

PENGARUH LIMBAH ORGANIK DAN RASIO N/P TERHADAP KELIMPAHAN FITOPLANKTON DI KAWASAN BUDIDAYA KERANG HIJAU CILINCING

Murdahayu Makmur¹, Haryoto Kusnoputranto², Setyo S. Moersidik³,
Djarot S. Wisnubroto⁴

¹Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN

²Program Studi Ilmu Lingkungan-PPS dan Jurusan Kesehatan Lingkungan-FKM
Universitas Indonesia

³Program Studi Ilmu Lingkungan-PPS dan Jurusan Teknik Sipil-FT Universitas Indonesia

⁴Badan Tenaga Nuklir Nasional

ABSTRAK

PENGARUH LIMBAH ORGANIK DAN RASIO N/P TERHADAP KELIMPAHAN FITOPLANKTON DI KAWASAN BUDIDAYA KERANG HIJAU CILINCING. Pengayaan bahan pencemar organik di perairan dipertimbangkan sebagai salah satu faktor pemicu pertumbuhan fitoplankton, dimana input bahan organik dari aktifitas antropogenik di daratan akan memicu ledakan alga. Penelitian ini akan melihat pengaruh limbah organik yang masuk ke perairan Cilincing melalui Sungai Cakung terhadap kelimpahan fitoplankton, dan mencari hubungan antara rasio N/P terhadap dominasi fitoplankton spesies tertentu. Analisis deskriptif dan korelatif dilakukan terhadap data series selama 5 tahun (2006–2010) pada Sungai Cakung, Muara Cilincing dan di perairan Cilincing, yang kemudian dibandingkan dengan data pemantauan langsung pada Januari-Februari 2011. Hasil analisis memperlihatkan bahwa pencemar organik di Sungai Cakung sudah melewati baku mutu, terutama untuk parameter oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*, DO), kebutuhan oksigen biokimia (*Biochemical Oxygen Demand*, BOD) dan amonia. Di perairan Cilincing, parameter temperatur, pH dan salinitas masih dalam kisaran baku mutu yang ditetapkan untuk perairan budidaya. Kandungan organik bervariasi di bawah dan di atas baku mutu dengan kelimpahan fitoplankton yang tinggi, termasuk kategori *blooming*. Tidak ada korelasi antara perubahan temperatur, pH dan salinitas terhadap kelimpahan fitoplankton, hal ini menunjukkan bahwa ketiga parameter tersebut bukan faktor utama dalam pertumbuhan fitoplankton. Rasio N/P berkisar dari 2–12,5/1, dengan rasio terbesar pada bulan Mei 2010, tetapi tidak ada data kelimpahan fitoplankton. Kelimpahan fitoplankton pada umumnya didominasi oleh diatom, dimana kelimpahan dinoflagelata berkisar dari 0,04-8,53% selama 5 tahun terakhir ini. Jika nilai rasio N/P turun, akan menyebabkan suksesi dari diatom ke dinoflagelata. Perlunya penguatan regulasi yang mengatur buangan pencemar organik yang masuk ke perairan, dan kegiatan monitoring lingkungan perairan sebagai tindakan pencegahan ledakan alga.

Kata kunci: pencemar organik, kelimpahan fitoplankton, rasio N/P, Cilincing

ABSTRACTS

INFLUENCE OF THE ORGANIC WASTE AND ITS N/P RATIO TO PHYTOPLANKTON DIVERSITY AT CILINCING MUSSEL FARMING. Eutrophication considered as one of the triggering factors of the phytoplankton growth, where organic matter input from anthropogenic activities in the land will trigger algal blooms. The study will look at the influence of the organic waste input to the Cilincing waters by Cakung river on the abundance of phytoplankton, and find the correlation between the N/P ratio to the dominance of phytoplankton species. Descriptive and correlative analysis performed on the data series for the past 5 years (2006-2010) at Cakung river, estuary and in the Cilincing waters, which is then compared with the monitoring data directly in the January-February 2011. The results of the analysis showed that the organic pollutants in Cakung river was higher than quality standards, especially for the Dissolved Oxygen (DO), Biochemical Oxygen Demand (BOD) and ammonia parameters. In the Cilincing waters, the parameters of temperature, pH and salinity are still within the range specified quality standards for marine

aquaculture. Organic content varies below and above the quality standards with a high abundance of phytoplankton, included to blooming category. There was no correlation between changes in temperature, pH and salinity on abundance phytoplankton, this shows that the three parameters are not a major factor in the growth of phytoplankton. The ratio of N / P ranged from 2-12,5/1, with the largest ratio in May 2010, but no data about phytoplankton abundance. Abundance of phytoplankton generally dominated by the diatom, and, abundance of the Dinoflagellates ranged from 0.04-8.53% in the last 5 years. Decrease the value of the N/P ratio will lead to a succession of diatoms to dinoflagellates. The need to strengthen regulations governing the discharge of organic pollutants into the waters, and aquatic environmental monitoring activities as algal blooms prevention.

Keywords: Organic waste, phytoplankton abundance, N/P ratio, Cilincing.

PENDAHULUAN

Teluk Jakarta merupakan perairan semi tertutup yang masih mendapat pengaruh sifat laut dari Laut Jawa dan menerima limpasan air sungai yang bermuara ke dalam teluk. Di perairan ini bermuara 13 sungai besar mulai dari muara sungai Cisadane di bagian barat sampai muara sungai Citarum di bagian timur. Teluk Jakarta adalah perairan yang penting, baik secara ekologis maupun ekonomis^[1]. Perairan ini secara ekologis menjadi penting karena menopang kehidupan biota laut di Laut Jawa serta mendapat ancaman serius pencemaran melalui limbah hasil kegiatan semua manusia di kota Jakarta dan sekitarnya yang masuk ke dalamnya. Secara ekonomis, perairan ini merupakan lahan kehidupan ribuan manusia, mulai dari nelayan, pelaku bisnis, hingga masyarakat umum lainnya. Di teluk ini pula terletak sebuah pelabuhan internasional yang memiliki frekuensi transportasi perkapalan yang tinggi, termasuk kegiatan pariwisata bahari di pantai Teluk Jakarta dan di gugusan Kepulauan Seribu [1]. Belum lagi kegiatan perikanan seperti tambak tambak di sepanjang pesisir pantai dan bagan bagan kerang hijau yang menyebar mulai dari Dadap, hingga Cilincing. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa Teluk Jakarta adalah sebuah ekosistem perairan yang mendapat tekanan ekologis dan ekonomis tinggi dari manusia.

Di samping itu, keterkaitan wilayah pesisir Teluk Jakarta dengan wilayah daratan melalui daerah aliran sungai (DAS) dengan 13 DAS yang bermuara di Teluk Jakarta, menjadikan wilayah pesisir Teluk Jakarta sebagai perangkap sedimen, nutrisi dan bahan-bahan pencemar yang berasal dari hulu, yang sangat berpengaruh pada produktivitas hayati dan kualitas lingkungan perairan Teluk Jakarta [2]. Dengan demikian, penduduk di Kota Jakarta bertanggung jawab atas tekanan ekologis yang terjadi di Teluk Jakarta karena semua limbah hasil kegiatan manusia, baik kegiatan domestik maupun industri masuk ke perairan ini. Apalagi sampai saat ini belum tersedia fasilitas pengolahan limbah cair domestik kolektif yang memadai yang mampu mengolah limbah cair domestik dari semua Kota Jakarta. Akibatnya, limbah cair domestik dari setiap rumah tangga masuk ke sistem drainase kota (kali dan sungai) tanpa diolah, kemudian masuk ke perairan Teluk Jakarta.

Dampak masuknya limbah organik dari daratan ke Teluk Jakarta membuat perairan ini menjadi demikian subur, bahkan kelewat subur yang dinamakan dengan *Hyper-eutrophic*, yaitu perairan dengan tingkat kesuburan sangat tinggi di sekitar muara sungai dan sepanjang pantai Teluk Jakarta, yang secara intensif menerima masukan langsung air sungai dari daratan. Secara visual, perairan ini keruh dan berwarna hijau gelap. Sedikit lebih ke tengah, perairan Teluk Jakarta berkurang setingkat yaitu kelas *eutrophic*, yaitu perairan dengan tingkat kesuburan tinggi. Melemahnya pengaruh langsung dari daratan serta berbagai pengaruh fisik perairan, seperti pengenceran oleh massa air dari Laut Jawa serta konsumsi unsur hara oleh fitoplankton, menjadikan perairan bagian luar Teluk Jakarta tidak setinggi di pantai dan muara sungai [3].

Sangat tingginya kesuburan perairan Teluk Jakarta ini memiliki dua sisi yang berbeda. Satu sisi adalah sisi positif, yaitu membawa manfaat yang tinggi bagi masyarakat, khususnya bagi nelayan dan pembudidaya kerang secara massal, utamanya jenis kerang hijau (*Perna viridis*) yang memiliki pasar yang cukup baik. Pertumbuhan kerang yang dibudidayakan demikian bagus, karena melimpahnya makanan, yaitu plankton yang merupakan implikasi dari tingginya kandungan unsur di perairan yang sangat subur ini. Sisi positif lain adalah Teluk Jakarta senantiasa berperan sebagai eksportir utama bahan organik ke Laut Jawa yang merupakan makanan bagi ikan-ikan

yang terdapat di perairan tersebut sehingga melalui proses rantai makanan, ikan-ikan yang ada di Laut Jawa senantiasa tercukupi kebutuhan makanannya.

Sementara itu, sisi negatif dari tingginya tingkat kesuburan perairan Teluk Jakarta, antara lain, adalah berupa timbulnya kejadian ledakan fitoplankton yang rutin terjadi di kawasan ini. Selain dapat menimbulkan kematian massal ikan melalui berkurangnya nilai oksigen terlarut, ledakan fitoplankton ini juga dapat mengganggu kawasan wisata bahari melalui penurunan nilai estetika perairan.

Untuk itu, riset ini diajukan untuk menganalisis korelasi limbah organik yang masuk ke perairan Cilincing melalui Sungai Cakung terhadap kelimpahan fitoplankton di kawasan budidaya kekerangan dan mencari hubungan antara rasio N/P terhadap dominasi fitoplankton spesies tertentu. Dengan diketahuinya korelasi antara input pencemar organik dengan kelimpahan fitoplankton, dapat digunakan oleh *stakeholder* terkait dalam penanggulangan ledakan alga di Teluk Jakarta.

METODOLOGI

Data diambil dari Laporan Satus Lingkungan Hidup Daerah DKI Jakarta yang dilaporkan oleh BPLHD DKI Jakarta. Data terdiri dari:

- (1) kualitas badan air Sungai Cakung pada 2 (dua) titik pemantauan yaitu titik sampel 37 di daerah Cakung Barat, titik sampel 38 di dekat pos polisi Cilincing dan kualitas perairan muara pada 1 (satu) titik pemantauan di Muara Cilincing, tahun pemantauan 2010 meliputi parameter oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen, DO*), kebutuhan oksigen biokimia (*Biochemical Oxygen Demand, BOD*), amonia, nitrat, nitrit dan fosfat [4].
- (2) Kualitas perairan Cilincing pada 2 (dua) titik pemantauan yaitu di titik sampel C5 dan D5 yang merupakan titik sampel 5 km dan 10 km dari garis pantai Cilincing yang mewakili kawasan budidaya kerang hijau tahun pemantauan 2006 sampai dengan tahun 2010. Parameter perairan yang dianalisis meliputi temperatur, salinitas, pH, oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen, DO*), kebutuhan oksigen biokimia (*Biochemical Oxygen Demand, BOD*), Data nutrisi (fosfat, nitrat dan amonia) serta kelimpahan fitoplankton dan dinoflagelata [1,4,5,6]. Sebagai pembandingan, pengukuran langsung besaran temperatur, salinitas, pH, kelimpahan fitoplankton dan dinoflagelata dilakukan setiap minggu pada Januari–Pebruari 2011 di bagan kerang perairan Cilincing.

Analisis data secara deskriptif digunakan untuk menggambarkan kualitas sungai Cakung dan Muara Cilincing, sedangkan uji korelasi ditujukan untuk menggambarkan hubungan antara temperatur, salinitas dan pH terhadap kelimpahan fitoplankton di perairan. Uji korelasi yang digunakan adalah uji korelasi non parametrik. Pemilihan metoda uji nonparametrik berdasarkan kepada jumlah data kurang dari 30 buah, sehingga dapat dikatakan bahwa data tidak mempunyai distribusi normal yang merupakan syarat untuk uji parametric [7].

Sebelum melakukan uji korelasi perlu ditetapkan terlebih dahulu nilai H_0 dan H_a . Nilai H_0 adalah tidak terdapat perbedaan jumlah kelimpahan fitoplankton dengan perubahan nilai temperatur, salinitas dan pH, sedangkan nilai H_a adalah terdapat perbedaan jumlah kelimpahan fitoplankton dengan perubahan nilai temperatur, salinitas dan pH. Dengan melihat angka probabilitas, dimana probabilitas $\text{sig} > 0,05$ maka H_0 diterima artinya tidak terdapat perbedaan jumlah kelimpahan fitoplankton dengan perubahan nilai temperatur, salinitas dan pH. Bila probabilitas $\text{sig} < 0,05$ maka artinya H_0 ditolak, artinya adalah terdapat perbedaan jumlah kelimpahan fitoplankton dengan perubahan nilai temperatur, salinitas dan pH.

Penghitungan redfield ratio dilakukan dengan menggunakan data gabungan amonia dan nitrat sebagai unsur N dan fosfat sebagai P. Rasio N/P untuk perairan Cilincing akan dibandingkan dengan rasio kelimpahan dinoflagelata terhadap kelimpahan fitoplankton.

HASIL DAN BAHASAN

Tekanan Ekologi terhadap Perairan

Perairan Cilincing menerima input nutrisi yang tinggi melalui sungai Cakung yang melewati dan bermuara di Cilincing. Gubernur DKI Jakarta telah mengeluarkan Surat Keputusan No. 582

Tahun 1995 Tentang Peruntukan Baku Mutu Air Sungai/Badan Air serta Baku Mutu Limbah Cair di wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta, dan menetapkan Sungai Cakung ke dalam Golongan D dengan peruntukan sebagai pertanian dan usaha perkotaan [8].

Buruknya kualitas badan dan muara sungai pada umumnya disebabkan karena banyaknya limbah yang masuk ke badan sungai di sepanjang aliran tersebut. Status Lingkungan Hidup DKI Jakarta tahun 2010 menyebutkan bahwa tekanan ekologis terhadap lingkungan disebabkan oleh tingginya jumlah penduduk, dimana dalam lima dasawarsa terakhir peningkatan jumlah penduduk DKI Jakarta dari 2.906.500 jiwa pada tahun 1961 menjadi 9.588.200 jiwa pada tahun 2010 [4].

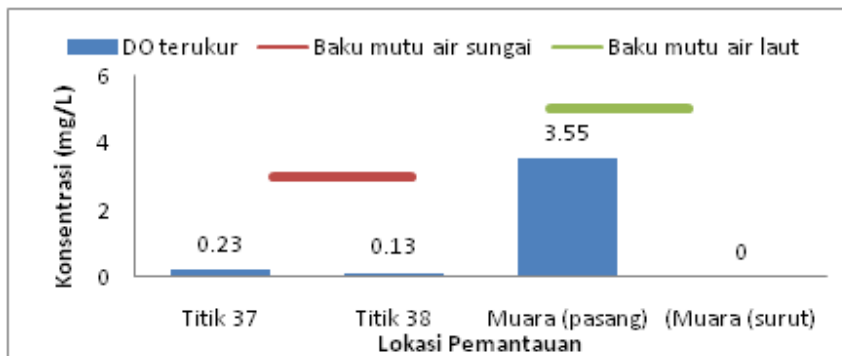
Dibandingkan dengan populasi penduduk dunia yang dilaporkan oleh Glibert & Burkholder, peningkatan dari 1,6 milyar pada 1900-an menjadi 6 milyar pada 2000-an [9], maka populasi penduduk Jakarta juga mempunyai kecenderungan yang sama. Populasi yang begitu tinggi akan memicu peralihan fungsi lahan untuk mendukung aktivitas ekonomi dan konsekuensi logisnya, ketika pembangunan tidak bersinergi dengan kondisi lingkungan alam yang ada, maka daya dukung lingkungan akan terlampaui dan daya tampung terhadap limbah dan sampah tidak akan memadai. Dampaknya, terjadi penggelontoran limbah dan sampah ke badan air yang akan berpengaruh ke perairan teluk yang menjadi muara dari badan air tersebut.

Kualitas Sungai Cakung dan Muara Cilincing

Untuk mengontrol kualitas perairan, BPLHD Provinsi DKI Jakarta secara berkesinambungan melakukan pemantauan kualitas air sungai, yang mengalir di DKI Jakarta, menerbitkan laporan tahunan Status Lingkungan Hidup DKI Jakarta sehingga data yang dihasilkan bisa digunakan sebagai rujukan dalam kajian pengendalian pencemaran sungai dan pengelolaan lingkungan. Hasil analisis terhadap parameter DO (*Dissolved Oxygen*, oksigen terlarut), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*, kebutuhan oksigen biologi), konsentrasi amonia, nitrat, nitrit dan fosfat di Sungai Cakung dan Muara Cilincing pada Mei 2010 dilaporkan sebagai berikut.

Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen, DO*)

Kelarutan oksigen di dalam air berpengaruh terhadap kesetimbangan kimia perairan dan kehidupan biota, dan akan berkurang dengan adanya bahan organik yang mudah terurai. Sehingga dapat dikatakan, semakin sedikit konsentrasi oksigen terlarut di dalam air mencirikan adanya pencemaran bahan organik yang tinggi. Data oksigen terlarut di badan Sungai Cakung dan Muara Cilincing dapat dilihat pada Gambar 1.

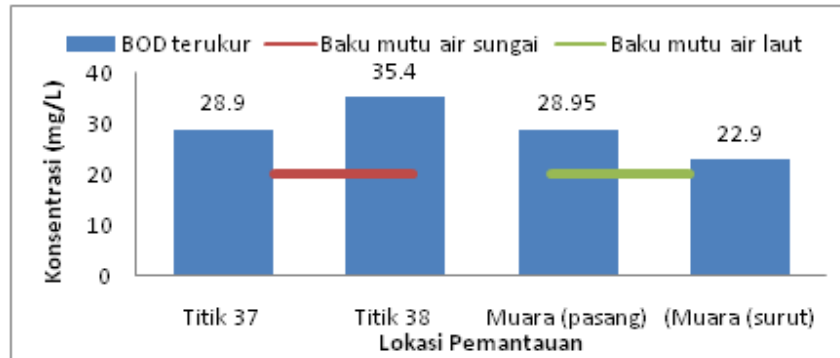


Gambar 1. Konsentrasi DO di Sungai dan Muara Cilincing pada Mei 2010 (sekunder, diolah)

Konsentrasi oksigen terlarut di sungai pada kedua titik pengamatan sangat rendah, yaitu 0,23 mg/l dan 0,13 mg/l bila dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan, yaitu minimal 3 mg/l. Pada muara sungai, baik pada saat pasang maupun saat surut juga lebih rendah, yaitu 3,55 mg/l dibandingkan dengan baku mutu yaitu 5 mg/l, bahkan pada saat surut jumlah oksigen terlarut tidak terdeteksi sama sekali. Artinya, pada kondisi tersebut dengan jumlah oksigen terlarut di tidak ada, maka biota tidak dapat hidup. Sedangkan pada waktu pasang, jumlah oksigen terlarut sedikit naik, yang disebabkan oleh pencampuran dengan air laut.

Kebutuhan oksigen biokimia (*Biochemical Oxygen Demand, BOD*)

Konsentrasi BOD atau kebutuhan oksigen biologi pada perairan juga merupakan salah satu indikator tingginya kandungan organik di dalam perairan. Data BOD di badan Sungai Cakung dan Muara Cilincing dapat dilihat pada Gambar 2.

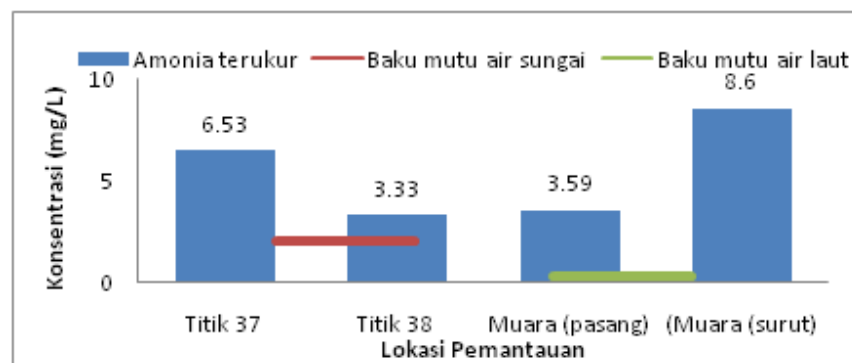


Gambar 2. Konsentrasi BOD di Sungai dan Muara Cilincing pada Mei 2010 (sekunder, diolah)

Konsentrasi BOD yang terukur sebesar 28,9 mg/l di titik hulu dan lebih tinggi konsentrasinya di titik pengamatan hilir sungai, yaitu sebesar 35,4 mg/l. Sedangkan, pada muara terukur sebesar 28,95 mg/l untuk saat pasang dan 22,9 mg/l pada saat surut. Konsentrasi BOD pada semua titik lebih tinggi dibandingkan dengan baku mutu yang ditetapkan yaitu minimal 20 mg/l, artinya kandungan organik di perairan lebih banyak sehingga kebutuhan oksigen biologi juga lebih tinggi untuk menguraikan kandungan organik tersebut.

Konsentrasi Amonia

Amonia di perairan pada umumnya berasal dari hasil penguraian sisa bahan organik dan hasil samping dari metabolisme ikan. Semakin tinggi bahan organik di perairan maka konsentrasi amonia juga semakin tinggi. Data konsentrasi amonia di badan Sungai Cakung dan Muara Cilincing dapat dilihat pada Gambar 3.

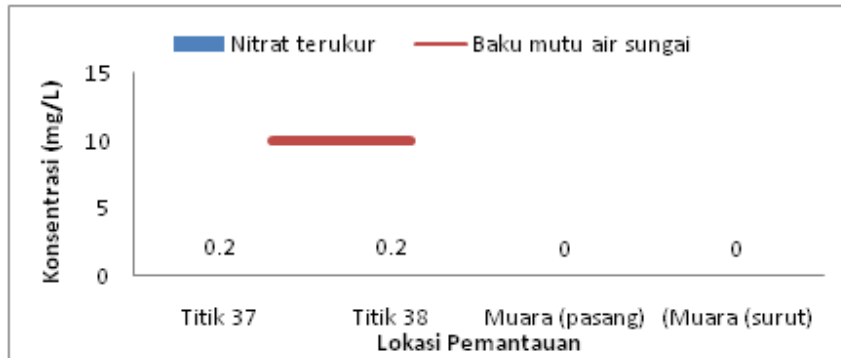


Gambar 3. Konsentrasi amonia di Sungai dan Muara Cilincing pada Mei 2010 (sekunder, diolah)

Konsentrasi amonia di badan sungai dan di muara lebih tinggi dibandingkan dengan baku mutu. Di titik pengamatan sungai, konsentrasi amonia sekitar 6,53 mg/l dan 3,33 mg/l dengan baku mutu amonia untuk badan sungai sebesar 2 mg/l. Konsentrasi amonia di muara pada saat pasang yaitu 3,59 mg/l, lebih rendah dibandingkan dengan waktu surut yaitu 8,6 mg/l, karena adanya pencampuran dengan air laut, tetapi keduanya telah melewati baku mutu amonia di laut sebesar 0,3 mg/l.

Konsentrasi Nitrat

Nitrat di perairan merupakan makro nutrisi yang mengontrol produktivitas primer di daerah eufotik. Kadar nitrat di perairan sangat dipengaruhi oleh asupan nitrat dari badan sungai. Sumber utama nitrat berasal dari buangan rumah tangga dan pertanian termasuk kotoran hewan dan manusia. Data konsentrasi nitrat di badan Sungai Cakung dan Muara Cilincing dapat dilihat pada Gambar 4.

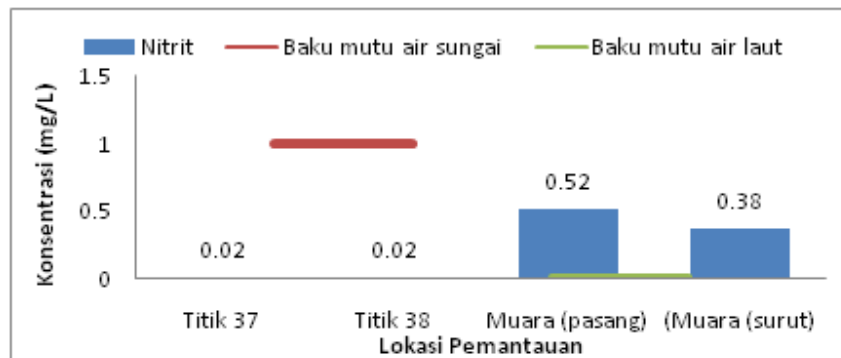


Gambar 4. Konsentrasi Nitrat di Sungai dan Muara Cilincing pada Mei 2010 (sekunder, diolah)

Konsentrasi nitrat yang terukur di badan sungai kecil yaitu sebesar 0,2 mg/l dan di bawah baku mutu yang ditetapkan untuk sungai dengan peruntukan pertanian dan usaha perkotaan sebesar 10 mg/l. Konsentrasi nitrat di muara sungai yang terukur berada di bawah limit deteksi.

Konsentrasi Nitrit

Nitrit di perairan biasanya ditemukan dalam jumlah sedikit karena bersifat tidak stabil. Senyawa nitrit yang terdapat di perairan merupakan hasil reduksi senyawa nitrat atau oksidasi amonia oleh mikroorganisme dan berasal dari hasil ekskresi fitoplankton. Data konsentrasi nitrit di badan Sungai Cakung dan Muara Cilincing dapat dilihat pada Gambar 5.

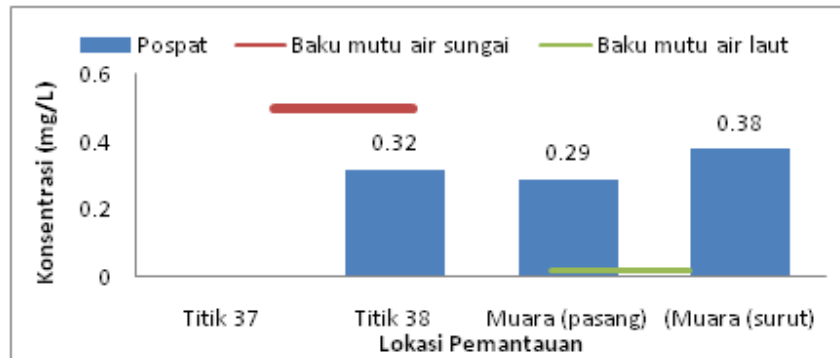


Gambar 5. Konsentrasi Nitrit di Sungai dan Muara Cilincing pada Mei 2010 (sekunder, diolah)

Konsentrasi nitrit yang terdeteksi di badan sungai sangat kecil, yaitu 0,02 mg/l pada kedua titik bila dibandingkan dengan baku mutu yaitu sebesar 1 mg/l. Di muara terdeteksi lebih tinggi konsentrasinya yaitu sebesar 0,52 mg /l dan 0,38 mg/l dengan baku mutu untuk air laut sebesar 0,015 mg/l. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya proses nitrifikasi oleh bakteri *nitrosomonas*.

Konsentrasi Fosfat

Fosfat merupakan nutrisi yang esensial bagi pertumbuhan suatu organisme perairan, namun tingginya konsentrasi fosfat di perairan mengindikasikan adanya zat pencemar. Senyawa fosfat umumnya berasal dari limbah industri, pupuk, limbah domestik dan penguraian bahan organik lainnya. Data konsentrasi fosfat di badan Sungai Cakung dan Muara Cilincing dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Konsentrasi fosfat di Sungai dan Muara Cilincing pada Mei 2010 (sekunder, diolah)

Konsentrasi fosfat di badan sungai masih di bawah baku mutu yaitu sebesar 0,32 mg/l, dengan besaran baku mutu 0,5 mg/l, bahkan pada titik 37 di bagian hulu sungai konsentrasi fosfat di bawah limit deteksi. Konsentrasi fosfat di muara hampir sama konsentrasinya dengan titik 38, tetapi karena baku mutu perairan laut untuk biota lebih kecil, yaitu sebesar 0,015 mg/l, maka konsentrasi fosfat yang terukur di muara lebih tinggi dibandingkan dengan baku mutu.

Ringkasan hasil pemantauan terhadap parameter DO (*Dissolved Oxygen*, oksigen terlarut), BOD (*Biological Oxygen Demand*, kebutuhan oksigen biologi), konsentrasi amonia, nitrat, nitrit dan fosfat di Sungai Cakung dan Muara Cilincing pada Mei 2010 dibandingkan dengan baku mutu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan hasil pemantauan terhadap parameter DO, BOD, konsentrasi amonia, nitrat, nitrit dan fosfat di Sungai Cakung dan Muara Cilincing pada Mei 2010 dibandingkan dengan baku mutu

Parameter	Titik 37	Titik 38	Baku mutu air sungai ^[8]	Muara (pasang)	(Muara (surut))	Baku mutu air laut ^[10]
DO (mg/l)	0,23	0,13	3	3,55	0	5
BOD (mg/l)	28,9	35,4	20	28,95	22,9	20
Amonia (mg/l)	6,53	3,33	2	3,59	8,60	0,3
Nitrat (mg/l)	0,20	0,20	10	0	0	0,008
Nitrit (mg/l)	0,02	0,02	1	0,52	0,38	0,015
Fosfat (mg/l)	0	0,32	0,5	0,29	0,38	0,015

Sumber data: sekunder, diolah

Kualitas Perairan Laut Cilincing

Pemantauan kualitas perairan Teluk Jakarta secara rutin telah dilakukan oleh BPLHD DKI Jakarta, termasuk di perairan Cilincing. Berikut disajikan data perairan Cilincing yang diwakili oleh titik C5 dan D5 untuk parameter temperatur, salinitas, pH, kelimpahan fitoplankton, kelimpahan dinoflagelata dan nutrisi dan dibandingkan dengan baku mutu perairan laut untuk biota.

Temperatur, Salinitas dan pH di Perairan Cilincing

Data temperatur, salinitas dan pH di perairan Cilincing merupakan data series lima tahun terakhir, yaitu dari tahun 2006 sampai dengan tahun 2010, yang dilakukan 1 dan 2 kali setahun. Data dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data pH, temperatur dan salinitas tahun 2006 – 2010 di perairan Cilincing

Waktu	pH	Temperatur (°C)	Salinitas (‰)
C5			
Juni 2006	8,16	30,10	32,00
Juli 2007	7,72	29,30	32,50
November 2007	7,22	30,39	34,00
Agustus 2008	7,53	28,33	31,00
April 2009	8,00	30,40	30,50
Agustus 2009	8,10	28,60	33,15
Oktober 2009	8,50	30,50	35,00
mei 2010	7,55	30,6	29
September 2010	7,69	30,09	30,5
Desember 2010	8,19	28,87	32,5
D5			
Juni 2006	8,22	30,33	31,5
Juli 2007	7,8	29,08	31,5
November 2007	7,71	31,01	30
Agustus 2008	7,6	28	31
April 2009	-	-	-
Agustus 2009	8,3	29,8	33,1
Oktober 2009	8,6	30,6	34,7
mei 2010	7,44	31	28,5
September 2010	7,31	29,92	30
Desember 2010	8,07	29,2	31,75
Baku mutu ^[10]	7 – 8,5	28 - 30	33- 34

Sumber data: sekunder, diolah
 Tidak terdeteksi atau tidak ada data

Data parameter pH yang terukur di perairan Cilincing dalam 5 tahun terakhir berkisar dari 7,22–8,60. Baku mutu pH air laut dengan peruntukkan biota adalah 7,00–8,50. Tetapi dengan toleransi 0,2 untuk masing masing batas, maka semua pH yang terukur berada pada rentang baku mutu yang ditetapkan. Temperatur terukur di perairan Cilincing berkisar dari 28,00–31,01°C. Dibandingkan dengan baku mutu (28–30°C), ada beberapa data di atas baku mutu yang ditetapkan. Dengan toleransi sebesar 2°C, maka semua data berada dalam rentang baku mutu yang ditetapkan.

Salinitas di perairan Cilincing dalam 5 tahun terakhir berkisar dari 28,5–35‰. Baku mutu salinitas adalah 33–34‰ dengan toleransi sebesar 5%, sehingga ada beberapa data yang di bawah baku mutu. Salinitas perairan, apalagi perairan dengan 13 muara sungai yang membawa air tawar, maka salinitas akan dipengaruhi oleh besarnya input air tawar. Salinitas perairan Cilincing akan dipengaruhi oleh input dari sungai Cakung. Parameter pH, temperatur dan salinitas air

permukaan yang diukur pada Januari–Pebruari 2011 setiap minggu dibandingkan dengan baku mutu, data pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data pH, temperatur dan salinitas di perairan Cilincing pada bulan Januari–Pebruari 2010

Waktu	pH	Temperatur (°C)	Salinitas (‰)
09 Januari 2011	7,70	31,13	28
16 Januari 2011	7,45	30,44	28
25 Januari 2011	7,10	31,45	29
01 Pebruari 2011	7,72	32,56	30
08 Pebruari 2011	8,34	30,98	28
15 Pebruari 2011	8,09	32,21	30
22 Pebruari 2011	7,59	32,90	28
28 Pebruari 2011	7,18	30,75	30
Baku mutu [10]	7 – 8,5	28 – 30	33- 34

Sumber data: Primer, 2011

Dibandingkan baku mutu air laut, pH air laut masih dalam rentang baku mutu, sedangkan temperatur air laut ada nilai yang jauh di atas baku mutu. Hal ini karena waktu pengambilan sampel yang dilakukan pada saat siang dengan cuaca panas. Sedangkan salinitas yang terukur rata rata di bawah baku mutu.

Kandungan Nutrien dan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Cilincing

Kandungan nutrien di perairan Cilincing dipengaruhi oleh input nutrien dari sungai Cakung, dan secara teoritis akan terjadi pengenceran oleh air laut. Tingginya konsentrasi nutrien akan berpengaruh terhadap produktivitas perairan, sedangkan komposisi antara komponen nutrien, yaitu rasio N terhadap P yang sering disebut dengan *redfield ratio*, akan berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton jenis tertentu. Data nutrien (fosfat, nitrat dan amonia) serta kelimpahan fitoplankton dan dinoflagelata di perairan Cilincing dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data nutrien, kelimpahan fitoplankton dan dinoflagelata tahun 2006 – 2010 di perairan Cilincing

Waktu	Amonia mg/l	Nitrat mg/l	Fosfat mg/l	Fitoplankton Sel per m ³	Dinoflagelata Sel per m ³
C5					
Juni 2006	-	-	-	5.731.417	8.941
Juli 2007	0,06	-	0,01	8.546.447	37.912
November 2007	0,26	-	-	9.472.688	72.574
Agustus 2008	-	-	-	91.215.536	1.402.314
April 2009	0,07	0,04	-	-	-
Agustus 2009	0,06	-	0,01	95.854	7.453
Oktober 2009	0,01	-	-	1.683.300	-
mei 2010	0,10	-	0,008	-	-
September 2010	0,07	-	-	796.178	67.941
Desember 2010	0,16	-	-	82.477.440	35.520
D5					
Juni 2006	-	-	-	11.473.920	69.700
Juli 2007	0,45	0,04	0,08	80.092.210	109.914
November 2007	0,15	-	-	4.926.689	39.749
Agustus 2008	0,02	-	0,01	455.854.545	1.600.000
April 2009	0,10	0,07	-	-	-
Agustus 2009	0,21	-	-	1.209.600	40.320
Oktober 2009	-	-	-	2.385.000	90.000
mei 2010	0,77	-	0,087	-	-
September 2010	0,36	-	-	4.600.849	138.004
Desember 2010	0,23	0,01	-	507.368.213	1.126.347

Sumber data: sekunder, diolah
Tidak terdeteksi atau tidak ada data

Redfield ratio (Rasio N/P) dan kelimpahan Fitoplankton di perairan Cilincing

Penghitungan *redfield ratio* dilakukan dengan menggunakan data gabungan amonia dan nitrat sebagai unsur N dan fosfat sebagai P. Rasio N/P untuk perairan Cilincing akan dibandingkan dengan rasio kelimpahan dinoflagelata terhadap kelimpahan fitoplankton. Data rasio N/P dan perbandingan kelimpahan dinoflagelata terhadap kelimpahan fitoplankton di perairan Cilincing dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Data rasio N/P dan perbandingan kelimpahan dinoflagelata terhadap kelimpahan fitoplankton di perairan Cilincing dalam 5 tahun terakhir

	Titik C5			Titik D5		
	N/P	% dino/fito	Spesies Dominan	N/P	% Dino/fito	Spesies Dominan
Juni 2006	-	0,05	<i>Chaetoceros sp</i>	-	0,62	<i>Chaetoceros sp</i>
Juli 2007	6	0,44	<i>Chaetoceros sp</i>	6,125	1,37	<i>Stephanophyxis sp.</i>
November 2007	-	1,02	<i>Stephanophyxis sp.</i>	-	2,63	<i>Stephanophyxis sp.</i>
Agustus 2008	-	0,45	<i>Rhizosolenia sp</i>	2	0,94	<i>Stephanophyxis sp.</i>
Agustus 2009	6	7,78	<i>Chaetoceros sp</i>	-	4,02	<i>Chaetoceros sp</i>
Oktober 2009	-	-	<i>Chaetoceros sp</i>	-	3,77	<i>Chaetoceros sp</i>
Mei 2010	12,5	-	-	8,85	-	-
September 2010	-	8,53	<i>Nitzchia sp</i>	-	3,00	<i>Nitzchia sp</i>
Desember 2010	-	0,04	<i>Chaetoceros sp</i>	-	0,22	<i>Thalassiosira sp</i>

Sumber data: sekunder, diolah
Tidak ada data

Didapatkan dari hasil perhitungan nilai rasio N/P berkisar dari 2–12,5/1 dengan data pengukuran Tahun 2006–2010. Rasio terbesar yaitu 12,5/1 pada bulan Mei 2010, tetapi tidak ada data kelimpahan fitoplankton. Pada Juli 2007, untuk titik sampling C5 dan D5, rasio N/P berkisar 6/1 dan 6,125/1 dengan persentase dinoflagelata 0,44% dan 4,11% dengan dominasi *Chaetoceros sp*. Pada Agustus 2009 (titik sampling C5), rasio N/P berkisar 6/1 dengan presentase dinoflagelata diperairan 7,77%, dengan dominasi juga oleh *Chaetoceros sp*.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Hodgkiss (1997) di Tolo Harbour, hongkong menyebutkan bahwa *Gonyaulax* tumbuh optimal pada rasio 4-8/1 untuk N/P. Sedangkan spesies lainnya optimal pada rasio yang lebih tinggi. Dibandingkan dengan di perairan Cilincing, kelimpahan fitoplankton masih di dominasi oleh *Chaetoceros sp* [11].

Kelimpahan fitoplankton yang ada di perairan Teluk Jakarta, pada umumnya didominasi oleh diatom dan kelimpahan dinoflagelata di perairan Cilincing berkisar dari 0,04-8,53% selama 5 tahun terakhir ini. Tingginya kelimpahan diatom dan rendahnya kelimpahan dinoflagelata mencirikan perairan yang kaya nutrien. Penelitian yang dilakukan di Swedia [11], menyimpulkan bahwa input badan sungai dari area hutan yang kaya dengan humus dan asam fulvik akan menstimulasi *blooming* dinoflagelata, sedangkan input badan sungai yang melewati area perkotaan dan pertanian akan memicu *blooming* diatom, seperti yang terjadi di Teluk Jakarta, karena ke-13 sungai yang masuk ke Teluk Jakarta umumnya melewati daerah pemukiman dan pertanian. Menurunnya nilai rasio N/P akan menyebabkan perubahan struktur komunitas fitoplankton di perairan dari diatom ke dinoflagelata dan intensitas kejadian ledakan alga semakin tinggi.

Di perairan Cilincing, perubahan rasio N/P belum menunjukkan kecenderungan tertentu. Walaupun kelimpahan dinoflagelata rendah di Teluk Jakarta, biota laut di perairan tetap berkemungkinan mengandung toksin dari dinoflagelata, karena kemampuan akumulasi biota seperti kerang hijau yang mampu mengakumulasi toksin dalam jangka waktu yang lama. Tentu saja perlu diwaspadai karena kerang hijau sebagai produk perikanan yang banyak dibudidayakan di Teluk Jakarta bersifat *filter feeder*, atau menyaring makanan dan berpotensi menyebabkan keracunan pada konsumen kerang hijau tersebut. Kelimpahan fitoplankton dan dinoflagelata juga pada Januari sampai dengan Pebruari 2011. Data kelimpahan fitoplankton dan dinoflagelata dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Data kelimpahan fitoplankton dan dinoflagelata di perairan Cilincing pada Bulan Januari – Februari 2010

Tanggal sampling	Kelimpahan Fitoplankton sel per m ³	Kelimpahan Dinoflagelata sel per m ³
09 Januari 2011	10.249.050	-
16 Januari 2011	570.421	7.771
25 Januari 2011	15.042.500	16.500
01 Pebruari 2011	2.470.500	20.250
08 Pebruari 2011	206.400	19.350
15 Pebruari 2011	2.706.750	16.875
22 Pebruari 2011	54.398	1.554
28 Pebruari 2011	15.169.000	33.000

Sumber data: primer 2011
 Tidak terdeteksi

Diversitas fitoplankton didominasi oleh kelas diatom, yaitu *Skeletonema sp.* hampir pada setiap pengambilan sampel, sementara dari kelas dinoflagelata, tidak menunjukkan dominasi tertentu antara *Ceratium sp.*, *Peridinium sp.*, *Prorocentrum sp.* dan *Protoberidinium sp.* Dari kelas dinoflagelata, ditemukan empat jenis pada tanggal 15 Pebruari 2011 dan pada waktu pengambilan sampling yang lain bervariasi dari 0 sampai 3 jenis yang ditemukan. Pada kelas *Chlorophyceae* ditemukan *Pelagothrix sp.* dan pada kelas *Chyanophyceae* ditemukan *Trichodesmium sp.* dalam jumlah yang kecil dan ditemui hanya pada satu kali pengambilan sampel yaitu pada tanggal 8 Pebruari 2011 untuk *Chlorophyceae* dan pada tanggal 28 Pebruari 2011 untuk *Cyanophyceae*.

Kelimpahan fitoplankton yang paling tinggi pada pengambilan sampel tanggal 28 Pebruari 2011, yaitu mencapai 15.169.000 sel/m³ dimana 99% diantaranya adalah kelas diatom, sedangkan 1% dari kelas dinoflagelata dan *Chyanophyceae*. Pada sampling tanggal 9 Januari 2011, 100% dari fitoplankton yang terdeteksi adalah dari kelas diatom dengan kelimpahan sebesar 10.249.050 sel per m³.

Pemantauan fitoplankton di kawasan Teluk Jakarta dilakukan secara rutin oleh BPLHD Jakarta dan data sampling Bulan Desember 2006 pada lokasi C5 dan D5 (jarak 5–10 km dari garis pantai Muara Kali Cilincing), kisaran kelimpahan fitoplankton sekitar 96.305–2.301.664 sel/m³ yang terdiri dari 13–20 jenis fitoplankton. Pada kelas dinoflagelata ditemui adanya *Ceratium sp.*, *Protoberidinium sp.*, *Dinophysis sp.*, *Prrocystis sp.* dan *Pyrophacus sp.* dengan kelimpahan sekitar 4–27% dari total fitoplankton^[5]. Sedangkan sampling yang dilakukan pada Desember 2010 ditemui kelimpahan fitoplankton sekitar 82.477.400–507.368.213 sel/m³ pada lokasi yang sama dengan kelimpahan kelas dinoflagelata berkisar antara 35.520–1.126.347 sel/m³ dengan satu jenis alga yaitu *Ceratium* [4].

Hubungan Temperatur, Salinitas dan pH Perairan dengan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Cilincing

Uji korelasi dilakukan terhadap temperatur, salinitas dan pH terhadap kelimpahan fitoplankton di perairan Cilincing menggunakan data BPLHD dalam lima tahun terakhir. Uji dimaksudkan untuk melihat pengaruh temperatur, salinitas dan pH terhadap kelimpahan fitoplankton di perairan, karena faktor faktor tersebut secara teoritis berpengaruh terhadap kelimpahan fitoplankton di perairan. Hasil uji korelasi dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Uji korelasi temperatur, salinitas dan pH terhadap kelimpahan fitoplankton titik C5 dan C6 BPLHD lima tahun terakhir

Parameter	C5		C6	
	Nilai Probabilitas Sig	Ho	Nilai Probabilitas Sig	Ho
Temperatur	0,405	> 0,05 Ho diterima	0,571	> 0,05 Ho diterima
Salinitas	0,286	> 0,05 Ho diterima	0,241	> 0,05 Ho diterima
pH	0,731	> 0,05 Ho diterima	0,381	> 0,05 Ho diterima

Sumber data: sekunder, diolah

Berdasarkan hasil uji korelasi antara variabel temperatur, salinitas dan pH untuk titik C5, didapatkan nilai probabilitas sig lebih besar dari 0,05 (berurutan, 0,405; 0,286 dan 0,731 untuk temperatur, salinitas dan pH), maka Ho diterima artinya tidak terdapat hubungan yang signifikan antara variabel temperatur, salinitas dan pH dengan variabel jumlah kelimpahan Fitoplankton. Sedangkan untuk titik C6, hasil uji korelasi Spearman's antara variabel temperatur, salinitas dan pH untuk titik C5, didapatkan nilai probabilitas sig lebih besar dari 0,05 (berurutan, 0,571; 0,241 dan 0,381 untuk temperatur, salinitas dan pH), maka Ho diterima artinya tidak terdapat hubungan yang signifikan antara variabel temperatur, salinitas dan pH dengan variabel jumlah kelimpahan fitoplankton.

Uji korelasi juga dilakukan untuk data temperatur, salinitas dan pH terhadap kelimpahan Fitoplankton yang diukur pada saat pengambilan sampel kerang hijau di perairan Cilincing pada bulan Januari sampai dengan Pebruari 2011. Hasil uji korelasi yang didapatkan dibandingkan dengan uji korelasi terhadap data temperatur, salinitas dan pH dari dari BPLHD 5 tahun terakhir. Hasil uji korelasi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Uji korelasi temperatur, salinitas dan pH terhadap kelimpahan fitoplankton di perairan Cilincing bulan Januari sampai dengan Pebruari 2011

Parameter	Nilai Probabilitas Sig	Ho
Temperatur	0,286	> 0,05 Ho diterima
Salinitas	0,574	> 0,05 Ho diterima
pH	0,500	> 0,05 Ho diterima

Sumber data: Primer 2011, diolah

Berdasarkan hasil uji korelasi Spearman's antara variabel tersebut pH, didapatkan nilai probabilitas sig lebih besar dari 0,05 (berurutan, 0,286; 0,574 dan 0,500 untuk temperatur salinitas dan pH), maka Ho diterima artinya tidak terdapat hubungan yang signifikan antara variabel salinitas, temperatur dan pH dengan variabel jumlah kelimpahan Fitoplankton.

Dengan membandingkan dua data dengan sumber data yang berbeda serta waktu pengambilan sampel yang berbeda bisa diambil kesimpulan bahwa secara umum tidak terdapat hubungan antara temperatur, salinitas dan pH dengan kelimpahan Fitoplankton di perairan laut sekitar bagan kerang hijau Cilincing. Artinya, komponen temperatur, pH dan salinitas bukanlah faktor penentu dalam pertumbuhan fitoplankton di perairan Cilincing, walaupun secara umum, pertumbuhan fitoplankton dibatasi oleh batas batas tertentu dari nilai temperatur, pH dan salinitas.

Parameter temperatur, pH dan salinitas air laut merupakan parameter lingkungan yang mempengaruhi perkembangbiakan alga selain faktor penting lainnya seperti ketersediaan nutrisi dan cahaya. Temperatur optimum bagi pertumbuhan alga adalah 25°C–32°C, dimana temperatur secara langsung mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan merupakan faktor penentu dalam pertumbuhan. Kenaikan temperatur sebanyak 10°C akan menaikkan kecepatan reaksi kimia dalam proses fotosintesis sebesar 2-3 kali lipat, dan hal tersebut akan terjadi sampai pada nilai batas tertentu, karena temperatur tinggi melebihi batas maksimum akan menyebabkan denaturasi protein dan enzim sehingga proses metabolisme di dalam sel terhenti [12].

Parameter pH atau derajat keasaman juga berpengaruh aktif dalam proses enzimatik dimana kenaikan atau penurunan pH dapat menyebabkan kegiatan enzimatik terganggu. Jika suatu enzim pada pH tertentu berfungsi untuk mengubah substrat menjadi hasil akhir, maka perubahan pH dapat membalikkan reaksi enzim dan mengubah hasil akhir kembali menjadi substrat. Pada umumnya, pertumbuhan alga akan optimum pada pH 7,8–8,3. Parameter salinitas berperan aktif dalam perubahan tekanan osmosa dalam sel. Salinitas yang terlalu tinggi atau terlalu rendah akan menyebabkan tekanan osmosa di dalam sel menjadi rendah sehingga aktifitas sel menurun. Umumnya alga bertumbuh pada kondisi salinitas air laut normal yaitu pada salinitas 25–35‰ [12].

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Tingkat bahan pencemar organik yang masuk ke perairan Cilincing melalui Sungai Cakung pada umumnya sudah melewati baku mutu, terutama untuk parameter DO, BOD dan amonia. Analisis parameter fisika, kimia dan biologi perairan Cilincing menunjukkan bahwa temperatur, pH dan salinitas masih dalam kisaran baku mutu yang ditetapkan untuk perairan budidaya, sedangkan kandungan organik bervariasi di bawah dan di atas baku mutu dengan kelimpahan fitoplankton yang tinggi yang termasuk kategori *blooming*. Tidak ada korelasi antara perubahan temperatur, pH dan salinitas terhadap kelimpahan fitoplankton, hal ini menunjukkan bahwa ketiga parameter tersebut bukan merupakan faktor utama dalam pertumbuhan fitoplankton di Perairan Cilincing. Rasio N/P di perairan Cilincing berkisar dari 2–12,5/1, dengan rasio terbesar pada bulan Mei 2010, tetapi tidak ada data kelimpahan fitoplankton. Kelimpahan fitoplankton yang ada di perairan Teluk Jakarta, pada umumnya didominasi oleh diatom dan kelimpahan dinoflagelata di perairan Cilincing berkisar dari 0,04-8,53% selama 5 tahun terakhir ini.

Saran

Perlunya regulasi yang lebih ketat untuk mengurangi dampak ledakan alga, baik di hulu maupun di hilir. Di hulu diperlukan penguatan regulasi yang mengatur buangan pencemar organik yang masuk ke perairan. Perlunya kegiatan monitoring lingkungan perairan yang meliputi agen pencemar dan kelimpahan alga sebagai tindakan preventif, kontrol dan mitigasi ledakan alga termasuk alga berbahaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan salah satu dari rangkaian penelitian untuk disertasi pada Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Indonesia yang berjudul “Keberadaan Saksitoksin dalam Kerang Hijau dan Implikasinya terhadap Lingkungan dan Kesehatan Masyarakat, (Studi Kasus: Perpindahan Toksin Dinoflagelata dari Ledakan Alga di Teluk Jakarta)” dan terlaksana atas biaya dari Dana Riset DRPM Universitas Indonesia Tahun anggaran 2010 dalam bentuk Hibah Pascasarjana Universitas Indonesia dengan Nomor Kontrak 2665/H2.R12/PPM.00.01.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta (BPLHD Jakarta) : *Laporan status lingkungan hidup Provinsi DKI Jakarta tahun 2008*, BPLHD, Jakarta, (2009).
- [2]. Sachoemar, S.I. & Wahjono, H. D. : Kondisi pencemaran lingkungan perairan di Teluk Jakarta, *JAI, Vol. 3, No. 1*, (2007).
- [3]. Afdal & Sumijo, H.R.: Sebaran klorofil-A dan hubungannya dengan eutrofikasi di Teluk Jakarta, *Oseanologi&Limnologi di Indonesia* (2008) 34 (3), 333-351, (2008).
- [4]. Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta (BPLHD Jakarta), *Laporan status lingkungan hidup Provinsi DKI Jakarta tahun 2010*, BPLHD, Jakarta, (2011).
- [5]. Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta (BPLHD Jakarta): *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, Tentang Baku Mutu Air Laut, Lampiran III, di Baku Mutu air Laut untuk Biota Laut, Laporan status lingkungan hidup Provinsi DKI Jakarta tahun 2006*, BPLHD Jakarta. (2007)

- [6]. Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta (BPLHD Jakarta) : *Laporan status lingkungan hidup Provinsi DKI Jakarta tahun 2009*, Jakarta, (2010).
- [7]. Agusyana, Y.: *Olah data skripsi dan penelitian dengan SPSS 19*, Elek Media Computindo, Jakarta. (2011).
- [8]. Anonim : *Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 582 Tahun 1995 tentang Penetapan Peruntukan dan Baku Mutu Air Sungai/Badan Air serta Baku Mutu Limbah Cair si Wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta*, Jakarta, (1995).
- [9]. Glibert, P.M., J. M. Burkholder : The complex relationship between increases in fertilization of the earth, coastal eutrophication and proliferation of harmful algal blooms in Caldwell, M.M., (Eds) *Ecology of Harmful algae* : Spriger-verlag. Heidelberg. (2006)
- [10]. Anonim : *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, Tentang Baku Mutu Air Laut, Lampiran III, Baku Mutu air Laut untuk Biota Laut*. Jakarta, (2004)
- [11]. Hodgkiss, I.J. & K. C. Ko.: Are changes in N/P ratios in coastal waters th key to increase red tide blooms? *Hydrobiologia* 352, 141-147, (1997).
- [12]. Romimohtarto, K.: Kualitar air dalam budidaya laut. Seafarming workshop report, Bandar lampung 28 Oktober – 1 November 1985, (1985). <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB882E/AB882E13.htm>, Diakses pada 9 Mei 2010.