeng Widada^{*)}, Warsito Atmodjo^{*)}, Priatin Hadi Wijaya^{**)}

^{*)}Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/Fax (024) 7474698
Email : sugengwidada@undip.ac.id ; warsito_osigeo@yahoo.com^{*)}

^{**)}Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan
Jl. Dr. Junjuran No. 236 Bandung 40174, Fax. 022-601788
Email : hadiwijaya.mgi@gmail.com^{**)}

Abstrak

Sub-cekungan Tarakan termasuk dalam Cekungan Tarakan, Kalimantan Timur. Daerah utaranya berbatasan dengan perairan Blok Ambalat yang diklaim oleh Malaysia. Lokasi penelitian ini berdekatan dengan jalur Arus Lintas Indonesia (Arlindo), sehingga pergerakannya dapat mengganggu kestabilan morfologi dan pengendapan sedimen laut. Proses pengendapan yang berlangsung, dapat dipelajari berdasarkan ukuran dan sebaran dari sedimennya. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 15 – 21 September 2012 menggunakan kapal Geomarin III dan analisis laboratorium dilakukan pada bulan Oktober – November 2012 di laboratorium Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL), Cirebon. Materi yang digunakan yaitu contoh sedimen, pemeruman dasar laut, dan perekaman data arus laut. Pada penelitian ini menggunakan metode deskriptif, penentuan titik sampling menggunakan sistem tematik, dan untuk perekaman data arus laut menggunakan metode langrangian. Untuk pengolahan data menggunakan software ArcGIS 9.3, software Petrel Schlumberger 2008, dan software WindRose. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebaran sedimen dari arah daratan (barat) menuju ke arah laut lepas (timur) berupa sedimen pasir, pasir lanauan, lanau pasiran, dan lanau. Sebaran hasil korelasi berhubungan saling menjeri antara sedimen pasir – pasir lanauan, pasir lanauan – lanau pasiran, dan lanau pasiran – lanau. Sifat ukuran butir sedimen memiliki nilai mean antara 0.02 sampai 0.17, kategori sortasi terpilah sangat baik, kategori skewness menceng kasar dan kategori kurtosis puncak tumpul. Berdasarkan analisis hasil arah dan kecepatan arus laut, dapat diketahui pergerakan arus laut yang berada di wilayah penelitian masih dipengaruhi dari daratan dan diduga adanya pengaruh dari Arlindo.

Kata Kunci : Sebaran sedimen, ukuran butir sedimen, arus laut, perairan Sub-cekungan Tarakan

Abstract

Tarakan sub-basin included in Tarakan Basin, East Kalimantan. The north area at Ambalat Block is claimed by Malaysia. The research site closed with Indonesia Throughflow (ITF) line, the movement will influence the stabilization of morphology and sedimentation of sediment. These precipitation process is learned by sediment's size and distribution. Data was collected on September 15th – 21th, 2012 using Geomarin III and laboratory analysis was done in October - November 2012 at laboratory of Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL), Cirebon. The material of this research are sediment sample, seabed sounding and ocean current data recording. This research use descriptive methods, the sampling point method use thematic systems, and for ocean current data recording use langrangian method. For data processing use ArcGIS 9.3, Petrel Schlumberger 2008, and WindRose software. The results shows that the distribution of sediment from mainland (west) to offshore (east) are sand, silty sand, sandy silt, and silt. Distribution of correlation result is relate overlaying to each other between the sediment sand - silty sand, silty sand - sandy silt and sandy silt - silt. Character of the grain size sediment for it's mean between 0,02 to 0,17, sorting category moderately well sorted, skewness category coarse skewed and kurtosis category platykurtic. Based on analysis results of the direction and speed ocean current, ascertainable analyzed that the movement of ocean current in research area are

still affected from the mainland and predicted influence existence of the Indonesia Throughflow (ITF).

Keywords: *Sediment distribution, sediment grain size, ocean current, the Waters of Tarakan Sub-basin*

I. Pendahuluan

Sub-cekungan Tarakan merupakan salah satu sub-cekungan pada Cekungan Tarakan di Kalimantan Timur. Lokasi penelitian memiliki pergerakan tektonik dengan interaksi konvergen diantara Lempeng Asia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Indo-Australia (Hamilton, 1979). Interaksi ini dapat menghasilkan terbentuknya cekungan. Sedimen-sedimen yang terangkut sampai di suatu cekungan, lama kelamaan akan terendapkan dan mengisi cekungan tersebut. Sedimen terdiri dari butir-butir sedimen. Butir sedimen dapat digunakan sebagai petunjuk dalam bidang eksplorasi sumberdaya mineral dan energi. Pasir yang tersusun dari butir sedimen, sifatnya yang berpori, memberikan ruang untuk terakumulasinya mineral berharga dan migas. Sedimen klastik tersusun dari mineral dan material organik dalam bentuk butir. Jika butir tersebut berasal dari mineral berharga, maka sedimen klastik tersebut merupakan sumber mineral berharga. Begitu juga jika butirnya berasal dari material organik, maka sedimen tersebut dapat menjadi sumber batuan induk minyak dan gas bumi (Dewi dan Yudi, 2008).

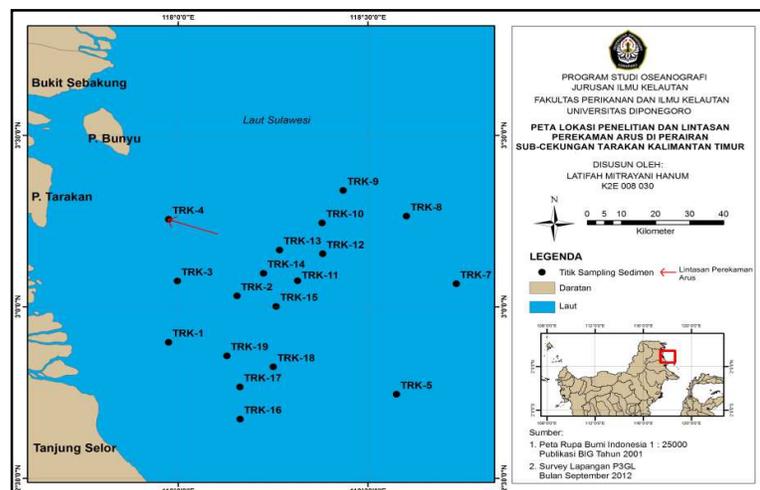
Daerah utara Sub-cekungan Tarakan berbatasan dengan perairan yang diklaim oleh Malaysia yaitu Blok Ambalat, namun sampai sekarang masih menjadi perdebatan. Sehingga sangat penting mengelola sumberdaya kelautan di wilayah nusantara khususnya di wilayah perbatasan. Salah satu kegiatan yang mendukung dalam pengelolaan sumberdaya kelautan adalah melalui pemetaan geologi dengan analisis ukuran butir sedimen dan pemeruman dasar laut. Menurut Pethick (1997) dalam Manengkey (2011), proses-proses atau kejadian yang terjadi di laut dalam sangat sulit jika diobservasi secara langsung dan membutuhkan biaya yang besar. Oleh karena itu proses yang berlangsung, dapat dipelajari berdasarkan ukuran butir dan sebaran dari sedimennya. Pemeruman dasar laut digunakan untuk mengetahui bentuk morfologi daerah penelitian. Lokasi studi berdekatan dengan salah satu jalur yang dilalui oleh Arus Lintas Indonesia (Arlindo) atau disebut juga *Indonesia Throughflow* (ITF). Arus Lintas Indonesia selama Muson Tenggara umumnya lebih kuat dari pada di Muson Barat Laut (Purba *dkk.*, 2010). Pergerakan arus ini dapat mengganggu kestabilan morfologi dan pengendapan sedimen laut, sehingga pada penelitian ini diperlukan perekaman data arus.

Selama ini, belum ada suatu penelitian yang dilaksanakan di perairan Sub-cekungan Tarakan. Beberapa penelitian yang dilaksanakan hanya berada di sekitar daerah studi. Semua penelitian tersebut dilakukan oleh pihak instansi Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL). Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan studi tentang sedimen di Sub-cekungan Tarakan, Kalimantan Timur. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran sedimen, mengetahui sifat ukuran butir sedimen, dan mengetahui pergerakan arus laut yang berada di perairan Sub-cekungan Tarakan, Kalimantan Timur.

II. Materi, Metode, dan Pengolahan Data Penelitian

A. Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan 19 titik lokasi contoh sedimen, pemeruman dasar laut dan perekaman data arus laut. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 15 – 21 September 2012 dan analisis laboratorium dilakukan pada bulan Oktober – November 2012 di laboratorium Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL) Cirebon.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian dan Lintasan Perekaman Arus

B. Metode Penelitian dan Pengolahan Data

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif. Menurut Nasir (1983), metode deskriptif merupakan metode penelitian untuk membuat gambaran mengenai situasi atau kejadian yang diteliti atau dikaji pada waktu terbatas dan tempat tertentu untuk mendapatkan gambaran tentang situasi dan kondisi secara lokal. Tujuan penelitian deskriptif adalah untuk membuat gambaran secara sistematis dan akurat mengenai fakta-fakta yang terjadi.

Penentuan Titik Lokasi Penelitian dan Analisis Contoh Sedimen

Alat penentuan titik lokasi penelitian menggunakan *Differential Global Positioning System* (DGPS) C-Nav. Penentuan titik sampling menggunakan sistem tematik yaitu penentuan tidak berdasarkan perencanaan awal saja tetapi berdasarkan keadaan data batimetri maupun data seismik yang ada. Sebagai bahan pertimbangan juga dilihat kondisi morfologi dasar lautnya yang diketahui dari data *Sub-bottom Profiler*. Pengambilan contoh sedimen bertujuan untuk mengetahui jenis sedimen permukaan dasar laut dengan menggunakan alat penginti gaya berat atau yang disebut dengan *gravity core*. Pengambilan contoh sedimen dilakukan di 19 titik sampling sepanjang lintasan yang telah ditentukan yang dianggap cukup representatif.

Analisis megaskopis adalah proses mengidentifikasi contoh sedimen secara langsung. Tujuannya adalah untuk mendapatkan karakteristik contoh sedimen pada lapisan-lapisan yang berada di dalam core (P3GL, 2005). Analisis ini berupa pengamatan litologi yang terdiri dari pengamatan terhadap warna sedimen, besar butir, kandungan fosil, mineral-mineral penting, struktur sedimen, dan arah perubahan-perubahannya. Analisis ukuran butir dilakukan untuk mengetahui sebaran sedimen, sifat ukuran butir dan penamaan sedimen dari hasil megaskopis. Analisis ini menggunakan metode Folk (1980) berupa pengayakan dan pemipetan. Nilai D₅, D₁₆, D₂₅, D₅₀, D₇₅, D₈₄, dan D₉₅ digunakan untuk menentukan *mean*, *sortasi*, *skewness*, dan *kurtosis*. Dari persenan dan nama sedimen tersebut dapat digunakan untuk membuat korelasi dan membuat peta sebaran sedimen.

Pengukuran dan Pengolahan Data Kedalaman Laut

Pengukuran kedalaman laut menggunakan metode pemeruman dengan alat *Sub-bottom Profiler Bathy* 2010. Dari data kedalaman terkoreksi, dihasilkan suatu peta batimetri sehingga dapat diketahui gambaran morfologi dasar laut. Data pemeruman digunakan untuk mendapatkan data kedalaman laut sebagai bahan pembuatan peta kedalaman laut atau peta batimetri, mengetahui morfologi dasar laut dan kemantapan lereng dasar laut (PPGL, 2004). Data selanjutnya diolah menggunakan *software Petrel Schlumberger 2008*. *Software* ini juga dapat menggambarkan peta batimetri dan sebaran sedimen di daerah penelitian. Pembuatan peta batimetri dasar perairan studi dengan memasukkan data XYZ yaitu data koordinat bujur, lintang dan juga data kedalaman perairan.

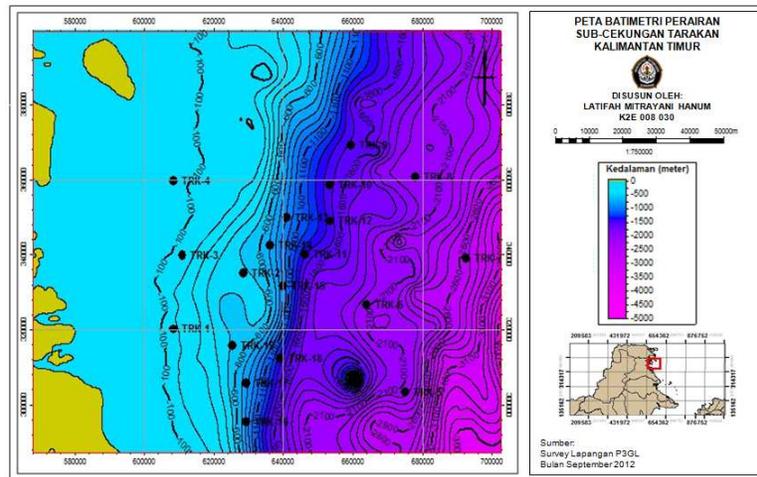
Perekaman dan Pengolahan Data Arus Laut

Data arus diukur sepanjang 12 km dari 118°10'45,82" BT ; 3°19'17,46' LS sampai 118°0'33,05" BT ; 3°21'59,15" LS menggunakan alat *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) Workhorse Rio Grande. Perekaman ini menggunakan metode langrangian, dimana alat ADCP diletakkan di bawah kapal dan pengukuran arus mengikuti lintasan yang sudah diplotkan. Pergerakan arus laut yang diperoleh berdasarkan ruang dan waktu tertentu dengan lintasan yang telah ditentukan dari arah laut lepas menuju arah pantai atau daratan. Alat *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP) Workhorse Rio Grande dapat langsung memisahkan antara kecepatan kapal dengan kecepatan arus laut yang direkam. Data yang didapatkan selanjutnya diolah menggunakan *software* WindRose untuk memperlihatkan arah arus dominan dan kecepatannya.

III. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran Kedalaman Laut

Hasil data pengukuran, berupa data X (bujur), Y (lintang), dan Z (kedalaman) menjadi masukkan untuk diolah menggunakan *software Petrel Schlumberger 2008*. Hasil Peta Batimetri ini, dapat dilihat makin ke arah timur yaitu ke arah laut lepas kedalaman makin bertambah sampai sekitar 5000 meter. Kontur yang ditampilkan berawal dari kedalaman 100 meter dan dilanjutkan tiap per 100 meter selanjutnya.

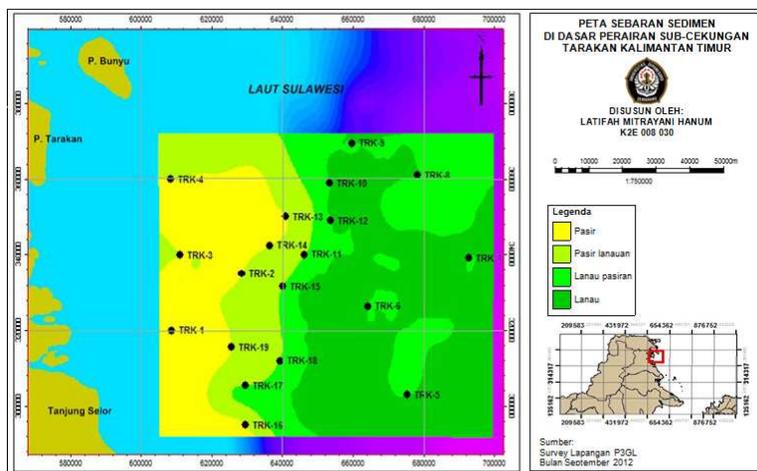


Gambar 2. Peta Batimetri Lokasi Penelitian

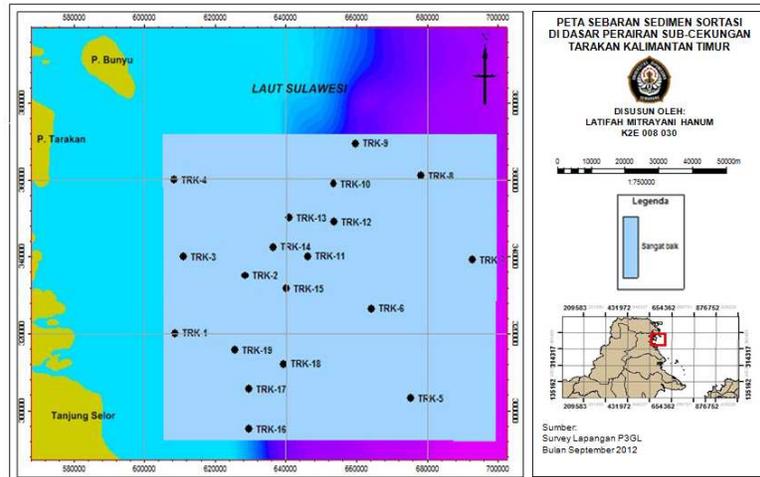
Sub-cekungan Tarakan berada di tatanan tektonik yang aktif yang terbagi dalam wilayah daratan dan perairan. Daerah studi terdapat di wilayah perairan Sub-cekungan Tarakan dan berhadapan langsung dengan Laut Sulawesi. Jika dilihat pada hasil peta, memperlihatkan daerah yang curam, \pm berjarak 52 km jika ditarik garis dari TRK-13 ke garis pantai terdekat. Keadaan ini kemungkinan dapat disebabkan karena adanya aktifitas tektonik yang berada di bawahnya. Diduga juga karena adanya Arlindo yang melewati daerah tersebut sehingga menyebabkan dasar laut mengalami abrasi atau terlihat curam. Hasil ini juga diduga oleh penelitian P3GL tahun 2004 di perairan Tarakan bagian tenggara Tanjung Selor yang juga menemukan daerah yang curam pada data seismiknya. Kontur ditampilkan per 100 meter karena nilai kontur kedalaman sangat bervariasi.

Analisis Contoh Sedimen

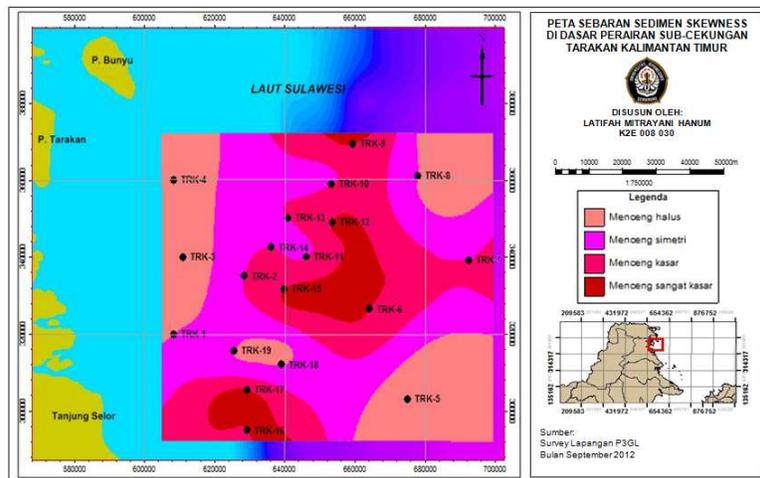
Metode ayakan dan metode pemipetan akan menghasilkan berat sedimen tertahan (gram) yang selanjutnya akan mendapatkan persenan dan nama sedimen. Hasil dari analisis ukuran butir sedimen, penamaan sedimen hanya ada empat klasifikasi yaitu pasir, pasir lanauan, lanau pasiran, dan lanau. Dapat dikatakan bahwa sebagian besar material sedimen merupakan sedimen darat yang diangkut melalui muara-muara yang berada di dekat daerah penelitian yang kemudian diendapkan di laut. Daerah yang dekat dengan daratan cenderung memiliki butiran sedimen lebih kasar atau besar dibandingkan dengan sedimen yang diendapkan jauh dari muara sungai atau daratan. Dapat disimpulkan bahwa sedimen tersebut juga merupakan sedimen *lithogenous* karena berasal dari daratan (Kennet, 1992).



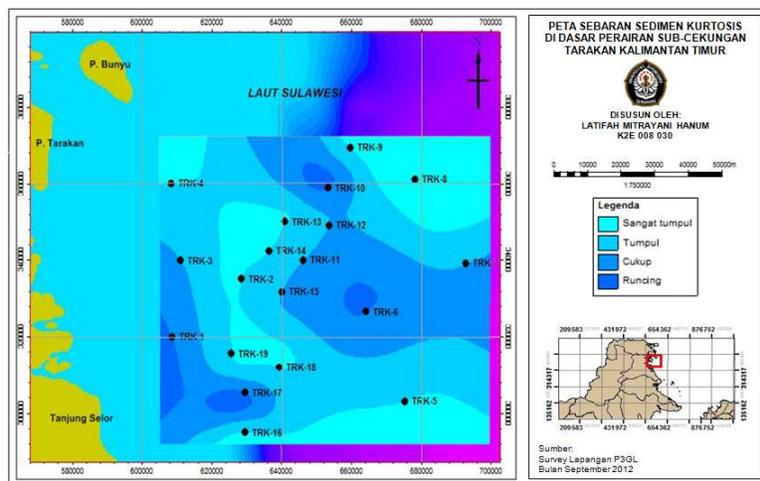
Gambar 3. Peta Overlay Batimetri Dengan Sebaran Sedimen



Gambar 4. Peta Sebaran Sortasi Sedimen



Gambar 5. Peta Sebaran Skewness Sedimen



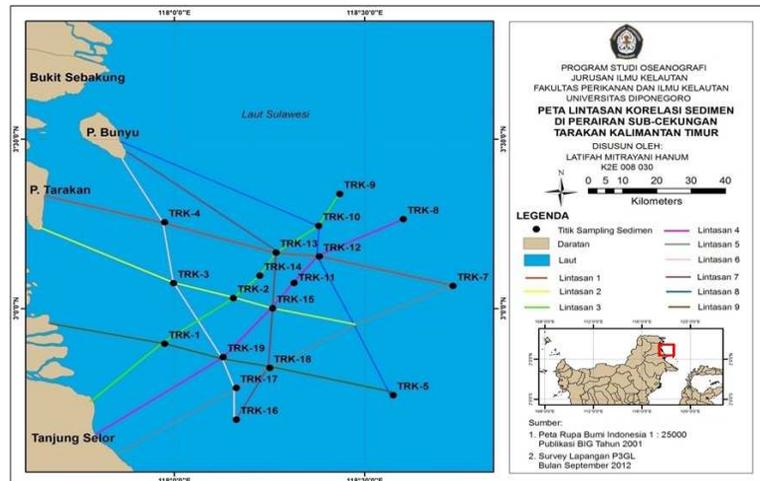
Gambar 6. Peta Sebaran Kurtosis Sedimen

Distribusi ukuran butir secara umum disifatkan oleh empat parameter distribusi, yaitu *mean* yang disifatkan oleh bagian tengah dari distribusi, *sortasi* atau lebar dari distribusi merupakan rentang ukuran partikel dalam persentase kemunculan semua data, *skewness* merupakan ukuran penyimpangan dari kesimetrian distribusi, dan

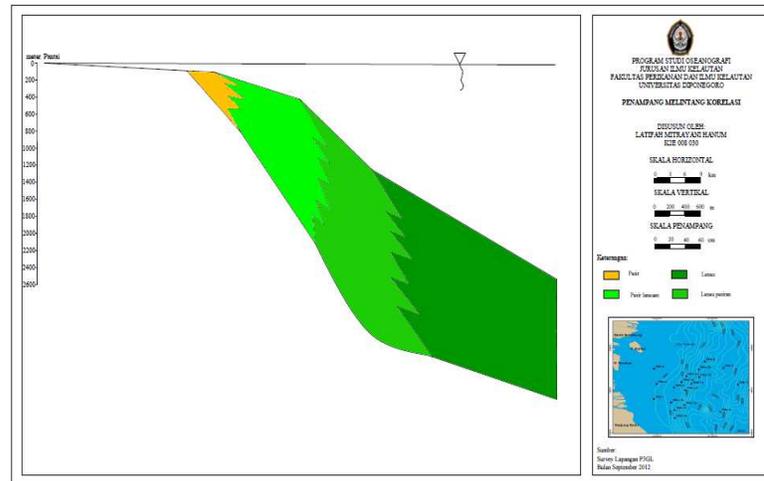
kurtosis merupakan kedataran atau kepuncakan distribusi (Junaidi dan Restu, 2011). Nilai *mean* ukuran butir contoh sedimen dari semua hasil yang didapatkan berkisar dari 0.02 (TRK-9) yaitu lanau sampai 0.17 (TRK-1) yaitu pasir. Nilai *sortasi* berkisar dari -0.09 (TRK-2) yaitu pasir lanauan sampai -0.02 (TRK-5) yaitu lanau pasir dan lanau dengan kategori terpilah sangat baik yang berarti tingkat keseragaman ukuran butirnya baik. Dengan begitu, menandakan bahwa pengendapan sedimen tersebut terjadi dengan energi homogen atau energi yang seragam. Porositas sedimen juga dapat dianalisis dari adanya *sortasi* ini, sehingga dapat disimpulkan porositasnya semakin tinggi. Hal ini dapat digunakan untuk aplikasi pada dunia perminyakan (Harset *dkk.*, 2011). Dilihat dari Gambar 4., tidak ada pola untuk sebaran *sortasi* sedimen dikarenakan semua data memiliki kategori yang sama. Nilai *skewness* berkisar dari -0.49 (TRK-17) yaitu lanau pasir sampai 0.33 (TRK-3) yaitu pasir lanauan. Sebaran *skewness* sedimen (Gambar 5.) pada lokasi penelitian dominan menceng kasar. Nilai *skewness* negatif menunjukkan populasi sedimen condong berbutir kasar, yang dapat disimpulkan bahwa tipe sedimen condong berbutir dari halus ke kasar. Ini dapat dimungkinkan pada 19 titik sampling contoh sedimen masih terdapat kandungan pasir walaupun hanya sedikit, dengan klasifikasi sedimen pasir sedang sampai pasir sangat halus. Sehingga *skewness* dapat digunakan untuk mengetahui dinamika sedimentasi di suatu perairan (Folk, 1980). Nilai *kurtosis* berkisar dari 0.63 (TRK-8) yaitu lanau sampai 1.50 (TRK-1) yaitu pasir. Sebaran *kurtosis* sedimen (Gambar 6.) pada lokasi penelitian dominan puncak tumpul.

Korelasi Contoh Sedimen

19 titik sampling sedimen yang ada, dibuat lintasan korelasi berdasarkan arah dari utara ke selatan dan dari timur ke barat. Sehingga didapatkan 9 lintasan penampang korelasi yang ditampilkan dalam Gambar 7. menggunakan *software* ArcGis 9.3. Titik awal ditarik dari pantai agar terlihat pola perubahannya dari laut dangkal ke laut dalam. Data yang digunakan yaitu jarak antar titik sampling, kedalaman perairan dan penampang *gravity core* contoh sedimen hasil dari analisis megaskopis dan analisis besar butir sedimen. Data-data tersebut digambarkan dengan skala masing-masing. Selanjutnya dibuat garis khayal korelasi antar titik sampling sedimen tersebut.



Gambar 7. Peta Lintasan Korelasi Sedimen

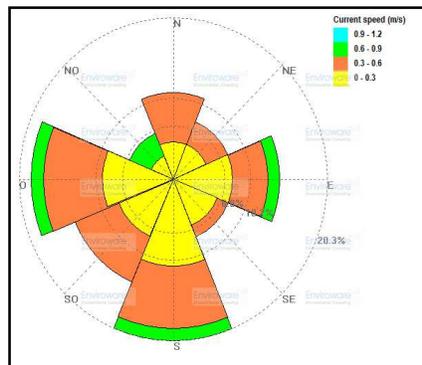


Gambar 8. Peta Penampang Korelasi Sedimen

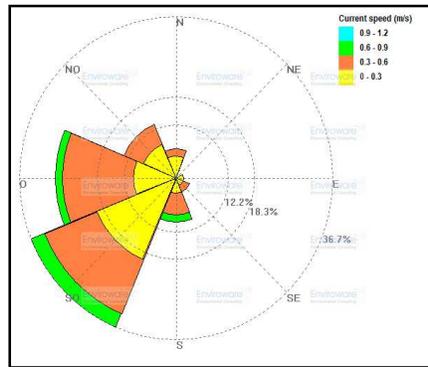
Untuk melihat sebaran atau lapisan sedimen secara vertikal maka diperlukan analisis korelasi sedimen. Dari tiap-tiap penampang sedimen, nama sedimen yang sama dan berbeda dihubungkan garis khayal korelasinya antara satu titik dengan titik lainnya. Garis korelasi menerus dihubungkan berdasarkan kesamaan nama sedimennya. Garis korelasi menjeri dikarenakan tidak adanya hubungan kesamaan nama sedimen antar titik, namun dimungkinkan terdapat lapisan sedimen yang saling menumpuk atau saling melapisi. Jika lapisan sedimen yang paling bawah tidak ada korelasinya dengan titik sampling di sebelahnya, maka dibuat garis khayal tidak diketahui korelasinya karena keterbatasan data dan tidak menggunakan interpolasi data. Dari keseluruhan lintasan korelasi sedimen, maka didapatkan penampang melintang lapisan sedimen permukaan dari arah pantai menuju laut lepas yang menghasilkan lebih banyak korelasi menjarinya. Bentuk morfologi daerah penelitian juga dapat dilihat dari gambar tersebut. Hasil lapisan sedimen terlihat dari arah pantai menuju laut lepas yaitu pasir, pasir lanauan, lanau pasiran, dan lanau.

Arus Laut

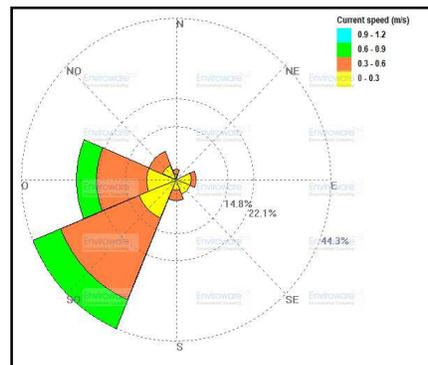
Hasil data arus laut yang didapatkan selama 2 jam 13 menit dari pukul 4:18 WITA sampai 6:31 WITA. Kedalaman perairan dari 115 meter sampai 56 meter menuju ke arah pantai. Data tersebut dibagi menjadi tiga bagian yaitu, arus laut lapisan permukaan (4,94 meter – 19,94 meter), lapisan tengah (20,94 meter – 34,94 meter), dan lapisan dalam (35,94 meter – 50,94 meter).



Gambar 9. Arah dan Kecepatan Hasil Data Arus Laut Lapisan Permukaan



Gambar 10. Arah dan Kecepatan Hasil Data Arus Laut Lapisan Tengah



Gambar 11. Arah dan Kecepatan Hasil Data Arus Laut Lapisan Dalam

Pada lapisan permukaan terlihat arah arus laut dominan mengarah ke selatan. Namun, arahnya tidak beraturan yang terdapat hampir di semua sudut. Arus laut tersebut dapat dikategorikan arus turbulensi. Karena berada di daerah laut lepas (± 50 km dari pantai terdekat), maka pengaruh pergerakannya lebih banyak. Misalnya, karena pengaruh dari muara–muara yang ada di sekitar lokasi studi, pengaruh angin musim, batimetri perairan dan sebagainya. Terjadinya arus turbulensi karena adanya gesekan-gesekan antar lapisan air. Hal ini juga dapat mempengaruhi kecepatannya. Pada lapisan tengah dan lapisan, arah arus dominan mengarah ke barat daya. Arah arus laut lebih beraturan karena pengaruh dari permukaan berkurang. Namun, jika dilihat sampai ke lapisan bawah kecepatannya tidak menurun. Hal ini dapat dikaitkan dengan keberadaan Arlindo yang menuju Selat Makassar.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan di perairan Sub-cekungan Tarakan, Kalimantan Timur dapat disimpulkan bahwa :

1. Sebaran sedimen di daerah penelitian dari arah daratan (barat) menuju ke arah laut lepas (timur) yaitu sedimen pasir, pasir lanauan, lanau pasiran, dan lanau.
2. Sebaran satuan sedimen berdasarkan hasil korelasi berhubungan saling menjeri antara sedimen pasir – pasir lanauan, pasir lanauan – lanau pasiran, dan lanau pasiran - lanau, yang menunjukkan kurun waktu pengendapan hampir bersamaan.
3. Sifat ukuran butir sedimen di daerah penelitian adalah:
 - pasir: nilai *mean* 0.17, kategori *sortasi* terpilah sangat baik, kategori *skewness* menceng halus, dan kategori *kurtosis* puncak runcing.
 - pasir lanauan: nilai *mean* antara 0.07 sampai 0.12, kategori *sortasi* terpilah sangat baik, kategori *skewness* menceng kasar, dan kategori *kurtosis* puncak tumpul.
 - lanau pasiran: nilai *mean* berkisar dari 0.03 sampai 0.05, kategori *sortasi* terpilah sangat baik, kategori *skewness* menceng sangat kasar, dan kategori *kurtosis* puncak cukup.
 - lanau: nilai *mean* berkisar antara 0.02 sampai 0.04, kategori *sortasi* terpilah sangat baik, kategori *skewness* menceng kasar, dan kategori *kurtosis* puncak cukup.
4. Sifat pergerakan arus laut yang berada di perairan Sub-cekungan Tarakan, Kalimantan Timur masih dipengaruhi dari daratan dan diduga adanya pengaruh dari Arlindo.

Daftar Pustaka

- Dewi, K. T. dan Yudi, D. 2008. *Partikel Mikroskopis Dasar Laut Nusantara*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. Bandung.
- Folk, R. L. 1980. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Co Austin. Texas.
- Hamilton, W. 1979. *Tektonic of The Indonesian Region*. United States Geological Survey Professional Paper 1078, 345 p.
- Harset, dkk. 2011. *Interpretasi Geologi*. <http://debriadiharset.wordpress.com> (18 Februari 2013)
- Junaidi dan Restu, M. 2011. *Analisis Parameter Statistik Butiran Sedimen Dasar pada Sungai Alamiah (Studi Kasus Sungai Krasak Yogyakarta)*. Wahana Teknik Sipil Vol.16 No.2 Desember 2011 46-57.
- Kennet, J. P. 1992. *Marine Geology*. Prentice Hal, Inc. Englewood Cliffs, 822p.
- Manengkey, H. W. K. 2011. *Sebaran Ukuran Butiran Sedimen Gisik Sekitar Groin Pantai Kalasey*. Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis. Vol. VII-3, Desember 2011.
- Nasir, M. 1983. *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia. Jakarta. 622 hlm.
- P3GL. 2004. *Laporan Identifikasi Potensi Energi dan Sumberdaya Mineral Pulau – Pulau Kecil Sangihe Talaud Sulawesi Utara*. Departemen ESDM. Bandung.
- P3GL. 2005. *Laporan Penyelidikan Geologi dan Geofisika Kelautan Perairan Sebatik, Kabupaten Nunukan Propinsi Kalimantan Timur*. Departemen ESDM. Bandung.
- Purba, N. P., Firman, S. dan Rama, W. 2010. *Kajian Energi Baru dari Arus Lintas Indonesia (ARLINDO)*. Universitas Padjadjaran. Bandung.