

Produktivitas Primer Perairan Estuari Berdasarkan Kandungan Klorofil-a di Kecamatan Talawi Kabupaten Batu Bara
(Primary Productivity of Estuarine Based On The Concentration of Chlorophyll-a at Kecamatan Talawi Kabupaten Batu Bara)

Tantri Ayu Syahfitri¹, Hesti Wahyuningsih², Rusdi Leidonald³

¹Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara (Email: tatararam@yahoo.com)

²Staf Pengajar Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara

³Staf Pengajar Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara

ABSTRACT

Primary Productivity is the formation process of organic compounds through photosynthesis. This research aimed to know primary productivity based on the concentration of chlorophyll-a, phytoplankton identification and it's abundance at the estuarine of Kecamatan Talawi Kabupaten Batu Bara. The water sampling is conducted three times in two weeks interval during April until Mei 2014. From the observation is known first station's estuary classified as Well-mixed estuary is the estuary that completely mixed, second station's estuary as Salt wedge estuary is the estuary that has weak mixing. The research results that there are 5 classes 17 families and 25 species of phytoplankton. The highest species abundance is 1073,889 ind/l found at third station, and the highest abundance species is Skeletonema sp. The highest chlorophyll-a value is 0,89 mg/m³ was found at third station.

Keywords: productivity, chlorophyll-a, phytoplankton, *Skeletonema* sp., estuarine, Kecamatan Talawi.

PENDAHULUAN

Informasi tentang produktivitas primer perairan penting diketahui sehubungan dengan peranannya sebagai penyedia makanan (produser) dalam ekosistem perairan, serta perannya sebagai pemasok kandungan oksigen terlarut di perairan. Tingkat produktivitas primer suatu perairan memberikan gambaran apakah suatu perairan cukup produktif dalam menghasilkan biomassa tumbuhan, terutama fitoplankton, termasuk pasokan oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis yang terjadi, sehingga mendukung perkembangan

ekosistem perairan (Hariadi, dkk., 2010).

Kandungan pigmen fotosintesis (terutama klorofil-a) dalam air sampel menggambarkan biomassa fitoplankton dalam suatu perairan. Klorofil-a merupakan pigmen yang selalu ditemukan dalam fitoplankton serta semua organisme autotrof dan merupakan pigmen yang terlibat langsung dalam proses fotosintesis. Jumlah klorofil-a pada setiap individu fitoplankton tergantung pada jenis fitoplankton, oleh karena itu komposisi jenis fitoplankton sangat berpengaruh terhadap kandungan klorofil-a di perairan (Adani, dkk., 2013).

Tingkat pemanfaatan yang tinggi di perairan estuari Kecamatan Talawi Kabupaten Batu Bara menjadi penyebab limpahan bahan organik. Limpahan bahan organik menyebabkan penurunan atau pengurangan kecerahan perairan yang juga akan menurunkan penetrasi cahaya. Hal ini mempengaruhi fotosintesis fitoplankton dan nilai produktivitas primer perairan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis produktivitas primer dengan mengukur konsentrasi klorofil-a dan mengetahui identifikasi dan kelimpahan fitoplankton pada perairan estuari Kecamatan Talawi, Kabupaten Batu Bara

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi dalam menganalisis produktivitas primer perairan estuari dan sebagai data awal dalam mengetahui tingkat kesuburan perairan estuari Kecamatan Talawi, Kabupaten Batu Bara.

METODE PENELITIAN

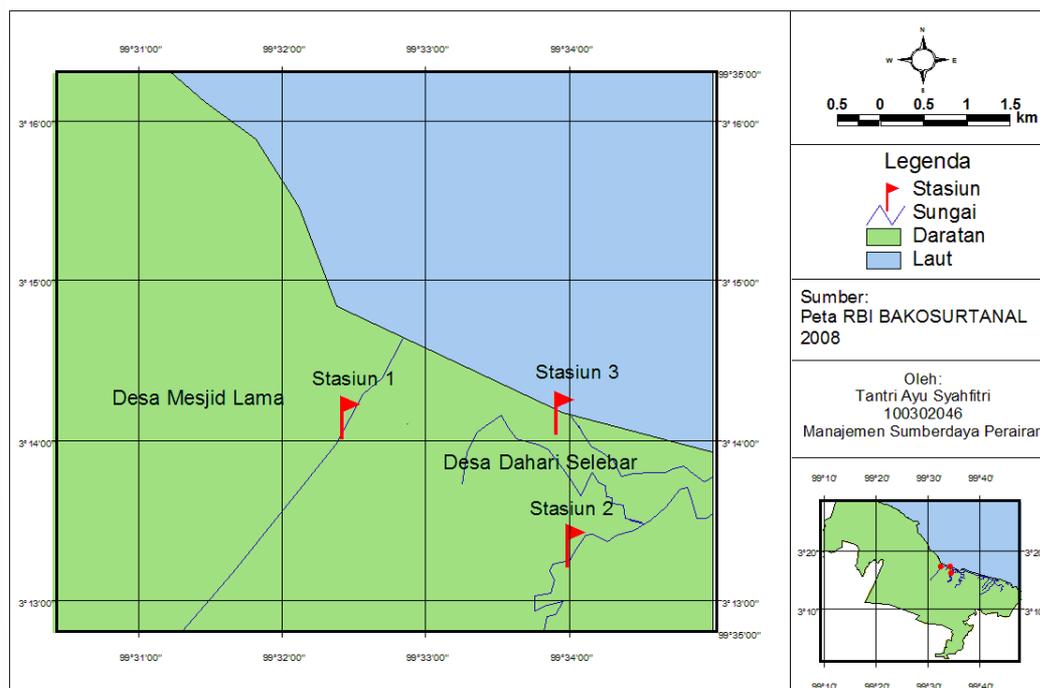
Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama bulan April-Mei 2014. Lokasi pengambilan sampel air di estuari Desa Masjid Lama dan Desa Dahari Selebar, Kecamatan Talawi, Kabupaten Batu Bara. Analisis sampel air dilakukan di Balai Teknis Kesehatan Lingkungan, Balai Riset dan Standarisasi Industri dan Laboratorium Terpadu Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.

Deskripsi Area

Stasiun 1 merupakan estuari yang terdapat pada titik $3^{\circ} 14' 18,9''$ LU dan $99^{\circ} 32' 57,0''$ BT di Desa Dahari Selebar. Stasiun 2 berada pada titik $3^{\circ} 13' 34,8''$ LU dan $99^{\circ} 34' 08,1''$ BT dan stasiun 3 terletak pada titik koordinat $3^{\circ} 14' 23,4''$ LU dan $99^{\circ} 33' 89,6''$ BT. Kedua stasiun ini terletak di Desa Masjid Lama.

PETA LOKASI PENELITIAN



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Estuari Kec. Talawi Kab. Batu Bara.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah termometer, keping Secchi, pH meter, jergen plastik 1 L, refraktometer, ember 10 L, *plankton net*, labu Erlenmeyer 125 ml, pipet tetes, botol sampel, kamera, mikroskop, aluminium foil, *cool box*, lakban, dan *GPS*. Bahan yang digunakan adalah $MnSO_4$, $KOH-KI$, H_2SO_4 , $Na_2S_2O_3$, lugol, alkohol, aquades, dan amilum.

Metode Penelitian

Penentuan lokasi dilakukan dengan metode "*Purposive Sampling*". Pengambilan sampel dilakukan pada saat surut di 5 titik yang berada di masing-masing stasiun. Pada pengambilan sampel air digunakan metode *space composite sampling*. Air sampel dari 5 titik tersebut digabungkan menjadi satu sampel air untuk pengukuran konsentrasi klorofil-a, kelimpahan fitoplankton, salinitas, *total suspended solid*, nitrat dan fosfat.

Faktor Fisika Kimia Perairan

No	Parameter	Satuan	Alat dan Metode	Tempat Pengukuran
Fisika				
1	Temperatur Air	$^{\circ}C$	Termometer Raksa	Air <i>In - situ</i>
2	Penetrasi Cahaya	Cm	Keping Secchi	<i>In - situ</i>
3	Salinitas	‰	Refraktometer	<i>In - situ</i>
Kimia				
4	pH Air	-	pH meter	<i>In - situ</i>
5	DO	mg/l	Metode Winkler	<i>in - situ</i>
6	BOD ₅	mg/l	Metode Winkler setelah inkubasi selama 5 hari	<i>Ex - situ</i>
7	TSS	mg/l	Spektrofotometri	<i>Ex - situ</i>
8	Nitrat	mg/l	Spektrofotometri	<i>Ex - situ</i>
9	Fosfat	mg/l	Spektrofotometri	<i>Ex - situ</i>
Biologi				
10	Klorofil-a	mg/m ³	Spektrofotometri	<i>Ex - situ</i>
11	Kelimpahan Fitoplankton	Ind/l	Pencacahan	<i>Ex - situ</i>

Analisis Data

Konsentrasi Klorofil-a

Perhitungan konsentrasi klorofil-a dilakukan menggunakan perumusan menurut Parsons dan

Faktor Biologi Perairan

Pengukuran Konsentrasi Klorofil-a

Sampel air diambil sebanyak 1 L dari 5 titik pada setiap stasiun, kemudian botol sampel dilapisi dengan aluminium foil agar cahaya matahari tidak masuk kemudian dimasukkan kedalam *cool box*. Botol sampel kemudian dibawa ke Laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan untuk dilakukan analisis.

Identifikasi Jenis dan Pengukuran Kelimpahan Fitoplankton

Sampel air yang diambil sebanyak 10 L, air tersebut kemudian dituang kedalam *plankton net*. Contoh air yang tersaring (50 ml) dimasukkan dalam botol sampel yang berlabel kemudian diawetkan dengan lugol 2%

Sampel diambil 1 ml menggunakan pipet tetes lalu dituang dan diamati menggunakan *Sedgwick Rafter*. Pengamatan dilakukan dengan tiga kali ulangan dan diidentifikasi.

Strickland (1968) *diacu oleh* Adani, dkk. (2013) yaitu:

$$Chl-a = 11,6(E_{665}) - 1,31(E_{645}) - 0,14(E_{630})$$

Kemudian, nilai klorofil-a tersebut diformulasikan kedalam rumus konsentrasi klorofil-a dalam suatu perairan menurut Parsons, *dkk.* (1984, diacu oleh Adani, 2013):

$$\text{Klorofil-}a \text{ (mg/l)} = \frac{\text{Chl-}a \times V_a}{V \times d}$$

Keterangan:

Chl- a : nilai klorofil-a

V_a : Volume aseton 90% (ml)

d : diameter cuvet

V : Volume sampel yang disaring (ml)

* 1mg/l = 0,001 mg/m³

Kelimpahan Fitoplankton

Perhitungan kelimpahan fitoplankton per liter dilakukan dengan menggunakan formulasi Fachrul (2007) yaitu:

$$N = n \times \left(\frac{V_r}{V_o} \right) \times \left(\frac{1}{V_s} \right)$$

Keterangan:

K = kelimpahan plankton (ind/L)

n = jumlah fitoplankton yang diamati (sel)

Identifikasi Fitoplankton

Kelas	No.	Famili	No.	Spesies	
Bacillariophyceae	1	Chaetoceroceae	1	<i>Bacteriastrum</i> sp.	
			2	<i>Chaetoceros</i> sp.	
			3	<i>Rhizosolenia</i> sp.	
	2	Fragillariaceae	4	<i>Asterionella</i> sp.	
			5	<i>Synedra</i> sp.	
	3	Melosiraceae	6	<i>Melosira</i> sp.	
	4	Naviculaceae	7	<i>Gyrosigma</i> sp.	
			8	<i>Navicula</i> sp.	
			9	<i>Nitzschia</i> sp.	
		5	Pleurosigmaaceae	10	<i>Pleurosigma</i> sp.
		6	Skeletonemaceae	11	<i>Skeletonema</i> sp.
		7	Surirellaceae	12	<i>Surirella</i> sp.
	Chlorophyceae	8	Gonatozygaceae	13	<i>Gonatozygon</i> sp.
		9	Volvocales	14	<i>Oedogonium</i> sp.
Coscinodiscophyceae			15	<i>Pandorina</i> sp.	
	10	Biddulphiaceae	16	<i>Biddulphia</i> sp.	
			17	<i>Isthmia</i> sp.	
	11	Coscinodiscoceae	18	<i>Coscinodiscus</i> sp.	
	12	Lithodesmiaceae	19	<i>Dytilum</i> sp.	
	13	Paraliaceae	20	<i>Paralia</i> sp.	
	14	Stephanodiscoceae	21	<i>Cyclotella</i> sp.	
			22	<i>Stephanodiscus</i> sp.	
		15	Triceratiaceae	23	<i>Triceratium</i> sp.
	Cyanophyceae	16	Nostocaceae	24	<i>Oscillatoria</i> sp.
	Fragillariaphyceae	17	Thalassionemalaceae	25	<i>Thalassionema</i> sp.

V_r = Volume air tersaring (ml)

V_o = Volume air yang diamati (pada *Sedgewick Rafter*) (ml)

V_s = Volume air yang disaring (l)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Klasifikasi Estuaria

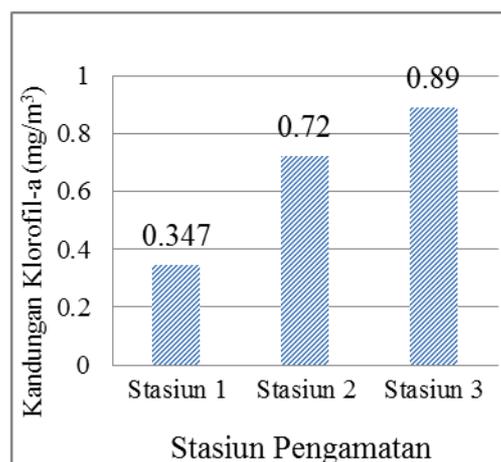
Berdasarkan pengamatan selama penelitian dan diacu dengan literatur klasifikasi estuaria berdasarkan interaksi aliran air tawar dan sirkulasi pasang surut menurut Tomzacak (2000, diacu oleh Azis, 2007), klasifikasi estuari stasiun 1 merupakan *Well-mixed estuary* yaitu estuari yang tercampur sempurna, stasiun 2 merupakan *Salt wedge estuary* yaitu estuari yang mempunyai percampuran lemah dan stasiun 3 merupakan perairan pantai yang tidak termasuk klasifikasi estuari.

Nilai Kelimpahan Fitoplankton

Hasil penelitian menunjukkan stasiun yang memiliki kelimpahan spesies tertinggi yaitu pada stasiun 3 sebesar 1073,889 ind/l dan terendah pada stasiun 2 yaitu 410,833 ind/l.

Klorofil-a

Berdasarkan hasil analisa data klorofil-a, diperoleh rata-rata nilai Klorofil-a tertinggi pada stasiun 3 sebesar 0,89 mg/m³. Nilai Klorofil-a terendah terdapat pada stasiun 1 sebesar 0,347 mg/m³.



Gambar 2. Kandungan Klorofil-a di Estuari Kec. Talawi Kab. Batu Bara

Parameter Fisika- Kimia Perairan

No.	Parameter Fisika-Kimia	Satuan	Stasiun		
			1	2	3
1.	Suhu	⁰ C	29,73	30,4	29,33
2.	Penetrasi	cm	15,53	28,53	34,06
3.	pH		7,89	7,92	9,37
4.	Salinitas	‰	0	18	28,33
5.	DO	mg/l	5,5	5,16	5,83
6.	BOD	mg/l	3,93	2,8	4,2
7.	TSS	mg/l	49	54,33	43,67
8.	Nitrat	mg/l	10,91	3,60	2,11
9.	Posfat	mg/l	0,33	0,08	0,01

Keterangan:

- a. Stasiun 1 : Galangan Perahu
- b. Stasiun 2 : Kegiatan Domestik
- c. Stasiun 3 : Perairan Pantai Batu Bara

Pembahasan

Kelimpahan Fitoplankton

Spesies yang mempunyai kelimpahan tertinggi pada setiap stasiun penelitian adalah spesies *Skeletonema* sp. dengan kelimpahan stasiun 1 sebesar 378,611 ind/l, stasiun 2 sebesar 263,056 ind/l dan pada stasiun 3 dengan kelimpahan *Skeletonema* tertinggi sebesar 614,722 ind/l. Secara garis besar dapat dikatakan bahwa perairan

estuaria di Kecamatan Talawi Kabupaten Batu Bara mendukung pertumbuhan *Skeletonema* sp. sehingga kelimpahannya tinggi. Barus (2004) menyatakan bahwa kelimpahan plankton akan meningkat jika di perairan tersebut terdapat nutrisi yang mendukung pertumbuhannya.

Hasil dari identifikasi fitoplankton secara keseluruhan baik di stasiun 1, stasiun 2 dan 3 didapat

bahwa kelas Bacillariophyceae yang mendominasi, karena menurut Nybakken (1992), jenis ini mampu tumbuh dengan cepat meskipun pada kondisi nutrien dan cahaya yang rendah. Hal ini juga dikarenakan kelas ini mampu meregenerasi dan reproduksi yang lebih besar dan juga memiliki kemampuan beradaptasi dengan baik.

Klorofil-a

Fluktuasi konsentrasi klorofil-a tidak menunjukkan kesamaan dengan besarnya nilai kelimpahan fitoplankton, yang berarti walaupun kelimpahan fitoplankton tinggi tidak berarti konsentrasi klorofil-a tinggi. Hal demikian diduga berkaitan dengan ukuran fitoplankton. Menurut Madubun (2008, diacu oleh Galingging, 2010) ukuran sel akan mempengaruhi jumlah klorofil-a yang dikandung masing-masing sel fitoplankton, sehingga diduga hal ini menyebabkan tinggi rendahnya kandungan klorofil-a.

Rendahannya kandungan klorofil pada stasiun 1 dengan rata-rata 0,347 diikuti dengan rendahnya penetrasi cahaya pada stasiun tersebut, dengan rata-rata 15,53 cm. Nontji (1984, diacu oleh Widyorini, 2009) menyatakan bahwa kandungan klorofil dalam sel dipengaruhi oleh intensitas cahaya, ketersediaan unsur hara dan komposisi jenis. Perbedaan kandungan jenis pigmen pada setiap jenis fitoplankton menyebabkan jumlah cahaya matahari yang diabsorpsi oleh setiap spesies plankton akan berbeda juga.

Faktor Fisika-Kimia Perairan

Hasil pengukuran yang dilakukan terhadap faktor fisika-

kimia di perairan estuari Kecamatan Talawi Kabupaten Batu Bara pada masing-masing stasiun penelitian menunjukkan kisaran suhu 28-32 °C. Rata-rata suhu tertinggi terdapat pada stasiun 2 dengan nilai 30,4 °C dan suhu rata-rata terendah terdapat pada stasiun 3 sebesar 29,33 °C. Hal ini dapat dikarenakan bahwa kondisi cuaca selama pengamatan relatif sama.

Penetrasi cahaya tertinggi terdapat di stasiun 3 sebesar 34,07 cm. Hal ini dikarenakan stasiun 3 merupakan perairan pantai. Perairan pantai stasiun 3 berhubungan langsung dengan Selat Malaka. Berbeda dengan stasiun 1 dan 2 yang merupakan estuari dan memiliki sedimentasi tinggi. Penetrasi terendah terdapat di stasiun 1 sebesar 15,53 cm. Pada setiap pengamatan di stasiun 1 kondisi perairan estuari sedang surut, sehingga nilai penetrasi cahayanya selalu rendah.

Kisaran pH yaitu antara 7,4-9,6. Rata-rata pH tertinggi terdapat pada stasiun 3 yaitu 9,37. Jenis substrat di stasiun 3 diketahui sebagai lempung berpasir yang diacu dari penelitian Ramadhani (2014). Pada umumnya tanah dengan jenis substrat lempung berpasir mengandung alkali yang tinggi, sehingga menyebabkan perairan menjadi basa.

Kondisi lapangan pada saat pengamatan menunjukkan variasi nilai salinitas yang berkisar antara 0-30 ‰. Salinitas terendah terdapat pada stasiun 1, yaitu 0 ‰ yang dikarenakan estuari sedang surut pada setiap pengamatan, sehingga terjadi kekosongan air laut dan hanya terdapat masukan air tawar dari hilir.

Salinitas tertinggi terdapat pada stasiun 3 dengan kisaran 25-30 ‰. Menurut Nybakken (1992), gambaran dominan lingkungan estuari ialah berfluktuasinya salinitas. Secara defenitif, suatu gradien salinitas akan tampak pada suatu saat tertentu, tetapi pola gradien bervariasi bergantung pada musim, topografi estuari, pasang surut, dan jumlah air tawar. Faktor lain yang berperan dalam mengubah pola salinitas adalah pasang surut. Saat pasang salinitas akan naik karena pengaruh air laut (asin), sedangkan saat surut salinitas akan menurun karena pengaruh masuknya air sungai (air tawar).

Fluktuasi oksigen terlarut di daerah perairan Estuari Kecamatan Talawi Kabupaten Batu Bara berkisar antara 2,5-10,5 mg/l. Nilai oksigen terlarut antara masing-masing stasiun tidak terlalu jauh berbeda, dipengaruhi oleh suhu perairan yang tidak terlalu berfluktuasi juga. Kegiatan di perairan stasiun 3 mempengaruhi oksigen terlarut sehingga nilainya selalu stabil pada setiap pengambilan sampel.

Stasiun 2 merupakan daerah yang dikelilingi rumah-rumah penduduk yang merupakan nelayan, sehingga banyak menerima pencemaran limbah domestik dan limbah buangan dari kapal berupa limbah organik yang jika terurai akan menghasilkan asam organik yang dapat menghambat kelarutan oksigen pada perairan dan oksigen juga banyak digunakan untuk menguraikan materi organik oleh mikroorganisme. Hal ini menyebabkan kandungan oksigen terlarut stasiun dua terendah dibandingkan yang lain, setelah dirata-ratakan. Hal ini sesuai dengan

pernyataan Simanjutak (2007) terganggunya suatu ekosistem perairan dapat diketahui dari tingkat kesuburan yang semakin rendah. Salah satu indikator kesuburan perairan adalah oksigen terlarut. Kadar oksigen terlarut semakin menurun seiring dengan semakin meningkatnya limbah organik di perairan tersebut.

Rata-rata BOD₅ tertinggi terdapat pada stasiun 3 yaitu sebesar 4,2 mg/l yang dikarenakan berbagai aktivitas di sekitar perairan pantai. Masuknya limbah organik perairan, sehingga menyebabkan kebutuhan oksigen terlarut oleh biota air (bakteri) untuk mengurainya juga akan meningkat.

Kisaran padatan tersuspensi total antara 41-56 mg/l. Rata-rata padatan tersuspensi total tertinggi terdapat pada stasiun 2 yaitu 56,33 mg/l, sedangkan terendah terdapat pada stasiun 3 yaitu 43,67 mg/l. Kandungan TSS memiliki hubungan yang erat dengan kecerahan perairan. Pada stasiun 2 dengan rata-rata padatan tersuspensi total tertinggi menandakan bahwa dengan padatan tersuspensi total sebesar 56,33 mg/l menghalangi cahaya masuk ke perairan stasiun 2.

Hasil pengukuran nitrat di perairan estuari Kecamatan Talawi berkisar 2,09-13,01 mg/L. Nilai tersebut termasuk dalam nilai kandungan bahan organik air yang sangat tinggi dalam suatu perairan. Bahan organik merupakan salah satu komponen penyusun substrat dasar perairan yang merupakan penimbunan sisa-sisa tumbuhan dan hewan (Wahyu, 2002 *diacu oleh* Hutabarat, dkk., 2013).

Tingginya unsur nitrat pada stasiun 1 disebabkan lokasi ini merupakan lokasi untuk galangan

perahu dan sebagian pemukiman penduduk yang menghasilkan limbah domestik yang mengakibatkan peningkatan kadar nitrat di badan perairan. Menurut Sitorus (2009) konsentrasinya di dalam perairan akan semakin bertambah bila semakin dekat dari titik pembuangan, namun akan semakin berkurang bila jauh dari titik pembuangan yang disebabkan aktivitas dari mikroorganisme yang akan mengoksidasi ammonium menjadi nitrit yang akhirnya menjadi nitrat.

Keadaan stasiun 1 pada saat pengambilan sampel mempengaruhi hasil penelitian. Sampel dilakukan pada saat surut sehingga kedalaman rendah, sementara arus air sungai sangat deras. Hal ini menyebabkan pengadukan air, sehingga nitrat dan fosfat yang berasal dari substrat teraduk dan naik ke permukaan.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui rata-rata fosfat tertinggi terdapat pada stasiun 1 yaitu 0,33 mg/l dan rata-rata terendah di stasiun 3 sebesar 0,01 mg/l. Menurut Perkins (1974, *diacu oleh* Sitorus, 2009) kandungan fosfat yang terdapat di perairan umumnya tidak lebih dari 0,1 mg/l, kecuali pada perairan yang menerima limbah dari rumah tangga dan industri tertentu, serta dari daerah pertanian yang mendapat pemupukan fosfat. Pernyataan ini sesuai dengan kondisi stasiun 1 yang menerima limbah rumah tangga dan kapal, sehingga nilai rata-rata fosfat tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Produktivitas primer pada perairan estuari Kecamatan Talawi, Kabupaten Batu Bara dengan mengukur konsentrasi

klorofil-a tertinggi sebesar 0,89 mg/m³ pada stasiun 3.

2. Fitoplankton yang diperoleh pada perairan estuari Kecamatan Talawi, Kabupaten Batu Bara terdiri dari 25 spesies fitoplankton yang banyak terdapat pada kelas Bacillariophyceae, dengan kelimpahan spesies fitoplankton tertinggi pada stasiun 3 sebesar 1073,889 ind/l dan *Skeletonema* sp. adalah fitoplankton dengan kelimpahan tertinggi di setiap stasiun.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui keanekaragaman fitoplankton yang berdasarkan waktu pasang dan surut. Sebagai strategi pengelolaan diperlukan pengawasan lebih lanjut terhadap kegiatan masyarakat di sekitar estuari.

DAFTAR PUSTAKA

- Adani, N. G., M. R. Muskanonfolo, I. B. Hendarto. 2013. Kesuburan Perairan Ditinjau dari Kandungan Klorofil-a Fitoplankton: Studi Kasus di Sungai Wedung, Demak. *Diponegoro Journal of Maquares*, Vol. 2 No. 4.
- Azis, M. F. 2007. Tipe Estuari Binuangeun (Banten) Berdasarkan Distribusi Suhu dan Salinitas Perairan. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* Vol. 33 No. 1.
- Barus, T. A. 2004. Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Air Daratan. Medan: USU Press.

- Fachrul, M. 2007. Metode Sampling Bioekologi. Jakarta: Bumi Aksara.
- Galingging, M. 2010. Hubungan Produktivitas Primer Fitoplankton Dengan Faktor Fisik Kimia Air di Muara Sungai Asahan. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Hariadi, S., E. M. Adiwilaga, T. Prariono, S. Hardjoamidjojo, dan A. Damar. 2010. Produktivitas Primer Estuari Sungai Cisadane Pada Musim Kemarau. *Jurnal Limnotek*, Vol. 17 No. 1.
- Hutabarat, S., P. Soedarsono dan I. Cahyaningtyas. 2013. Studi Analisa Plankton Untuk Menentukan Tingkat Pencemaran di Muara Sungai Babon Semarang. *Jurnal of Management of Aquatic Resources*, Vol. 2 No. 3.
- Nybakken, J. W. 1992. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Ramadhani, S. F. 2014. Studi Bioekologi Ikan Gelodok (Famili: Gobiidae) di Pantai Bali Desa Mesjid Lama Kecamatan Talawi Kabupaten Batu Bara Provinsi Sumatera Utara. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Simanjuntak, F.K. 2010. Keanekaragaman Plankton dan Hubungannya dengan Kualitas Perairan Muara Sungai Asahan. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Sitorus, M. 2009. Hubungan Nilai Produktivitas Primer dengan Konsentrasi Klorofil *a* dan Faktor Fisik Kimia di Perairan Danau Toba, Balige, Sumatera Utara. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Widyorini, N. 2009. Pola Struktur Komunitas Fitoplankton Berdasarkan Kandungan Pigmennya di Pantai Jepara. *Jurnal Sainstek Perikanan*, Vol. 4 No. 2.