



**Komposisi Spesies dan Struktur Komunitas
Moluska Benthik Teluk Jakarta**

**The Composition of Species and Structure of
Benthic Mollusc of Jakarta Bay**

Hendrik A.W. Cappenberg

Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI

Email: hendrik_awc@yahoo.com

Submitted 2 March 2017. Reviewed 23 October 2017. Accepted 18 December 2017

Abstrak

Pesatnya pembangunan dan bertambahnya jumlah penduduk di daratan akan memberikan dampak negatif bagi kualitas perairan dan sedimen Teluk Jakarta sebagai habitat moluska benthik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi dan keragaman spesies moluska benthik di Teluk Jakarta. Pengambilan sampel moluska benthik dilakukan pada bulan Juni dan September 2003 di 30 stasiun pengamatan, dengan menggunakan *Smith McIntyre Grab* yang memiliki luasan bukaan $0,05 \text{ m}^2$ dan diturunkan pada kedalaman 1 – 12 meter. Untuk mendapatkan sampel moluska benthik dan substrat dasar perairan, sampel sedimen disaring memakai ayakan dengan mata saring 0,5 mm. Hasil studi menunjukkan bahwa substrat dasar di lokasi kajian terdiri atas lumpur, lumpur berpasir dan pasir berlumpur. Jumlah moluska benthik yang ditemukan adalah sebanyak 24 spesies yang termasuk dalam 18 genus. Kepadatan moluska benthik berkisar antara $0,3 - 15779,7$ individu/ m^2 pada pengamatan bulan Juni dan $0,3 - 820,3$ individu/ m^2 pada bulan September. Famili Tellinidae memiliki jumlah spesies relatif tinggi, sedangkan Famili Kalliellidae (*Alveinus* sp.) memiliki sebaran yang relatif luas baik pada bulan Juni dan September. Semua moluska benthik yang ditemukan, merupakan spesies yang umum dan tersebar luas di perairan Indonesia. Pada bulan Juni, nilai indeks keragaman (H') berkisar antara 0,03 – 0,95 dan kemerataan (J') berkisar antara 0,05 – 0,69, dan pada bulan September ($H' = 0,01 - 1,08$) dan ($J' = 0,01 - 1,00$). Hasil perhitungan menunjukkan komunitas moluska benthik di perairan Teluk Jakarta berada dalam kondisi yang rendah.

Kata kunci: Struktur komunitas, moluska benthik, Teluk Jakarta.

Abstract

The development and increasing of population in mainland may have negative impact on water and sediment quality in the Jakarta Bay as habitat of benthic molluscs. The study was conducted in June and September 2003. The aim of this study was to observe the species composition and diversity of benthic mollusc community in the Jakarta Bay. Samples were collected from 30 stations at 1 – 12 m depth using Smith McIntyre

Grab with opening area was 0.05 m². A sieve with 0.5 mm in mesh size used for collecting benthic molluscs as well as for determining the profil of benthic substrates. Results of this study showed that the substrate in the study sites was characterized by muddy, muddy sand and sandy mud sediment. A total of 24 mollusc species were identified, which belong to 18 genera. Abundance of benthic molluscs ranged from 0.3 to 15779.7 individu/m² in June and from 0.3 to 820.3 individu/m² in September. Tellinidae was the highest species composition, and *Alveinus sp.* (Kelliellidae) was distributed widely in June and September. Most of the molluscs found in this study area were common species in Indonesia waters. The value of diversity index (H') ranged from 0.03 to 0.95 and evenness index (J') ranged from 0.05 to 0.69 in June and in September diversity index (H') ranged from 0.01 to 1.08 and evenness index (J') ranged from 0.01 to 1.00. These indexes showed that the diversity of benthic mollusc in Jakarta Bay were relatively low.

Keywords: Community structure, benthic mollusc, Jakarta Bay.

Pendahuluan

Teluk Jakarta terletak diantara garis bujur 106° 33 – 107° 03 BT dan 5° 48 30 LS – 6° 10 30 LS, dengan luas perairan sekitar 514 km² dan garis pantai sepanjang 72 km yang membentang dari Tanjung Karawang pada sisi timur hingga Tanjung Pasir pada sisi barat (Nur et al. 2001). Kawasan perairan ini merupakan wilayah perairan dangkal dengan kedalaman tidak lebih dari 30 m (Nontji 1984), dan berhubungan langsung dengan laut Jawa. Secara geomorfologi, Teluk Jakarta termasuk dalam tipe teluk semi tertutup, dengan profil dasar perairan di bagian timur, relatif lebih landai dibandingkan bagian tengah dan barat (Suyarso 1995). Hal ini disebabkan banyaknya sungai besar maupun kecil, seperti Kali Bekasi, Sungai Marunda, S. Citarum, Kali Sunter, S. Ciliwung, S. Angke, S. Cisadane dan S. Dadap, yang membawa banyak limbah (antropogenik), dan menjadi sumber bahan pencemaran bagi perairan Teluk Jakarta akibat berbagai macam aktivitas manusia, seperti pelabuhan, industri, pariwisata, perikanan dan pemukiman.

Seperti banyak kota besar lainnya di negara sedang berkembang, Metropolitan Jakarta, termasuk pula daerah penyangga/hinterland (Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi) yang luas juga mengalami laju pertumbuhan penduduk dan industri yang sangat cepat dalam 20 tahun terakhir. Pertumbuhan tersebut memberikan konsekuensi penurunan kualitas lingkungan, tidak hanya di darat, tetapi juga diperairan Teluk. Hasil studi yang dilaporkan oleh JICA dalam Suhendar dan Heru (2007) terlihat bahwa, kontribusi air limbah domestik tercatat sebesar 78,9%, komersial 13,1% dan industri sebesar 8% yang menyebabkan penurunan kualitas air sungai di Jakarta, sehingga menjadi penyebab

utama pencemaran di muara sungai dan perairan Teluk Jakarta. Dampak antropogenik ini akan semakin meningkat dan menjadi ancaman serius bagi keseimbangan ekosistem perairan bila tidak diikuti dengan perilaku yang ramah lingkungan.

Muara sungai merupakan daerah perairan yang sangat subur dan banyak dihuni oleh berbagai biota dengan keanekaragaman spesies yang cukup bervariasi namun juga menjadi tempat akhir akumulasi dari berbagai jenis bahan cemar. Pearson dan Rossemberg (1978) dalam Aswandy (2008) menyatakan bahwa pengaruh limbah dapat merubah struktur komunitas makrobentos, yang ditandai dengan rendahnya nilai indeks kekayaan dan keanekaragaman spesies. Selain bahan pencemar, tinggi rendahnya keragaman spesies dalam perairan juga dipengaruhi oleh beberapa hal seperti tipe sedimen, stabilitas lingkungan, kompetisi, panjangnya rantai makanan serta ukuran tubuh biota bersangkutan (Kastoro et al. 1999). Oleh karenanya, semakin besar tekanan pada perairan, maka semakin tinggi pula tekanan yang dialami oleh biota khususnya moluska benthik, selain polikaeta, ekinodermata maupun krustasea.

Beberapa penelitian tentang fauna makrobentos di perairan Teluk Jakarta telah dilaporkan oleh Kastoro et al. (1990); Aswandy dan Soedibjo (1992); Kastoro et al. (1997); Aziz et al. (1998); Yonvitner dan Imran (2006); Al Hakim (2010) dan Widianwari (2013), namun kajian tentang fauna moluska benthik di perairan Teluk Jakarta masih relatif terbatas dan belum banyak dilaporkan. Hasil dari berbagai penelitian tersebut menunjukkan kecenderungan menurunnya keanekaragaman makrobentos yang berkaitan dengan menurunnya kondisi lingkungan perairan Teluk Jakarta.

Moluska dan makroinvertebrata benthik lainnya telah digunakan secara luas dalam studi bio-indikator untuk menilai tingkat polusi suatu perairan dan lebih disukai karena warnanya yang beragam, sangat sesuai dengan berbagai kondisi alam dan sebagian besar bersifat benthik/menatap pada sedimen/substrat dengan mobilitas terbatas (Braccia dan Voshell 2006; Rachmawaty 2011; Dewi 2013). Kehadiran dan kepadatan moluska benthik sebagai salah satu komponen dari kelompok makrobentos, juga sangat berperan penting dalam rantai makanan serta turut mempengaruhi ketersediaan stok ikan (Kastoro et al. 1990). Oleh karena itu berbagai aspek moluska benthik sangat perlu dikaji.

Komposisi dan keragaman spesies moluska benthik, secara umum dipengaruhi oleh kualitas perairan seperti jenis substrat tempat hidup, kekeruhan (NTU), suhu, salinitas, kandungan oksigen terlarut (DO), dan pH (Nybakken 1992; Norse dan Crowder 2005), dan bila kualitas lingkungan menurun maka keragaman biota akan mengalami penurunan. Penurunan struktur komunitas pada suatu perairan, salah satu disebabkan oleh pengaruh limbah (Retnaningdyah 1997; Garg et al. 2009).

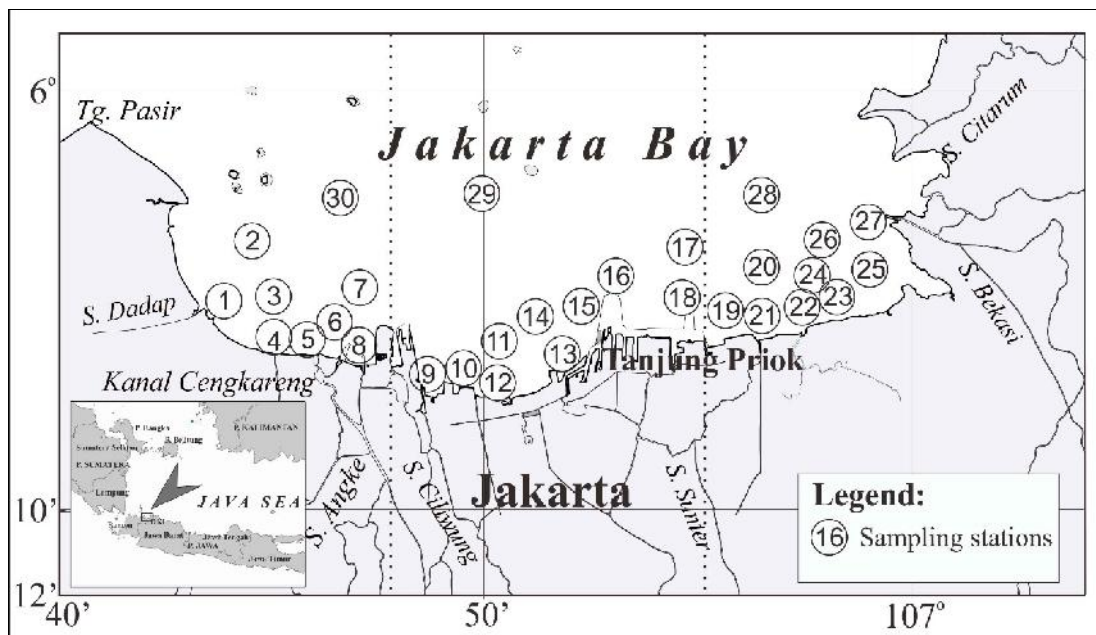
Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui keanekaragaman spesies dan kelimpahan moluska benthik di perairan Teluk Jakarta, yang dituangkan dalam berbagai indeks

ekologi. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat digunakan sebagai sumber informasi untuk pengelolaan lingkungan Teluk Jakarta.

Metodologi

Waktu dan Lokasi Penelitian

Perairan Teluk Jakarta merupakan perairan dangkal dan landai, memiliki kedalaman tidak lebih dari 30 m (Nontji 1984), dan termasuk dalam tipe teluk semi tertutup. Profil dasar perairan dibagian timur teluk, relatif landai dibandingkan bagian tengah dan barat (Suyarso 1995). Penelitian moluska benthik dilakukan pada tahun 2003, di bulan Juni dan September pada 30 stasiun yang tersebar dari barat ke timur. Letak stasiun yang berada di sisi barat, yaitu Stasiun 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan 30 berada dibawah pengaruh Sungai Ciliwung, Kali Angke, Sungai Dadap dan Sungai Cisadane, sedangkan Stasiun 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 dan 29 berada ditengah teluk yang diapit oleh Pelabuhan Sunda Kelapa dan Pelabuhan Tanjung Priok serta dipengaruhi oleh Kali Koja dan Kali Sunter. Stasiun 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 dan 28 berada di sisi timur dipengaruhi oleh Kali Bekasi dan Sungai Marunda. Posisi masing-masing stasiun ditetapkan secara permanen dengan menggunakan GPS (Gambar-1)



Gambar 1. Peta Teluk Jakarta dan lokasi pengambilan sampel moluska benthik
Figure 1. Map of the Jakarta Bay and sampling sites of benthic molluscs.

Pengambilan Sampel dan Analisa Data.

Pengambilan sampel moluska benthik yang berada dalam sedimen dilakukan dari atas perahu dengan menurunkan *grab Smith McIntyre* yang memiliki luas cakupan 0,05 m² pada kedalaman 1 – 12 meter. Untuk setiap stasiun dilakukan 3 kali ulangan. Sedimen yang didapat, disaring dengan menggunakan mata ayakan berukuran 0,5 mm. Moluska benthik yang didapat dibersihkan lalu dimasukkan kedalam larutan formalin 10% yang telah diberi pewarna Rose Bengal.

Di laboratorium sampel moluska disortir dan dipisahkan dari material lainnya, kemudian diawetkan dalam alkohol 70% sebelum diidentifikasi. Moluska benthik diidentifikasi di bawah mikroskop binokuler berkekuatan rendah (*low power*) dan tinggi (*high power*), dengan merujuk pada buku-buku identifikasi moluska Dance (1976); Abbott dan Dance (1990); Wilson (1993); Poutiers (1998); dan Dharma (2005). Moluska benthik dihitung jumlah spesies dan jumlah individu dari setiap spesies. Indeks keragaman (*H'*) dan kemerataan spesies (*J'*), dan kepadatannya dihitung menggunakan perangkat lunak Primer versi 5.1. (Clarke dan Warwick 2001).

Hasil

Karakteristik Lokasi Penelitian

Berdasarkan analisa dan pengamatan substrat dasar perairan Teluk Jakarta dapat diketahui bahwa stasiun yang terletak di bagian barat teluk, yang dekat dengan pesisir pantai dan muara sungai seperti Sungai Dadap – Muara Angke (Stasiun 1, 2, 3, 4, 5 dan 8) umumnya memiliki tekstur sedimen berupa lumpur halus berwarna hitam dan berbau busuk. Kecuali Stasiun 6 dan Stasiun 7 yang memiliki sedimen berupa lumpur pasir. Bagian barat teluk diduga mengalami sedimentasi yang cukup tinggi.

Hal ini terlihat dari tebalnya lapisan lumpur berwarna hitam pada dasar perairan (sedimen), memiliki air yang sangat keruh dengan kedalaman yang berkisar 1 – 7 m. Pada bagian tengah teluk (Pelabuhan Sunda Kelapa – Kali Sunter), kedalaman berkisar 4 – 9,5 meter, tekstur sedimen berupa pasir lumpuran dan pasir halus, bagian permukaan sedimen berwarna coklat kehitaman dan abu-abu dan bercampur dengan pecahan karang serta cangkang kerang (*bivalvia*) dan foraminifera. Di bagian timur (Pelabuhan Tanjung Priok – Marunda) kedalaman perairan berkisar 1 – 12 m,

tekstur sedimen dasar perairan berupa lumpur pasiran, berwarna coklat dan warna abu-abu pada lapisan permukaannya, serta lumpur berwarna hitam dengan bau yang cukup menyengat pada beberapa titik stasiun (Stasiun 19, 20, 21, 22 dan 24).

Suhu dekat dasar perairan saat pengamatan berkisar antara 28,73 – 30,03°C pada bulan Juni dan 28,75 – 30,73°C pada bulan September. Distribusi dan perubahan nilai suhu ini mengikuti pola arus (Razak 2003). Fluktuasi suhu yang ada tidak menimbulkan pengaruh yang besar terhadap proses kehidupan moluska, dimana suhu ideal bagi moluska benthik (kelas *bivalvia*) berkisar 25 – 28°C, dan sangat berpengaruh pada fase larva (Miranda-Baeza et al. 2006). Selanjutnya Dame (1996) menyatakan bahwa suhu ideal bagi keberlangsungan hidup *bivalvia* berkisar antara 26,0 – 31,5°C, sedangkan batas toleransi suhu tertinggi untuk keseimbangan struktur populasi fauna benthos mendekati 32°C (Adriman 1995).

Hasil pengukuran nilai salinitas pada bulan Juni di setiap stasiun berkisar antara 21,61 – 32,01‰ dan 26,39 – 32,84‰ di bulan September. Beberapa stasiun yang letaknya dekat dengan muara sungai (Kamal, Sungai Cengkareng, Sungai Cilincing, Sungai Marunda dan Kali Bekasi) cenderung memiliki salinitas yang rendah (20,34‰). Kisaran salinitas tersebut sesuai dengan salinitas perairan pantai di daerah tropis berkisar 28 – 32‰, dan masih tergolong alami serta sesuai dengan standar baku mutu perairan (Effendi 2003). Menurut Verween et al. (2007), moluska memiliki kisaran salinitas optimum yang lebar untuk kehidupannya.

Derajat keasaman atau nilai pH dasar perairan Teluk Jakarta, berkisar 7,60 – 8,10, termasuk dalam kategori normal (Razak 2003), dan berada dalam batas aman dan ideal bagi kehidupan biota (Pescod 1978 dalam Susana 2005). Fluktuasi nilai pH dalam perairan sangat berperan besar terhadap kehidupan organisme benthik (Kurihara et al. 2007; Beesley et al. 2008; Dupont et al. 2008; Wood et al. 2008). Nilai pH dalam perairan, berperan penting dalam pembentukan cangkang biota laut, termasuk beberapa spesies moluska dan krustasea. Kadar oksigen terlarut (DO) berkisar 3,50 – 3,75 ppm, termasuk dalam kategori normal. Oksigen terlarut sangat dibutuhkan oleh organisme perairan untuk proses pernapasan, metabolisme, pertumbuhan dan perkembangbiakan. Merujuk standar baku mutu perairan, kadar oksigen terlarut dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh

senyawa beracun, memiliki nilai minimal 2 ppm (Swingle 1968 *dalam* Salmin 2005).

Secara umum, parameter kimia dan fisika perairan Teluk Jakarta pada saat kajian ini dilakukan masih mencerminkan kondisi perairan yang terkategori cukup baik bagi kehidupan biota bentik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Liaw (1969) *dalam* Aswandy (2008) yang menyatakan, kondisi normal bagi kehidupan bentos di perairan estuari memiliki kandungan oksigen berkisar antara 1 – 5 ppm, kadar fosfat berkisar antara 1,62 – 3,23 ppm dan TOM berkisar antara 4,5 – 15%.

Keanekaragaman Spesies, Komposisi dan Kepadatan Moluska Bentik

Sebanyak 76.789 individu, terdiri atas 24 spesies yang tergolong dalam 18 genus, berhasil dikoleksi dari 30 stasiun. Jumlah tersebut merupakan hasil pengamatan di bulan Juni (70.887 individu dan 14 spesies) dan September (5.902 individu dan 14 spesies) (Tabel 1 dan Tabel 2). Komposisi spesies moluska bentik yang ditemukan di masing-masing stasiun cukup bervariasi, berkisar antara 1 – 8 spesies. Famili Tellinidae (bivalvia) memiliki jumlah spesies terbanyak, yakni 4 spesies ditemukan pada pengamatan bulan Juni dan 5 spesies pada bulan September, diikuti Veneriidae (bivalvia) sebanyak 3 spesies, masing-masing pada bulan Juni dan September. Jumlah spesies tertinggi pada pengamatan bulan Juni, terdapat di Stasiun 9 dan Stasiun 11 masing-masing 6 spesies, dan

terendah ditemukan pada 8 stasiun (Stasiun 5, 7, 12, 17, 18, 19, 21, dan 23) masing-masing 1 spesies. Sedangkan pada bulan September, jumlah spesies tertinggi terdapat di Stasiun 6, yakni 8 spesies dan yang terendah terdapat pada 12 stasiun (Stasiun 1, 2, 3, 13, 14, 15, 17, 19, 20, 23, 24, dan 28), masing-masing hanya 1 spesies. Dari 30 stasiun yang diamati pada bulan Juni dan September, hanya *Alveinus* sp. dari famili Kelliellidae (bivalvia) memiliki sebaran yang luas.

Kepadatan individu tertinggi pada bulan Juni terdapat pada Stasiun 22 (15779,7 individu/m² dan 3 spesies), diikuti Stasiun 21 (6773,3 individu/m² dan 1 spesies) dan yang terendah di Stasiun 7 (0,3 individu/m² dan 1 spesies). Pada pengamatan bulan September, kepadatan individu tertinggi terdapat di Stasiun 21 (820,3 individu/m² dan 2 spesies), diikuti Stasiun 22 (638,7 individu/m² dan 3 spesies), sedangkan yang terendah di Stasiun 9 dan Stasiun 17 (masing-masing 0,3 individu/m² dan 1 spesies) dan hanya diwakili oleh *Alveinus* sp. (Tabel 1 dan Tabel 2). Semua moluska bentik yang ditemukan dalam pengamatan ini merupakan spesies-spesies yang umum dan tersebar luas di perairan Indonesia dan perairan tropis. Seperti genus *Barbatia*, *Gafarium* dan *Tellina* yang ditemukan dalam kajian ini, memiliki sebaran yang sangat diluas di perairan Indo-West Pasific, dari Timur Africa, Madagascar, Laut Merah dan Teluk Persia – Melanesia; utara Jepang – New Caledonia (Poutier 1998).

Cappenberg

Tabel 1. Keanekaragaman spesies, kepadatan dan indeks ekologi moluska benthik, pada masing-masing stasiun di Teluk Jakarta, Juni 2003.
 Table 1. Species diversity, abundance, and ecological index of benthic molluscs in each station at Jakarta Bay, Juni 2003.

No.	Species	Station																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	30	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	29	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
A. Class Bivalvia																															
I Arcidae																															
1	<i>Anadara antiquata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	<i>Barbatia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II Kelliellidae																															
3	<i>Alveinus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1520	154	330	9	0	0	19	313	4	2	194	0	0	20320	47335	583	0	0	0	20	0
III Lucinidae																															
4	<i>Anodontia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
IV Mytilidae																															
5	<i>Brachidontes</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V Mactridae																															
6	<i>Mactra</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	13	0
VI Scandriidae																															
7	<i>Scaphander</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VII Tellinidae																															
8	<i>Tellina</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0
9	<i>Tellina</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	<i>Tellina</i> sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
11	<i>Tellina</i> sp. 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VIII Veneriidae																															
12	<i>Gafrarium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	<i>Lioconcha</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
14	<i>Paphia undulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Total Individual		0	0	0	0	0	0	1	0	0	1542	164	349	9	0	0	19	315	4	2	194	0	0	20320	47339	583	0	10	0	36	0
Abundance of Individual		0	0	0	0	0	0	0.3	0	0	514.0	54.7	116.3	3.0	0	0	6.3	105.0	1.3	0.7	64.7	0	0	6773.3	15779.7	194.3	0	3.3	0	12.0	0
Total Species		0	0	0	0	0	0	1	0	0	6	5	6	1	0	0	1	2	1	1	1	0	0	1	3	1	6	2	0	4	0
Shannon Index (H')		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0.31	0.27	0	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.33	0	0.95	0
Evenness Index (J')		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0.19	0.20	0	0	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.47	0	0.69	0

Tabel 2. Keragaman spesies, kepadatan dan indeks ekologi moluska bentik, pada masing-masing stasiun di Teluk Jakarta, September 2003.
 Table 2. Species diversity, Abundance, and ecological index of benthic molluscs in each station at Jakart Bay, September 2003.

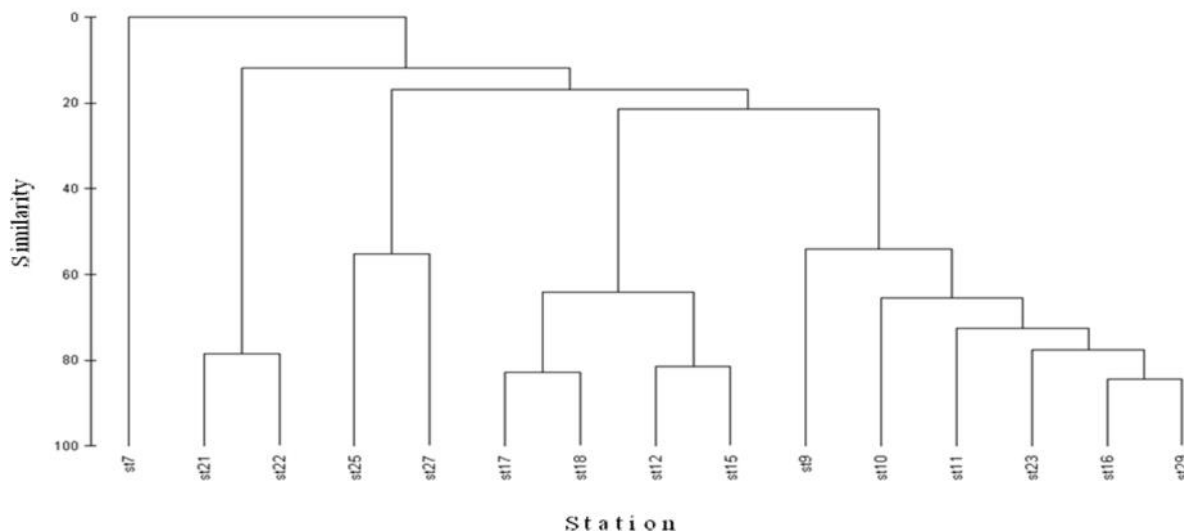
No.	Species	Station																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	30	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	29	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
A. Class Bivalvia																															
I Arcidae																															
1	<i>Anadara antiquata</i>	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	<i>Barbatia</i> sp.	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
II Kelliellidae																															
3	<i>Alveinus</i> sp.	53	24	44	0	559	285	45	13	0	0	10	0	7	15	2	0	0	0	19	1	9	83	2459	1914	32	14	56	94	8	0
III Lucinidae																															
4	<i>Anodontia</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
IV Mactridae																															
5	<i>Mactra</i> sp.	0	0	0	0	0	2	1	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V Mytilidae																															
6	<i>Brachidontes</i> sp.	0	0	0	0	11	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0
7	<i>Modiolus</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VI Nuculanidae																															
8	<i>Saccella</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VII Pholadidae																															
9	<i>Pholas</i> sp.	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VIII Tellinidae																															
10	<i>Macoma</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
11	<i>Tellina</i> sp. 1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
12	<i>Tellina</i> sp. 2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
13	<i>Tellina</i> sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
14	<i>Tellina</i> sp. 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
IX Veneriidae																															
15	<i>Gafrarium</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
16	<i>Paphia undulata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	<i>Trapezium</i> sp.	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B. Class Gastropods																															
X Naticidae																															
18	<i>Natica</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
XI Turridae																															
19	<i>Turricula</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Number of Individual		53	24	44	13	574	362	47	24	0	1	14	9	10	15	2	4	0	1	21	2	9	83	2461	1916	32	14	58	95	9	5
Abundance of Ind.		17.7	8.0	14.7	4.3	191.3	120.7	15.7	8.0	0.0	0.3	4.7	3.0	3.3	5.0	0.7	1.3	0.0	0.3	7.0	0.7	3.0	27.7	820.3	638.7	10.7	4.7	19.3	31.7	3.0	1.7
Number of Species		1	1	1	2	5	8	3	4	0	1	3	3	3	1	1	1	0	1	3	2	1	1	2	3	1	1	3	2	2	1
Shannon Index (H')		0	0	0	0.27	0.14	0.62	0.21	1.08	0	0	0.76	0.68	0.80	0	0	0	0	0	0.38	0.70	0	0	0.01	0.01	0	0	0.17	0.17	0.35	0
Evenness Index (J')		0	0	0	0.39	0.08	0.30	0.19	0.78	0	0	0.69	0.62	0.73	0	0	0	0	0	0.34	1.00	0	0	0.01	0.01	0	0	0.16	0.08	0.50	0

Indeks Ekologi Moluska Bentik

Analisis nilai ekologis semua stasiun pengamatan di bulan Juni dan September disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pada pengamatan bulan Juni, nilai indeks keragaman spesies (H') berkisar antara 0,03 – 0,95 dan pada bulan September 0,01 – 1,08. Nilai keragaman spesies terendah pada bulan Juni terdapat di Stasiun 16 (0,03) dan tertinggi di Stasiun 27 (0,95), sedangkan pada bulan September, nilai terendah di Stasiun 21 dan Stasiun 22, masing-masing 0,01, dan tertinggi di Stasiun 8 (1,08). Nilai indeks kemerataan spesies (J'), untuk bulan Juni berkisar antara 0,05 – 0,69 dan pada bulan September 0,01 – 1,00. Nilai kemerataan tertinggi terdapat di Stasiun 27 sebesar 0,69 dan terendah di Stasiun 9 dan Stasiun 16 masing-masing 0,05 pada bulan Juni. Sedangkan di bulan September, kemerataan spesies tertinggi ditemukan pada Stasiun 29 (1,00) dan terendah di Stasiun 21 dan Stasiun 22 masing-masing 0,01.

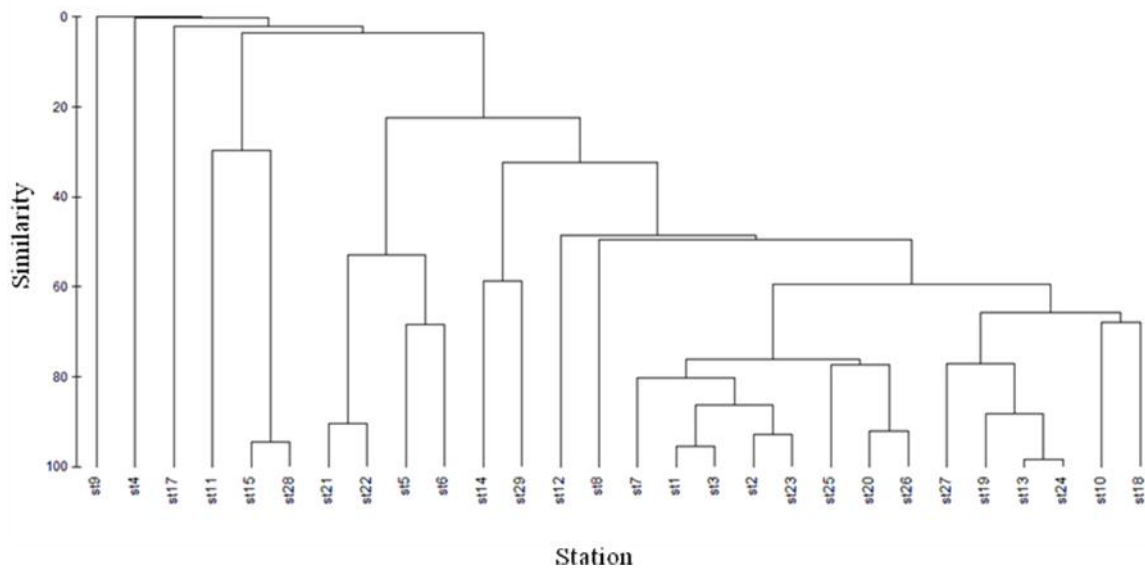
Pengelompokan Spesies Moluska Bentik

Hasil analisis pengelompokan kluster berdasarkan jumlah individu pada setiap spesies moluska bentik yang ditemukan pada pengamatan bulan Juni, umumnya menunjukkan bahwa komunitas moluska bentik memiliki nilai kemiripan yang relatif tinggi (> 50%), dimana Stasiun 16 dan Stasiun 29 memiliki nilai kemiripan tertinggi (84,33%), diikuti Stasiun 17 dan Stasiun 18 (82,84%), serta Stasiun 12 dan Stasiun 15 (81,53%). Bagi stasiun-stasiun (Stasiun 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 30, 13, 14, 19, 20, 24, 26 dan 28) yang tidak ditemukan kehadiran spesies moluska benthiknya, tidak dapat dihitung dan tidak tergambar dalam pengelompokan ini (Gambar 2). Sedangkan pada pengamatan di bulan September, nilai kemiripan tertinggi terdapat pada Stasiun 13 dan Stasiun 24, yakni 98,28%, dan hanya ada beberapa stasiun saja yang memiliki nilai kemiripan yang rendah (< 50%) (Gambar 3).



Gambar 2. Dendrogram pengelompokan moluska bentik di setiap stasiun berdasarkan kelimpahan individu, Juni 2003.

Figure 2. Cluster of benthic molluscs in each station based on number of individuals, Juni 2003.



Gambar 3. Dendrogram pengelompokan moluska bentik di setiap stasiun berdasarkan kelimpahan individu, September 2003.

Figure 3. Cluster of benthic molluscs in each station based on number of individuals, September 2003.

Pembahasan

Perairan Teluk Jakarta dengan banyak sungai yang bermuara didalamnya, didominasi oleh sedimen/substrat lumpur hingga pasir lumpuran yang terbawa oleh aliran sungai dan mengendap pada sekitar muara ataupun sepanjang pesisir pantai tergantung dari topografi pantainya. Perairan ini mempunyai produktivitas yang tinggi, karena ada pengayaan zat-zat organik/nutrient yang terbawah oleh aliran sungai dan air laut yang mendukung kehidupan makrofauna, seperti polikaeta, krustase, ekinodermata dan moluska yang mendominasi komunitas sedimen lumpur (Nybakken and Bertness 2005), namun sangat mudah terganggu oleh tekanan lingkungan yang diakibatkan kegiatan manusia maupun oleh proses-proses alamiah (Dahuri, 1992 dalam Rositasari dan Rahayu 1994).

Keragaman spesies moluska bentik yang ditemukan dalam pengamatan ini umumnya beragam, yakni sebanyak 24 spesies, dan relatif sama/berimbang dengan hasil pengamatan Kastoro (1997) di Teluk Jakarta, yang mendapatkan total 26 spesies, Agnitasari (2006) dalam penelitian di Teluk Jakarta menemukan 16 spesies dan Widianwari (2013) juga di Teluk Jakarta mendapatkan 22 spesies, yang secara kuantitatif tidak memperlihatkan perbedaan keragaman spesies yang

berarti antar tahun pengamatan tersebut. Keragaman spesies yang tinggi pada bulan Juni, terdapat di Stasiun 9, 10, 11, yang berada di tengah teluk dan Stasiun 16 (timur teluk), berkisar antara 5 – 6 spesies. Sedangkan pada bulan September, keragaman spesies relatif tinggi terdapat di Stasiun 5, 6, 7 dan 8 (3 – 8 spesies), yang berada di sebelah barat teluk (Tabel 1 dan Tabel 2).

Dibandingkan dengan bulan Juni, sebaran spesies moluska bentik di setiap stasiun pada bulan September lebih merata. Tidak ditemukan spesies moluska bentik di bagian barat teluk pada pengamatan bulan Juni, diduga disebabkan oleh faktor fisik perairan, dimana saat berlangsungnya pengamatan pada bulan Juni (musim timur), kondisi perairan tenang dibandingkan pada bulan September (peralihan II) yang relatif berombak. Pada perairan yang tenang tidak ada sirkulasi air/arus, sehingga dapat mempengaruhi suplai oksigen dan nutrisi pada sedimen (Nybakken 1992) atau dapat juga disebabkan oleh banyak endapan lumpur berwarna hitam yang mengandung bahan pencemar dan berbau busuk (H_2S), yang mengindikasikan rendahnya kandungan oksigen dalam sedimen, sehingga mempengaruhi kehadiran moluska.

Hasil perhitungan nilai kepadatan moluska bentik menunjukkan kelas bivalvia memiliki kontribusi sangat besar terhadap nilai kepadatan

individu pada semua stasiun dibandingkan kelas gastropoda, baik pada pengamatan bulan Juni maupun September. Dari kedua bulan pengamatan tersebut, terlihat bahwa nilai kepadatan individu di bulan Juni relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kepadatan bulan September, dan *Alveinus* sp. selalu hadir dengan kepadatan yang dominan terhadap nilai kepadatan moluska benthik pada masing-masing stasiun. Tingginya nilai kepadatan total individu di bulan Juni disebabkan oleh hadirnya *Alveinus* sp. dalam jumlah individu yang sangat dominan pada Stasiun 21 (20.320 individu) dan Stasiun 22 (47.335 individu), dengan substrat didominasi oleh lumpur pasiran, begitu pula pada pengamatan bulan September, spesies ini juga ditemukan pada Stasiun 21 (2.461 individu) dan Stasiun 22 (1.916 individu). Sebaran *Alveinus* sp. juga terlihat merata pada semua stasiun bersubstrat lumpur yang terletak di bagian barat teluk, dengan jumlah individu yang dominan. Spesies ini memiliki nilai frekuensi kehadiran tertinggi dibandingkan spesies-spesies lainnya, baik itu pada pengamatan bulan Juni (13 stasiun atau 43,3%) maupun bulan September (22 stasiun atau 83,3%). Penyebaran individu yang mengelompok seperti ini, merupakan salah satu cara meningkatkan persaingan untuk mendapatkan makanan dan ruang, yang diakibatkan oleh perubahan musim, perubahan habitat atau proses reproduksi (Odum 1971).

Tingginya nilai kepadatan *Alveinus* sp. pada semua stasiun pengamatan mungkin berhubungan dengan cara makannya yang tergolong sebagai pemakan deposit (*deposit feeder*) yang ada disekitar tempat hidupnya, serta mampu hidup pada sedimen lumpur-pasir lumpuran. Spesies ini selalu ditemukan dengan cangkang yang tertutup lapisan berwarna kecoklatan (seperti karat), yang mungkin mengindikasikan adanya kandungan zat besi (fero) dalam sedimen. Nybakken (1992) menyatakan bahwa pemakan deposit terdapat dalam jumlah yang berlimpah karena banyaknya bahan organik dan populasi bakteri di sedimen lumpur. Kepadatan *Alveinus* sp. juga dilaporkan oleh Kastoro et al. (1990), yang menyatakan bahwa dari berbagai muara sungai/estuaria di perairan utara Jawa, hanya di Teluk Jakarta saja spesies ini ditemukan dalam jumlah individu yang melimpah. Sedangkan pada lokasi lainnya seperti di muara Sungai Wonokromo, Jawa Timur (Kastoro et al. 1987), spesies ini hanya ditemukan dalam kepadatan individu yang sangat rendah (2 – 5 individu). Genus *Alveinus* juga ditemukan di perairan Indo-Pasific, seperti di Teluk Ulsan, Korea Selatan, pada substrat lumpur, lumpur

berpasir-pasir kasar di kedalaman 15 – 43 m (Lutaenko 2014). Adanya perbedaan ini diduga berhubungan dengan kompleksitas perairan, seperti tipe sedimen, ketersediaan makanan maupun faktor fisikokimia dan biologis, yang saling ketergantungan (Feld dan Hering 2007; Dibyowati 2009; Ruswahyuni 2010).

Analisis nilai ekologis pada semua stasiun pengamatan di Teluk Jakarta, pada bulan Juni maupun September memperlihatkan nilai indeks keragaman (H') dan kemerataan spesies (J') moluska benthik yang rendah (Tabel 1 dan Tabel 2), hanya Stasiun 8 (1,08) pada pengamatan bulan September memiliki nilai keragaman spesies relatif tinggi. Tingginya nilai ini disebabkan oleh banyaknya spesies yang ditemukan, serta memiliki individu yang berimbang pada setiap spesiesnya. Sebaliknya rendahnya nilai H' pada hampir semua stasiun pengamatan (Juni dan September), mencerminkan keragaman spesies yang rendah, dan merupakan salah satu indikasi mulai ada gangguan yang terjadi dalam ekosistem tersebut. Merujuk pada kriteria tingkat pencemaran menurut Lee et al. (1978) dalam Makatipu et al. (2010), yang menyatakan bahwa bila nilai $H' < 1$ berarti kondisi perairan tercemar berat, bila H' berkisar antara 1 – 1,5 tercemar sedang, bila H' berkisar antara 1,6 – 2 maka tercemar ringan, dan bila $H' > 2$, perairan belum tercemar. Berdasarkan kriteria tersebut, maka semua stasiun kajian tergolong dalam perairan yang tercemar berat ($H' < 1$), kecuali Stasiun 8 tergolong tercemar sedang ($H' = 1,0 - 1,5$).

Jika ditinjau dari nilai indeks kemerataan spesies (J'), hanya Stasiun 29 ($J' = 1,0$) dan Stasiun 8 ($J' = 0,78$) pada bulan September yang memiliki nilai yang tinggi, sedangkan stasiun-stasiun lainnya memiliki nilai kemerataan spesies yang rendah ($< 0,75$). Berdasarkan Krebs (1989) dan Daget (1976) dalam Hukom (2008), menyatakan bahwa jika $J' < 0,75$, maka komunitas berada dalam kondisi labil atau tertekan, sehingga dapat diindikasikan seluruh komunitas moluska benthik di Teluk Jakarta berada dalam kondisi yang labil dan tertekan. Rendahnya nilai kemerataan ini disebabkan kelimpahan individu tiap spesies yang tidak merata karena adanya dominasi individu dari *Alveinus* sp. (bivalvia) yang hadir sebesar 55,6% – 100% dari jumlah total individu moluska benthik yang dicatat pada semua stasiun pengamatan di bulan Juni, dan 50% – 100% di bulan September. Hal ini menunjukkan ada tekanan ekologis yang tinggi (Hartati dan Awwalludin 2007).

Kesamaan spesies moluska benthik antar stasiun pengamatan di Teluk Jakarta sangat bervariasi. Makin tinggi nilai kesamaan spesies yang diperoleh maka semakin besar peluang untuk mendapatkan spesies yang sama pada stasiun yang berbeda, begitu juga sebaliknya makin rendah nilainya, maka kecil peluang untuk mendapatkan spesies yang sama antar stasiun tersebut. Dua komunitas dikatakan sama jika memiliki nilai kesamaan yang sama atau lebih besar dari 50% (Kendeigh 1974). Hasil analisis nilai kesamaan spesies tertinggi pada pengamatan bulan Juni, terdapat pada Stasiun 16 dan Stasiun 29 (84,33%), diikuti Stasiun 17 dan Stasiun 18 (82,84%). Sedangkan pada bulan September, nilai kesamaan tertinggi terdapat pada Stasiun 13 dan Stasiun 24, yakni 98,28% diikuti Stasiun 1 dan Stasiun 3 (95,35%). Tingginya nilai kesamaan spesies antar stasiun-stasiun tersebut dicirikan dengan kehadiran *Alveinus* sp. dengan jumlah individu yang berimbang. Secara umum, nilai kesamaan spesies antar stasiun yang diamati pada bulan Juni maupun September memiliki kisaran nilai yang tinggi (> 50%). Nilai ini menunjukkan bahwa kemiripan tipe sedimen sangat berperan besar terhadap kehadiran dan distribusi individu pada setiap kelompok stasiun. Semua stasiun yang memiliki nilai kesamaan spesies yang tinggi cenderung berada saling berdekatan dan berada dalam satu area lokasi pengamatan yang memiliki karakter sedimen yang sama. Hal ini sesuai dengan pernyataan Islami dan Mudjiono (2009), yang menyatakan bahwa tekstur sedimen atau substrat dasar merupakan salah satu faktor ekologis utama yang mempengaruhi kelimpahan dan penyebaran makrozoobenthos.

Beberapa hasil penelitian terdahulu di perairan Teluk Jakarta maupun perairan lainnya di Indonesia dengan menggunakan metode dan peralatan sampling yang relatif sama, memperlihatkan keragaman spesies moluska benthik yang bervariasi (Tabel 3), dan hasil kajian ini memiliki keragaman spesies yang relatif tinggi, dan hanya lebih rendah dari lokasi pengamatan yang letaknya jauh dari tepi pantai atau muara sungai. Umumnya moluska benthik yang ditemukan dalam

kajian ini memiliki keragaman spesies yang relatif tidak berbeda jauh dibandingkan dengan hasil pengamatan Kastoro et al. (1990; 1997) dan Widianwari (2013) pada lokasi yang sama (Tabel 3). Perbedaan keragaman spesies moluska benthik antara lokasi pengamatan, mungkin saja disebabkan oleh perbedaan karakter sedimen, ketersediaan makanan, kompetisi, kedalaman, parameter lingkungan perairan yang tidak mendukung, serta letak geografi dan sirkulasi air (Somers 1994; Long et al. 1995).

Secara umum, kehadiran spesies moluska benthik pada pengamatan ini (bulan Juni dan September) relatif beragam, namun memiliki nilai rata-rata indeks keragaman ($H' = 0,11$) dan pemerataan spesies ($J' = 0,10$) yang rendah dan tergolong dalam kategori komunitas yang rendah – sedang. Nilai rata-rata keragaman dan pemerataan spesies dalam kajian ini sangat rendah dibandingkan dengan hasil pengamatan pada bulan Maret 1992 dan April 1993 (Kastoro et al. 1997) di perairan Teluk Jakarta dengan nilai rata-rata $H' = 0,56$ dan $J' = 0,45$, serta hasil pengamatan bulan September 1988 (Kastoro et al. 1990) juga di Teluk Jakarta ($H' = 0,65$ dan $J' = 0,62$). Kondisi ini menunjukkan bahwa dalam kurun waktu pengamatan 15 tahun (1988 – 2003), secara perlahan namun pasti memperlihatkan tren penurunan nilai H' dan J' dalam komunitas moluska benthik di Teluk Jakarta. Penurunan nilai indeks ekologi ini, merupakan respons dari adanya kompetisi dan perubahan pada lingkungan seperti habitat, musim, kondisi hidrologis ataupun proses reproduksi (Odum 1971), yang tercermin dari tingginya dominasi individu pada spesies tertentu (*Alveinus* sp.) tanpa diikuti oleh spesies-spesies lainnya. Spesies-spesies yang kalah dalam kompetisi/bersaing untuk mendapatkan makan maupun ruang dikhawatirkan akan tersingkir (Odum 1971), dan bila tekanan pada lingkungan masih terus berlangsung dalam waktu yang lama, dapat mempengaruhi keberadaan moluska benthik yang bersifat *sessile*, dan akan cenderung berkurang serta tidak stabil bahkan terancam punah dari perairan Teluk Jakarta diwaktu mendatang.

Tabel 3. Komposisi moluska bentik pada beberapa perairan dangkal di Indonesia.
Table 3. Composition of benthic molluscs in shallow waters in Indonesia.

No.	Location	Species Richness	Authors
1	Banten Bay	14	Kastoro dan Aswandy (1989)
2	Jakarta Bay	26	Kastoro et al. (1997)
3	Jakarta Bay	28	Kastoro et al. (1990)
4	Grajagan Estuarine	27	Kastoro et al. (1991)
5	Membramo Estuarine	21	Kastoro (2000)
6	Solo Eatuarine	10	Kastoro (1992)
7	Wonokromo Estuarine	10	Kastoro (1992)
8	Porong Estuarine	17	Kastoro (1992)
9	Mimika off shore	41	Kastoro et al. (2007)
10	Jawa Sea	52	Kastoro et al. (1989) dalam Widianwari (2013)
11	Jakarta Bay	22	Widianwari (2013)
12	Jakarta Bay	24	This study (2003)

Kesimpulan

Nilai indeks keragaman (H') dan kemerataan (J') spesies moluska bentik di Teluk Jakarta tergolong rendah – sedang, yang mengindikasikan komunitas yang tertekan. Keragaman spesies moluska bentik di Teluk Jakarta relatif tinggi (24 spesies), dan tidak ada perbedaan yang mencolok dibandingkan pengamatan tahun sebelumnya. *Alveinus* sp. memiliki sebaran yang luas pada semua tipe substrat, dan memiliki kontribusi yang sangat besar terhadap tingginya nilai kepadatan moluska bentik di setiap stasiun. Kemiripan spesies antar stasiun pengamatan sangat dipengaruhi oleh kesamaan tipe sedimen/substrat.

Persantunan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dra. Hamida Razak selaku Koordinator proyek yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada semua rekan yang telah banyak membantu selama di lapangan.

Daftar Pustaka

- Abbott, R.T. and S. P. Dance. 1990. *Compendium of Seashell*. Crawford House Press, Australia. 411 p.
- Adriman. 1995. Kualitas perairan pesisir Dumai ditinjau dari karakteristik fisika kimia dan struktur komunitas hewan bentos makro. *Tesis*. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. 139 hlm.
- Agnitasari, S. N. 2006. Karakteristik komunitas makrozoobenthos dan kaitannya dengan lingkungan perairan di Teluk Jakarta. *Skripsi*. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. 58 hlm.
- Al Hakim, I. 2010. Macrobenthic community at Jakarta bay, North Java waters. *Oceanologi dan Limnologi di Indonesia*. 36:131–145.
- Aswandy, I. dan B. S. Soedibjo. 1992. Struktur komunitas fauna krustasea yng tertangkap dengan sledge di Pulau Seribu. *Prosiding seminar ekologi laut dan pesisir I*. Puslitbang Oseanologi – LIPI, Jakarta. 277–286.
- Aswandy, I. 2008. Struktur komunitas krustasea di estuari Cisadane dan perairan laut sekitarnya. *Oceanologi dan Limnologi di Indonesia*. 34(1):67–81.
- Aziz, A., I. Aswandy dan Giyanto. 1998. Pengamatan komunitas krustasea dan

- ekinodermata bentik di Teluk Jakarta. *Jurnal lingkungan dan pembangunan*. (1):61–73.
- Braccia, A. and J. R. Voshell. 2006. Environmental factors accounting for benthic macroinvertebrate assemblage structure at the sample scale in streams subjected to a gradient of cattle grazing. *Hydrobiologia*. 573, 55–73.
- Beesley, A., D. M. Lowe, C. K. Pascoe and S. Widdicombe. 2008. Effect of CO₂-induced seawater acidification on the health of *Mytilus edulis*. *Clim. Res.* 37:215–225.
- Clarke, K. R. and R. M. Warwick. 2001. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth, Natural Environmental Research Council. Bourne Press. 169 pp.
- Dame, R. F. 1996. Ecology of Marine Bivalves an Ecosystem Approach. New York: CRC Press. 240 pp.
- Dance, P. 1976. The Collector's Encyclopedia of Shell. Cartwell Book Inc. New Jersey. 299 pp.
- Dharma, B. 2005. *Resent and fossil Indonesia shell*. Conchbook, Hackenheim. Germany. 424 pp.
- Dewi, S. C. 2013. Keragaman gastropoda sebagai bioindikator kualitas perairan di hulu sub DAS Gajah Wong. Skripsi. Program studi biologi, Fakultas sains dan teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta. 37 hlm.
- Dibiyowati, L. 2009. Keanekaragaman moluska (bivalvia dan gastropoda) di sepanjang Pantai Carita, Pandeglang, Banten. Skripsi. Program studi Biologi FMIPA IPB, Bogor. 17 pp.
- Dupont, S., J. Havenhand, W. Thorndyke, L. Peck and M. Thorndyke. 2008. Near-future level of CO₂-driven ocean acidification radically effect larval survival and development in the brittlestar *Ophiothrix fragilis*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 373:285–294.
- Effendi, H. 2003. Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan. Kanisius Yogyakarta. 258 pp.
- Feld, C.K. and D. Hering. 2007. Community structure or function: effects of environmental stress on benthic macroinvertebrates at different spatial scales. *Freshwater Biology*. 52, 1380–1399.
- Garg, R. K., R. J. Rao and D. N. Saksena. 2009. Correlation of molluscan diversity with physicochemical characteristics of water of Ramsagar reservoir. *India. Int. J. Biodivers. Conserv.* 6:202–207.
- Hartati, S. T. dan Awwaluddin. 2007. Struktur komunitas makrozoobentos di perairan Teluk Jakarta. *Perikanan Indonesia*. 13 (2):105–124.
- Hukom, F. D. 2008. Kondisi ikan karang di Perairan terumbu karang Pulau Mapur, Provinsi Kepulauan Riau. *In* Ruyitno, A. Syahailatua, M. Mucthar, Pramudji, Sulistijo dan T. Susana. (Eds). Sumber daya Laut di Perairan Laut Cina Selatan dan Sekitarnya. Anonim-LIPI. Jakarta. hlm.47–62.
- Islami, M. M. dan Mudjiono. 2009. Komunitas moluska di perairan Teluk Ambon, Provinsi Maluku. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 35(3):353–368.
- Kastoro, W. W. dan I. Aswandy. 1989. Benthic community study in the bay of Banten, Presented in National Biological Congress (Unpublished). Padang. pp.1–9.
- Kastoro, W. W., B. S. Sudibjo, A. Aziz, I. Aswandy dan I. Al Hakim. 1990. Pengamatan komunitas bentos di Teluk Jakarta. *In* Djajasasmita M, A. Budiman, Irawati dan H. B. Munaf. (Eds). Prosiding Seminar Biologi Nasional. 14 Februari, Bogor. I:50–64.
- Kastoro, W. W., B. S. Soedibjo, A. Aziz, I. Aswandy dan I. Al Hakim. 1991. A study on the soft bottom benthic community of a mangrove creek in Grajagan, East Java. *In* Alcala, A.C., C.L. Ming, R. Minclat, W.W. Kastoro, M. Fortes, W.G. Khoon, A. Sasekumar, R. Binna, and S. Tridech. (Eds). First Regional Symposium on Living Resources in Coastal Areas. Marine Science Institute, 30 January – 1 February Manila 1989. p. 207–222.
- Kastoro, W. W. 1992. Marine soft bottom benthic communities in coastal areas of Indonesia. *In* Ming, C.L. and C.R. Wilkinson. (Eds). *Marine Science: Living Coastal Resources*. Third ASEAN Science & Technology Week. Department of Zoology, National University of Singapore & National Science and Technology Board, Singapore. p.185–191.
- Kastoro, W. W., A. Aziz, I. Aswandy dan I. Al Hakim. 1997. Soft bottom bentic community in Jakarta Bay. *In* Viger, G., K. S. Ong, C. McPherson, N. Millson, I. Watson and A. Tang. (Eds). Asean marine environmental management: quality criteria and monitoring for aquatic life and human protection. Asean-Canada Cooperative Programme of Mirine Science. 24 – 28 June, 1996 Penang, Malaysia. p. VIII.17–VIII.27.

- Kastoro, W. W., I. Aswandy, I. Al Hakim, A. Aziz dan B. S. Sudibjo. 1999. Struktur komunitas makrobentos di perairan Teluk Bayur dan Teluk Bungus, Sumatera Barat. *In* Praseno, D. P., W. S., Atmadja, O. H. Rinardi, Ruyitno dan I. Supangat. (Eds). Pesisir dan pantai Indonesia II. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi-LIPI. 47–65.
- Kastoro, W. W. 2000. Macrobenthic community of Mamberamo estuary, Irian Jaya. *Proceeding of Indo-Tropics Workshop*, 6 – 7 Desember 1999, Jakarta. 121–134.
- Kastoro, W. W., Amiruddin, A. Aziz, I. Aswandi, I. Al Hakim, D. Lala dan G. Setyadi. 2007. Macrobenthic community structures of the offshore area of Mimika District, Papua. *Marine Research in Indonesia* 32:109–121.
- Kendeigh, S. C. 1974. *Ecology with special reference to animals and man*. Prentice-Hall New Jersey. 474 pp.
- Krebs, J. C. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publisher. New York. 649 pp.
- Kurihara H., S. Kato and A. Ishimatsu. 2007. Effect of increased seawater pCO₂ on early development of the oyster *Crassostrea gigas*. *J. Aquat. Biol.*, 1: 91–98.
- Long, B. G., I. R. Poiner and T. J. Wassenberg. 1995. Distribution, biomass and community structure of megabenthos of the Gulf of Carpentaria, Australia. *Marine Ecology Progress Series*. 129:127–139.
- Lutaenko, K. A. 2014. Bivalve mollusks in Ulsan Bay (Korea). *Korean J. Malacol.* 30(1): 57–77.
- Makatipu, P. Ch., T. Peristiwadi dan M. Leuna. 2010. Biodiversitas ikan target di terumbu karang Taman Nasional Bunaken, Sulawesi Utara. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 36 (3): 309–327.
- Miranda-Baeza, A., D. Voltolina and B. Cordero- Esquivel. 2006. Filtration and clearance rates of *Anadara grandis* juveniles (Pelecypoda, Arcidae) with different temperatures and suspended matter concentrations. *Rev. Bioi. Trop. Int. J. Trop. Bioi.* 54(3):787–792.
- Nontji, A. 1984. *Laut Nusantara*. Jembatan Jakarta. 154 pp.
- Norse, E. A. and L. B. Crowder. 2005. *Marine conservation biology*. Island Press. Washington. 470 pp.
- Nur, Y., S. Fazi, N. Wirjoatmodjo and Q. Han. 2001. Towards wise coastal management practice in a tropical mega city – Jakarta. *Ocean & coastal management*. 44:335–353.
- Nybakken, J. W. 1992. *Biologi laut, suatu pendekatan ekologi*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 496 hlm.
- Nybakken, J. W. and M. D. Bertness. 2005. *Marine biology: an ecological approach*. 6th ed. Pearson/Benjamin Cummings. San Fransisco.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamental of ecology*. W. B. Saunders co. Philadelphia. 574 pp.
- Poutiers, J. M. 1998. *Gastropoda and Bivalvia. The Living Marine Resources of The Western Central Pasific*. Vol. 1: Seaweeds, corals, bivalves and gastropods. Carpenter, K. E & V.H. Niem. (Eds). Food and Agriculture Organisation of the United Nation. Rome.
- Rachmawaty. 2011. Indeks keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator tingkat pencemaran di muara sungai Jenebarang. *Bionature*, Vol.12 (2):103–109.
- Razak, H. 2003. Penelitian kondisi lingkungan perairan Teluk Jakarta dan sekitarnya. *Laporan Akhir*. Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI: 93 pp.
- Retnaningdyah, C. 1997. Kepekaan Makro Invertebrata Benthos terhadap Tingkat Pencemaran Deterjen di Kali Mas Surabaya. *Lingkungan dan Pembangunan*. 17 (2): 96–108.
- Rositasasri, R. dan S.K. Rahayu. 1994. Sifat-sifat estuari dan pengelolaannya. *Oseana* Vol. XIX (3): 21–31.
- Ruswahyuni. 2010. Populasi keanekaragaman hewan makrobenthos pada perairan tertutup dan terbuka di Teluk Awur, Jepara. *Jurnal ilmiah perikanan dan kelautan*. Vol. 2(1): 11–20.
- Salmin. 2005. Oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biologi (BOD) sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas perairan. *Oseana*, Vol. 30 (3):21–26.
- Somers, I. F. 1994. Species composition and distribution of commercial penaeid prawn catches in the Gulf of Carpentaria, Australia. In relation to depth and sediment type. *Aust. J. mar. Freshwat. Res.* 45:317–336.
- Suhendar, I. S. dan D. W. Heru. 2007. Kondisi pencemaran lingkungan perairan di Teluk Jakarta. *JAI*. Vol. 3(1):1–14.
- Susana, T. 2005. Kualitas zat hara perairan Teluk Lada, Baten. *Oseanografi dan Oseanologi di Indonesia*, 37:59–67.
- Suyarso. 1995. Lingkungan fisik pantai dan dasar perairan Teluk Jakarta. In: Suyarso (Eds). *Atlas Oseanografi Teluk Jakarta*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta. 21–27.

- Verween, A., M. Vincx and S. Degraer. 2007. The effect of temperature and salinity on the survival of *Mytilopsis leucophaea* larvae (Mollusca, Bivalvia). The search for environmental limits. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology*. 348:111–120.
- Wilson B. 1993. *Australian Marine Shells*. Odyssey Publishing 4 Saint Ives Loop Kallaroo Western Australia. Vol. 1:406 pp.
- Widianwari, P. 2013. Pengembangan indeks benthos sebagai tolok ukur kualitas kesehatan ekosistem perairan Teluk Jakarta: Profil Komunitas Makrobenthos. *Laporan Akhir*. Pusat Penelitian Oseanografi–LIPI, Jakarta. 27 hlm.
- Wood, H. L., J. I. Spicer and S. Widdicombe. 2008. Ocean acidification may increase calcification rates, but at a Cost. *Proceeding Biology Sciences*. 7 Agustus 2008, London. 275(1644): p. 1767–1773.
- Yonvinter dan Z. Imran. 2006. Rasio biomassa dan kelimpahan makrozoobenthos sebagai penduga tingkat pencemaran Teluk Jakarta. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. Vol. 11(3). Hal. 11–17.