

KEANEKARAGAMAN KOPEPODA (*KRUSTASEA*) PADA DUA MUSIM BERBEDA DI PERAIRAN MUARA ANGKE DAN TANJUNG PASIR, TELUK JAKARTA [DIVERSITY OF COPEPODA (*CRUSTACEA*) IN TWO DIFFERENT SEASONS IN MUARA ANGKE AND TANJUNG PASIR WATERS, JAKARTA BAY]

Mulyadi^{1✉*}, dan Rena Tri Hernawati^{1✉*}

¹Museum Zoologicum Bogoriense, Pusat Riset Biosistemika dan Evolusi, Badan Riset dan Inovasi Nasional
*Email: mulyadi_08@yahoo.com; rena003@brin.go.id

ABSTRACT

An observation on Copepoda diversity, abundance, and distribution in two mangrove areas in Jakarta Bay was carried out in May–June and September–October 2011. The objective of this observation was to investigate the relationship between the diversity and abundance of copepods with several environmental factors which affected their distribution in dry and rainy seasons. A total 47 species of 26 genera, 20 families and 6 orders of copepods were recorded, and five candidates of new species. The highest species richness occurred in the rainy season in Tanjung Pasir with 35 species, but the diversity index was higher in Muara Angke, where during the rainy season the dominance index was 0.2074, while the dry season had a high diversity index (Simpson 0.9481 and Shannon 3.279). Morphological abnormalities were found in the anal segment of the abdomen of copepodites and adult females of *Acartia erythroa* and *A. pacifica* which was probably caused by polluted waters.

Keywords: Copepoda, mangrove, pollution, Jakarta Bay, abnormal morphology

ABSTRAK

Pengamatan keanekaragaman, kelimpahan, dan sebaran Kopepoda di dua kawasan mangrove di Teluk Jakarta dilakukan pada bulan Mei–Juni dan September–Oktober 2011. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui hubungan keanekaragaman dan kelimpahan Kopepoda dengan beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhi distribusi pada musim kemarau dan penghujan. Sebanyak 47 spesies dari 26 marga, 20 suku dan 6 ordo Kopepoda tercatat, dan 5 calon spesies baru. Kekayaan spesies tertinggi terjadi pada musim hujan di Tanjung Pasir dengan 35 spesies, akan tetapi indeks keanekaragaman lebih tinggi terdeteksi di Muara Angke, dimana saat musim hujan indeks dominansi (0,2074), sedangkan pada musim kemarau memiliki indeks keanekaragaman yang tinggi (Simpson 0,9481 dan Shannon 3,279). Abnormalitas morfologi ditemukan pada ruas anal dari abdomen anakan dan betina dewasa *Acartia erythroa* dan *A. pacifica* yang kemungkinan disebabkan oleh perairan yang tercemar.

Kata kunci: Kopepoda, mangrove, polusi, Teluk Jakarta, morfologi abnormal

PENDAHULUAN

Perairan Teluk Jakarta (106°43'00"–106°59'30" BT dan 5°56'15"–6°55'30" LS) dibatasi oleh Tanjung Pasir dan Tanjung Karawang di bagian barat dan timur. Kondisi Pantai Tanjung Pasir saat ini telah tererosi sangat parah, sebaliknya pantai di sekitar muara Cisadane terus tumbuh memperluas wilayah delta ke arah utara. Muara Angke adalah muara dari Sungai Angke, Kamal, dan drainase Cengkareng. Kondisi tata airnya buruk, karena kurangnya daerah resapan air, fungsi saluran makro dan mikro cenderung menurun, sedangkan kegiatan peninggian muka tanah telah menyebabkan terendamnya daerah ini pada musim hujan. Kualitas air sungainya juga buruk dan terus mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya volume dan jenis bahan pencemar yang masuk. Indeks kualitas air Muara Angke saat pasang di tahun 2011 dalam kategori kurang di bulan Mei, baik di bulan Juli dan sangat baik di bulan November, sedangkan indeks kualitas air saat surut dalam kategori baik di bulan Mei, baik di bulan Juli, dan baik di bulan November (Dinas Lingkungan Hidup, 2020).

Kopepoda merupakan salah satu kelompok zooplankton yang umum ditemui di lingkungan

akuatik. Komunitas plankton adalah salah satu bio-indikator penting untuk memprediksi adanya perubahan lingkungan perairan akibat adanya masukan bahan organik (Sidabutar, 2008). Salinitas, oksigen terlarut, dan pH mungkin bertanggungjawab terhadap variasi-variasi struktur komunitas zooplankton dan fitoplankton. Indeks keanekaragaman Shannon juga dapat menunjukkan tingkat gangguan dan juga produktivitas tinggi (Heneash *et al.*, 2015). Selain itu, kelimpahan zooplankton sangat berhubungan dengan status keadaan trofik seperti distribusi fosfor pada rantai makanan akuatik (García-Chicote *et al.*, 2018).

Faktor yang mempengaruhi total variasi biomassa spesies Kopepoda di antaranya adalah temperatur (13,7%) sebagai faktor utama, kemudian faktor kedua yang pengaruhnya hampir sama yaitu suhu udara (3,2%), kekeruhan (2,5%), kedalaman stasiun (2,4%) dan salinitas (2,2%), serta faktor kecepatan (1,2%) dan arah angin (0,8%) menjadi faktor berpengaruh yang paling akhir (Musialik-Koszarowska *et al.*, 2019).

Penelitian Kopepoda terdahulu di Pulau Panaitan Ujung Kulon menemukan sebanyak 72 spesies yang didominasi oleh *Pontella denticauda*, *Temora discaudata*, *Corycaeus speciosus* dan

*Kontributor Utama

*Diterima: 22 Mei 2022 - Diperbaiki: 7 Oktober 2022- Disetujui: 28 November 2022

Oncaea conifera (Mulyadi *et al.*, 2021), sedangkan di Segara Anakan, Cilacap, terdapat 36 spesies dengan dominansi utama *Acartia erythraea*, *A. sinjiensis* dan *Pseudodiaptomus annandalei* (Mulyadi dan Murniati, 2017). Di daerah pesisir utara Pemalang ditemukan 24 spesies yang didominasi oleh *A. erythraea* dan *A. pacifica* (Mulyadi *et al.*, 2013), sedangkan di Muara Angke ditemukan sebanyak 35 spesies termasuk di dalamnya 4 *undescribed species Tortanus* sp., *Paramacrochiron* sp., *Monstrilla* sp., dan *Caligus* sp. (Mulyadi dan Murniati, 2019).

Tulisan ini membahas tentang keanekaragaman, kelimpahan dan sebaran spesies Kopepoda dan kaitannya dengan faktor lingkungan dan respon biota tersebut terhadap perubahan musim, fluktuasi suhu, salinitas, dan abnormalitas morfologi pada populasi Kopepoda di perairan tercemar di Tanjung Pasir dan Muara Angke, Teluk Jakarta. Tulisan ini diharapkan dapat memberikan tambahan informasi untuk struktur komunitas Kopepoda secara umum di kawasan Teluk Jakarta sebagai bahan pertimbangan dalam pengelolaan ekosistem bakau di masa mendatang. Hal ini sangat penting karena kehadiran Kopepoda sangat menentukan keberlangsungan populasi ikan di suatu perairan.

BAHAN DAN CARA KERJA

Pengambilan sampel Kopepoda dilakukan pada bulan Mei–Juni (musim kemarau) dan September–Oktober (musim hujan) 2011 di perairan Muara Angke dan Tanjung Pasir termasuk pulau-pulau kecil di sekitarnya seperti Pulau Rambut, Bidadari, dan Onrust (Gambar 1). Di setiap lokasi ditetapkan tiga stasiun sebagai tempat pengambilan sampel. Pengambilan sampel di masing-masing stasiun dilakukan dengan lima kali ulangan. Sampel Kopepoda diambil dengan cara menarik jaring plankton (diameter mulut jaring 45 cm dan ukuran mata jaring 0,33 mm) secara horizontal dan vertikal pada kedalaman 5–10 m pada pagi dan sore hari. Bagian tengah jaring dipasang *flowmeter* untuk mengetahui volume air yang tersaring. Sampel yang diperoleh diawetkan dengan larutan formalin 4%.

Penyortiran dan penghitungan kelimpahan spesimen Kopepoda dari zooplankton lain dan detritus dilakukan di bawah mikroskop stereo. Spesimen yang diidentifikasi diambil dari botol sampel dengan pinset mikro, lalu diletakkan di atas kaca objek cekung yang telah diberi larutan campuran gliserin-akuades dan pewarna *methylene blue*. Seluruh Kopepoda dalam sampel diidentifikasi hingga tingkat spesies berdasarkan panduan (Scott, 1909; Boxshall dan Halsey, 2004; Mulyadi, 2002, 2004), lalu dihitung jumlah individunya berdasarkan jenis kelamin dan

stadiannya dengan kategori b (betina), j (jantan), a (anakan). Setiap spesies Kopepoda yang telah diidentifikasi dimasukkan ke dalam botol vial berlabel dengan pengawet alkohol 70% dan disimpan di Museum Zoologicum Bogoriense (MZB), Pusat Riset Biosistematik dan Evolusi-BRIN, Cibinong sebagai koleksi acuan.

Bersamaan dengan pengambilan sampel Kopepoda, dilakukan juga pengukuran suhu dan salinitas perairan menggunakan termometer dan salinometer *Sato Shouji* YK-31SA. Salinitas air digunakan sebagai dasar pengelompokan Kopepoda (Mulyadi dan Ishimaru, 1994).

Formula Indeks Keanekaragaman Shanon-Weiner (Odum, 1971):

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

H merupakan indeks keanekaragaman spesies, **s** adalah jumlah spesies dan ***p_i*** adalah proporsi individu pada tiap spesies dari ***n_i*** (jumlah individu tiap spesies) dibagi ***N*** (total individu seluruh spesies).

Formula Indeks Keanekaragaman Simpson (Odum, 1971):

$$D = 1 - \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$$

n adalah jumlah individu per spesies; ***N*** merupakan total jumlah seluruh individu.

Formula Indeks Dominansi (Odum, 1971):

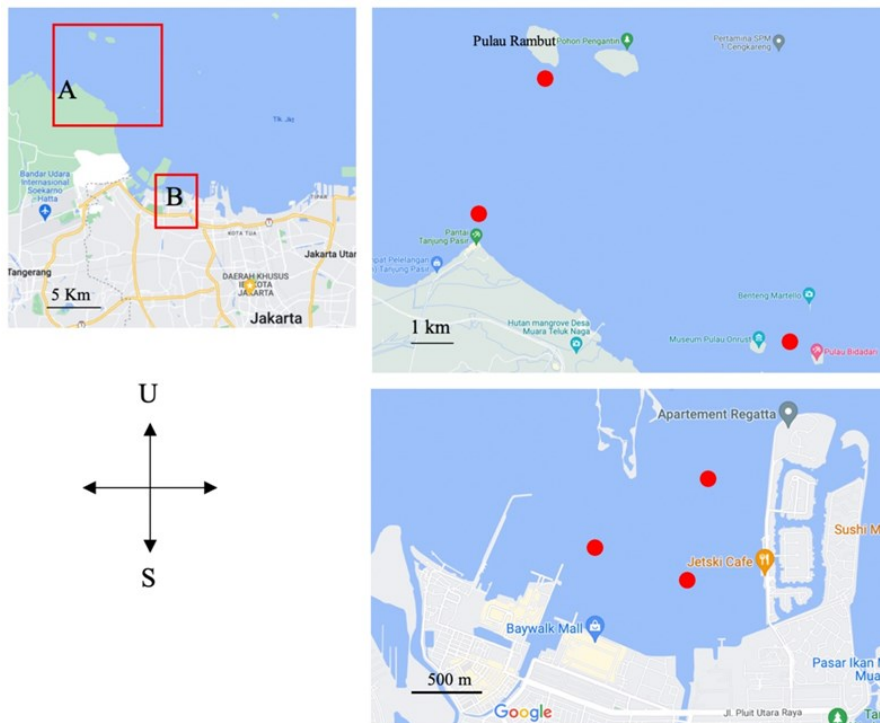
$$C = - \sum_{i=1}^s p_i^2$$

C adalah Indeks Dominansi, ***P_i*** = proporsi individu di tiap spesies, ***i*** = 1, 2, ..., **n**.

Formula Indeks Kemerataan (Odum, 1971):

$$E = \frac{H'}{H_{maks}}$$

E adalah Indeks Kemerataan, **H** = Indeks Keanekaragaman, **H_{maks}** = **ln S**, **S** = Jumlah spesies yang ditemukan.



Gambar 1. Lokasi pengamatan bertanda lingkaran merah di Tanjung Pasi (A) dan Muara Angke (B). Sumber: Google Maps (*Observation site with red circle in Tanjung Pasi and Muara Angke. Source: Google Maps*).

HASIL

Keanekaragaman spesies

Sebanyak 47 spesies Kopepoda yang termasuk dalam 26 marga dari 20 suku dan 6 ordo ditemukan di dua lokasi dalam dua musim pengamatan. Anggota dari Ordo Calanoida ditemukan mendominasi komposisi spesies yang ada, yaitu 33 spesies dari 17 marga dan 11 suku, diikuti oleh Poecilostomatoida (5 spesies dari 3 marga dan 3 suku), Cyclopoida (4 spesies dari 1 marga dan 1 suku), Harpacticoida (3 spesies dari 3 marga dan 3 suku), sedangkan dari Ordo Monstrilloida dan Ordo Siphonostomatoida masing-masing hanya diwakili oleh 1 spesies (Tabel 1). Jumlah spesies Kopepoda

yang ditemukan selama pengamatan di kedua musim di perairan Muara Angke (37 spesies) sedikit lebih tinggi dibanding perairan Tanjung Pasi (36 spesies). Jumlah spesies Kopepoda yang hadir di kedua lokasi pada musim kemarau (Mei–Juni) maupun musim hujan (September–Oktober) sebanyak 15 spesies, yaitu: *Acartia erythraea*, *A. pacifica*, *Canthocalanus pauper*, *Bestiola* sp., *Acrocalanus gibber*, *Parvocalanus crassirostris*, *Centropages furcatus*, *C. orsini*, *C. tenuiremis*, *Subeucalanus subrassus*, *Tortanus forcipatus*, *T. gracilis*, *Temora turbinata*, *Corycaeus asiaticus* dan *Euterpina acutifrons*.

Tabel 1. Kelimpahan rata-rata spesies Kopepoda di perairan Muara Angke, Tanjung Pasir dan pulau kecil di sekitarnya. A=Indonesia, B=Malaysia, C=Cina, D=Australia, I, P dan At=Samudra India, Pasifik dan Atlantik, O=Oseanik, N=Neritik, E-N=Estuarin-Neritik, N-O=Neritik-Oseanik, Ns=New species, Nr=New records, Par=parasit, b-j-a=betina-jantan-anakan. (Mean abundance of Copepoda species in Muara Angke, Tanjung Pasir and island waters. A=Indonesia, B=Malaysia, C=Cina, D=Australia, I, P dan At= India Ocean, Pasific and Atlantic, O=Oseanic, N=Neritic, E-N=Estuarine-Neritic, N-O=Neritic-Oseanic, Ns=New species, Par=parasite, b-j-a=female-male-juvenile).

No	Spesies (Species)	Muara Angke		Tanjung Pasir		Indo-Australia				Samudra dunia (World oceans)			Habitat
		Kemarau (dry) b-j-a	Hujan (rainy) b-j-a	Kemarau (dry) b-j-a	Hujan (rainy) b-j-a	A	B	C	D	I	P	At	
I.	ORDO CALANOIDA												
1	<i>Acartia erythraea</i>	5-2-2	32-21- 8	20-10-8	2-1-0	•	•	•	•	•	•	•	E-N
2	<i>A. pacifica</i>	2-1-0	52-20- 10	11-8-6	8-4-2	•	•	•	•	•	•	•	E-N
3	<i>Canthocalanus pauper</i>	5-2-0	4-2-0	4-2-0	6-3-1	•	•	•	•	•	•	•	N-O
4	<i>Clausocalanus furcatus</i>	-	-	2-1-0	2-2-0	•	•	•	•	•	•	•	O
5	Bestiola sp.	0-1-0	2-2-0	3-2-1	2-0-0	Ns							E-N
6	<i>Acrocalanus gibber</i>	1-0-0	2-2-0	4-2-1	2-2-0	•	•	•	•	•	•	•	N
7	<i>A. longicornis</i>	1-0-0	1-0-0	-	-	•	•	•	•	•	•	•	N
8	<i>Parvocalanus crassirostris</i>	4-2-1	6-4-2	6-5-2	2-2-0	•	•	•	•	•	•	•	N
9	<i>Paracalanus aculeatus</i>	1-0-0	-	1-0-0	1-0-0	•	•	•	•	•	•	•	N-O
10	<i>Candacia bradyi</i>	0-0-1	-	0-0-1	1-0-0	•	•	•	•	•	•	•	N
11	<i>C. catula</i>	-	-	-	1-0-0	•	•	•	•	•	•	•	O
12	<i>C. discaudata</i>	-	1-0-0	-	1-0-0	•	•	•	•	•	•	•	N
13	<i>Centropages furcatus</i>	1-0-0	1-1-0	8-5-1	10-4-2	•	•	•	•	•	•	•	O
14	<i>C. orsini</i>	2-1-0	1-1-0	0-1-0	2-0-0	•	•	•	•	•	•	•	N
15	<i>C. tenuiremis</i>	2-2-0	4-2-0	7-3-0	2-2-1	•	•	•	•	•	•	•	N
16	<i>Pseudodiaptomus aurivilli</i>	1-0-0	2-0-0	-	1-0-0	•	•	•	•	•	•	•	E-N
17	<i>P. incisus</i>	-	0-0-1	1-1-0	1-0-0			•					E-N
18	<i>Calanopia asymmetrica</i>	0-1-0	2-1-0	-	-	•							N
19	<i>C. thompsoni</i>	0-0-1	-	-	1-0-0	•	•	•	•	•	•	•	E-N
20	<i>Labidocera bengalensis</i>	-	-	-	1-0-0					•			N
21	<i>Labidocera javaensis</i>	1-0-0	3-2-1	-	4-2-0	•							N
22	<i>L. minuta</i>	-	2-0-0	-	1-0-0	•	•	•	•	•	•	•	N
23	<i>L. pavo</i>	1-0-0	1-1-0	-	-	•	•	•	•	•	•	•	N
24	<i>L. sinilobata</i>	-	-	4-2-1	3-2-2			•					N
25	<i>Pontella vervoorti</i>	-	-	1-1-0	1-1-0	•							N
26	<i>Pontellopsis inflatodigitata</i>	1-1-0	1-0-0	-	-			•					N

No	Spesies (<i>Species</i>)	Muara Angke		Tanjung Pasir		Indo-Australia				Samudra dunia (<i>World oceans</i>)			Habitat
		Kemarau (<i>dry</i>) b-j-a	Hujan (<i>rainy</i>) b-j-a	Kemarau (<i>dry</i>) b-j-a	Hujan (<i>rainy</i>) b-j-a	A	B	C	D	I	P	At	
27	<i>Subeucalanus subcrassus</i>	2-1-0	0-3-0	2-1-0	10-4-2	•	•	•	•	•	•		O
28	<i>Tortanus barbatus</i>	-	2-1-0	-	-	•	•	•	•	•	•	•	E-N
29	<i>Tortanus forcipatus</i>	0-1-0	2-2-1	1-0-1	1-1-0	•	•	•	•	•	•		N
30	<i>T. gracilis</i>	1-0-0	1-1-0	1-0-0	1-0-0	•	•	•	•	•	•		N
31	<i>Tortanus sp.</i>	-	2-2-0	-	2-1-0	Ns							N
32	<i>Temora discaudata</i>	-	-	-	8-5-1	•	•	•	•	•	•		N
33	<i>T. turbinata</i>	0-0-1	1-1-0	2-1-0	1-0-0	•	•	•	•	•	•	•	N
II. ORDO CYCLOPOIDA													
34	<i>Paramacrochiron sp.</i>	1-0-0	-	-	-	Ns							E-N
35	<i>Kelleria pectinata</i>	-	-	1-0-1	1-0-0	•				•	•		N
36	<i>Oithona plumifera</i>	-	-	-	8-0-0	•	•	•	•	•	•		N
37	<i>O. brevicornis</i>	1-0-0	-	-	-	•				•	•		N
38	<i>O. rigida</i>	1-0-0	-	1-1-0	1-0-0	•	•	•	•	•	•		N
39	<i>O. simplex</i>	1-1-0	-	-	-					•	•		N
III. ORDO POECILOSTOMATOIDA													
40	<i>Corycaeus andrewsi</i>	-	-	1-1-0	1-0-0	•	•	•	•	•	•		N
41	<i>C. asiaticus</i>	0-1-0	4-2-0	3-2-0	8-4-2	•	•	•	•	•	•		N
42	<i>C. catus</i>	-	1-0-0	-	-	•	•	•	•	•	•		N
IV. ORDO HARPACTICOIDA													
43	<i>Eudactylopus latipes</i>	1-0-0	1-0-0	-	-	•	•	•	•	•	•		O
44	<i>Microsetella rosea</i>	-	-	1-0-0	1-0-0	•	•	•	•	•	•	•	N
45	<i>Euterpina acutifrons</i>	1-0-0	1-0-0	1-0-0	1-0-0	•	•	•	•	•	•		N
V. ORDO SHIPONOSTOMATOIDA													
46	<i>Caligus sp.</i>	1-0-0	-	1-0-0	-	Ns							Par
VI. ORDO MONSTRILLOIDA													
47	<i>Monstrilla sp.</i>	-	1-0-0	-	-	Ns							Par
	Jumlah betina-jantan-anakan	38-17-6	133-71-5	87-49-23	100-40-13								
	Rata-rata: betina	1,27	4,58	3,34	2,86								
	jantan	0,57	2,45	1,88	1,14								
	anakan	0,20	0,17	0,88	0,37								

Keterangan: spesies cetak tebal merupakan dugaan calon spesies baru.

Indeks keanekaragaman (1-D) spesies Kopepoda pada kedua musim di masing-masing lokasi termasuk tinggi, yakni sekitar 0,7926–0,9481 (dalam rentang 0–1). Akan tetapi, jika dibandingkan antar lokasi dan musim maka indeks keanekaragaman (H) tertinggi 3,279 pada musim kemarau di perairan Muara Angke. Dominansi pada

tiap lokasi dan musim tergolong rendah (dalam rentang 0–1). Distribusi individu komunitas Kopepoda di Muara Angke pada musim hujan rendah 0,3352, sedangkan pada musim kemarau tinggi 0,8853. Kemerataan individu komunitas Kopepoda di Tanjung Pasir tinggi 0,5801 dan 0,673 (Tabel 2).

Tabel 2. Indeks keanekaragaman spesies Kopepoda (Species diversity index of Copepoda).

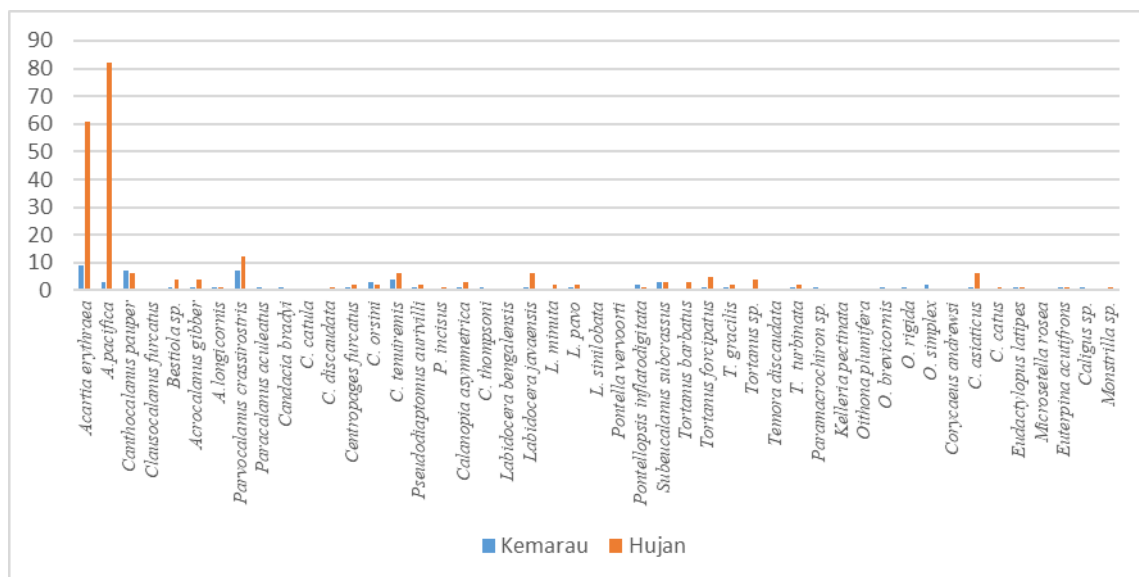
	Muara Angke		Tanjung Pasir	
	Kemarau (<i>dry</i>)	Hujan (<i>rainy</i>)	Kemarau (<i>dry</i>)	Hujan (<i>rainy</i>)
Jumlah spesies (<i>Number of species</i>)	30	29	26	35
Jumlah individu (<i>Number of individuals</i>)	61	227	159	152
Dominance_D	0,05191	0,2074	0,1046	0,05751
Simpson_1-D	0,9481	0,7926	0,8954	0,9425
Shannon_H	3,279	2,274	2,713	3,159
Evenness_e^H/S	0,8853	0,3352	0,5801	0,673

Keterangan: cetak tebal menunjukkan nilai tertinggi

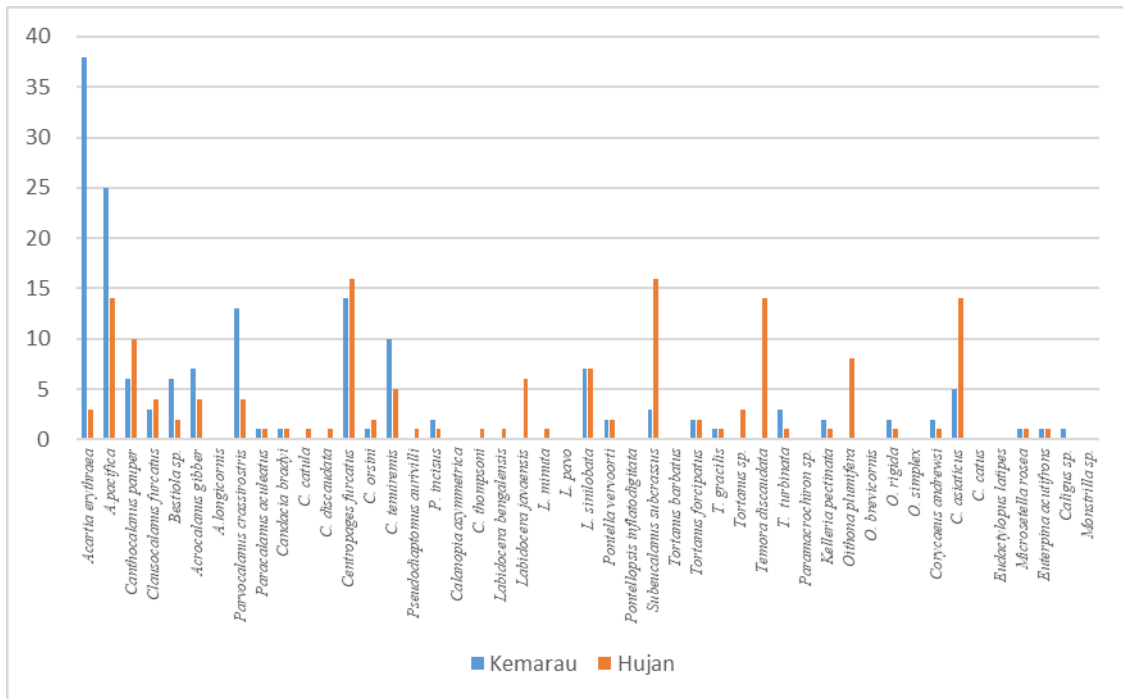
Kelimpahan spesies

Pada musim kemarau kelimpahan rata-rata spesies Kopepoda di Muara Angke jauh lebih rendah (1,27b-0,57j-0,20a) dibanding pada musim hujan (4,58b-2,45j-0,17a). Sebaliknya, kelimpahan rata-rata spesies Kopepoda di Tanjung Pasir pada musim kemarau sedikit lebih tinggi (3,44b-1,88j-0,88a) dibanding pada musim hujan (2,86b-1,14j-0,37a) (Tabel 1). Kelimpahan spesies

yang menonjol di Muara Angke terjadi pada spesies *Acartia erythraea* dan *A. pacifica* pada musim hujan, sedangkan pada musim kemarau kelimpahan spesies rendah (Gambar 2). Kelimpahan spesies yang menonjol di Tanjung Pasir terjadi pada spesies *A. erythraea* dan *A. pacifica* di kedua musim, kemudian diikuti oleh spesies *Centropages furcatus* pada musim hujan (Gambar 3).



Gambar 2. Grafik kelimpahan spesies Kopepoda di Muara Angke pada musim kemarau dan hujan. (*Abundance chart of Copepoda species in Muara Angke in rainy and dry seasons*).



Gambar 3. Grafik kelimpahan spesies kopepoda di Tanjung Pasir pada musim kemarau dan hujan. (*Abundance chart of Copepoda species in Tanjung Pasir in rainy and dry seasons*).

Wilayah sebaran

Berdasarkan sebaran geografinya, sebagian besar dari spesies Kopepoda yang ditemukan adalah spesies Indo-Pasifik (21 spesies, 44,68%), 14 spesies (29,78%) kosmopolitan, 1 spesies (2,13%, *L. bengalensis*) endemik untuk Samudra India, 3 spesies (6,38%, *P. incisus*, *L. similobata*, *P. inflatodigitata*) endemik untuk Laut Cina, 3 spesies baru yang telah dipublikasikan oleh penulis (6,38%, *C. asymmetrica*, *L. javaensis*, *P. verwoorti*) endemik untuk perairan Indonesia, sedangkan 5 spesies (10,63%) lainnya yang belum diberi nama spesifik dan diduga spesies baru, termasuk di dalamnya 2 spesies Kopepoda parasit, *Caligus* sp. dan *Monstrilla* sp. (Tabel 1). Ditinjau dari sebaran

horisontal dan habitatnya, 30 spesies (63,83%) Kopepoda yang ditemukan bersifat neritik, 8 spesies (17,02%) estuarin-neritik, 5 spesies (10,65%) oseanik, 2 spesies (4,25%) neritik-oseanik, dan 2 spesies (4,25%) bersifat parasit (*Caligus* sp. dan *Monstrilla* sp.) (Tabel 1).

Pengaruh faktor lingkungan

Hasil pengukuran kisaran salinitas dan suhu air pada bulan Mei-Juni (musim kemarau) adalah 29,5–30,0 psu dan 30,0–31,5°C. Rata-rata salinitas di perairan Tanjung Pasir lebih tinggi (30,0 psu) dibanding di Muara Angke (29,5 psu) (Tabel 3).

Tabel 3. Kisaran salinitas dan suhu di perairan Muara Angke dan Tanjung Pasir pada musim kemarau (Mei–Juni) dan hujan (September–Oktober) 2011 (*Salinity range and temperature in Muara Angke and Tanjung Pasir in dry season (May–June) and rainy season (September–October) 2011*).

	Muara Angke		Tanjung Pasir	
	Mei–Jun	Sep–Okt	Mei–Jun	Sep–Okt
Salinitas (psu) (<i>Salinity</i>)	29,5	20,5	30,0	26,1
Suhu (°C) (<i>Temperature</i>)	30,0	27,5	31,5	28,2

Abnormalitas morfologi *A. erythraea* dan *A. pacifica*

Sebagian individu baik anakan maupun betina dewasa dari *Acartia erythraea* dan *A. pacifica* yang ditemukan di perairan Muara Angke dan Tanjung Pasir telah mengalami abnormalitas morfologi, dimana ruas anal dari perut (abdomen) dijangkiti tumor berbentuk *muff-shaped* (Gambar 4).

Beberapa individu dari famili Pontellidae juga mengalami pembengkakan (tumor) di antara ruas kepala dan dada yang menyebabkan putus nya ruas tersebut. Anggota Pontellidae ini lebih banyak ditemukan di perairan dekat Pulau Rambut yang reatif lebih jernih, pada jarak 6,4 km dari Tanjung Pasir.



Gambar 4. Abnormalitas morfologi pada ruas anal dari abdomen *Acartia erythraea* dalam kotak merah. Foto: Mulyadi (*Morphological abnormality in anal segment of abdomen *Acartia erythraea* in red rectangle. Photo: Mulyadi.*

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa keragaman dan kelimpahan spesies Kopepoda di setiap lokasi menunjukkan variasi musiman (kemarau bulan Mei–Juni dan hujan bulan September–Oktober) yang berbeda-beda berdasarkan variasi suhu dan salinitas di tiap lokasi. Hal ini diduga dipengaruhi oleh perubahan faktor lingkungan yang menyebabkan beberapa spesies Kopepoda tertentu tidak mampu beradaptasi terhadap kondisi tersebut. Menurut von Weissenberg *et al.* (2022) jumlah produksi telur Kopepoda menunjukkan asosiasi negatif dengan temperatur di lokasi sampling dengan salinitas rendah, begitu pula perubahan yang terjadi di salinitas terendah antara bulan Agustus dan September. Kombinasi efek dari salinitas dan waktu pengambilan sampel reproduksi menunjukkan pentingnya perubahan salinitas yang ekstrim pada Kopepoda. Begitu pula dengan pertumbuhan populasi Kopepoda di laboratorium yang dilaporkan oleh Amatus *et al.* (2020) menunjukkan bahwa temperatur juga sangat mempengaruhi pertumbuhan populasi Kopepoda secara signifikan ($P < 0,05$) pada pemeliharaan *Euterpina acutifrons*. Populasi tertinggi ditemukan pada suhu 27°C dengan rata-rata total populasi sebanyak 800 ± 100 individu dari jumlah awal

sekitar 10 individu. Penelitian populasi Kopepoda di tahun 2010 di Muara Angke jumlah individu dimusim kemarau sebanyak 85 individu dan musim hujan sebanyak 43 individu (Mulyadi dan Murniati, 2019). Penelitian ini menunjukkan peningkatan jumlah individu yang ditemukan di kedua musim di tahun 2011, yaitu 61 individu di musim kemarau dan 209 individu di musim hujan, serta terdapat penambahan dua ordo yang ditemukan di Muara Angke, yaitu Ordo Shiponostomatoida dan Poecilostomatoida (Tabel 1). Kondisi plankton di perairan Teluk Jakarta cenderung mengalami perubahan, baik dalam jumlah spesies maupun kelimpahannya, bahkan disinyalir telah terjadi pergeseran spesies dominan atau suksesi-intra plankton dari beberapa tahun sebelumnya. Struktur komunitas planktonpun berubah ditinjau dari indeks komunitas seperti diversitas, kesamaan spesies dan kekayaan spesies yang disebabkan oleh perubahan kondisi perairan.

Indeks keanekaragaman (1-D) di kedua lokasi dan kedua musim termasuk tinggi mendekati 1 (dalam rentang 0–1) dengan nilai tertinggi di Muara Angke saat musim kemarau (Tabel 2). Namun, jika dilihat perolehan kekayaan spesies tertinggi terdapat di perairan Tanjung Pasir sebanyak 35 spesies. Hal ini mungkin terjadi karena perairan Tanjung Pasir merupakan daerah yang lebih

terbuka dengan kedalaman sekitar tiga meter dibandingkan perairan Muara Angke merupakan daerah teluk dengan kedalaman hanya sekitar dua meter. Kopepoda ditemukan lebih melimpah di daerah pelagis dibandingkan litoral (Cirhuza dan Plisnier, 2016), sedangkan lokasi Tanjung Pasir terlihat daerah pelagis lebih terhubung ke laut lepas. Perairan yang dalam dan terbuka menunjukkan keanekaragaman dan kepadatan Kopepoda yang maksimal (Abo-Taleb *et al.*, 2020). Spesies Kopepoda oseanik adalah spesies yang biasanya ditemukan di laut terbuka dengan salinitas tinggi di antaranya *C. pauper*, *S. subcrassus* dan *C. furcatus*, sedangkan spesies Kopepoda yang umumnya berasosiasi dengan laut terbuka atau merupakan spesies yang mampu hidup pada kisaran salinitas yang luas dari salinitas rendah ke salinitas tinggi diantaranya *P. aculeatus*, *P. crassirostris*, *C. asiaticus*, *M. gracilis* dan *E. acutifrons*. Selain itu, ditemukan pula spesies Kopepoda yang toleran terhadap salinitas rendah, yaitu *P. incisus*. Salinitas dan suhu air lethal bagi *C. furcatus* dan *E. acutifrons* betina dewasa adalah 13,1 ppt dan 26,0–26,6°C.

Perbandingan indeks keanekaragaman tertinggi di kedua musim dan kedua lokasi menunjukkan bahwa keanekaragaman tertinggi di Muara Angke pada musim kemarau (indeks Shannon 3,279 dengan kelimpahan rendah 60 individu, Tabel 2). Hal ini dipengaruhi oleh kelimpahan spesies pada tiap lokasi, tingginya kelimpahan maka makin rendah indeks keanekaragamannya dan sebaliknya. Kelimpahan Kopepoda pada musim kemarau di Muara Angke sangat tinggi (227 individu) dengan keragaman spesies yang sangat rendah (indeks Shannon 2,274, Tabel 2).

Distribusi individu pada kedua lokasi dan kedua musim merata dengan indeks kemerataan $> 0,5$ kecuali di perairan Muara Angke pada musim hujan yang relatif rendah $< 0,5$ atau tidak merata. Menurut Odum (1993) dan Marshall dan Baird (2000), nilai indeks kemerataan $0 < E \leq 0,5$ menunjukkan distribusi individu di komunitas tersebut termasuk rendah. Dominansi spesies tertentu sangat terlihat di (Gambar 2) pada musim hujan. Dominansi Kopepoda yang tinggi berhubungan dengan kelimpahan yang tinggi (Magalhaes *et al.*, 2015) terutama pada musim hujan (Okogwu, 2010).

Perairan Tanjung Pasir yang lebih terbuka menunjukkan kelimpahan individu yang relatif stabil pada kedua musim dengan masing-masing 26,54% dan 25,38% dari total individu kedua musim sebanyak 599 individu. Perairan Muara Angke yang lebih tertutup atau merupakan teluk menunjukkan perbedaan kelimpahan yang kontras pada kedua musim. Kelimpahan individu pada musim kemarau sangat rendah hanya sekitar 8,51%,

sedangkan kelimpahan musim hujan meningkat tajam sebanyak 37,9% dari total kelimpahan Kopepoda di kedua musim. Kelimpahan zooplankton mencapai maksimum terjadi saat pergantian musim selama musim monsoon (pertengahan sampai *post-monsoon*) yang biasanya membawa hujan yang dapat menurunkan salinitas sehingga kontras dengan zona salinitas estuaria yang tinggi (Vineetha *et al.*, 2015). Oleh karena itu, suhu dan salinitas yang rendah (20,5 psu dan 27,5°C) pada musim hujan di perairan Muara Angke mungkin menjadi penyebab kenaikan kelimpahan yang ekstrim dari 61 individu ke 227 individu. Kelimpahan Kopepoda di semua musim dipengaruhi oleh salinitas, pH dan suhu (Hedayati *et al.*, 2017; Saumen, 2019).

Rata-rata salinitas dan suhu di perairan Muara Angke dan Tanjung Pasir pada bulan September–Oktober (musim hujan) cenderung menurun (Tabel 3). Perubahan musiman curah hujan tersebut menyebabkan perbedaan pola sebaran mendatar salinitas di lokasi penelitian. Sebaran spasial salinitas yang terjadi selama penelitian dapat dijelaskan melalui mekanisme pencampuran massa air laut yang bersalinitas lebih tinggi dengan air tawar pada saat musim hujan. Air tawar yang masuk di sebelah selatan wilayah penelitian pada awalnya mengalami pencampuran di dekat pantai sehingga yang paling cepat mendapatkan pengaruhnya adalah stasiun terdekat dari pantai. Pencampuran air terus berlanjut karena gelombang dan pasang surut sehingga menyebar ke arah utara. Salinitas rendah ditemukan di utara Tanjung Pasir karena suplai air tawar dari Sungai Cisadane, sedangkan salinitas dan suhu yang rendah di Muara Angke diduga karena masukan air tawar dari Sungai Angke. Pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai mempengaruhi sebaran salinitas di pantai (Wyrki, 1961). Salinitas dan suhu tertinggi terjadi di perairan Tanjung Pasir pada musim kemarau disebabkan oleh masuknya air laut secara langsung dan penguapan yang tinggi. Tingginya salinitas pada musim ini disebabkan oleh massa air musim timur yang tertinggal di teluk, sedangkan tingginya suhu air diakibatkan oleh sifat suhu musim peralihan timur (Hadikusumah, 2007). Perubahan ini sesuai dengan pendapat Nontji (1987) bahwa pada musim barat kecepatan angin sangat kuat dan curah hujan sangat tinggi mengakibatkan suhu sangat minimum. Selain itu, ditemukan pula spesies Kopepoda yang toleran terhadap salinitas rendah, yaitu *P. incisus*.

Kisaran suhu di kedua lokasi pada musim kemarau dan hujan adalah 28,2–31,5°C dan 27,5–30°C, nampaknya cocok bagi perkembangan Kopepoda dan masih dapat ditolerir sehingga tetap dapat menunjukkan indeks keanekaragaman yang

tinggi pada tiap lokasi. Menurut Levinston (1982), Kopepoda di perairan umum dapat hidup pada kisaran salinitas 26,5–35,67 psu. Sedangkan Laven dan Sorgeloos (1966) mengatakan bahwa Kopepoda tidak mampu mentolerir perubahan suhu lingkungan yang ekstrim, tetapi mampu hidup pada kondisi yang intensif antara 17–30°C.

Indeks pencemaran Muara Angke saat pasang dan surut pada tahun 2011 masuk dalam kategori tercemar berat di bulan Mei, Juli dan November (Dinas Lingkungan Hidup, 2020). Abnormalitas morfologi pada Kopepoda dan plankton krustasea lainnya biasanya berasosiasi dengan struktur mirip tumor, karakter seksual, dan malformasi skeleton. Polusi, ekto- dan endoparasit, dan bahkan pakan yang terbatas juga sering menimbulkan kasus penyimpangan ini. Deformasi pada marga *Acartia* di kaki renang kelima umum terjadi (Behrends *et al.*, 1997). Abnormalitas morfologi pada spesies ini termasuk malformasi, kerusakan saluran pencernaan, segmen putus kitin, dan kerusakan limfa. Semua ini berhubungan dengan polusi lingkungan perairan, meskipun pada beberapa kasus mungkin dapat disebabkan oleh aspek dalam koleksi, sampling atau fiksasi. Populasi marga *Acartia* mungkin sangat dipengaruhi oleh perubahan lingkungan laut oleh pemanasan global dan pengasaman laut (Lee *et al.*, 2020).

KESIMPULAN

Kekayaan spesies Kopepoda tertinggi terjadi di Tanjung Pasir pada saat musim hujan, akan tetapi indeks keanekaragaman tertinggi terjadi di Muara Angke pada musim kemarau, baik sebelum maupun setelah perbandingan antar lokasi dan musim, karena indeks keanekaragaman melibatkan dua komponen berkaitan, yaitu kelimpahan dan kekayaan spesies. Kelimpahan individu tertinggi menunjukkan indeks dominansi tertinggi, sedangkan kelimpahan individu yang rendah menunjukkan distribusi spesies yang tinggi atau merata. Perairan Muara Angke dan Tanjung Pasir sangat dipengaruhi oleh massa air dari Laut Cina bagian selatan yang cenderung memiliki suhu rendah dan salinitas tinggi dan sedikit berfluktuasi. Abnormalitas morfologi pada Kopepoda biasanya terjadi pada ruas alat gerak atau lipatan tubuh lainnya yang mungkin disebabkan oleh pencemaran perairan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Anggaran DIPA tahun 2010 dan Kerja Sama LIPI-JSPS dalam Proyek *Biodiversity and Ecological Roles of Jellyfishes and Ctenophore in Indonesian Waters* tahun 2008–2010. Penulis mengucapkan terima kasih kepada nelayan kampung Muara Angke dan Tanjung Pasir yang telah membantu selama

penelitian di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abo-Taleb, H., Ashour, M., El-Shafei, A., Alataway, A and Maaty, M.M., 2020. Biodiversity of Calanoida Copepoda in Different Habitats of the North-Western Red Sea (Hurghada Shelf). *Water*, 12, 656.
- Amatus M., Basri, N.A., Shapawi, R and Shaleh S.R.M., 2020. Effect of Temperature on Population Growth of Copepod, *Euterpina acutifrons*. *Borneo Journal of Marine Science and Aquaculture*, 04, 57–61.
- Arifin, Z., 2008. *Kajian Kecenderungan Perubahan Kontaminan Logam Berat di Perairan Teluk Jakarta*. Kajian Perubahan Ekologis Perairan Teluk Jakarta. Pusat penelitian Osenografi – LIPI, Jakarta, 211–228.
- Behrends, G., Korshenko, A and Viitasalo, M., 1997. Morphological Aberrations in Females of *Acartia* (Copepoda, Calanoida). *Crustaceana*, 70(5), 595–607.
- Berraho, A., Abdelouahab, H., Baibai, T., Charib, S., Larissi, J., Agouzouk, A and Makaoui, A., 2019. Short-term Variation of Zooplankton Community in Cintra Bay (Northwest Africa). *Oceanologia*, 61, 368–383.
- Boxshall, G.A and Halsey, S.H., 2004. An Introduction to Copepod Diversity. *The Ray Society*, 166, 966 pp.
- Cirhuza, D.M and Plisnier, P-D., 2016. Composition and Seasonal Variations in Abundance of Copepod (*Crustacea*) Populations from the Northern Part of Lake Tanganyika. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 19(4), 401–410.
- Crisafi, P., 1974. Some Responses of Planktonic Organisms to Environmental Pollution. *International Review Of Medical Oceanography*, 34, 145–154.
- Dias, C.O., 1999. Morphological Abnormalities of *Acartia lilljeborgi* (Copepoda, Crustacea) in the Espirito Santo Bay (E.S. Brazil). *Hydrobiologica*, 394, 249–251.
- Dinas Lingkungan Hidup., 2020. Laporan akhir pemantauan kualitas lingkungan perairan laut dan muara teluk Jakarta. Provinsi DKI Jakarta, pp. 226–243.
- García-Chicote, J., Armengol, X and Rojo C., 2018. Zooplankton Abundance: A Neglected Key Element in the Evaluation of Reservoir Water Quality. *Limnologica*, 69, 46–54.
- Hadikusumah., 2007. Variabilitas Musiman Suhu dan Salinitas di Teluk Jakarta. *Jurnal Teknik Lingkungan*. IATPI, 33–41.
- Heneash, A.M.M., Tadrose, H.R.Z., Hussein, M.M.A., Hamdona, S.K., Abdel-Aziz, N and Gharib, S.M., 2015. Potential Effects of

- Abiotic Factors on the Abundance and Distribution of the Plankton in the Western Harbour, South-Eastern Mediterranean Sea, Egypt. *Oceanologia*, 57, 61–70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.oceano.2014.09.003>
- Hedayati, A., Pouladi, M., Vazirizadeh, A., Qadermarzi, A and Mehdipour, N., 2017. Seasonal Variations in Abundance and Diversity of Copepods in Mond River Estuary, Bushehr, Persian Gulf. *Biodiversitas*, 18(2), 447–452.
- Kunzmann, A.J., Ehret, H., Yohannes, E., Straile, D and Rothhaupt, K.O., 2019. Calanoid Copepod Grazing Affects Plankton Size Structure and Composition in a Deep, Large Lake. *Journal of Plankton Research*, 41 (6), 955–966.
- Lavens, P and Sorgeloos, P., 1966. *Manual of the Production and Use of Live Food for Aquaculture*. FAO Fisheries Tech. paper No. 301, 295 pp.
- Lee, E.H., Choi, S.Y., Seo, M.H., Lee, S.J and Soh, H.Y., 2020. Effects of Temperature and pH on the Egg Production and Hatching Success of a Common Korean Copepod. *Diversity*, 12, 372; doi:10.3390/d12100372.
- Levinton, J.S., 1982. *Marine Ecology*. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs. New Jersey.
- Mori, T., 1937. *The Pelagic Copepoda from Neighboring Waters of Japan*. 1–150, 80 pls.
- Magalhaes, A., Pereira, L.C.C and da Costa, R.M., 2015. Relationships between Copepod Community Structure, Rainfall Regimes and Hydrological Variables in a Tropical Mangrove Estuary (Amazon coast, Brazil). *Helgoland Marine Research*, 69, 123–136.
- Mulyadi and Ishimaru, T., 1994. Species Composition of Copepods in the Cilacap Mangrove Estuary, Central Java, Indonesia. In: *Ecological Assessment for Management Planning Segara Anakan Lagoon, Cilacap, Central Java* (Eds. Takashima, F and K. Soewardi). NODAI Center for International Program Tokyo University of Agriculture JSPS-DGHF Program, 39–47.
- Mulyadi., 2002. The Calanoid Copepods Family Pontellidae from Indonesian Waters, with Notes on its Species-Groups. *Treubia*, 32 (2), 167 pp., 60 figs.
- Mulyadi., 2004. *Calanoid Copepods in Indonesian Waters*. Research Center for Biology, Indonesian Institute of Sciences, Bogor, Indonesia, 195 pp.
- Mulyadi, H. A., Zainuri, M dan Widowati, I., 2013. *Variasi Jenis Kelimpahan Copepoda di perairan pesisir Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Tengah*. Prosiding Seminar Nasional Biologi 2013. Semarang, ISBN 978-602-14808-0-9.
- Mulyadi dan Murniati, D.C., 2017. Keanekaragaman, kelimpahan dan sebaran Kopepoda (*Krustasea*) di Perairan Bakau Segara Anakan, Cilacap. *Oceanologi dan Limnologi di Indonesia*, 2(2), 21–31.
- Mulyadi dan Murniati, D.C., 2019. Pengaruh musim terhadap populasi Kopepoda di Perairan Mangrove dan Pantai Muara Angke. *Zoo Indonesia*, 28(1), 1–7.
- Mulyadi, Hernawati, R.T dan Nurhaman, U., 2021. Catatan baru dan Keanekaragaman Kopepoda di Perairan Pantai dan Mangrove Pulau Panaitan, Taman Nasional Ujung Kulon, Banten. *Zoo Indonesia*, 30(1), 10–20.
- Musialik-Koszarowska, M., Dzierzbicka-Głowacka, L and Weydmann, A., 2019. Influence of environmental factors on the population dynamics of key Zooplankton species in the Gulf of Gdańsk (southern Baltic Sea). *Oceanologia*, 61, 17–25.
- Odum, E.P., 1971. *Fundamental of Ecology*, 3th Edition Toppan Company, Ltd.
- Okogwu, O.I., 2010. Seasonal variations of species composition and abundance of Zooplankton in Ehoma Lake, a Floodplain Lake in Nigeria. *International Journal of Tropical Biology and Conservation*, 58(1), 171–182.
- Nontji, A., 1987. *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Saumen, C., 2019. Copepod density, percentage composition and their seasonal variations in a macrophyte infested pond of Tripura, India in Relation to Physico-Chemical Factors. *International Journal of Recent Scientific Research*, 10(12(F)), 36617–36621.
- Scott, A., 1909. The Copepoda of the Siboga Expedition. Part I. Free-swimming, Littoral and semi parasitic Copepoda. Siboga Exped. *Monografieen*, 29a, 1–323.
- Shin, K.S., Lee, W.J., Jang, M.C., Jang, P.G and Son, D.H., 2007. Relationship of mesozooplankton and Population Variations of Jellyfish (*Aurelia aurita*) in Masan Bay, Korea. *4th Int. Zooplankton Symposium: Human and climate forcing of zooplankton populations*, 28 May–1 June, 2007.
- Sidabutar, T., 2008. Kondisi Plankton di Teluk Jakarta. *Kajian Perubahan Ekosistem Perairan Teluk Jakarta*, 113–133.
- von Weissenberg, E., Mottola, G., Uurasmaa, T.-M., Anttila, K and Engström-Öst, J., 2022. Combined effect of salinity and temperature on Copepoda reproduction and oxidative stress in Brackish-Water Environment. *Frontiers in Marine Science*, 9:952863, doi: 10.3389/fmars.2022.952863.

Wyrski, K., 1961. Physical Oceanography of the Southeast Asia Waters, NAGA Report vol. 2. University of California, L Jolla, USA, 195 pp.