

**DINAMIKA KOMUNITAS PLANKTON DI PERAIRAN EKOSISTEM HUTAN
BAKAU SEGARA ANAKAN YANG SEDANG BERUBAH**
*(Plankton Dynamic in the Changing Mangrove Ecosystem of
Segara Anakan Central Java)*

Tjut Sugandawaty Djohan

Laboratorium Ekologi Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 55281

Email tdjohan95@yahoo.com

Diterima: 1 September 2010

Disetujui: 14 Oktober 2010

Abstrak

Perairan hutan bakau Segara Anakan merupakan ekosistem yang sedang berubah karena sedimentasi yang tinggi sejak tahun 1980, dan telah mengakibatkan pendangkalan perairan dan mengganggu proses pasang surut. Perubahan ekosistem ini direspon oleh komunitas plankton. Pada musim hujan tahun 2002 salinitas perairannya adalah 0 ‰, dan musim kemarau 20 – 32 ‰. Perubahan komunitas plankton tersebut dicirikan hadirnya komunitas baik phyto maupun zooplankton dominan sungai pada musim hujan, dan sebaliknya komunitas laut pada musim kemarau. Pada tahun 2004, karena pendangkalan di perairan Bondan, mudflat dan perairannya dikeruk. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari respon komunitas phyto dan zooplankton terhadap perubahan ekosistem pada musim kemarau Agustus 2005 di daerah tangkapan ikan nelayan perairan Segara Anakan. Hasil menunjukkan bahwa ada peledakan kemelimpahan phytoplankton yang didominasi oleh populasi *Chaetoceros* di perairan Bondan dan Klaces sebanyak 206890 dan 397273 individu per 100 liter, dan populasi *Asterionella japonica* meningkat sebanyak 69778 per 100 liter di perairan Cigatal. Peledakan kedua genus tersebut adalah merupakan respon phytoplankton terhadap meningkatnya kandungan PO_4 di perairan oleh pengerukan sedimen di perairan Bondan. Kenaikan PO_4 di perairan berturut-turut dari Bondan ke Cigatal sebesar 4,95 ppm, 5,88 ppm, dan 4,62 ppm. Pada musim kemarau, perairan Segara Anakan juga dicirikan dengan hadirnya komunitas plankton sungai yaitu sebanyak 19 species phytoplankton, dan 9 species zooplankton. Peledakan populasi *Chaetoceros* tidak direspon oleh peledakan populasi zooplankton. Keadaan ini mencerminkan bahwa kualitas perairan Segara Anakan telah menurun.

Kata kunci : Estuari payau, phytoplankton, zooplankton, *Chaetoceros*, *Asterionella*, PO_4

Abstract

The mangrove ecosystem of Segara Anakan is in the process of changing to the freshwater-wetland due to the heavy sedimentation. This change was responded by the plankton communities. In the 2002 during the rainy season, the salinity was 0 ‰ and the freshwater plankton from the river dominated this mangrove ecosystem. In contrast at the dry season, the salinities were between 20 – 32 ‰ and the estuarine plankton dominated the ecosystem. In the 2004 the Bondan area became shallower and was dredged. In responding to the changing ecosystem, the phyto and zooplankton study was carried out during the dry season of August 2005 at the fishing ground of Segara Anakan. Results showed that there were blooms of phytoplankton. At the Bondan and Klaces waters, *Chaetoceros* dominated the communities with 206890 and 397273 individuals per 100 liter consecutively.

However, at Cigatal *Asterionella japonica* with 69778 individuals per 100 liter dominated the community. The plankton bloom related to the intensive dredging of sediment at Bondan areas, which increased PO_4 highly in the water of Bondan, Klaces, and Cigatal inconsecutively 4.95 ppm, 5.88, and 4.62 ppm. These communities were characterized by the present of 19 species of freshwater phytoplankton and 9 species of zooplankton. Even though the population of *Chaetoceros* was exploded, but the zooplankton community did not response to the phytoplankton increase. This indicated that the qualities of the mangrove ecosystem waters decreased, and the ecosystem was in the process of changing to freshwater-wetland ecosystem.

Keywords : Brackish estuary, phytoplankton, zooplankton, *Chaetoceros*, *Asterionella*, PO_4

PENDAHULUAN

Di ekosistem perairan hutan bakau dan estuari tropika, phyto dan zooplankton merupakan komunitas mata rantai pertama dalam jejaring makanan, baik sebagai produsen primer maupun konsumen primer. Kemelimpahan phytoplankton sangat ditentukan oleh tersedianya antara lain unsur hara, cahaya yang cukup, dan gerakan air. Perairan yang keruh akan mengurangi penetrasi cahaya di perairan, dan juga membatasi pertumbuhan plankton. Phytoplankton fungsinya sebagai makanan zooplankton dan ikan. Zooplankton menyukai phytoplankton bentuk diatom *centric* dan kebanyakan tidak menyukai algae filamen (Nybakken dan Bertness 2005; Horne dan Goldman 1994; Champalbert et al. 2007). Di perairan hutan bakau, kehadiran zooplankton mendukung kehadiran mata rantai berikutnya, antara lain komunitas udang, kepiting bakau, dan ikan baik yang bernilai ekologi maupun ekonomi.

Ekosistem hutan bakau Segara Anakan terletak pada garis lintang $108^{\circ} 48'$ bujur timur dan $7^{\circ} 42'$ lintang selatan (Gambar 1). Ekosistem hutan bakau ini sejak tahun 1980 mengalami sedimentasi yang sangat tinggi. Setiap tahun ada 4,5 juta ton sedimen yang diangkut dari daerah tangkapan air Sungai Citanduy ke perairan hutan bakau ini. Akibatnya, ekosistem hutan bakau ini mengalami pendangkalan yang hebat dan mengganggu periode pasang surut (Hamidjojo 1982; Sutomo 1982). Djohan (2002) melaporkan bahwa pada musim hujan salinitas perairan hutan bakau Segara Anakan

adalah 0‰ , sebaliknya pada musim kemarau salinitasnya berkisar di antara $20 - 32\text{‰}$. Padahal ekosistem hutan bakau sebagai perairan payau mempunyai kisaran salinitas sepanjang tahun antara $4 - 35\text{‰}$.

Perubahan ekosistem hutan bakau ini direspon oleh perubahan komunitas biologi termasuk plankton. Perubahan komunitas plankton pada musim hujan dicirikan dengan hadirnya komunitas baik phyto maupun zooplankton dominan sungai, *Spirogyra* (50,7%), dan pada musim kemarau komunitas estuari payau, *Nitzschia* (54,71%) dan *Coscinodiscus* (46,35%). Hal yang sama juga ditunjukkan oleh komunitas zooplankton, pada musim kemarau didominasi oleh copepoda: *Cyclops*, *Diaptomus*, dan protozoa: *Codonella* yang hadir dalam jumlah yang melimpah. Sebaliknya pada musim hujan komunitas yang sama kehadirannya sangat rendah (Djohan 2002). Primo et al. (2009) melaporkan bahwa dinamika zooplankton di estuari Mondego Portugal dipengaruhi oleh perubahan salinitas perairan dan temperatur. Perubahan salinitas tersebut dipicu oleh perubahan pola hidrologinya. Demikian juga di perairan hutan bakau Segara Anakan, perubahan komunitas plankton ini juga merespon pada perubahan salinitas antara musim hujan dan musim kemarau. Perubahan tersebut dipicu oleh adanya *shoals* (dangkalan) dan pada musim hujan menjebak air tawar ketika pasang, dan sebaliknya pada musim kemarau menjebak air laut ketika air surut.

Alpine dan Cloern (1992) melaporkan bahwa di San Fransisco Bay estuary, fluktuasi biomass dan produksi primer phytoplankton

baik musiman maupun antar tahunan (*interannual*) diregulasi oleh efek fisik langsung dan interaksi trofik. Efek fisik berasal dari masukan partikel sedimen dari sungai, sedangkan interaksi trofik adalah episode peningkatan tekanan grazing oleh populasi imigran bentuk *suspension feeders*. Champalbert et al. (2007) menyatakan bahwa di estuari Senegal River, variasi komunitas zooplankton dipengaruhi oleh musim. Pada musim kemarau zooplankton melimpah dan didominasi oleh genus yang berasal dari laut. Sebaliknya pada musim hujan estuari dipengaruhi oleh banjir sungai, dan kelimpahannya zooplankton sedikit dan didominasi oleh spesies perairan tawar.

Di daerah empat musim, komunitas plankton tumbuh dalam serial peledakan (*bloom*). *Bloom* pertama terjadi dimulai dengan meningkatnya intensitas cahaya dan balikan musim semi yang menyediakan banyak hara. Pertumbuhan sebagai *bloom* berdasarkan reproduksi cepat secara vegetatif dan memperlambat pertumbuhan secara seksual. Peledakan berlanjut selama hara tersedia cukup. Pada musim panas, karena terbatasnya hara dan *grazing* oleh zooplankton menyebabkan berkurangnya kelimpahan phytoplankton. Kemudian pertumbuhannya di musim gugur berakhir dengan menurunnya cahaya di akhir musim. Sebaliknya di kawasan tropika dan juga kawasan garis lintang rendah, pertumbuhan plankton berlangsung secara kontinum selama hara tersedia cukup (Horne dan Goldman 1994).

Di ekosistem hutan bakau, pada waktu air pasang pengaruh air laut dominan, sebaliknya pada waktu air surut didominasi oleh air tawar yang berasal dari sungai. Umumnya dalam sehari semalam ada dua kali pasang dan dua kali surut. Oleh sebab itu setiap harinya di estuari terjadi gradien salinitas yang tinggi. Salinitasnya berkisar di antara 4 – 35‰, sehingga spesies-spesies di ekosistem ini mempunyai kisaran toleransi yang lebar terhadap perubahan salinitas harian.

Di ekosistem hutan bakau Segara Anakan dilaporkan bahwa masuknya air pasang dengan salinitas tinggi ditunjukkan oleh naiknya salini-

tas mulai bulan Mei dan mencapai maksimum pada bulan September – Oktober. Kemudian pada bulan Februari – April salinitasnya turun kembali (Birowo dan Uktolseya 1982; Hamidjojo 1982). Menurut Sutomo (1982), semakin dalam jeluk perairan dan juga semakin dekat dengan laut salinitasnya juga semakin tinggi. Oleh karena itu, distribusi phytoplankton di estuari dipengaruhi oleh pasang-surut dan masukan dari sungai. Kondisi salinitas yang ekstrim juga menyebabkan tingginya tingkat interaksi antara komponen fisik dan komponen biologi. Walaupun organisme yang tinggal di ekosistem hutan bakau merupakan organisme yang sangat toleran, akan tetapi adanya perubahan atau gangguan terhadap komponen fisik dapat menimbulkan perubahan interaksi pada organismenya.

Adanya sedimentasi yang tinggi di Segara Anakan, 4,45 juta ton per tahun, menyebabkan pendangkalan perairan dan terbentuknya pulau-pulau baru. Adanya dangkalan (*shoals*) tersebut menyebabkan proses pasang surut di ekosistem ini terganggu, sehingga komunitas plankton tidak merespon lagi pada proses pasang surut. Respon komunitas plankton lebih dikarenakan oleh musim hujan dan musim kemarau (Djohan 2002). Pada tahun 2004, perairan Bondan semakin dangkal dan telah dilakukan pengerukan sedimen. Pengerukan tersebut membuat air keruh dan lepasnya hara yang terikat pada partikel sedimen ke perairan.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari respon komunitas phyto dan zooplankton selama musim kemarau Agustus 2005 di daerah tangkapan ikan nelayan, Bondan, Klaces, dan Cigatal. Secara spesifik di dalam penelitian ini dipertanyakan : (1) Bagaimanakah respon komunitas baik phyto maupun zooplankton terhadap musim kemarau dibandingkan dengan komunitas pada musim yang sama tahun 2002; (2) Apakah komunitas plankton pada musim kemarau juga telah merespon pada perubahan kondisi perairan karena air sungai yang terjebak pada musim kemarau; dan (3) Bagaimanakah respon komunitas plankton terhadap perubahan kualitas perairan: salinitas, turbiditas, DO,

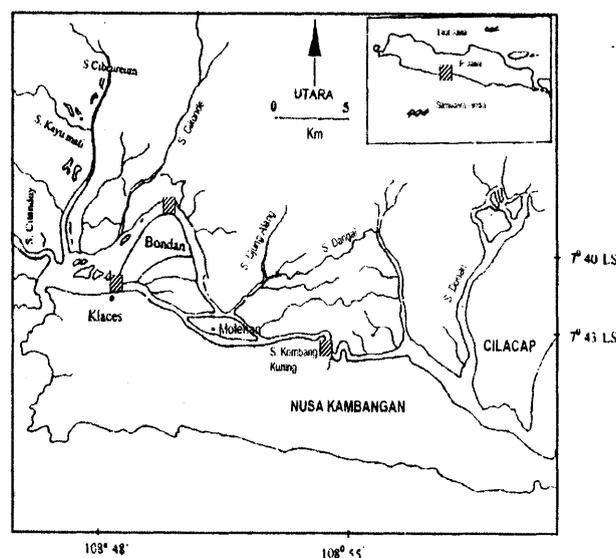
pH, suhu, dan hara meliputi NO_3 , NH_4 , PO_4 . Dalam penelitian ini dihipotesiskan bahwa ada perubahan genera penyusun komunitas baik phyto maupun zooplankton pada musim kemarau. Perubahan tersebut karena merespon pada kondisi perairan musim kemarau, karena adanya air tawar dan air laut yang terjebak. Salinitas musim kemarau pada waktu pasang tetap rendah, dan air sungai terjebak di perairan hutan bakau, sehingga perairan tersebut didominasi oleh komunitas plankton sungai.

METODE

Lokasi penelitian -- Penelitian ini dilaksanakan di perairan ekosistem hutan bakau di Segara Anakan pada musim kemarau awal Agustus 2005, dan dibandingkan dengan penelitian pada musim kemarau awal September 2002. Curah hujan di Kawunganten sebagai salah satu watershed Segara Anakan pada bulan Agustus 2005 adalah 15 mm dan bulan September 2002 adalah 0 mm (Anonymous 2002; Anonymous 2005). Curah hujan pada

musim hujan 2005 adalah mencapai 309 mm, dan 2002 adalah 222 mm. Lokasi yang dipilih adalah perairan Bondan, Klaces, dan Cigatal (Gambar 1). Ketiga lokasi ini merupakan wilayah tangkapan ikan nelayan. Perairan Bondan merupakan lokasi yang terletak di utara dekat muara Sungai Citanduy. Lokasi tersebut terletak jauh dari pintu masuk air laut dari Samudra Hindia lewat Kanal Selok Jero. Perairan Bondan mendapat suplai air tawar dari tiga sungai yang bermuara di dekatnya, yaitu Sungai Cikonde, Sungai Panikel, dan Kali Tetel. Jeluk perairannya adalah 1 - 2,16 m. Walaupun pada tahun 2004 gosong lumpur (*mud-flat*) dilokasi Bondan dikeruk, akan tetapi pada saat surut di tepi perairan Bondan masih banyak ditemukan dataran lumpur (*mud-flat*) yang luas. Dataran lumpur tersebut disukai oleh burung-burung untuk mencari makan.

Sebaliknya, perairan Klaces adalah lokasi yang terletak di selatan dekat dengan pintu masuknya air laut dari Selok Jero dan dekat dengan Pulau Nusakambangan. Lokasi penelitian ini dekat dengan pintu masuk air laut dari Samudra Hindia lewat Kanal Selok Jero. Di



Gambar 1. Lokasi kajian perairan Bondan, Klaces dan Cigatal. Perairan Cigatal didominasi oleh air laut Samudera Hindia masuk dari sebelah tenggara. Sedangkan perairan Klaces dan Bondan di dominasi oleh air laut dan air *discharge* Sungai Citanduy. ▨ = lokasi penelitian.

lokasi penelitian perairan Klaces terjadi pertemuan (*tempuran*) antara air laut yang masuk dari kanal Selok Jero, air Sungai Citanduy, dan air surut dari Motean. Lokasi penelitian Klaces juga merupakan jalur kapal. Jeluk perairan Klaces antara 1,2 – 2,3 m.

Lokasi penelitian di perairan hutan bakau Cigatal terletak di alur Kali Kembang Kuning dan di timurnya muara kali Cigatal. Lokasi penelitian ini dipengaruhi oleh suplai air tawar dari Sungai Kembang Kuning, Sungai Sapuregel, dan Sungai Donan. Lokasi ini juga mendapat suplai air laut melalui selat antara ujung timur pulau Nusa Kambangan dan semenanjung Cilacap. Perairan timur muara Kali Cigatal ini didominasi oleh aliran air Kali Kembang Kuning yang berasal dari aliran pintu masuk air laut samudera Hindia dari sebelah tenggara. Jeluk perairan Cigatal lebih dalam dibandingkan dengan perairan Bondan dan Klaces yaitu 6,35 m menjelang pasang.

Di samping itu posisi lokasi Cigatal agak jauh dari Segara Anakan, sehingga diasumsikan bahwa pengaruh siltasinya tidak besar terhadap kondisi perairan Cigatal. Sebaliknya lokasi Bondan dan Klaces sangat dipengaruhi proses sedimentasi Segara Anakan, terutama oleh sedimen yang diangkut oleh Sungai Citanduy. Oleh sebab itu lokasi Cigatal digunakan sebagai acuan pembanding. Pemilihan lokasi ini diharapkan memberikan gambaran menyeluruh terhadap perubahan ekosistem yang sedang terjadi di hutan bakau Segara Anakan.

Carakerja -- Pencuplikan air pada tiap lokasi dilakukan dalam kolom air 10 cm dari permukaan menggunakan modifikasi Van Dorn volume 5 liter. Pada setiap titik sampling, sampel air dicuplik sebanyak 20 liter dengan ulangan 5 kali. Air sampel tersebut kemudian disaring menggunakan jaring plankton (*Wisconsin net*) ukuran 200 mesh. Filtrat phytoplankton kemudian dimasukkan ke dalam botol flakon 10 ml dan difiksasi menggunakan 3 tetes formalin 4%.

Kemudian juga dicuplik sampel air untuk pengukuran suhu air dan kualitas kimia meliputi salinitas, oksigen terlarut dengan ulangan

masing-masing sebanyak dua kali. Kadar oksigen terlarut diukur dengan modifikasi metode mikro *Winkler*. Analisis kadar PO_4 , NO_3 , NH_4 dan pH menggunakan sampel air komposit dari dua sampel. Sisa air sampel yang telah diukur kadar oksigen terlarut digunakan untuk mengukur kadar turbiditas perairan. Kemudian juga diukur transparansi air dengan lempeng Secchi.

Identifikasi dan penghitungan cacah plankton dan organisme lainnya - Identifikasi jenis-jenis phyto dan zooplankton menggunakan buku acuan oleh Ward dan Whipple (1959) dan Shirota (1966). Semua filtrat plankton tersebut dihitung cacah individunya baik phyto maupun zooplankton dengan menggunakan mikroskop perbesaran 10 x secara *total strip counting*. Identifikasi dan penghitungan cacah individu dilakukan sampai tingkat genus atau spesies. Untuk genus berbentuk filamen, cacah yang dihitung adalah tiap fragmennya. Sedangkan untuk identifikasi foraminifera menggunakan buku acuan oleh Loeblich dan Tappan (1980).

Analisis kimia air – Analisis kandungan NH_4 , NO_3 , dan PO_4 perairan dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik FMIPA UGM. Analisis kandungan hara tersebut menggunakan *Colorimetric Methods*. Analisis NH_4 dengan Endofenol dan diukur dengan spektrofotometer pada λ 615, sedangkan kandungan NO_3 menggunakan Brusin dan diukur dengan spektrofotometer pada λ 410. Untuk PO_4 , analisis menggunakan Ammonium Hepta Molybdat dan diukur dengan spektrofotometer pada λ 410.

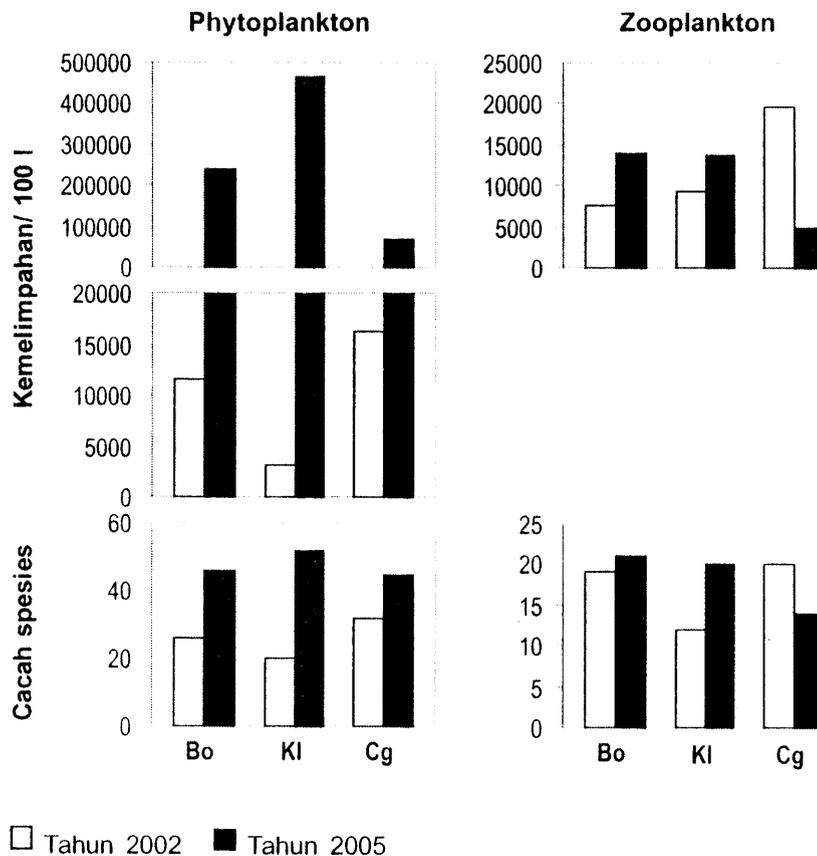
Analisis data -- Data dari lapangan dan hasil laboratorium ditabulasi, kemudian dianalisis hasil berdasarkan parameter densitas. Data disajikan dalam bentuk grafik dan tabel berdasarkan lokasi kajian. Pengelompokan data plankton dipilah antara phyto dan zooplankton. Baik phyto maupun zooplankton kemudian dikelompokkan dalam masing-masing grupnya (Horne dan Goldman 1994; Bougis 1976). Kemudian data tersebut dibandingkan dengan data musim kemarau tahun 2002 (Djohan 2002). Demikian juga data kualitas air ditabu-

lasi dan dibandingkan dengan data kualitas air pada musim kemarau. Dari hasil perbandingan tersebut maka akan didapatkan kecenderungan terhadap perubahan komunitas plankton dalam responnya pada perubahan kualitas perairan hutan bakau Segara Anakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komunitas phytoplankton -- Hasil menunjukkan bahwa, pada tiga lokasi kajian, ada peledakan kemelimpahan phytoplankton tahun 2005 dibandingkan dengan tahun 2002. Peledakan yang paling banyak adalah di perairan Klaces, kemudian Cigatal, dan Bondan. Besarnya kemelimpahannya adalah 465098 individu per

100 l; 69778; dan 2413658 individu per 100 l (Gambar 2 dan Tabel 1). Peningkatan ini berturut-turut adalah sekitar 148,2; 20,9; dan 4,3 kali dari kemelimpahan phytoplankton tahun 2002. Peledakan ini ada kaitannya dengan meningkatnya kandungan PO₄ perairan berurutan 5,88 ppm, 4,95 ppm, dan 4,62 ppm di masing-masing lokasi. Padahal pada tahun 2002, kandungan PO₄ nya berkisar di antara 0,022 – 0,289 ppm (Gambar 3). Meningkatnya konsentrasi PO₄ ini ada hubungannya dengan pengerukan sedimen perairan Bondan pada tahun 2004. Pengerukan tersebut telah melepaskan banyak PO₄ dari partikel sedimen ke perairan Segara Anakan. Populasi phytoplankton yang meledak di perairan Klaces dan Bondan, adalah populasi *Chaetoceros* sp anggota diatom sentrik beruru-



Gambar 2. Peledakan kemelimpahan baik phyto maupun zooplankton dan cacah spesiesnya di perairan tangkapan ikan Bondan, Klaces dan Cigatal pada musim kemarau September 2002 dan dibandingkan dengan musim kemarau Agustus 2005. Bo= Bondan; KI= Klaces; Cg = Cigatal; nd= not detected.

tan 397273 dan 206890 individu per 100 l.

Kandungan NO_3 pada tahun 2005 tidak terdeteksi, sebaliknya pada tahun 2002 sangat tinggi berkisar di antara 450-600 ppm. Tingginya kandungan NO_3 tersebut diduga karena dalam keadaan aerobik, NH_4 diubah menjadi NO_3 . Sebaliknya pada tahun 2005 kandungan NO_3 diseluruh perairan tidak terdeteksi. Rendahnya kandungan NO_3 tersebut diduga karena difusi kelapisan sedimen anaerob dan mengalami denitrifikasi menjadi N_2 .

Sebaliknya di perairan Cigatal populasi yang meledak adalah kelompok diatom pennate, *Asterionella japonica* sebesar 37755 individu per 100 l. Sebaliknya pada tahun 2002, besar populasi *Asterionella* Klaces dan Bondan adalah 199 – 1217 individu per 100 l. Jadi peledakan populasi ini ada hubungannya dengan peningkatan kandungan PO_4 di perairan akibat pengerukan sedimen. Bila hara tersedia cukup, cahaya melimpah, dan bebas dari predasi oleh zooplankton, maka domi-

Tabel 1. Genus dan spesies dominan penyusun komunitas plankton musim kemarau September 2002 dan Agustus 2005 dalam 100 liter di perairan Segara Anakan, Jawa Tengah.

PHYTOPLANKTON				
Tahun		BONDAN	WATES	CIGATAL
2002	Grup	Diatom Pennate	Diatom Sentrik	Diatom Pennate
	Genus	<i>Closterium</i>	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Tabellaria</i>
	%	14,5	46,4	58,5
	Indiv	1455	1455	6766
	Total	7539	3139	11560
2005	Grup	Diatom Sentrik	Diatom Sentrik	Diatom Pennate
	Genus	<i>Chaetoceros</i>	<i>Chaetoceros</i>	<i>Asterionella japonica</i>
	%	85,7	85,4	54,1
	Indiv	206890	397273	37755
	Total	241368	465098	69778
ZOOPLANKTON				
Tahun		BONDAN	WATES	CIGATAL
2002	Grup	Copepoda	Copepoda	Copepoda
	Genus	<i>Cyclops</i>	<i>Diaptomus</i>	<i>Cyclops</i>
	%	7,4	15,2	19,1
	Indiv	556	1788	955
	Total	7539	13608	4998
2005	Grup	Protozoa	Protozoa	Copoda
	Genus	<i>Tintinopsis</i>	<i>Tintinopsis</i>	<i>Diaptomus</i>
	%	40,2	13,1	19,1
	Indiv	5573	1788	955
	Total	13868	13608	4998

nansinya melebihi kompetitornya *Fragillaria* dan *Tabellaria*, atau *blue-green algae* seperti *Oscillatoria* (Tabel 2). Jadi di perairan estuari Segara Anakan kelihatannya

mempunyai kecenderungan yang sama, yaitu *Asterionella* mengalami peledakan populasi (*bloom*), sedangkan kompetitornya tidak demikian. Genus *Oscillatoria* adalah alga pengikat nitrogen, dan hadir baik di Bondan dan Klaces kecuali di Cigatal. *Oscillatoria* adalah phytoplankton dari perairan sungai, jadi kehadirannya di perairan pada tahun 2005 lebih karena pengaruh salinitas. Di perairan Bondan dan Klaces kandungan salinitasnya 20 ‰, sedangkan di perairan Cigatal adalah 22 ‰ (Gambar 2 dan Gambar 3; Tabel 1).

Tingginya kandungan PO_4 di perairan Klaces dan Cigatal dibandingkan dengan perairan Bondan juga menjadi pertanyaan. Ada dua penyebab: (1) Ada hubungannya dengan aliran air di Segara Anakan; dan (2) Pengambilan mewah (*luxury consumption*) oleh *Asterionella* di perairan

Cigatal. Aliran air di Segara Anakan pada waktu surut adalah air dari Bondan mengalir ke Klaces, dan perairan Cigatal. Akan tetapi perairan Cigatal mempunyai jeluk 6,35 m relatif lebih dalam dibandingkan dengan perairan Klaces, sedangkan Klaces jeluknya 2,15 m dan lebih dangkal dari jeluk Bondan 2,17 m. Jadi ketika surut, air tawar terjebak di perairan Klaces, karena adanya *shoals* (pendangkalan), dan air tawar juga tetap terjebak ketika pasang. Sebaliknya, perairan Cigatal, perairan ini menerima masukan dari perairan baik Klaces maupun Bondan ketika air surut. Keadaan ini dicerminkan oleh rendahnya salinitas, seperti telah dibicarakan sebelumnya.

Di lokasi penelitian menjelang pasang salinitas di Bondan dan Klaces adalah 20 ‰, sedangkan Cigatal adalah 22 ‰. Padahal pada musim kemarau tahun 2002, perairan Bondan, Klaces dan Cigatal menjelang pasang mempunyai salinitas berturut-turut 29 ‰, 30,5 ‰, dan 33 ‰. Jadi ada penurunan salinitas sekitar 33 %. Di samping itu *Asterionella* mempunyai kemampuan untuk pengambilan PO_4 melebihi

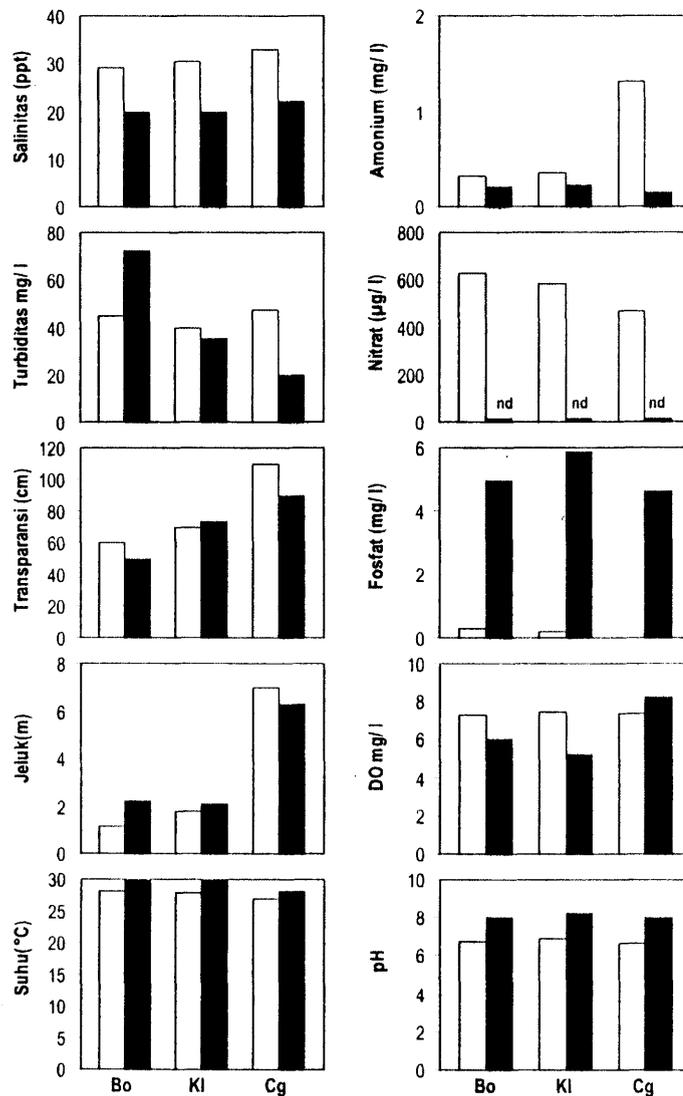
keperluannya melalui proses *luxury consumption*. Kelebihan pengambilan tersebut disimpan di dalam selnya dalam bentuk *polyphosphate granules*. Menurut Horne dan Goldman (1994) di perairan danau, *Asterionella* akan tumbuh terus.

Pengambilan PO_4 hampir 100 kali keperluan yang digunakan untuk pertumbuhan selnya. Jadi dengan meledaknya *Asterionella japonica* di perairan Cigatal, berarti ada pengambilan (*uptake*) PO_4 yang luar biasa terjadi di perairan tersebut. Akibatnya kandungan PO_4 di perairan Cigatal lebih rendah dibandingkan dengan perairan Klaces.

Komunitas zooplankton -- Pada komunitas zooplankton, peningkatan kemelimpahannya tidak setinggi komunitas phytoplankton (Gambar 2; Tabel 1). Kemelimpahan zooplankton berturut-turut mulai dari perairan Bondan, Klaces dan Cigatal adalah 13866 individu per 100l; 13608 individu per 100 l, dan 4998 individu per 100 l. Berarti ada kenaikan hampir dua kali lipat kemelimpahan zooplankton pada tahun 2005. Akan tetapi sebaliknya di Cigatal, kemelimpahan zooplanktonnya menurun lebih dari tiga kali lipat, yaitu dari 3269 individu per 100 l menjadi 955 individu per liter. Boleh jadi ini ada hubungannya dengan turunnya kandungan salinitas yaitu menjadi 22 ‰ (Gambar 3).

Pada zooplankton, komunitas ko-dominan berikutnya adalah kelompok protozoa. Menurut Horne dan Goldman (1994), protozoa cenderung melimpah ketika bahan organik, bakteri atau algae melimpah. Makanannya adalah detritus, dan juga mengkonsumsi bakteri, fungi, yeast, dan protozoa lainnya. Beberapa di antaranya adalah bersifat parasitik. Di perairan Segara Anakan, ada peningkatan kemelimpahan genus penyusun komunitas protozoa (Gambar 4).

Persentase kemelimpahan adalah sebesar 45%, 18%, dan 21% dari masing-masing komunitas protozoa perairan Bondan, Klaces dan Cigatal. Genus dominan di semua lokasi adalah *Tintinopsis*. Cacah individunya di Bon-



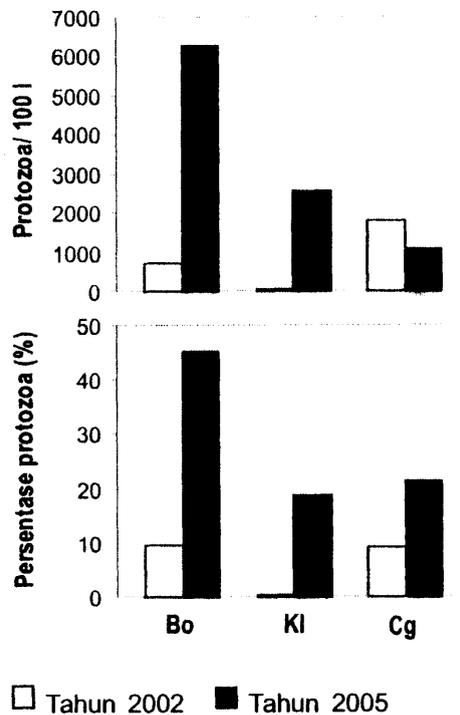
Gambar 3. Kualitas perairan daerah tangkapan ikan Bondan, Klaces, dan Cigatal pada musim kemarau September 2002 dan Agustus 2005. Kandungan PO₄ pada tahun 2005 meningkat tajam di perairan Segara Anakan akibat pengerukan perairan Bondan 2004. Bo = Bondan; Kl = Klaces; Cg = Cigatal; nd: not detected.

□ Tahun 2002 ■ Tahun 2005

dan meningkat dari 112 individu sampai 5572 individu per liter, dan ada pergantian genus kodominan dari genus *Codonella* dan *Favella* menjadi *Tintinopsis*.

Walaupun penelitian ini dilakukan di kawasan tangkapan ikan nelayan, akan tetapi pada waktu sampling jumlah perahu nelayan yang menangkap ikan sangat sedikit. Jumlah

dan hasil tangkapan ikannya juga sedikit, dan nelayan Segara Anakan sedang mengalami paceklik. Copepoda tetap komunitas dominan di perairan Cigatal, akan tetapi kehadiran cacah naupliinya hampir tetap sama pada ke dua tahun tersebut. Artinya bahwa komunitas zooplankton belum merespon pada peledakan komunitas phytoplankton. Keadaan ini ditunjukkan oleh



Gambar 4. Kemelimpahan protozoa di perairan Bondan, Klaces, dan Cigatal pada musim kemarau September 2002 dan Agustus 2005. Bo = Bondan; Kl = Klaces; Cg = Cigatal.

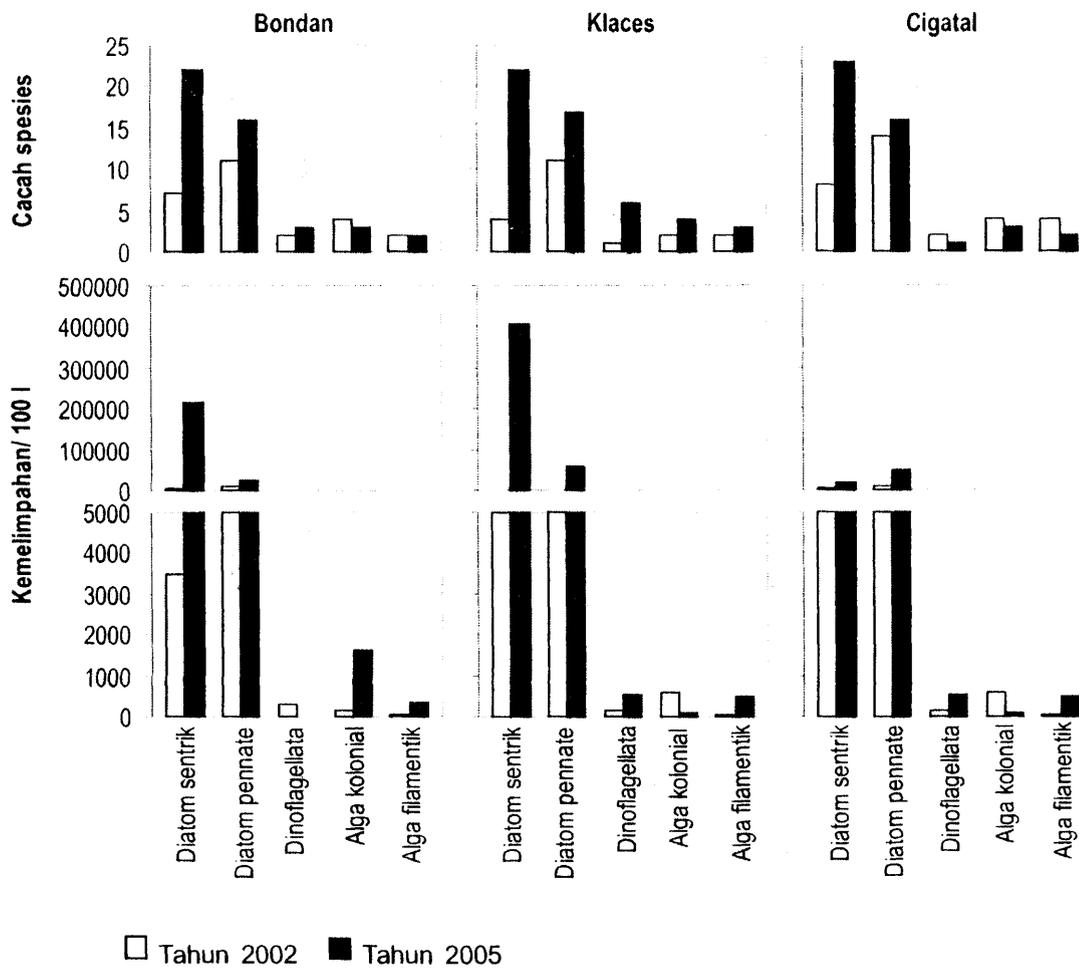
populasi *Chaetoceros* yang meledak baik di lokasi Bondan dan Klaces, akan tetapi komunitas zooplankton tidak ikut meningkat, juga komunitas ikan. Hal ini karena *Chaetoceros* bukanlah genus yang disenangi oleh zooplankton. Oleh sebab itu peledakan phytoplankton, tidak direspon oleh peledakan zooplankton, sehingga dapat dikatakan bahwa kualitas perairan Segara Anakan sudah menurun dan keadaan ini merupakan respon interaksi trofik antara komunitas phytoplankton, zooplankton, dan kelimpahan ikan di daerah tangkapan nelayan, dan kandungan salinitas perairannya.

Cacah spesies -- Pada cacah spesies penyusun komunitas phytoplankton juga terjadi penambahan spesies dibandingkan dengan cacah spesies tahun 2002. Adapun cacah tersebut berturut-turut dari Bondan ke Cigatal adalah 46, 52 dan 45 cacah jenis. Sedangkan pada tahun 2002, cacahnya adalah berturut-turut 26; 20

dan 32 cacah jenis (Gambar 2). Kenaikan cacah genus ini didominasi oleh genus perairan tawar, ada sekitar 19 genus. Sebaliknya, cacah spesies penyusun komunitas zooplankton adalah disusun oleh 21, 20, dan 14 jenis, berturut-turut dari perairan Bondan,

Klases, dan Cigatal. Sedangkan pada tahun 2002, cacah jenisnya adalah 19; 12; dan 20. Di perairan Bondan dan Klases ada penambahan jenis zooplankton, akan tetapi di perairan Cigatal terjadi penurunan jenis. Penurunan ini karena adanya penurunan salinitas perairan di Cigatal dari 33 ‰ pada tahun 2002 menjadi 22 ‰ tahun 2005.

Perlu dicatat bahwa ditemukan ostracoda, plankton sedimen, di semua lokasi. Kehadirannya di dalam kolom air sebagai indikasi bahwa perairan di Segara Anakan sangat teraduk dari dasar ke permukaan. Teraduknya perairan juga diindikasikan dengan ditemukan foraminifera. *Commaliama charentiformis* di dalam kolom

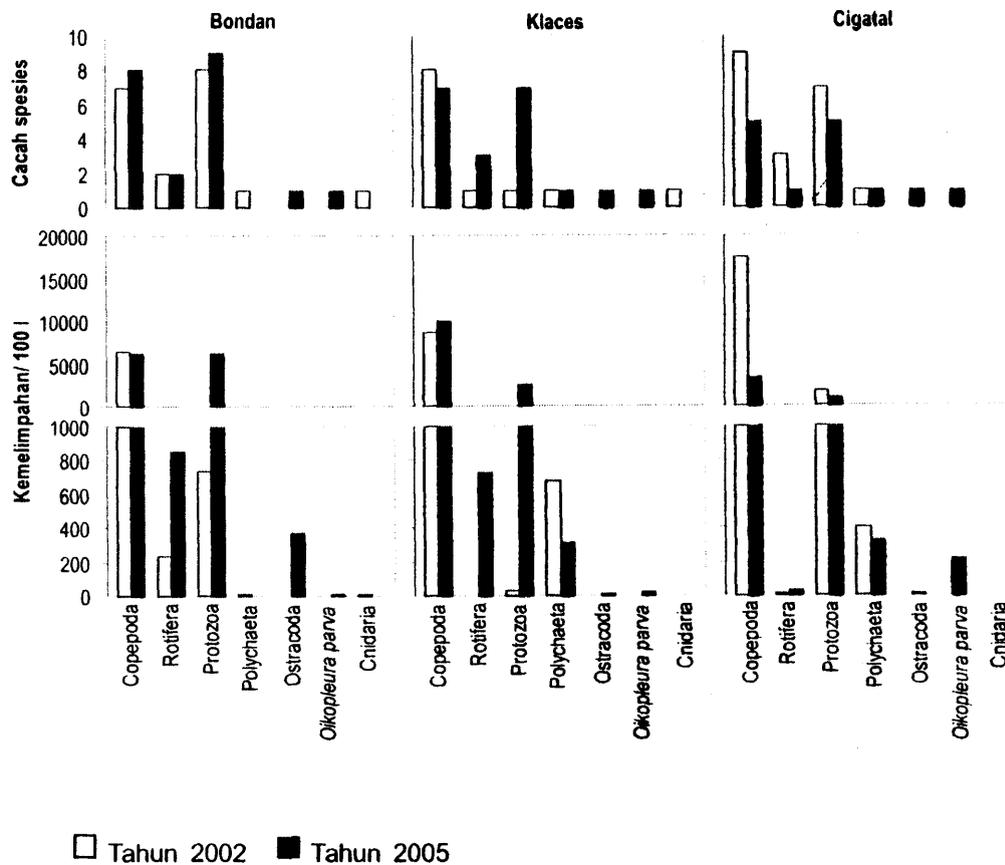


Gambar 5. Kelompok penyusun komunitas phytoplankton di Segara Anakan pada musim kemarau September 2002 dan Agustus 2005. Bo = Bondan; Kl = Klases; Cg = Cigatal.

air berturut-turut dari Bondan ke Cigatal 120; 56; dan 53 indiv. per 100 l.

Pengelompokan komunitas – Genus penyusun komunitas phytoplankton di Segara Anakan dapat dipilah dalam 5 kelompok: 1. Diatom sentrik; 2. Diatom pennate; 3. Dinoflagellata; 4. Algae kolonial; dan 5. Algae filamentik (Gambar 5). Genus penyusun kelompok diatom sentrik dan diatom pennate mendominasi perairan baik Bondan, Klases dan Cigatal. Kemelimpahan ini merupakan respon terhadap pengaruh peningkatan kandungan PO_4 akibat pengerukan sedimen di perairan Bondan, yang telah meningkatkan PO_4 di ketiga perairan

tersebut. Demikian juga dengan cacah spesies penyusun kelompok, hanya kelompok diatom sentrik dan diatom pennate saja yang meningkatkan cacah spesiesnya, masing-masing adalah 22; 22; dan 23 spesies. Akan tetapi di Klases spesies penyusun kelompok lainnya meningkat cacaunya, sebaliknya di Bondan dan Cigatal malah menurun. Di Bondan algae kolonial meningkat cacah spesiesnya. Adanya fluktuasi cacah spesies penyusun kelompok phytoplankton ini ada kaitannya dengan meningkatnya kandungan PO_4 seperti telah dibicarakan sebelumnya. Di samping itu juga karena menurunnya kadar salinitas perairan pada musim kemarau, pada tahun 2005 adalah 20-22 ‰. Sedangkan



Gambar 6. Kemelimpahan penyusun kelompok zooplankton di Segara Anakan pada musim kemarau September 2002 dan Agustus 2005. Bo = Bondan; Kl = Klaces; Cg = Cigatal.

pada tahun 2002 sebesar 29 – 33 ‰. Menurunnya salinitas juga direspon oleh meningkatnya cacah spesies penyusun komunitas phytoplankton perairan tawar sebanyak 19 spesies (Tabel 2 dan Gambar 2).

Hadirnya genus dan spesies komunitas phytoplankton air tawar dari sungai pada musim kemarau mencirikan bahwa ekosistem hutan bakau Segara Anakan sedang dalam proses perubahan dari perairan payau menjadi rawa perairan tawar. Kehadiran cacah spesies perairan tawar tersebut didominasi diatom pennate,

dinoflagellata, dan algae kolonial.

Komunitas zooplankton dipilah ke dalam 7 kelompok: 1. Copepoda; 2. Rotifera; 3. Polychaeta; 4. Protozoa; 5. Ostracoda; 6. *Oikopleura*; dan 7. Cnidaria. Komunitas zooplankton didominasi oleh kelompok copepoda dan protozoa (Gambar 6). Di Bondan dan Klaces ada peningkatan cacah spesies, akan tetapi di Cigatal, cacah spesiesnya menurun (Tabel 2). Kelompok rotifera meningkat di perairan Bondan dan Klaces. Rotifera adalah kelompok yang tidak disenangi ikan.

Tabel 2. Kehadiran cacah spesies phytoplankton dan zooplankton di perairan ekosistem hutan Bakau Segara Anakan tahun 2005.

Diatom Sentrik	Diatom Pennate	Dinoflagellata	Algae Kolonial	Algae filamentik
1 <i>Chaetoceros muelleri</i>	1 <i>Synedra tabulata</i>	1 <i>Ceratium fusus</i>	1 <i>Merismopedia</i>	1 <i>Microspora</i>
2 <i>Melosira malayensis</i>	2 <i>Synedra cunningtoni</i>	2 <i>Ceratium furca</i>	2 <i>Chroococcus giganteus</i>	2 <i>Gonatozygon</i>
	3 <i>Synedra acus</i>	3 <i>Ceratium macroceros</i>	3 <i>Pediastrum biradiatum</i>	3 <i>Oscillatoria</i>
	4 <i>Nitzschia filiformis</i>	4 <i>Ceratium atrictum</i>	4 <i>Pediastrum boryanum</i>	
	5 <i>Navicula placentula</i>	5 <i>Peridinium paulseni</i>	5 <i>Sphaerocystis Shcroeteri</i>	
	6 <i>Surirella robusta</i>	6 <i>Peridinium breve</i>	6 <i>Closteriopsis</i>	
	7 <i>Gomphonema germinatum</i>	7 <i>Dinophysis homunculus</i>	7 <i>Chlorococcum humicola</i>	

Zooplankton perairan tawar

Copepoda	Rotifera	Protozoa
1 <i>Diaptomus</i>	1 <i>Filinia</i>	1 <i>Diffugia</i>
2 <i>Cyclops</i>	<i>opoliensis</i>	<i>acuminata</i>
3 <i>Limnocalanus</i>	2 <i>Filinia terminalis</i>	2 <i>Diffugia oblongata</i>
	3 <i>Asplachnha myrmeleo</i>	
	4 <i>Brachionus quadridentata</i>	

Seperti telah dibicarakan sebelumnya ada peningkatan cacah spesies dan kemelimpahan protozoa di semua lokasi. Kemelimpahan ini sangat dominan di perairan Bondan dan Cigatal. Akan tetapi secara temporal, cacah spesies zooplankton yang hadir di Cigatal menurun. Pada tahun 2002 ditemukan 20 spesies (Djohan 2002: *unpublished data*), sebaliknya pada penelitian ini hanya ditemukan 14 spesies. Disamping itu pada penelitian ini juga ditemukan 9 cacah spesies zooplankton berasal dari perairan tawar. Bila dibandingkan dengan phytoplankton, cacah spesies ini sangat rendah. Hadirnya spesies zooplankton dan phytoplankton komunitas sungai pada musim kemarau menandakan juga bahwa perairan Segara Anakan kualitasnya menurun dan ekosistem tersebut sedang mengalami perubahan menjadi rawa-perairan tawar.

KESIMPULAN

Adanya pengerukan sedimen di Bondan telah merubah lagi komposisi genus atau spesies penyusun komunitas baik phyto maupun zooplankton. Perubahan ini merupakan respon dari komunitas phytoplankton terhadap tingginya kandungan hara PO_4 . Perubahan komposisi spesies ini juga didikte oleh perubahan salinitas. Walaupun lokasi perairan Bondan dikeruk, akan tetapi *shoals* (pendangkalan) yang ada di Klaces dan sekitarnya tetap membuat air sungai terjebak. Perairan hutan bakau Segara Anakan sedang dalam proses perubahan menjadi perairan tawar. Kualitas perairan sangat menurun dicirikan oleh peledakan populasi genus *Chaetoceros* sp di perairan Bondan dan Klaces. Genus atau spesies zooplankton yang hadir di perairan Cigatal adalah spesies laut yang tahan pada salinitas rendah. Komunitas plankton di perairan hutan bakau Segara Anakan diregulasi oleh faktor fisik, tersedianya hara, kandungan salinitas perairan dan interaksi trofik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada K. Suhethiningsih alumnus 2005 Fakultas Biologi UGM yang telah membantu dalam koleksi sampel, identifikasi plankton dan analisis data. Terimakasih juga disampaikan kepada bapak Suparmin, Sutrisno, dan Sumarno dari Desa Motean Segara Anakan, telah membantu di lapangan. Terimakasih kepada Bapak Suyono Teknisi Lab Ekologi, Sdr. E. G. Songge S.Si alumnus 2007 Fakultas Biologi UGM yang telah membantu dalam menyiapkan peralatan sebelum ke lapangan. Penelitian dapat terlaksana dengan bantuan Dana Masyarakat Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada No. UGM/Bi/1467/m/05/01 tanggal 20 Juni 2005.

DAFTAR PUSTAKA

- Alpine, A. E., and J. E. Cloern. 1992. Trophic interaction and direct physical effects control phytoplankton biomass and production in an estuary. *Limnol. Oceanogr.* 37(5): 946-955.
- Anonimous 2002. Cilacap dalam angka. BPS Kabupaten Cilacap.
- 2005. Cilacap dalam angka. BPS Kabupaten Cilacap.
- Birowo, and Uktolseya. 1982. *Management problems in estuaries*. In E.C.F. Bird, A. Soegiarto, K.A. Soegiarto, and N. Rosengren [eds.]. Proceeding of workshop on coastal resources management in the Cilacap region. The Indonesian Institute of Science (LIPI) and the United Nations University.
- Bougis, P. 1976. *Marine plankton ecology*. North-Holland Publ., Co. Amsterdam - Oxford.
- Champalbert, G., M. Pagano, P. Sene, and D. Corbin. 2007. Relationship between meso- and macro-zooplankton communities and hydrology in the Senegal River Estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 74: 381-394.

- Djohan, T. S. 2002. *Mangroves of Segara Anakan: their past, present, and threatened future*. Seminar at Department of Environmental Science and Policy Univ. of California at Davis, USA.
- Horne, A. J., and C. R. Goldman. 1994. *Limnology*. Mc Graw-Hill Book Co. New York.
- Hamidjojo, P. 1982. *The geomorphology of Segara Anakan area related to the tides and currents*. p. 109-112. In E.C.F. Bird, A. Soegiarto, K.A. Soegiarto, and N. Rosengren (eds.). Proceeding of workshop on coastal resources management in the Cilacap region. The Indonesian Inst. of Sci. and the United Nations Univ. Jakarta.
- Loeblich, A. R., and H. Tappan. 1988. *Foraminiferal genera and their Classification*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Nybakken, J.W., and M. D. Bertness. 2005. *Marine Biology: An Ecological Approach*. 6th edition. Pearson Benjamin Cummings. San Fransisco.
- Primo, A. L., U. M. Azeiteiro, S. C. Marques, F. Martinho, M. A. Pardal. 2009. Change in zooplankton diversity and distribution pattern under varying precipitation regimes in a southern temperate estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 82: 341-347.
- Shirota, A. 1996. *The plankton of South Vietnam : Freshwater and Marine plankton*. Over. Tech. Coop. Agen. Japan.
- Sutomo, H. 1982. *Tidal characteristics and sedimentology of the Segara Anakan*. p. 104-105. In E.C.F. Bird, A. Soegiarto, K.A. Soegiarto, and N. Rosengren (eds.). Proceeding of workshop on coastal resources management in the Cilacap region. The Indonesian Inst. of Sci. and the United Nation Univ. Jakarta.
- Ward, H. B. and G. C. Whipple. 1959. *Freshwater biology*. 2nd edit. W. T. Edmonson. Editor. John Wiley and Sons, Inc. New York.