

12-25-2003

KANDUNGAN TOTAL ZAT PADAT TERSUSPENSI (TOTAL SUSPENDED SOLID) DI PERAIRAN RAHA, SULAWESI TENGGARA

M S. Tarigan

Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta 14430, Indonesia

Edward Edward

Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta 14430, Indonesia

Follow this and additional works at: <https://scholarhub.ui.ac.id/science>

Recommended Citation

Tarigan, M S. and Edward, Edward (2003) "KANDUNGAN TOTAL ZAT PADAT TERSUSPENSI (TOTAL SUSPENDED SOLID) DI PERAIRAN RAHA, SULAWESI TENGGARA," *Makara Journal of Science*: Vol. 7: Iss. 3, Article 13.

Available at: <https://scholarhub.ui.ac.id/science/vol7/iss3/13>

This Article is brought to you for free and open access by the Universitas Indonesia at UI Scholars Hub. It has been accepted for inclusion in Makara Journal of Science by an authorized editor of UI Scholars Hub.

KANDUNGAN TOTAL ZAT PADAT TERSUSPENSI (*TOTAL SUSPENDED SOLID*) DI PERAIRAN RAHA, SULAWESI TENGGARA

M.S. Tarigan dan Edward

Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi,
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta 14430, Indonesia

Abstrak

Pengukuran kandungan total zat padat tersuspensi (TSS) di perairan Raha Pulau Muna, Sulawesi Tenggara telah dilakukan pada bulan Mei 2001. Hasilnya menunjukkan bahwa kandungan total zat padat tersuspensi berkisar antara 74,8-78,9 ppm dengan kandungan rata-rata 76,5 ppm. Kandungan ini masih sesuai dengan nilai ambang batas yang ditetapkan oleh Kementerian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (KLH) tahun 1988 kepentingan perikanan dan taman laut konservasi, tetapi kurang sesuai untuk kepentingan pariwisata (selam, dan renang).

Abstract

Total Suspended Solid Content in Raha Waters, Northeast of Celebes. Measurement on Total Suspended Solid (TSS) in Raha waters were carried out in May 2001. The results showed that the content of total suspended solid varied between 74,8 – 78,9 ppm with averages content is 76,5 ppm. This content is still suited to the threshold value stated by government decree in 1988 for fishery and sea conservation park, but not suitable for recreation (swimming, diving activity).

Keywords: Raha waters, total suspended solid

1. Pendahuluan

Zat padat tersuspensi (*Total Suspended Solid*) adalah semua zat padat (pasir, lumpur, dan tanah liat) atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air dan dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, ataupun komponen mati (abiotik) seperti detritus dan partikel-partikel anorganik. Zat padat tersuspensi merupakan tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia yang heterogen, dan berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan. Penetrasi cahaya matahari ke permukaan dan bagian yang lebih dalam tidak berlangsung efektif akibat terhalang oleh zat padat tersuspensi, sehingga fotosintesis tidak berlangsung sempurna. Sebaran zat padat tersuspensi di laut antara lain dipengaruhi oleh masukan yang berasal dari darat melalui aliran sungai, ataupun dari udara dan perpindahan karena resuspensi endapan akibat pengikisan [1].

Beberapa sumber dan komposisi beberapa partikulat pencemar yang umum berada di suatu perairan antara lain erosi tanah, lumpur merah dari pabrik aluminium oksida, padatan dari pencucian batubara, lubang tanah liat, kegiatan penimbunan sisa pengerukan, penyulingan pasir-pasir mineral, dan pabrik pencucian, kerikil dan kegiatan-kegiatan lainnya [2]. Komposisi dan sifat partikulat pencemar dari erosi tanah berupa mineral tanah, pasir, tanah liat dan lumpur, sedangkan mineral sedimen, pasir, tanah liat, lumpur, detritus organik dihasilkan dari kegiatan penimbunan sisa pengerukan. Garam-garam besi yang dapat berubah menjadi besi terhidrasi dalam air laut merupakan pencemar dari lumpur merah dari pabrik aluminium oksida dan penyulingan pasir-pasir mineral [2].

Studi ini mengkaji kandungan total zat padat tersuspensi di perairan Raha, untuk kepentingan perikanan, pariwisata dan taman laut konservasi serta kaitannya dengan parameter kualitas air lainnya seperti kecerahan, suhu, kadar oksigen terlarut, salinitas, fosfat dan nitrat.

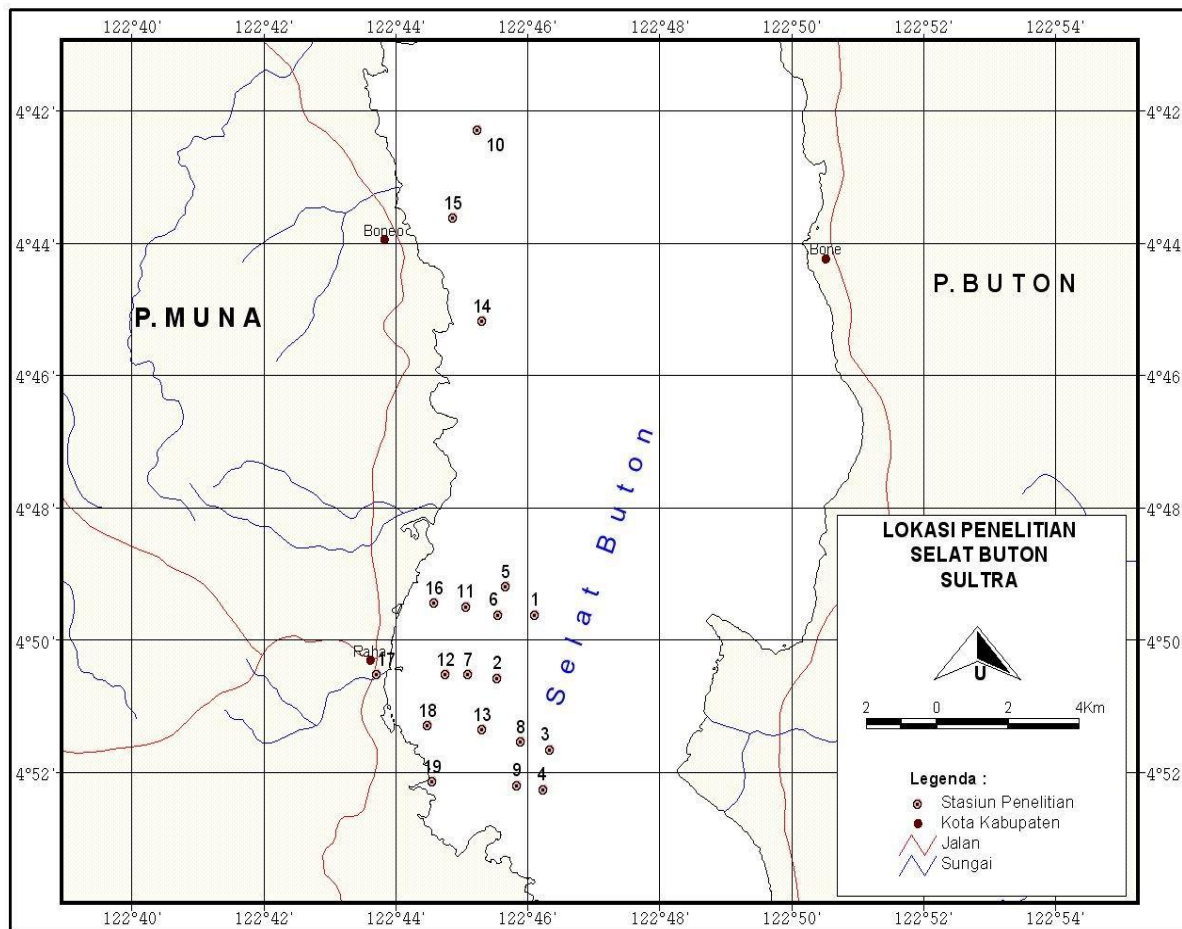
2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di perairan Raha Sulawesi Tenggara (Selat Buton) pada bulan Mei 2001. Contoh air laut diambil pada 20 stasiun pengamatan dengan menggunakan botol plastik pada lapisan permukaan (0 m) (Gambar 1). Posisi stasiun ditentukan dengan menggunakan *GPS* (*Geographic Positioning System*) (Tabel 1).

Contoh air laut sebanyak 1 liter disaring dengan menggunakan kertas saring *Whatman* GF/7 47 mm. Kertas saring sebelum digunakan terlebih dahulu dipanaskan dalam *oven* pada suhu 80 °C selama 24 jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai berat konstan. Selanjutnya kertas saring yang telah digunakan dan berisi residu dipanaskan seperti di atas, dan ditimbang. Selisih antara berat kertas saring dengan residu terhadap berat kertas saring tanpa residu merupakan kandungan total zat padat tersuspensi [3]. Suhu diukur dengan termometer balik terlindung (*Protected Reversing Thermometer*), salinitas dengan salinometer, oksigen terlarut dengan metode *Winkler* secara titrasi, dan nutrisi (fosfat dan nitrat) dengan spektrofotometer [4].

Tabel 1. Posisi Stasiun Pengamatan

Stasiun	Lintang Selatan	Bujur Timur
1	04.50.021	122.42.693
2	04.49.629	122.46.036
3	04.50.554	122.45.408
4	04.51.670	122.46.277
5	04.52.244	122.46.163
6	04.49.189	122.45.560
7	04.49.649	122.45.433
8	04.50.544	122.44.933
9	04.51.524	122.45.80
10	04.52.190	122.45.737
11	04.42.307	122.45.095
12	04.49.475	122.44.899
13	04.50.527	122.44.569
14	04.51.384	122.45.173
15	04.45.208	122.45.173
16	04.43.607	122.44.690
17	04.49.420	122.44.379
18	04.50.502	122.43.440
19	04.51.308	122.44.277
20	04.52.140	122.44.356



Gambar 1. Lokasi Penelitian Selat Buton Sulawesi Tenggara

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran kandungan zat padat tersuspensi di perairan Raha disajikan pada Tabel 2. Pada tabel tersebut dapat dilihat kandungan zat padat tersuspensi pada bulan Mei berkisar antara 74,8 – 78,9 ppm dengan rerata 76,5 ppm.

Kandungan ini masih sesuai dengan Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan oleh Kementerian KLH [5] untuk kepentingan perikanan dan taman laut konservasi yaitu < 80 ppm, namun tidak sesuai untuk kepentingan pariwisata (mandi selam dan renang) yaitu < 23 ppm. Dengan demikian untuk kepentingan perikanan dan taman laut konservasi, kandungan zat padat tersuspensi ini belum menimbulkan bahaya dan dampak negatif. Menurut US-EPA [6] pengaruh padatan tersuspensi sangat beragam, tergantung pada sifat kimia alamiah bahan tersuspensi tersebut, khususnya bahan toksik. Untuk zat padat tanpa bagian toksik yang nyata seperti tanah liat, pemisahan bahan tersuspensi serta penutupan oleh tanaman bentik dan hewan tidak bertulang belakang dapat menyebabkan angka kematian yang tinggi. Tanaman menderita abrasi dan kerusakan mekanik, hewan yang tidak bertulang belakang yang lebih kecil mati tercekik, dan hewan tidak bertulang belakang besar yang mempunyai insang akan mengalami penyumbatan pada alat penglihatan dan permukaan tubuh lainnya. Pengaruh yang berbahaya pada ikan, zooplankton, dan makhluk hidup lainnya pada prinsipnya adalah penyumbatan insang oleh partikel. Kepekatan yang menyebabkan pengaruh ini dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4 [2]. Telur makhluk hidup air yang terdapat pada sedimen menderita angka kematian yang tinggi. Partikel terlarut juga dapat menyebabkan kematian pada telur non bentik dengan melalui penyerapan pada permukaan telur. Kedua pengaruh tersebut mengakibatkan penurunan aliran air dan oksigen terlarut ke dalam telur [7]. Pengaruh keduanya terhadap perilaku ikan terjadi dalam bentuk penolakan ikan terhadap air keruh, hambatan makan dan peningkatan pencarian tempat berlindung. Selain itu kekeruhan juga mengurangi aktivitas dan mempengaruhi jalur migrasi ikan.

Tabel 2. Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (TSS) di Perairan Raha, Mei 2001

No	Stasiun	Kandungan TSS, ppm
1	1	77,6
2	2	76,3
3	3	78,9
4	4	74,8
5	5	75,7
6	6	77,3
7	7	77,0
8	8	76,4
9	9	75,5
10	10	77,8
11	11	76,3
12	12	75,6
13	13	76,9
14	14	77,3
15	15	78,3
16	16	75,7
17	17	76,1
18	18	75,4
19	19	74,8
20	20	77,4
Min		74,8
Max		78,9
Rerata		76,5

NAB	<80*, <23**
-----	-------------

Ket: NAB : Nilai Ambang Batas,

* Perikanan dan taman laut konservasi., ** Pariwisata

Tabel 3. Pengaruh Bahan Tersuspensi terhadap Tumbuhan dan Hewan Air (tidak bertulang belakang)

No	Biota	Jenis bahan tersuspensi	Kepekatan, ppm	Waktu Hari	Pengaruh
		Debu batu bara	500	7	Kerusakan mekanis dan abrasi
			100	21	
2	Kladosera dan Kopepoda	Tanah liat	300-500	-	Berbahaya
3	<i>Daphnia magna</i>	Kaolinit	392	-	Berbahaya
		Montmorilonit	102		
		Arang	80		

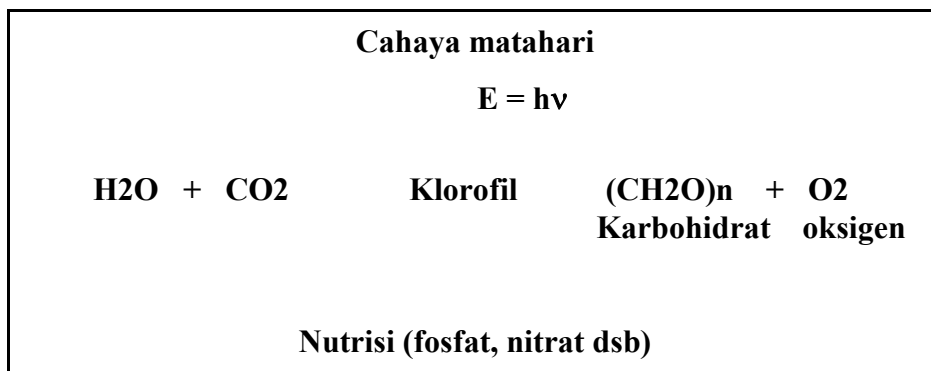
Sumber: Connel dkk, [2]

Umumnya tingkat kekeruhan atau kecerahan suatu perairan sangat dipengaruhi oleh kandungan zat padat suspensi. Pada perairan pantai, seperti perairan Raha ini, kekeruhan air sangat dipengaruhi oleh kontribusi suspensi dari sungai yang dibawa arus sepanjang pantai (*longshore current*). Selain itu dipengaruhi pengadukan gelombang terhadap sedimen pantai, karena perairan Raha merupakan perairan estuari yang terdapat beberapa sungai bermuara di perairan ini. Namun kandungan zat padat tersuspensi di perairan ini tampaknya belumlah menyebabkan rendahnya tingkat kecerahan air laut. Tingkat kecerahan air laut di perairan Raha ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Dari tabel tersebut terlihat bahwa tingkat kecerahan air laut di perairan Raha berkisar antara tampak dasar (Td) - 15,4 m dengan rerata 11,88 m. Nilai kecerahan rerata ini relatif masih normal, dan masih sesuai untuk kepentingan perikanan yakni > 3 m, taman laut konservasi yaitu < 30 m, dan pariwisata (mandi selam dan renang) yaitu > 10 m. Untuk kepentingan pariwisata tingkat kecerahan lebih dari 10 m adalah sangat baik, khususnya untuk kemampuan mata memandang lebih jauh di dalam air.

Kandungan zat padat tersuspensi yang tinggi banyak mengurangi penetrasi cahaya matahari ke dalam laut [2], sehingga panas yang diterima air laut permukaan tidak cukup efektif untuk proses fotosintesis. Namun tampaknya kandungan zat padat tersuspensi di perairan ini belum menyebabkan terhalangnya transfer energi dari matahari ke permukaan laut, sehingga energi matahari yang diterima air laut masih mampu untuk melaksanakan fotosintesis. Keadaan ini terlihat dari hasil pengukuran suhu air laut yang relatif masih normal (Tabel 6). Dari tabel tersebut dapat dilihat suhu berkisar antara 27,8-30,39 °C, suhu ini masih sesuai dengan suhu air laut yang dijumpai di perairan laut yang normal. Suhu ini masih sesuai dengan suhu air laut umumnya. Menurut Ilahude dan Liasaputra [8] suhu di perairan laut tropis berkisar antara 25,6 - 32,3 °C, sedangkan menurut Nybakken [9] antara 20 - 30 °C.

Keadaan yang sama juga terlihat untuk produksi oksigen melalui proses fotosintesis, di mana hasil pengukuran kadar oksigen terlarut menunjukkan bahwa oksigen yang dihasilkan relatif masih normal (Tabel 7). Reaksi fotosintesis secara sederhana dapat dilihat pada reaksi berikut [10]:



Reaksi Fotosintesis [10]

Tabel 4. Beberapa Pengaruh Bahan Tersuspensi terhadap Ikan

No	Biota	Jenis bahan tersuspensi	Kepekatan, ppm	Waktu Hari	Pengaruh
1	Rainbow trout	• Lumpur dari pencucian kerikil	160.000	1	Mematikan
			80.000	1	Tidak teramati
		• Lumpur dari pencucian batubara	200	280	Tidak teramati
2	Salmon	Padatan yang terlarut di sungai	137-395	-	Ikan memilih air yang lebih jernih
3	Cuthroat trout	Kekeruhan sungai	35	-	Ikan mencari penutup dan berhenti makan

Sumber: Connel dkk., [2]

Tabel 5. Kecerahan Air Laut di Perairan Raha, Mei 2001

Stasiun	Kecerahan (meter)	Stasiun	Kecerahan (meter)
1	14,7	11	13,00
2	13,4	12	13,10
3	13,6	13	11,20
4	12,4	14	11,60
5	12,5	15	12,00
6	14,0	16	10,70
7	13,3	17	10,00
8	15,4	18	2,00
9	12,5	19	9,00
10	11,5	20	Td
Min	Td		
Max	15,40		
Rerata	11,88		

Std	2,86
-----	------

Ket: Td (Tampak dasar)

Tabel 6. Suhu di Perairan Raha, Mei 2001

No	Stasiun	Suhu, $^{\circ}\text{C}$
1	1	30,00
2	2	30,00
3	3	29,90
4	4	30,10
5	5	30,10
6	6	30,00
7	7	30,10
8	8	29,90
9	9	30,10
10	10	30,00
11	11	30,10
12	12	30,10
13	13	30,10
14	14	30,20
15	15	30,20
16	16	30,00
17	17	30,00
18	18	31,10
19	19	30,20
20	20	31,50
Min		29,90
Max		31,50
Rerata		30,18
Std		0,396

Dari Tabel 7 dapat dilihat kadar oksigen terlarut pada bulan Mei berkisar antara 3,68 – 5,53 ml/l dengan rerata 4,079 ml/l (5,71 ppm). Kadar ini masih sesuai dengan Nilai Ambang Batas (NAB) untuk kepentingan perikanan dan taman laut konservasi yaitu > 4 ppm serta pariwisata yakni > 5 ppm [5].

Data ini menunjukkan bahwa kondisi perairan pada saat pengamatan relatif lebih bersih dari cemaran bahan organik. Hal ini wajar mengingat bulan Mei bukan merupakan musim hujan, sehingga kondisi perairannya relatif lebih bersih dari limbah dan sampah organik yang masuk aliran sungai. Kadar oksigen terlarut ini relatif masih normal dan umum dijumpai di perairan laut yang masih alami.

Faktor lain yang berpengaruh pada proses fotosintesis adalah zat hara fosfat dan nitrat yang merupakan nutrisi bagi fitoplankton. Hasil pengukuran kadar zat hara fosfat dan nitrat di perairan ini disajikan pada Tabel 8. Dari tabel tersebut dapat dilihat kadar zat hara nitrat pada bulan Mei berkisar antara 0,20 - 1,37 $\mu\text{g.at/l}$ dengan kadar rerata 0,535 $\mu\text{g.at/l}$). Kadar nitrat ini relatif tinggi. Kadar nitrat di perairan laut yang normal berkisar antara 0,01 – 0,50 $\mu\text{g/l}$ [11]. Kementerian KLH [5] tidak memberikan Nilai Ambang Batas (NAB) untuk nitrat, sedangkan Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan US-EPA [6] yakni $\leq 5 \mu\text{g/l}$ ($= \leq 70 \text{ ppb}$) untuk kehidupan biota laut. Pada Tabel 8 juga dapat dilihat kadar fosfat berkisar antara 0,47-2,66 $\mu\text{g.at/l}$ dengan rerata 1,034 $\mu\text{g.at/l}$. Kadar fosfat ini masih sesuai dengan kadar fosfat di perairan laut umumnya. Kadar fosfat di perairan laut yang normal berkisar antara 0,01 – 4,0 $\mu\text{g/l}$ [11].

Bila dilihat kaitannya dengan salinitas, terlihat bahwa pengaruh air tawar yang berasal dari sungai tidak terlalu besar, hal ini terlihat dari hasil pengukuran salinitas yang menunjukkan bahwa salinitas di perairan ini relatif masih

sesuai dengan salinitas yang umum dijumpai di perairan pantai. Hasil pengukuran salinitas di perairan Raha ini dapat dilihat pada Tabel 9. Pada tabel tersebut dapat dilihat salinitas pada bulan Mei berkisar antara 32,143-33,549 ‰ dengan rerata 32,799 ‰. Salinitas ini mencirikan salinitas perairan pantai. Salinitas di perairan terbuka berkisar antara 33 – 37 ‰ dengan rerata 35 ‰ [10]. Bila dikaji untuk kehidupan terumbu karang, salinitas ini relatif masih dapat mendukung kehidupan terumbu karang di perairan ini. Salinitas yang baik untuk kehidupan terumbu karang berkisar antara 27-40 ‰ [12].

Bila dibandingkan kandungan zat padat tersuspensi di perairan Raha dengan beberapa perairan di Indonesia terlihat bahwa kandungan zat padat tersuspensi di perairan Raha ini relatif lebih tinggi (Tabel 10) [1, 13-17].

Hal ini menunjukkan tingkat sedimentasi di perairan ini relatif tinggi. Dengan demikian tingkat kecerahan air laut di perairan Raha relatif lebih rendah dibandingkan dengan perairan lainnya. Kadar zat padat tersuspensi berbanding terbalik dengan tingkat kecerahan, makin

Tabel 7. Kadar Oksigen Terlarut di Perairan Raha, Mei 2001

Stasiun	Kadar Oksigen Terlarut, ml/l	Stasiun	Kadar Oksigen Terlarut, ml/l
1	4,37	11	4,12
2	4,18	12	4,27
3	3,97	13	4,27
4	3,68	14	3,78
5	3,83	15	3,94
6	4,25	16	4,12
7	4,40	17	4,06
8	4,09	18	3,80
9	3,91	19	3,88
10	4,53	20	4,14
Min		3,68	
Max		5,53	
Rerata		4,079	
Std		0,229	

rendah kadar zat padat tersuspensi makin tinggi tingkat kecerahan perairan. Kandungan zat padat tersuspensi di perairan Raha ini berasal dari sungai-sungai yang bermuara ke perairan ini. Sungai-sungai ini pada saat air surut (pasang surut) banyak material-material yang dapat menimbulkan kekeruhan seperti partikel-partikel tanah, limbah-limbah organik dan sebagainya. Dengan demikian aliran air tawar (sungai) pengaruhnya terhadap kandungan zat padat tersuspensi di perairan dapat dikatakan relatif cukup besar.

Tabel 8. Kadar Fosfat dan Nitrat di Raha, Mei 2001

No	Stasiun	Kadar, µg.at/l	
		Nitrat	Fosfat
1	1	0,20	0,71
2	2	0,31	0,83
3	3	0,22	0,75
4	4	0,31	0,71
5	5	0,35	0,79

6	6	0,35	0,63
7	7	0,51	0,75
8	8	0,38	0,79
9	9	0,60	0,71
10	10	0,93	0,86
11	11	0,40	0,63
12	12	0,38	0,54
13	13	0,82	0,75
14	14	0,58	0,75
15	15	0,42	0,42
16	16	0,55	0,21
17	17	0,44	0,83
18	18	1,37	0,54
19	19	0,82	0,58
20	20	0,73	0,83
Max		1,37	0,86
Min		0,20	0,21
Rerata		0,535	0,68
Std		0,283	0,16

Tabel 9. Salinitas (Kadar Garam) di Perairan Raha, Mei 2001

No	Stasiun	Kadar Garam, 0/oo
1	1	32,5
2	2	32,5
3	3	32,5
4	4	32,5
5	5	32,5
6	6	32,5
7	7	32,5
8	8	32,5
9	9	32,5
10	10	32,5
11	11	32,0
12	12	32,0
13	13	32,0
14	14	32,0
15	15	32,0
16	16	30,0
17	17	30,0
18	18	31,10
19	19	30,20
20	20	31,50
Max		32,50
Min		30,00
Rerata		31,75
Std		1,057

Tabel 10. Perbandingan Kadar Total Zat Padat Tersuspensi (TSS) di Perairan Raha dengan Beberapa Perairan di Indonesia

No	Lokasi	Rerata Kadar TSS, ppm
	Raha	70-80
1	T.Ambon [13]	0,311-0,424
2	Perairan Sorong [14]	0,0485
3	Teluk Manado [15]	0,012 - 0,078
4	Selat Malaka [1]	22,64 - 6,17
5	Teluk Jakarta [16]	66,0 - 91,09
6	Delta digul [17]	5,90 - 24,68

4. Kesimpulan

Nilai kecerahan dan kadar oksigen terlarut perairan Raha relatif normal dan masih sesuai untuk kepentingan perikanan dan taman laut konservasi serta pariwisata. Suhu air laut di perairan ini juga relatif masih normal seperti umumnya suhu air laut di daerah tropis dan salinitasnya juga masih sesuai dengan salinitas umumnya perairan pantai. Walaupun kandungan zat padat tersuspensi di perairan Raha masih sesuai dengan nilai ambang batas yang ditetapkan oleh pemerintah untuk kepentingan perikanan dan taman laut konservasi tetapi kurang sesuai untuk kepentingan pariwisata. Bila dibandingkan dengan beberapa perairan lain, pengaruh aliran sungai relatif cukup besar pada perairan ini dengan kandungan zat padatnya yang relatif lebih tinggi dibandingkan perairan lain di Indonesia sebagai hasil sedimentasi

materi yang dibawa aliran sungai.

Daftar Acuan

- [1] S.D. Permana, E. Triyati, A. Nontji, Pengamatan Klorofil dan Seston di Perairan Selat Malaka 1978-1980: Evaluasi Kondisi Perairan Selat Malaka 1978-1980, 1994, p. 63.
- [2] W.D. Connell, G. J. Miller. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran, Terjemahan: Yanti Koestoer, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta, 1995.
- [3] K. Banze, C.P. Falis, L.A. Hobson, Deep Sea Res. 10 (1963) 639.
- [4] J.D.H. Strickland, T.R. Parsons, Fish. Res. Board Canada 167 (1968) 311
- [5] Kementerian KLH, Keputusan Menteri Negara KLH Tentang Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan, Kementerian KLH, Jakarta, 1988
- [6] US Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Water Quality Criteria 1972, EPA-R3-73-033-March 1973. p. 177.
- [7] J.S. Alabaster, R. Lloyd (Eds.), Water Quality Criteria for Freshwater Fish, 2nd Ed. Butterworths, London, 1980.
- [8] A.G. Ilahude, S. Liasaputra, Dalam: A. Nontji, A. Djamali (Eds.), Teluk Jakarta: Penyajian Fisika, Kimia, Biologi Geologi, LON-LIPI, Jakarta, 1980.
- [9] W.J. Nybakken, Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis, Terjemahan, Penerbit PT. Gramedia, Jakarta, 1988.
- [10] K. Romimohtarto, S. S. Thayib, Kondisi Lingkungan dan Laut di Indonesia, LON-LIPI, Jakarta 1982.
- [11] D.M. Brotowidjoyo, D. Tribowo, Eko. M, Pengantar Lingkungan Perairan dan Budidaya Air, Liberty, Yogyakarta, 1995.
- [12] Eliza, Lingkungan dan Pembangunan 12 (1992) 150.
- [13] Edward, Tesis Magister, Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Indonesia, Indonesia, 1996.
- [14] Edward, Widya Warta No. 01, 1998.
- [15] Edward, A. Sediadi, Jurnal Perikanan Universitas Sam Ratulangi 1 (1999).
- [16] Sutomo, Prosiding Seminar Kelautan Nasional, Jakarta, 1995. p.1.
- [17] Bakosurtanal dan P3O-LIPI, Penelitian Terintegrasi Ekosistem Delta Digul Irian Jaya, Laporan, Jakarta, 1995.