

Rasio Organik Karbon Terhadap Fosfor Dalam Sedimen Di Muara Sungai Banjir Kanal Barat, Semarang

Lilik Maslukah*, Sri Yulina Wulandari, Aryani Yasrida

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang Tlp. / Fax. (024)7474698 Semarang 50275

Email: lilik_masluka@yahoo.com

Abstrak

Sedimen dasar diambil dari estuari Banjir Kanal Barat Semarang. Metode pengabuan digunakan untuk menentukan karbon organik dan fosfor organik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi karbon organik berkisar antara 0,07-0,71% dengan nilai rerata 0,34% dan konsentrasi fosfor organik antara 1,0-3,4 $\mu\text{mol.gr}^{-1}$ dengan nilai rerata 1,98 $\mu\text{mol.gr}^{-1}$. Hasil perhitungan rasio OC/OP menunjukkan kisaran 2,3-358 dengan nilai rerata 169. Sumber utama material organik dalam sedimen berasal dari daratan dan unsur P lebih reaktif daripada karbon. Keberadaan OC tidak langsung menentukan distribusi OP. Selain organik karbon, distribusi OP dipengaruhi oleh jenis sedimen dan parameter lain seperti arus dan kedalaman.

Kata Kunci: Karbon organik, fosfor organik, sedimen dasar, rasio OC/OP

Abstract

The Ratio of Organic Carbon and Phosphorus in Sediment at BanjirKanal Barat Estuary of Semarang

The bottom of sediment is taken from the estuary Banjir Kanal Barat, Semarang. Spying method used to determine organic carbon and the organic phosphorus. The results showed that the concentration of organic carbon ranged between 0.07-0.71 % with an average value 0,34% and concentration of organic phosphorus between 1,0-3,4 $\mu\text{mol.gr}^{-1}$ with an average value 1,98 $\mu\text{mol.gr}^{-1}$. OC / OP ratio calculation results show the range of 2,3-358 with mean value 169. The main source of organic material in the sediment comes from the teresstrial and the P element is more reactive than carbon. The existence of OC indirectly determines the distribution of OP. In addition to organic carbon, the OP distribution is influenced by sedyment type and other parameters such as current and depth.

Keywords: Organic carbon, organic phosphorus, bottom sedimen, OC/OP ratio

PENDAHULUAN

Muara dan pesisir merupakan daerah yang mempunyai jumlah penduduk dan aktivitas manusia yang tinggi. Wilayah ini meliputi 7% dari luas permukaan laut di dunia dan mempunyai 30% total produksi primer bersih (Durr *et al.*, 2011). Daerah ini merupakan daerah yang paling aktif proses biogeokimianya dan lebih mudah terkena dampak buangan aktivitas manusia, khususnya wilayah tropis (Yule *et al.*, 2010, Smith *et al.*, 2012). Daerah pesisir sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan alam dan aktivitas manusia termasuk di dalamnya penggunaan lahan serta evolusi geomorfologi (Sia *et al.*, 2012).

Estuari Banjir Kanal Barat merupakan salah satu estuari yang berpotensi terkena dampak akibat kegiatan manusia didaerah hulu. Keberadaan

pemukiman penduduk yang cukup padat dan adanya beberapa industri akan berdampak terhadap buangan limbah baik organik maupun anorganik. Industri ini meliputi industri tekstil (PT. Daimatex, Sinar Panca Jaya, Panca Tunggal), industri logam dan mesin (PT.Raja Besi), industri kimia (Kimia Farma dan Paphros), dan industri keramik (PT. Queen Keramik dan Alam Daya Sakti) (Bappedal, 2002).

Limbah dalam perairan terdapat dalam bentuk material terlarut dan padatan. Material terlarut akan mengalami proses adsorpsi dengan padatan suspensi. Selanjutnya suspensi tersebut akan mengalami proses pengendapan dan menjadi bagian dari sedimen dasar perairan.

Sedimen memainkan peran penting dalam dinamika nutrisi keseluruhan ekosistem pesisir laut

karena banyak mengandung bahan organik. Unsur karbon dan fosfor merupakan bagian penyusun bahan organik. Fosfor organik dan karbon organik yang telah mengendap dalam sedimen dapat terlepas kembali ke perairan. Pelepasan kedua elemen ini sangat penting untuk lingkungan estuari dan pesisir, berkaitan dengan proses regenerasi nutrisi ke kolom perairan. Sedimen menjadi sumber fosfat terbesar bagi perairan di bumi (Schlesinger dan Bernhardt, 2013). Mekanisme pelepasannya tergantung pada proses difusi, berdasarkan perbedaan konsentrasi antara kolom air dan air pori (Callender dan Hammond, 1982) serta oleh proses fisis yang terjadi di laut seperti arus dan pasang surut (Warken *et al.*, 2000 dan Maslukah *dkk.*, 2014). Distribusi ukuran butir dan parameter lingkungannya seperti kedalaman, salinitas, pH dan oksigen terlarut berperan dalam mengontrol proses pelepasannya.

Penentuan organik karbon merupakan bagian penting dari karakterisasi lokasi atau penilaian ekologis karena dengan kehadiran atau ketidakhadirannya sangat mempengaruhi bagaimana suatu unsur kimia, termasuk P (phosphor), bereaksi di tanah atau sedimen (Deming dan Yager, 1992). P dalam bentuk fosfat (PO_4^{3-}) telah dikenal sebagai nutrisi paling penting dan kritis di lingkungan perairan terestrial dan pesisir (Harrison *et al.*, 1990) dan diperkirakan mengendalikan produktivitas primer laut selama skala waktu geologis (Ruttenberg, 2004). Fosfor di alam tidak dijumpai dalam bentuk bebas, melainkan dalam bentuk senyawa organik dan anorganik.

Rasio karbon organik (*organic carbon* = OC) terhadap fosfor organik (*organic phosphor* = OP) dapat dipakai untuk mempelajari sumber dan proses yang terjadi dalam lingkungannya (Meng *et al.*, 2014, Yang *et al.*, 2016, dan Zhou *et al.*, 2016). Penelitian tentang karbon organik dan fosfor di perairan Indonesia pernah dilakukan di perairan Gresik oleh Maulana *dkk.*, (2014), namun spesiasi fosfor yang diteliti merupakan anorganik P, yaitu bagian dari *bioavailable phosphat*.

Berdasarkan latar belakang tersebut perlu dilakukan penelitian berkaitan dengan Karbon Organik (OC) dan Fosfor organik (OP) serta rasionya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi organik fosfor dan organik karbon serta rasionya di estuari Banjir Kanal Barat, Semarang.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini meliputi 9 stasiun dengan penentuan lokasi menggunakan metode *purposive*

sampling. Titik pengambilan sampel ditentukan berdasarkan kondisi yang dapat mewakili kondisi daerah tersebut secara keseluruhan (Sugiyono, 2009). Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Data primer didapatkan dengan pengambilan sampel sedimen dasar secara langsung sebagai data utama yang dibutuhkan untuk analisis fosfor organik dan karbon organik. Parameter lingkungan yang diukur meliputi kecepatan arus, pH, salinitas, suhu dan oksigen terlarut (*dissolve oxygen* = DO).

Pengambilan sampel sedimen dasar dilakukan dengan menggunakan *grab sampler*, dengan kedalaman pengambilan sedimen kurang lebih 25 cm. Sampel sedimen kemudian dianalisis ukuran butirnya dengan metode granulometri dan penentuan jenis sedimen dilakukan dengan metode *segitiga Shepard*. Untuk menggambarkan keadaan arus dilokasi penelitian dengan menggunakan pendekatan model numerik. Pemodelan arus dilakukan dengan menggunakan model dua dimensi *Hydrodynamic (HD) flow model FM*.

Metode yang digunakan dalam penentuan karbon organik berdasarkan metode *Loss-On-Ignition (LOI)*. Sebanyak 1 gr sedimen kering yang sudah dihomogenisasikan, direndam dengan larutan 6M HCl untuk menghilangkan karbon anorganik (terutama dalam bentuk karbonat) kemudian dibilas dengan aquades untuk menghilangkan garam. Selanjutnya dilakukan pengeringan pada suhu $\pm 60^\circ\text{C}$ untuk menghilangkan kadar air. Tahap selanjutnya diabukan dalam *muffle furnace* (tanur pengabuan) pada suhu 550°C . Perhitungan % karbon organik menggunakan rumus :

$$\% \text{KarbonOrganik} = \frac{\text{berat sedimen sebelum pengabuan} - \text{berat setelah pengabuan}}{\text{berat sedimen kering}} \times 100$$

Metode analisis fosfor organik (OP) dilakukan dengan mengekstraksi sedimen sebanyak 0,3 gr menggunakan larutan 1 M HCl (10 ml) dan dikocok selama 2 jam. Selanjutnya hasil ekstrak sedimen diencerkan menggunakan aquabides dan dianalisis menggunakan metode *spectrophotometric phosphomolybdate blue* (Murphy dan Riley, 1962, Liu *et al.*, 2004). Selisih antara konsentrasi sebelum dan sesudah pengabuan merupakan konsentrasi fosfor organik (OP) (Zhuang *et al.*, 2014). Selisih antara konsentrasi sedimen yang diabukan dan sebelumnya merupakan fosfor organik.

Adapun konsentrasi fosfor organik dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Konsentrasi Fosfor Organik } (\mu\text{mol/gram}) = \frac{C \times V}{W}$$

Dimana:

C = Nilai konsentrasi hasil pembacaan spektrofotometri (μM)

V = Volume larutan pengeksrak yang digunakan (liter)

W = Berat sedimen yang diekstrak (gram)

HASIL DAN PEMBAHASAN

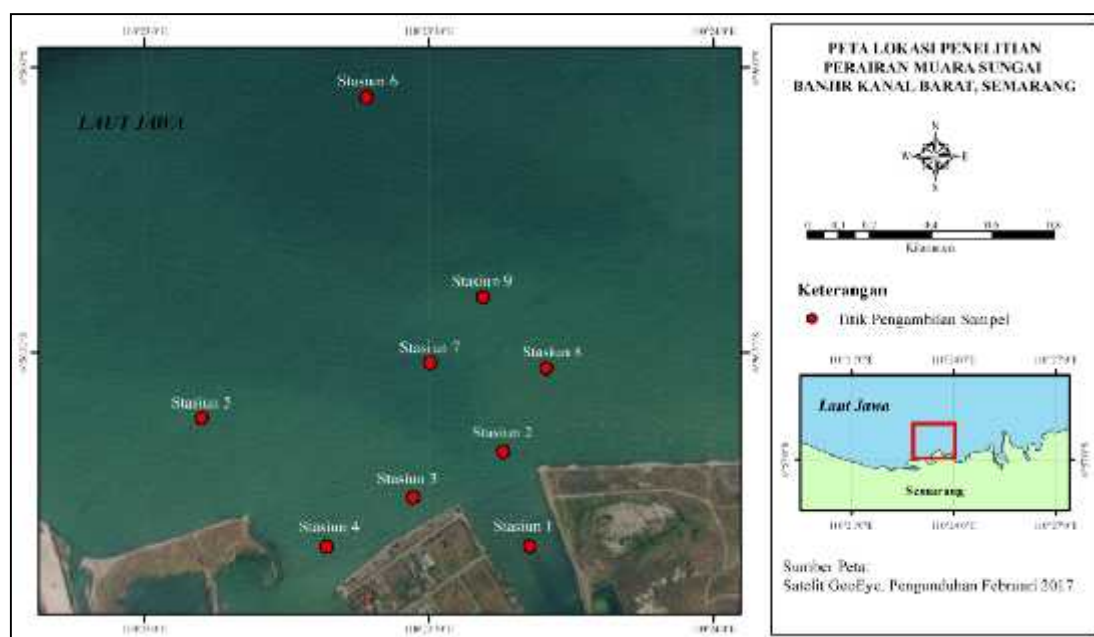
Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata konsentrasi karbonorganik (OC) adalah 0,34 % dan fosfororganik (OP) 1,98 $\mu\text{mol.gr}^{-1}$ dengan kisaran antara 1,00-3,40 $\mu\text{mol.gr}^{-1}$ (OP) dan karbon organik (OC) antara 0,07-0,57% (Tabel 1). Konsentrasi fosfor organik tertinggi terdapat pada stasiun 9, sedangkan karbon organik Stasiun 3.

Distribusi ukuran butir daerah penelitian lebih dominan ke pasir lanauan dan lanuan. Kadar karbon organik tertinggi di temukan di stasiun 3 dengan jenis sedimen lanau, namun hal ini tidak terjadi pada stasiun yang lain (5,6,7 dan 8). Kondisi ini terjadi karena ada faktor lain yang mempengaruhinya, yaitu kecepatan arus dan kedalaman. Kecepatan arus dan kedalaman di stasiun 3 sangat rendah dan kedalaman cukup dalam (Tabel 2). Arus yang tenang menyebabkan banyak karbon organik terendapkan dan proses resuspensi kurang instensif pada kedalaman yang relatif lebih dalam.

Persebaran konsentrasi karbon organik (OC) pada lokasi muara sungai (stasiun 2) cenderung

rendah dan semakin besar saat menjauhi muara atau di daerah transisi (kecuali stasiun 8). Konsentrasi OC tertinggi berada pada stasiun 3. Hal ini diduga karena bahan organik yang telah teradsorpsi didalam suspensi sedimen terbawa arus dan mengendap di perairan yang jauh dari muara sungai dan terakumulasi. Dalam penelitian ini kedalaman mempengaruhi konsentrasi karbon organik. Konsentrasi karbon organik akan bertambah seiring bertambahnya kedalaman dan kecepatan arus yang cukup lemah sehingga proses pengadukan lebih jarang terjadi. Stasiun 3 juga didukung oleh fraksi sedimen yang cukup halus. Hasil penelitian Meng *et al.* (2014) menyatakan bahwa kandungan organik karbon yang lebih rendah ditemukan didekat muara sungai dengan kandungan pasir (*sand*) dan sebaliknya konsentrasi yang lebih tinggi ditemukan di daerah yang mempunyai fraksi lanau (*silt*). Namun demikian hal ini tidak terjadi pada stasiun 8 dengan jenis sedimen lanau (*silt*).

Pola hubungan antara organik karbon dan fosfor dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 2 memperlihatkan bahwa karbon organik tidak memiliki pola yang sama dengan fosfor organik. Keberadaan karbon organik tidak langsung menentukan distribusi fosfororganik. Konsentrasi karbon organik memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dibanding fosfor organik. Berdasarkan perbandingan *Redfield Rasio* dinyatakan, bahwa secara alami nilai perbandingan karbon terhadap fosfor adalah 105 (Redfield, 1963). Rasio OC/OP

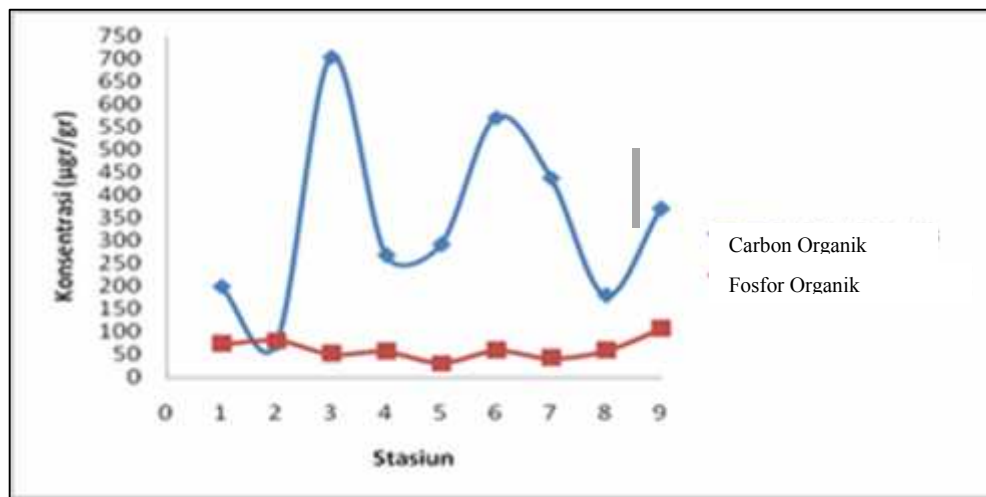


Gambar 1. Peta lokasi penelitian

dapat digunakan untuk menentukan sumber material dan proses biologi yang terjadi (Zhuang *et al.*, 2014). Hasil penelitian ini menunjukkan rasio OC/OP berada pada kisaran 23-358 (Tabel 1). Rasio OC/OP stasiun 3, 4, 5, 6 dan 7 memiliki rasio >105. Kanget *al.*, (2014) menyatakan, bahwa rasio OC/OP yang tinggi dilokasi penelitian disebabkan karena sumber utama masukan material organik dari daratan. Selanjutnya dijelaskan oleh Sekula-Wood *et al* (2012), bahwa rasio yang tinggi juga disebabkan adanya kecenderungan proses regenerasi P selama proses dekomposisi material organik. Material organik dalam sedimen akan mengalami proses dekomposisi menghasilkan nutrien, salah satunya adalah fosfor anorganik.

Fosfor anorganik selanjutnya akan terlepas dari sedimen ke kolom perairan dan akan menyebabkan proses eutrofikasi kolom perairan. Proses terlepasnya unsur ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti ukuran butir dan parameter lingkungan perairan lainnya seperti arus, oksigen terlarut, pH, salinitas dan suhu. Distribusi ukuran butir ditampilkan pada Tabel 1 dan parameter lingkungan yang terukur disajikan pada Tabel 2.

Untuk menggambarkan pola arus yang terjadi dilokasi penelitian, dilakukan pendekatan menggunakan model. Pola ini digambarkan pada kondisi pasang menuju surut (Gambar 3.) dan pada kondisi surut menuju pasang (Gambar 4).



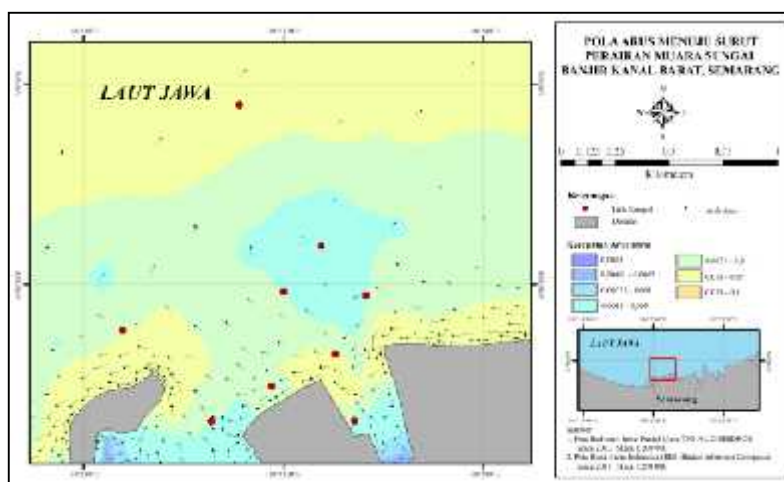
Gambar 2. Pola hubungan antara konsentrasi fosfor organik dan karbon organik

Tabel 1. Distribusi ukuran butir sedimen dan jenis sedimen, organik karbon (OC) dan organik phosphor Muara Sungai Banjir Kanal Barat, Semarang

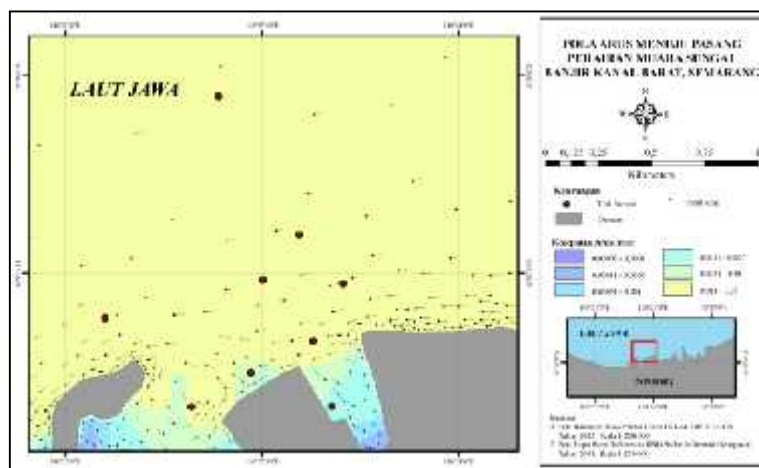
Stasiun	Presentase Butir Sedimen (%)			Jenis Sedimen	OC (%)	OP (µmol/g)	Rasio Molar (OC/OP)
	Pasir (<i>Sand</i>)	Lanau (<i>Silt</i>)	Lempung (<i>Clay</i>)				
1	84,84	14,36	0,65	Pasir	0,20	2,33	71
2	72,08	27,43	0,49	Pasir lanauan	0,07	2,61	23
3	0	93,46	6,54	Lanau	0,71	1,64	358
4	52,47	47,37	0,16	Pasir lanauan	0,27	1,79	124
5	0	98,97	1,03	Lanau	0,29	1,00	244
6	0	91,95	8,05	Lanau	0,57	1,86	255
7	0	98,08	1,92	Lanau	0,44	1,33	275
8	0	88,89	11,11	Lanau	0,18	1,87	80
9	53,66	46,15	0,19	Pasir lanauan	0,37	3,40	91

Tabel 2. Parameter lingkungan yang diukur selama penelitian

Sta.	Koordinat	Suhu (°C)	Salinitas (ppt)	Kedalaman (m)	Kecepatan Arus (m/s)	Arah Arus (°)	pH	DO (mg/liter)
1	6° 56' 50.512" S 110° 23' 40.563" T	28	2,11	0,75	0,0323	285,1	7,34	2,9
2	6° 56' 40.131" S 110° 23' 37.787" T	28,8	2,34	0,85	0,0235	244,3	7,49	5,6
3	6° 56' 45.219" S 110° 23' 28.28" T	29,6	18,7	2,9	0,0247	198,5	7,53	8,3
4	6° 56' 50.512" S 110° 23' 19.287" T	30,4	35	2,6	0,0270	213,5	7,5	7,4
5	6° 56' 36.808" S 110° 23' 6.068" T	29,6	19,2	3,6	0,0417	214,1	7,63	9,9
6	6° 56' 14.383" S 110° 23' 15.012" T	30,3	26	3,7	0,1250	234,1	7,68	8,6
7	6° 56' 31.068" S 110° 23' 30.092" T	30	30,8	3,2	0,0875	234,2	7,69	8,1
8	6° 56' 34.586" S 110° 23' 44.298" T	30,2	32,3	3	0,0455	223,9	7,7	9,1
9	6° 56' 24.202" S 110° 23' 35.741" T	30,9	28,5	2,6	0,0392	264,7	7,7	8,8



Gambar 3. Peta pola arus kondisi pasang menuju surut pada Muara Sungai Banjir Kanal Barat, Semarang



Gambar 4. Peta pola arus kondisi surut menuju pasang pada Muara Sungai Banjir Kanal Barat, Semarang

Tabel 3. Konsentrasi OP, OC dan rasionya oleh beberapa Peneliti

Nama Peneliti dan Tahun	Lokasi	Konsentrasi OC (%)	Konsentrasi OP ($\mu\text{mol.gr}^{-1}$)	Rasio OC/OP
Zhuang <i>et al.</i> , 2014	Laizhou Bay	0,14-1,51 (rerata 0,67)	0,69-2,93	($\pm 100-450$)
Zhuang <i>et al.</i> , 2014	Zhangzi Island	0,12-2,18 (rerata 0,73)	0,74-2,77	($\pm 70-700$)
Meng <i>et al.</i> , 2014	Changjiang estuary, Laut China Selatan	0,21-0,85 (rerata 2,73)	0,82-4,27 (rerata 2,73)	72-422
Yang <i>et al.</i> , 2016	Sebelah Timur Pulau Hainan, Laut China Selatan	0,15-0,70	1,14-9,39 (rerata 3,86)	< 105
Kang <i>et al.</i> , 2017	Jiaozhou Bay	<0,9	0,61-3,53	73-472 (rerata 180)
Hasil Penelitian	Estuary Banjir Kanal Semarang	0,07-0,57 (rerata 0,34)	1,0-3,40 (rerata 1,98)	23-358 (rerata 169)

KESIMPULAN

Nilai konsentrasi karbon organik (OC) lebih tinggi dibanding fosfor organik (OP). Rasio OC/OP lebih tinggi dari Redfield ratio (>105). Adanya aktivitas hulu sungai Banjir Kanal Barat berperan utama terhadap sumber material organik di daerah estuari. Kekuatan arus, kedalaman dan jenis sedimen berperan penting dalam menentukan karbon organik dan fosfor organik dilokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Callender, E., and D.E. Hammond, 1982. Nutrient exchange across the sedimentwater interface in the Potomac River Estuary. *Estuary. Coast. Shelf. Sci.* 15: 395-413.
- Deming J.W. and P.L. Yager. 1992. Natural Bacterial Assemblages in Deep-Sea Sediments: Towards a Global View. In: Rowe G.T., Pariente V. (Eds.), *Deep-Sea Food Chains and the Global Carbon Cycle*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 11–27.
- Dürr, H. H., Laruelle, G. G., van Kempen, C. M., Slomp, C. P., Meybeck, M., and Middelkoop, H. 2011. Worldwide typology of nearshore coastal systems: defining the estuarine filter of river inputs to the oceans. *Estuary. Coast.* 34 : 441–458.
- Harrison, P.J., M.J. Hu, Y.P. Yang and X. Lu. 1990. Phosphate limitation in estuarine and coastal water of China. *J. Exp. Mar. Biol Ecology.* 40:79–87.
- Liu, S.M., Zhang, J., Li, D.J., 2004. Phosphorus cycling in sediments of the Bohai and Yellow seas. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 59: 209-218
- Kang, X., J. Song, H. Yuan, X. Shi, W. Yang, X. Li, N. Li, L. Duan. 2017. Phosphorus speciation and its bioavailability in sediments of the Jiaozhou Bay. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 188:127-136.
- Maslukah L., E. Indrayantidan S. Budhiono. 2014. Proses Pasang Surut dalam Pola Fluktuasi Nutrien Fosfat di Muara Sungai Demaan, Jepara. *Bul. Ose. Mar.* 3(1): 25-31
- Maulana, M.H. L. Maslukah, S. Y. Wulandari. 2014. Studi kandungan fosfat *bioavailable* dan karbon organik total (KOT) pada sedimen dasar di muara Sungai Manyar Kabupaten Gresik. *Bul. Ose. Mar.* 3(1): 32-36.
- Meng, J. P., Yao, Z. Yua, T. S. Bianchie, B. Zhaoa, H. Pan and D. Lia. 2014. Speciation, bioavailability and preservation of phosphorus in surface sediments of the Chanjian Estuary and Adjacent East China Sea Inner Shelf. *Estuar., Coast. Shelf Sci.* 144:27-38
- Murphy, J., & Riley, J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta.* 27: 31-36.
- Redfield, A.C., Ketchum, B.H., Richards, F.A., 1963. The Influence of organisms on the composition of sea-water. *The Sea.* 2:26-77.
- Ruttenberg, K.C. 2004. The Global Phosphorus Cycle. In: Holland, H.D., Turekian, K.K, (Eds.). *Treatise on Geochemistry* 8. Elsevier, Amsterdam. Pp:585–643.
- Smith, J., Burford, M. A., Revill, A. T., Haese, R. R., and Fortune, J. 2012. Effect of nutrient loading on biogeochemical processes in tropical tidal creeks. *Biogeochemistry.* 108:359–380.

- Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Penerbit Alfabeta, Bandung. 333 hlm.
- Warnken, K.W., G.A. Gill, P.H.Santschi, & L.L. Griffin. 2000. Benthic exchange of nutrients in Galveston Bay. *Estuaries*. **23**(5):647-661.
- Yang, B., S. M. Liu, Y. Wu and J. Zhang. 2016. Phosphorus speciation and availability in sediments off the Eastern Coast of Hainan Island, South China Sea. *Cont. Shelf Res.* 118:111-127.
- Yule, C. M., Boyero, L., and Marchant, R. 2010. Effects of sediment pollution on food webs in a tropical river (Borneo, Indonesia). *Mar. Freshwater Res.* 61: 204–213.
- Zhou, F.X., Gao, X.L., Yuan, H.M., Song, J.M., Chen, C.T.A., Lui, H.K., Zhang, Y., 2016. Geochemical forms and seasonal variations of phosphorus in surface sediments of the East China Sea shelf. *J. Mar. Syst.* 159: 41-54.
- Zhuang, W., Gao, X.L., Zhang, Y., Xing, Q.G., Tosi, L., Qin, S., 2014. Geochemical characteristics of phosphorus in surface sediments of two major Chinese mariculture areas: the Laizhou Bay and the coastal waters of the Zhangzi Island. *Mar. Pollut. Bull.* 83. 343-351.