

## ANALISIS KANDUNGAN KARBON ORGANIK TOTAL (KOT) DALAM SEDIMEN DI PERAIRAN SLUKE KABUPATEN REMBANG

Nova Putri Dewanti\*), Muslim\*) dan Wahyu Retno Prihatiningsih\*\*)

\*) Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

\*\*\*) Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi – Badan Tenaga Atom Nuklir Nasional (BATAN)

Email: [aqua\\_muslim@yahoo.com](mailto:aqua_muslim@yahoo.com); [ayu-iu@batan.go.id](mailto:ayu-iu@batan.go.id)

### Abstrak

Perairan Sluke terletak di bagian timur Kabupaten Rembang yang berada di Provinsi Jawa Tengah. Sedimen dasar laut selalu menjadi tempat pengendapan utama dari berbagai proses yang terjadi di laut. Bahan organik dapat menjadi parameter penilaian tingkat kesuburan suatu perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi dan distribusi Karbon Organik Total (KOT) dalam sedimen. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 8 Maret 2015 dengan menggunakan metode *purposive sampling*. Data tersebut diperoleh dari 9 stasiun penelitian yang mewakili wilayah perairan tersebut. Data primer berupa sampel sedimen dasar, sedangkan data sekunder meliputi pergerakan arus Perairan Sluke. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Metode analisa tekstur sedimen menggunakan metode *dry sieving* (pengayakan) dan *wet sieving* (pemipetan), sedangkan metode pengukuran Karbon Organik Total (KOT) dalam sedimen menggunakan metode *loss of weight on ignition* (LOI %). Metode pengukuran arus menggunakan metode euler. Hasil penelitian ini adalah konsentrasi Karbon Organik Total (KOT) dalam sedimen di Perairan Sluke berkisar antara 3,401% - 13,739%. Distribusi Karbon Organik Total (KOT) dalam sedimen dipengaruhi oleh jenis butir sedimen, dimana jenis butir sedimen yang halus seperti lanau dan lempung memiliki kandungan Karbon Organik Total (KOT) lebih tinggi dibandingkan dengan jenis butir sedimen yang kasar seperti pasir. Pergerakan massa air tidak mempengaruhi distribusi Karbon Organik Total dalam sedimen secara signifikan.

Kata kunci : Karbon Organik Total (KOT), Sedimen, Perairan Sluke

### Abstract

*Sluke water is located in eastern part of Rembang in Central Java. Seafloor sediments has always been a major deposition of sharing processes that occur at sea. Organic material can be a parameter an assessment of the level of fertility waters. The aims of this research are toto determine concentration and distribution of Total Organic Carbon (TOC) in sediment. The data were taken on 8<sup>th</sup> March 2015 using purposive sampling method. The data were obtained from 9 research stasions representing the region. The primary data of samples were sediment and the secondary data includes movement Sluke Water flow. This research was used quantitative method. Sediment particle size analysis was used dry sieving and wet sieving method, while the method of measuring Total Organic Carbon (TOC) in the sediments used loss of weight on ignition (LOI %) method. Current measurement was used euler method. The result showed concentration of Total Organic Carbon (TOC) in sediments in Sluke waters ranged between 3.401% - 13.739%. Distribution of Total Organic Carbon (TOC) in sediments affected by the type of sediment grain size, the type of fine*

*sediment grain such as silt and clay have a Total Organic Carbon (TOC) content was higher compared with the kind of coarse sediment grain such as sand. The movement of water mass is not affect the distribution of Total Organic Carbon (TOC) in sediments significantly*

*Keyword : Total Organic Carbon (TOC), Sediment, Sluke Waters*

## **1. Pendahuluan**

Dasar laut merupakan tempat penyimpanan atau gudang terakhir untuk semua proses yang terjadi di lautan dan mengandung material skeletal. Laut yang bersifat dinamis dan selalu bergerak karena diakibatkan oleh adanya fenomena hidrooseanografi seperti arus, gelombang dan pasang surut menyebabkan terjadinya transport sedimen. Milyaran mikroorganisme hidup dan berkembang biak pada permukaan dasar laut sampai akhirnya mati serta akan terakumulasi dan tersebar secara luas pada dasar laut (Ingmanson and Wallace, 1989).

Bahan organik adalah kumpulan bermacam senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami proses dekomposisi, baik berupa humus hasil humifikasi, termasuk mikroba heterotrofik dan ototrofik yang terlibat (Hanafiah, 2005). Kebanyakan bahan organik berbentuk partikulat dan mengendap di permukaan sedimen (Kemp, 1989). Chester (1990) menyatakan bahwa proses biogeokimia dalam perairan alami diatur oleh sejumlah parameter fisika-kimia seperti pH, redoks potensial, salinitas, konsentrasi, berbagai jenis nutrisi, komponen organik dan bahan-bahan partikulat. Menurut Pariwono (1996), bahan organik juga dapat menjadi salah satu parameter pencemaran perairan yang paling umum dijumpai dan dampak yang ditimbulkannya secara tidak langsung. Masalah yang ditimbulkan yaitu menurunkan kandungan oksigen terlarut dan terjadi proses eutrofikasi (proses bertumbuhkembangnya organisme perairan karena kesuburan yang meningkat dan biasanya mempunyai dampak negatif terhadap ikan).

Dalam klasifikasi sedimen, kelompok sedimen *lithogenous* dan *biogenous* adalah jenis sedimen yang mendominasi daerah pantai. Sebanyak 90% dari total sedimen yang berada di daerah pantai berasal dari erosi daratan dan berupa sedimen *lithogenous* yang disebut klastik (Pethick, 1997). Jenis sedimen *biogenous* yang terdapat di dasar perairan diakibatkan oleh terumbu karang yang hidup di atas permukaan sedimen. Material sedimen yang terdeposisi di daerah pantai dan laut dalam dipengaruhi oleh dua faktor yaitu transpor material pelapukan di daratan ke laut dan transpor yang terjadi di dalam laut itu sendiri (Riley dan Chester, 1990 dalam Djamaluddin, 1993).

Perairan Sluke terletak di bagian timur Kabupaten Rembang yang berada di Provinsi Jawa Tengah. Perairan Sluke juga merupakan perairan yang berhubungan langsung dengan Laut Jawa di sebelah utara. Di kawasan ini terdapat aktivitas nelayan dan perusahaan listrik tenaga uap. Adanya kegiatan operasional PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) batubara yang sangat aktif di Perairan Sluke diperkirakan dapat mempengaruhi segala proses yang terjadi di perairan tersebut baik proses fisika, kimia dan biologi.

## **2. Materi dan Metode**

### **A. Materi Penelitian**

Materi yang digunakan pada penelitian ini adalah sedimen yang diambil di Perairan Sluke dan diukur beberapa parameternya yaitu ukuran butir sedimen dan kandungan Karbon Organik Total (KOT). Selain parameter tersebut, penelitian ini juga melakukan pengukuran arus laut yang digunakan sebagai data pendukung.

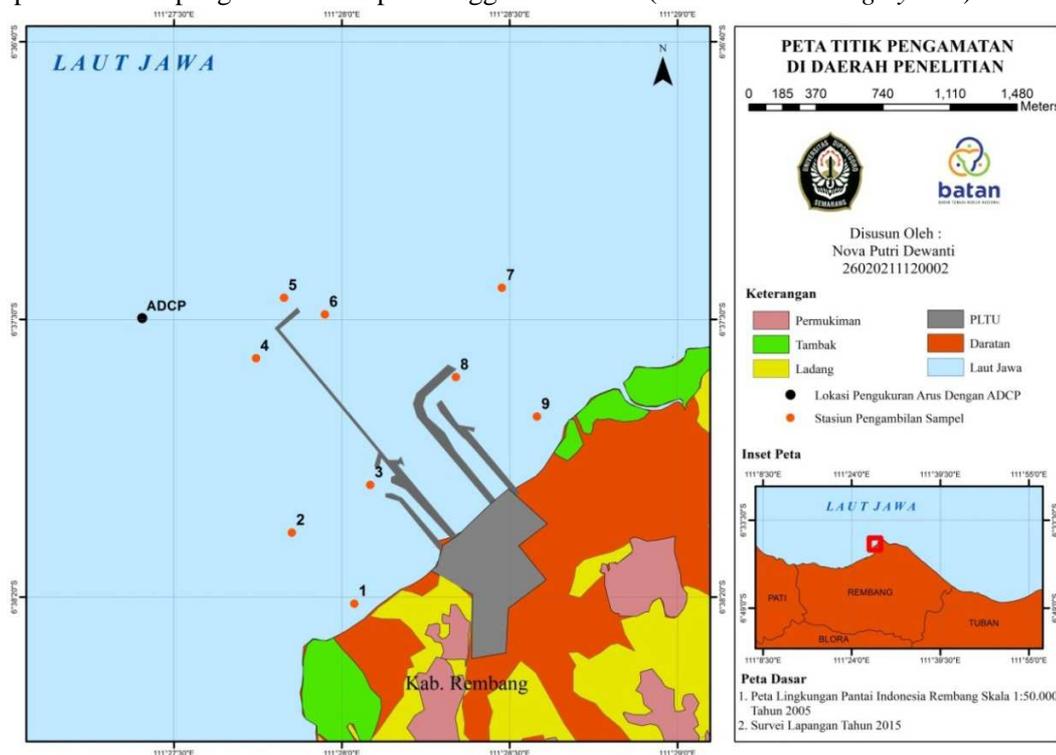
### **B. Metoda Penelitian, Pengolahan, dan Analisis Data Metode Penelitian**

Metode penelitian ini dilakukan dengan metode deskriptif untuk membuat deskripsi secara sistematis, faktual, dan aktual mengenai fakta atau kejadian dari kondisi sebenarnya (Nazir, 2003). Tujuan metode ini adalah mengumpulkan informasi secara rinci dan mengidentifikasi masalah serta menetapkan keputusan. Data penelitian yang berupa angka dan analisis menggunakan statistik maka perlu dilakukan pendekatan kuantitatif.

### Metode Penentuan Lokasi

Letak titik stasiun pengambilan sampel sedimen ditentukan dengan menggunakan metode *purposive sampling* yaitu metode pengambilan dan penentuan titik pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan dari peneliti yang mencakup semua bagian dari perairan yang akan dikaji.

Jumlah titik penelitian sebanyak 9 stasiun ditentukan dengan pertimbangan titik tersebut telah merepresentasikan keadaan keseluruhan di Perairan Sluke Kabupaten Rembang. Penentuan posisi stasiun pengambilan sampel menggunakan GPS (*Global Positioning System*).



Gambar 1. Peta Titik Pengamatan Lokasi Penelitian.

### Pengambilan Data Sedimen

Sampel sedimen dasar diambil dengan menggunakan *sediment grab* pada tiap stasiun yang telah ditentukan berdasarkan GPS (*Global Positioning System*). Sedimen basah diambil sebanyak  $\pm 1$  kg dan dimasukkan ke dalam plastik dan diberi label setiap stasiunnya dan selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kandungan Karbon Organik Total dan jenis ukuran butir sedimen.

### Metode Analisis Jenis Ukuran Butir Sedimen

Metode analisis sedimen yang dilakukan di Laboratorium Geologi FPIK Undip menggunakan metode *dry sieving* (pengayakan) dan *wet sieving* (pemipetan). Metode analisis sedimen digunakan untuk mengetahui ukuran butir (*grain size*) sedimen dan jenis sedimen. Metode *dry sieving* menggunakan *sieve shaker* dengan saringan yang ukurannya berbeda, yaitu

2 mm; 0,5 mm; 0,312 mm; 0,125 mm; dan 63 µm, sedangkan metode *wet sieving* menggunakan gelas ukur dan pipet volum (Wibisono, 2005).

Menurut Buchanan (1984) dalam Mc Intyre dan Holme (1984), Analisa ukuran butir (*grain size*) dengan metode *dry sieving* (pengayakan) dan *wet sieving* (pemipetan) adalah sebagai berikut:

1. *Dry sieving* (Pengayakan)
  - a) Sampel sedimen diambil sebanyak 100 gram dan disaring dengan saringan berukuran 63 µm dalam wadah berisi satu liter aquades.
  - b) Sampel sedimen yang tidak lolos pada saat disaring dengan saringan berukuran 63 µm diambil dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 100°C.
  - c) Sampel sedimen dari oven disaring menggunakan shieve shaker dengan saringan berukuran 2 mm; 0,5 mm; 0,312 mm; 0,125 mm; dan 63 µm, lalu masing-masing ditimbang
2. *Wet sieving* (Pemipetan)
  - a) Sampel sedimen yang lolos saringan 63 µm ditimbang dan dicampur ke wadah sebelumnya, kemudian dipindahkan ke dalam gelas ukur berukuran 1000 mL, lalu diaduk hingga homogen dan dipipet sesuai waktu dan kedalaman muka air gelas ukur ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kedalaman Gelas Ukur dan Waktu Pemipetan Menurut Buchanan (1984) dalam Mc Intyre dan Holme (1984)

Diameter (mm)	Kedalaman gelas ukur (cm)	Waktu		
		Jam	Menit	Detik
0,0625	20			58
0,0312	10		1	56
0,0156	10		7	44
0,0078	10		31	0
0,0039	10	2	3	0

- b) Larutan sedimen tersebut diambil dengan pipet volum sebanyak 20 mL sesuai dengan Tabel 3, lalu dituang ke dalam wadah berukuran 30 mL sesuai dengan ukuran butir dan ditimbang.
- c) Berat tiap ukuran butir 0,0625 mm; 0,0312 mm; 0,0156 mm; 0,0073 mm; dan 0,0039 mm hasilnya dimasukkan kedalam perhitungan menggunakan excel, dan hasil pengayakan dan pemipetan digunakan untuk menentukan jenis sedimen dengan menggunakan segitiga penamaan sedimen (segitiga sheppard).

### Metode Analisis Karbon Organik Total (KOT)

Metode analisis Karbon Organik Total (KOT) menggunakan metode *loss of weight on ignition* (LOI %) mengacu pada metode analisa karbon organik Institute of Marine Organic Geochemistry, Ocean University of China dalam Meng *et al.* 2014. Sampel sedimen diambil dua kali setiap stasiun dengan berat masing-masing 10 g. Sampel sedimen pertama digunakan untuk menganalisis kandungan *Total Carbon* (TC), setelah itu, sedimen tersebut dimasukkan ke dalam *muffle furnace* panaskan pada suhu 550°C selama 5-6 jam (proses pengabuan) lalu didinginkan ke dalam desikator. Kemudian timbang berat akhirnya.

Sampel sedimen kedua digunakan untuk menganalisis kandungan Karbon Organik Total (KOT), setelah itu, sedimen tersebut direndam dengan HCl 6 M untuk menghilangkan total inorganik karbon kemudian bilas dengan aquades untuk menghilangkan kandungan inorganik. Lalu sampel dikeringkan ke dalam oven, setelah kering masukkan ke dalam *muffle*

*furnace* panaskan pada suhu 550°C selama 5-6 jam (proses pengabuan), didinginkan di dalam desikator. Kemudian timbang berat akhirnya.

$$(KOT \%) = \frac{\text{Berat awal (gram)} - \text{berat setelah pengabuan (gram)}}{\text{Berat awal (gram)}} \times 100 \% \dots \dots \dots (1)$$

### Metode Pengukuran Arus

Pengukuran data arus dilakukan dengan ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) yang dapat merekam data secara otomatis. Prinsip kerja alat ADCP menggunakan teknik euler yaitu pengamatan data arus pada lokasi yang tetap (Poerbandono dan Djunasjah, 2005). Pengambilan data arus dilakukan setiap 10 menit selama 24 jam. Data yang diperoleh meliputi kecepatan dan arah arus. Pengukuran atau perekaman data arus dilakukan di kedalaman 10 meter, alat tersebut diletakkan di dasar perairan. *Setting* ADCP kemudian dibagi menjadi 4 (empat) *cell*, di mana tiap *cell* mewakili kolom air sekitar 2,5 meter (Emery dan Thomson, 1998 dalam Wardheni *et al.*, 2014)

### Metode Pengolahan Data Arus Menggunakan Software MIKE 21

Model yang digunakan adalah *Flow Model Flexible Mesh (Unstructured Triangular Mesh)* pada *software* MIKE 21. MIKE terdiri dari 3 basis bentuk grid yang dapat digunakan dalam penyelesaian perhitungan numerik saat melakukan permodelan, antara lain yaitu *single grid*, *multiple grid*, dan *flexible mesh (unstructured triangular mesh)*. MIKE *Flow Model FM* merupakan salah satu modul yang terdapat dalam perangkat lunak MIKE yang diproduksi oleh DHI (DHI Water and Environment, 2012).

Pada *pre-processing model* MIKE 21 *flow model FM* data yang digunakan adalah data bathimetri dan garis pantai Perairan Sluke Kabupaten Rembang. Data bathimetri dan garis pantai tersebut didapatkan dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dan peta Lingkungan Pantai Indonesia (LPI). Data tersebut disimpan dalam *file* berekstensi .xyz dengan format kolom x sebagai longitude, kolom y sebagai latitude, kolom z sebagai kedalaman. Pembangunan *mesh* segitiga tak berstruktur daerah *domain model* yang dilakukan dengan MIKE *TOOL BOX. Design mesh model* dengan batas (*boundary*) darat, batas (*boundary*) laut, dan *design triangulation mesh. Processing model* memasukkan time interval simulasi *model* dan *running model. Post-processing model* data diekstrak dalam format angka di titik pengamatan dan pengukuran lapangan dengan *software* MIKE 21 dan selanjutnya diproses dengan *software Arc GIS 10.0* untuk membuat *layout*.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Jenis Ukuran Butir Sedimen

Hasil analisis ukuran butir (*grain size*) sedimen pada Perairan Sluke menunjukkan pada stasiun 1 dan 9 memiliki jenis sedimen pasir. Pada stasiun 4 memiliki jenis sedimen lempung berlumpur, sedangkan pada stasiun yang lainnya memiliki jenis sedimen lanau. Jenis sedimen yang mendominasi di Perairan Sluke adalah jenis sedimen lanau.

Tabel 2. Klasifikasi Jenis Ukuran Butir Sedimen

Stasiun	Presentase Butir Sedimen (%)			Jenis Sedimen
	Pasir ( <i>Sand</i> )	Lanau ( <i>Silt</i> )	Lempung ( <i>Clay</i> )	
1	99,38	0,50	0,11	Pasir
2	0,00	83,94	16,06	Lanau
3	0,00	83,16	16,84	Lanau
4	0,00	79,18	20,82	Lempung Berlumpur
5	0,00	83,34	16,66	Lanau
6	0,00	86,47	13,53	Lanau
7	0,00	93,39	6,610	Lanau
8	0,00	84,99	15,01	Lanau
9	99,76	0,190	0,050	Pasir

Jenis sedimen sedimen yang berbeda di setiap stasiun di titik pengamatan dapat terjadi karena perbedaan karakteristik perairan. Stasiun 1 dan 9 merupakan stasiun yang berdekatan dengan muara sungai, stasiun 2, 3, 7, dan 8 adalah stasiun yang berada di sekitar pantai, sedangkan stasiun 4, 5, dan 6 merupakan stasiun yang berada di lepas pantai. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Komar (1998), bahwa persebaran sedimen dipengaruhi oleh kondisi hidro oseanografi dan bentuk topografi perairan.

#### Kandungan Karbon Organik Total (KOT)

Hasil perhitungan kandungan Karbon Organik Total(KOT) di tiap titik pengambilan sampel ditampilkan pada Tabel 3, dimana kandungan KOT tertinggi terletak pada stasiun 7 dan kandungan KOT terendah pada stasiun 1.

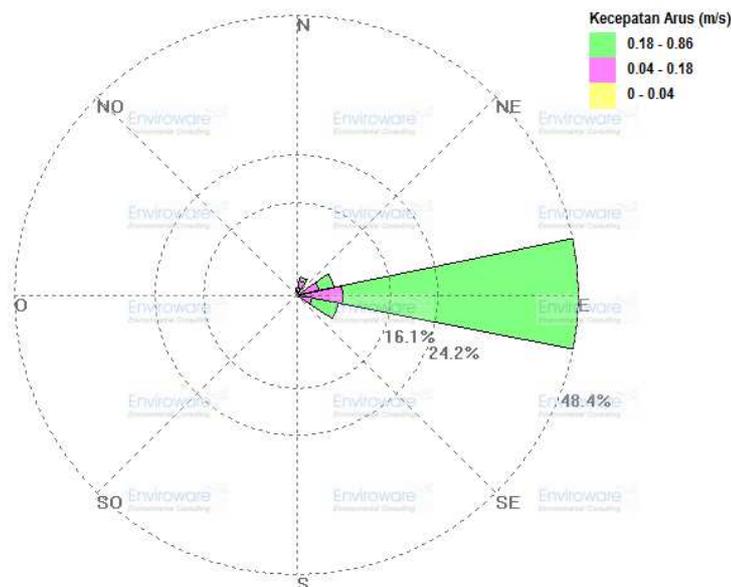
Tabel 3. Kandungan Karbon Organik Total(KOT)

Stasiun	Koordinat		Karbon Organik Total (%)
	BT	LS	
1	111°28'2.20''	06°38'21.6''	3,401
2	111°27'51.1''	06°38'8.40''	12,558
3	111°28'5.10''	06°37'59.8''	9,348
4	111°27'44.7''	06°37'37.0''	9,988
5	111°27'49.7''	06°37'26.1''	9,869
6	111°27'57.0''	06°37'29.1''	13,038
7	111°28'28.6''	06°37'24.3''	13,739
8	111°28'20.4''	06°37'40.4''	9,027
9	111°28'34.9''	06°37'47.5''	6,713

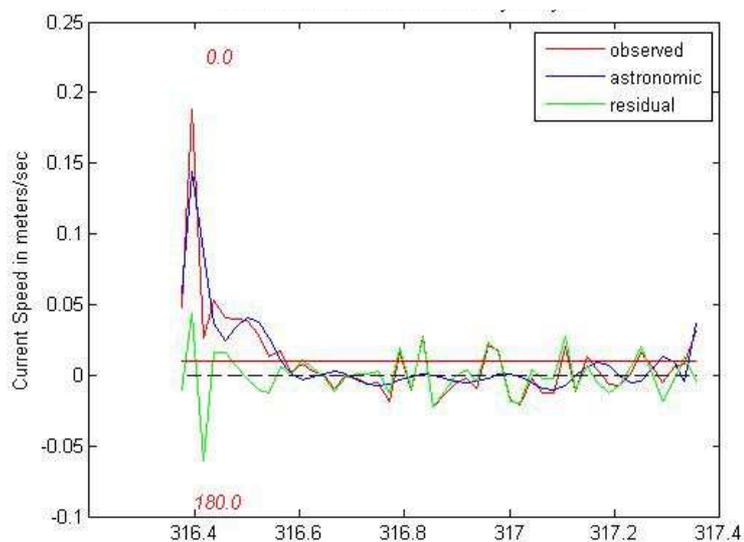
Kandungan Karbon Organik Total (KOT) yang rendah terdapat pada stasiun 1 dan 9. Hal ini dapat diakibatkan karena jenis ukuran butir sedimen yang dimiliki pada stasiun 1 dan 9 adalah jenis ukuran butir sedimen yang kasar sehingga daya serap KOT lebih kecil dibandingkan dengan jenis ukuran butir sedimen yang lebih halus. Di sekitar muara sungai tidak banyak ditemukan tumbuh-tumbuhan yang diduga dapat menambah konsentrasi Karbon Organik Total (KOT). Hal ini sesuai dengan pendapat Madjid (2007), sumber primer bahan organik tanah berasal dari jaringan organik tanaman yang dapat berupa daun, ranting dan cabang, batang, buah dan akar. Hasil pelapukan dari daun-daun yang berjatuh dari tumbuhan serta organisme yang berasosiasi dengan tumbuhan yang kemudian mati dan terdegradasi dalam endapan sedimen menyebabkan keberadaan fosfor di dalam sedimen. Hal ini sesuai dengan pendapat Hardjowigeno (1992) bahwa keberadaan fosfor di dalam tanah karena adanya bahan organik yang berupa sisa-sisa organisme yang mati serta hasil ekskresi oleh organisme, pupuk buatan serta mineral-mineral dalam tanah.

**Arus Laut**

Hasil pengukuran arus ditampilkan dalam bentuk persebaran arah arus yang digambarkan dalam *current rose* (Gambar 2). Pola dan persebaran arah arus tersebut menunjukkan dominasi arah arus menuju timur. Data pengolahan menunjukkan bahwa pola kecepatan arus di lokasi penelitian dipengaruhi oleh pasang surut. Kecepatan arus rerata berkisar antara 0,014 – 0,859 m/s dengan kecepatan rata – rata 0,097 m/s.



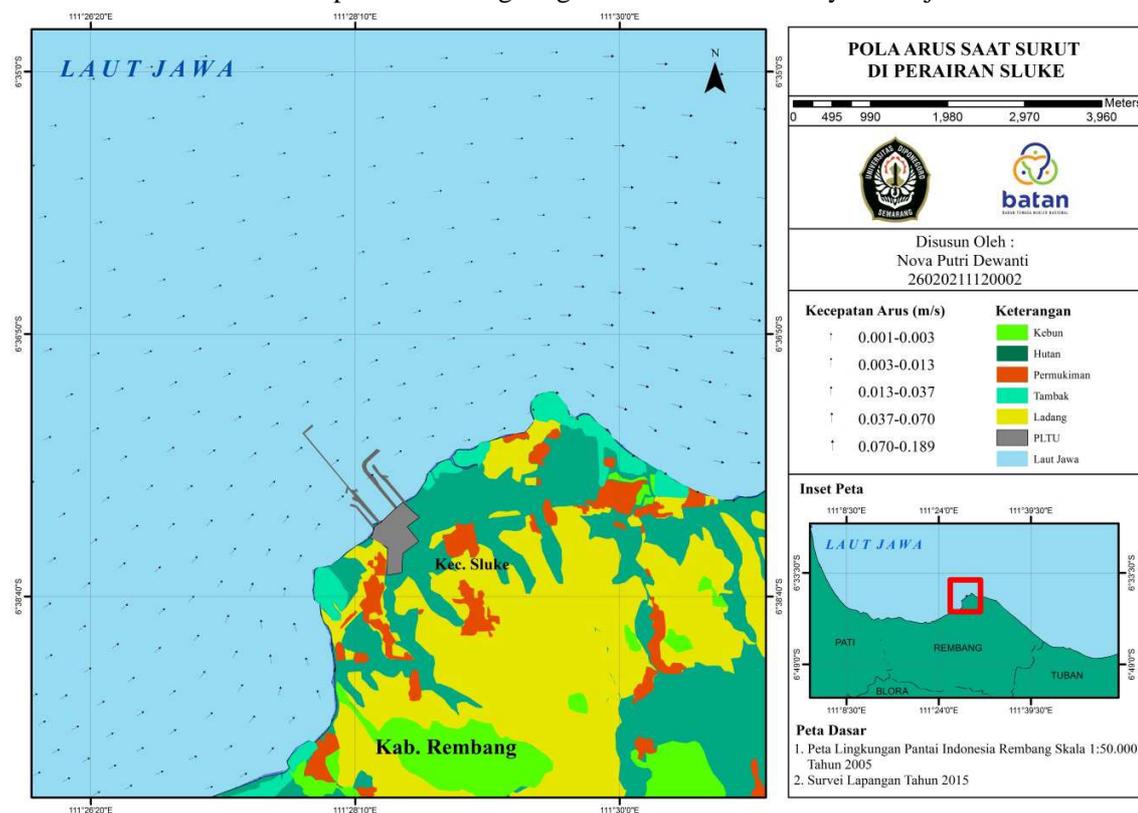
Gambar 2. Pengamatan Arus Menggunakan *Current Rose*



Gambar 3. Pengamatan Arus Menggunakan Grafik Pemisah

Program *World Current* versi 1.03 digunakan untuk membantu analisis jenis arus dominan pasang surut atau non pasang surut. Gambar 3 menunjukkan grafik plot arus pasang surut dengan menggunakan perangkat *World Current* versi 1.03. Hasil analisis data selama pengamatan

lapanganakan ditampilkan grafik arus dan arus residu selama 1 hari. Dari hasil grafik pengolahan yang dilakukan dengan *World Current 1.03*, menunjukkan arus pasang surut (*astronomic*) hampir berhimpitan dengan arus terukur lapangan (*observed*) dibandingkan dengan arus residu (*residual*). Hal ini menunjukkan arus yang mendominasi Perairan Sluke adalah arus pasang surut. Berdasarkan pengolahan model (Gambar 4) dengan menggunakan *software* MIKE 21 didapatkan hasil bahwa arus di Perairan Sluke Kabupaten Rembang bergerak dari arah barat daya menuju timur laut.



Gambar 4. Pola Pergerakan Arus Saat Surut di Perairan Sluke

Jika dilihat dari persebaran Karbon Organik Total (KOT) dalam sedimen dengan pergerakan pola arus Gambar 4 tidak memiliki korelasi atau hubungan. Hal tersebut dapat diakibatkan karena Menurut Oslen *et al.* (1982) pergerakan massa air bukan faktor utama yang menyebabkan persebaran kandungan suatu unsur dalam sedimen melainkan proses biogeokimia dapat mempengaruhi persebarannya dalam sedimen.

### Kesimpulan

Konsentrasi Karbon Organik Total (KOT) dalam sedimen di Perairan Sluke berkisar antara 3,401% - 13,739%. Distribusi Karbon Organik Total (KOT) dalam sedimen dipengaruhi oleh jenis butir sedimen, dimana jenis butir sedimen yang halus seperti lanau dan lempung memiliki kandungan Karbon Organik Total (KOT) lebih tinggi dibandingkan dengan jenis butir sedimen yang kasar seperti pasir. Pergerakan massa air tidak mempengaruhi distribusi Karbon Organik Total dalam sedimen secara signifikan.

### Daftar Pustaka

Chester, R. 1990. *Marine Geochemistry*. Unwin Hyman, London, England

- DHI Water and Environment, 2012. MIKE 21 & MIKE 3, Flow Model FM, Hydrodynamic and Transport Module Scientific Documentation. DHI, Denmark, 90 p.
- Djamaluddin, R. 1993. Sifat Fisika Kimia Sedimen di Laut. Tesis. Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Hanafiah, K. A. 2005. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Rajagrafindo Prasad. Jakarta.
- Hardjowigeno. 1992. Ilmu Tanah. Mediatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Ingmanson, D.E. and W.J. Wallace, 1989. Oceanography: An Introduction. Fourth Edition. Wadsworth Publishing Company Belmont. California
- Kemp, W. M. 1989. Estuarine Chemistry. *In* Day, J. W., C. A. S. Hall, W. M. Kemp and A. Yanez Arancibia (eds): Estuarine Ecology, Section II: Physical Considerations. John Wiley and Sons, New York, USA
- Komar, P.D. 1998. Beach Processes and Sedimentation. Second Edition. Prentice Hall. New Jersey.
- Madjid, A. 2007. Dasar-dasar Ilmu Tanah: Bahan Ajar Online. Fakultas Pertanian. Universitas Sriwijaya. Palembang
- McIntyre, A.D and N.A. Holme. 1984. Methods for the Study of Marine Benthos. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford, Blackwell Scientific Publication, Oxford, 387 pp.
- Meng, J., P. Yao, Z. Yu, T. S. Bianchi, B. Zhao, H. Pan and D. Li. 2014. Speciation, Bioavailability and Preservation of Phosphorus of the Changjiang Estuary and Adjacent East China Sea Inner Shelf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science.*, 144:27-38
- Nazir, M. 2003. Metode Penelitian. Salemba Empat, Jakarta, 63 hlm
- Oslen, C. R., N. H. Cutshall and I. L. Larsen. 1982. Pollutant-Particle Association and Dynamics in Coastal Marine Environments: A Review. *Marine Chemistry.*, 11:501-533.
- Pariwono, J.I., 1996. Oseanografi Fisika dan Dinamika Perairan Pesisir. Materi Pelatihan Perencanaan dan Pengelolaan Wilayah Pesisir Secara Terpadu (ICZPM). PKSPL-LP IPB Kerjasama dengan Dirjen BANGDA-DEPDAGRI. Bogor.
- Pethick, J., 1997. An Introduction to Coastal Geomorphology. Edward Arnold. London.
- Poerbandono dan Djunarsjah, E. 2005. Survei Hidrografi. Refika Aditama, Bandung, 166 hlm.
- Wardheni, A., A. Satriadi dan W. Atmodjo. 2014. Studi Arus dan Sebaran Sedimen Dasar di Perairan Pantai Larangan Kabupaten Tegal. *Jurnal Oseanografi.*, 3:277-283.
- Wibisono, M. S. 2005. Pengantar Ilmu Kelautan. Grasindo, Jakarta, 88 hlm