

Pengelompokan Foraminifera Bentik Di Perairan Teluk Balikpapan Berdasarkan Komposisi Pembentuk Cangkang

Mastuti Widianingsih^{a*}

^a Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata, Jalan KH Wakhid Hasyim No. 65, Kediri, Jawa Timur-Indonesia

* Penulis koresponden. Tel.: +62- 853-8148-3877
Alamat e-mail: widianingsihmastuti910224@gmail.com

Diterima (received) 26 Oktober 2016; disetujui (accepted) 31 Desember 2016; tersedia secara online (available online) 4 Januari 2017

Abstract

Balikpapan Bay is one of the bays in Indonesia. One of the organisms in these waters are benthic foraminifera. The objective of this research was to determine the type of benthic foraminifera based composition forming the shells in Balikpapan Bay, East Kalimantan. The sediment samples were taken at a depth of 0-20 meters, then do picking, collection, as well as the identification of the type and composition shells forming of the benthic foraminifera. The results showed the benthic foraminifera Balikpapan Bay waters with sediment samples at a depth of 0-20 meters consists of benthic foraminifera shell of sandy, benthic foraminifera shell of porcelain, and benthic foraminifera shell of *hyalin*.

Keywords: *foraminifera; shell; Balikpapan bay*

Abstrak

Teluk Balikpapan merupakan salah satu teluk yang ada di Indonesia. Salah satu organisme yang ada di perairan tersebut adalah foraminifera bentik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis foraminifera bentik berdasarkan komposisi pembentuk cangkang di perairan Teluk Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur. Sampel sedimen diambil pada kedalaman 0-20 meter, kemudian dilakukan penjentikan, koleksi, serta identifikasi jenis dan komposisi pembentuk cangkang foraminifera bentik. Hasil analisis menunjukkan foraminifera bentik perairan Teluk Balikpapan dengan sampel sedimen pada kedalaman 0-20 meter terdiri dari foraminifera bentik cangkang pasir, foraminifera bentik cangkang porselen, dan foraminifera bentik cangkang *hyalin*.

Kata Kunci: *foraminifera; cangkang; teluk Balikpapan*

1. Pendahuluan

Teluk merupakan salah satu penyusun perairan di Indonesia dengan struktur menjorok ke daratan. Teluk Balikpapan yang terletak di Provinsi Kalimantan Timur memiliki fungsi yang strategis sebagai penopang perkembangan perekonomian dan fungsi ekologis terutama bagi Kota Balikpapan dan Kabupaten Pasir. Teluk Balikpapan dikelola secara berkesinambungan untuk mencegah terjadinya erosi dan sedimentasi. Sedimentasi terjadi akibat penumpukan material organik maupun anorganik. Timbulnya degenerasi ekosistem merupakan efek lain sistem

pengelolaan lingkungan perairan yang tidak sesuai (Frontalini *et al.*, 2016).

Foraminifera bentik merupakan salah satu organisme di Teluk Balikpapan yang dapat terawetkan dalam sedimen. Organisme tersebut memiliki potensi yang baik sebagai bioindikator kualitas perairan karena memiliki respon yang cepat terhadap perubahan kondisi lingkungan (Frontalini and Coccioni, 2011; Nurruhwati dkk., 2012). Keanekaragaman jenis organisme yang tidak stabil merupakan tanda buruknya kualitas suatu perairan (Frontalini *et al.*, 2016). Sejak tahun 2008, Australia telah menerapkan penggunaan

foraminifera sebagai bioindikator kelestarian terumbu karang (Uthicke et al., 2010). Di Indonesia, hal tersebut sudah diterapkan oleh beberapa peneliti (Dewi dkk., 2010; Natsir, 2010; Natsir dan Subkhan, 2010; Natsir dan Subkhan, 2011).

Umumnya, kemelimpahan jenis foraminifera benthik akan berbeda pada setiap zonasi perairan. Hal tersebut berkaitan dengan faktor kedalaman, kecerahan, temperatur, pH, turbiditas, salinitas, dan *dissolved oxygene* (Gustiantini dan Usman, 2008). Hasil penelitian Adisaputra dan Hendrizon (2011) menunjukkan bahwa *Operculina* sp. Merupakan spesies yang paling mendominasi perairan Teluk Balikpapan, namun penelitian tersebut tidak melakukan pengelompokan foraminifera benthik berdasarkan komposisi pembentuk cangkang. Proses pembentukan cangkang merupakan periode yang penting agar foraminifera benthik dapat terawetkan dalam sedimen (Natsir, 2010). Oleh karena itu, dilakukanlah penelitian ini dengan tujuan mengetahui jenis foraminifera benthik berdasarkan komposisi pembentuk cangkang pada perairan Teluk Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur.

2. Metode Penelitian

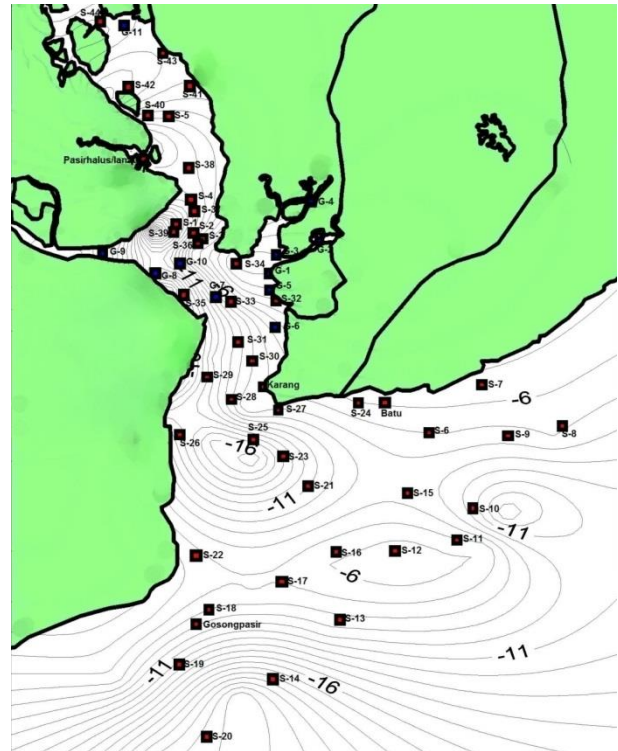
2.1 Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Juni sampai Agustus 2012 di Laboratorium Mineralogi dan Mikropaleontologi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL), Badan Penelitian dan Pengembangan Energi dan Sumber Daya Mineral (BaLitbang ESDM), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) yang berlokasi di Jalan Dr. Djundjungan No. 236, Bandung. Analisis foraminifera benthik meliputi pengambilan sampel, penjentikan (*picking*), koleksi, serta identifikasi jenis dan komposisi pembentuk cangkang foraminifera benthik.

2.2 Lokasi pengambilan sampel

Lokasi pengambilan sampel sedimen dapat dilihat pada Gambar 1. Daerah Teluk Balikpapan memiliki fungsi yang strategis sebagai penopang kegiatan perekonomian dan ekologis bagi Kota Balikpapan yaitu sebagai pelabuhan laut Balikpapan dan Perusahaan Indonesia Pertamina

yang merupakan kilang minyak terbesar di Indonesia. Teluk Balikpapan menjadi muara dari beberapa sungai besar maupun kecil, antara lain Sungai Sumber, Sungai Wain, Sungai Semoi, Sungai Sepaku, dan Sungai Riko (KKES, 2002).



Gambar 1. Titik Pengambilan Sampel Sedimen Foraminifera Benthik.

2.3 Pengambilan dan pengelompokan sampel

Sampel yang digunakan merupakan sampel sedimen hasil cucian yang telah tersedia di Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL) dari perairan Teluk Balikpapan pada tahun 2011 dan siap digunakan untuk berbagai analisa. Penelitian ini menggunakan sampel sedimen sebanyak 20 sampel yang diambil pada kedalaman 0-20 meter. Sampel dikelompokkan menjadi 4 kedalaman, yaitu 0-5 meter, 6-10 meter, 11-15 meter, dan 16-20 meter. Pengelompokan kedalaman tersebut didasarkan atas data sekunder berupa kedalaman pengambilan sampel foraminifera benthik (Tabel 1) dan letak pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.

2.4 Penjentikan (*picking*)

Sebaran sampel sedimen hasil cucian diamati di bawah mikroskop binokuler dengan perbesaran

100x. Penjentikan dilakukan dengan menggunakan kuas terkecil sampai didapatkan maksimal 300 spesimen. Spesimen yang didapat diletakkan pada *assemblage slide* yang telah diolesi lem *tragacant gum*. Satu slide berisi 300 spesimen dengan komposisi setiap petak adalah 5 spesimen (Adisaputra dan Hendrizan, 2011).

Tabel 1

Titik Koordinat dan Kedalaman Pengambilan Sampel Sedimen di Teluk Balikpapan.

Kelompok	No. Sampel	Lintang	Bujur	Kedalaman (meter)
1	S-01	-1,20220	116,7657	1,5
	S-26	-1,29590	116,76627	2,9
	S-22	-1,35058	116,77380	4,0
	S-41	-1,13977	116,77067	4,0
	S-35	-1,23355	116,76815	5,0
2	S-06	-1,29523	116,88225	7,0
	S-17	-1,36207	116,81405	7,0
	S-19	-1,39948	116,76603	7,5
	S-08	-1,29270	116,94348	8,0
	S-13	-1,37955	116,84058	9,5
3	S-21	-1,31907	116,82602	12,0
	S-30	-1,26315	116,79992	12,0
	S-36	-1,21033	116,77478	12,0
	S-10	-1,32925	116,90197	14,0
	S-28	-1,28007	116,79020	14,0
4	S-31	-1,25465	116,79278	16,0
	S-33	-1,23660	116,78988	16,0
	S-38	-1,17685	116,77025	17,0
	S-23	-1,30583	116,81467	18,0
	S-20	-1,43178	116,77870	20,0

Tabel 2

Spesies Foraminifera Bentik Cangkang Pasiran

Ordo	Species	Jumlah	Kedalaman (meter)			
			0-5	6-10	11-15	16-20
Astrorhizida	<i>Bathysiphon</i> sp.	8	4	0	4	0
Lituolida	<i>Haplophragmoides</i> sp.1	57	9	13	19	16
	<i>Haplophragmoides</i> sp.2	12	0	0	0	12
	<i>Haplophragmoides</i> sp.3	28	12	3	12	1
	<i>Haplophragmoides</i> sp.4	2	0	0	0	2
	<i>Haplophragmoides</i> sp.5	39	0	0	39	0
	<i>Ammobaculites</i> sp.	15	13	0	2	0
Textulariida	<i>Protoschista</i> finds	6	0	0	6	0
	<i>Textularia</i> sp.	2	1	0	0	1
	<i>Tawitawia</i> sp.	7	1	1	1	4
Trachamminida	<i>Trochammina nana</i>	438	138	14	249	37
	Jumlah	614	178	31	332	73

2.5 Koleksi

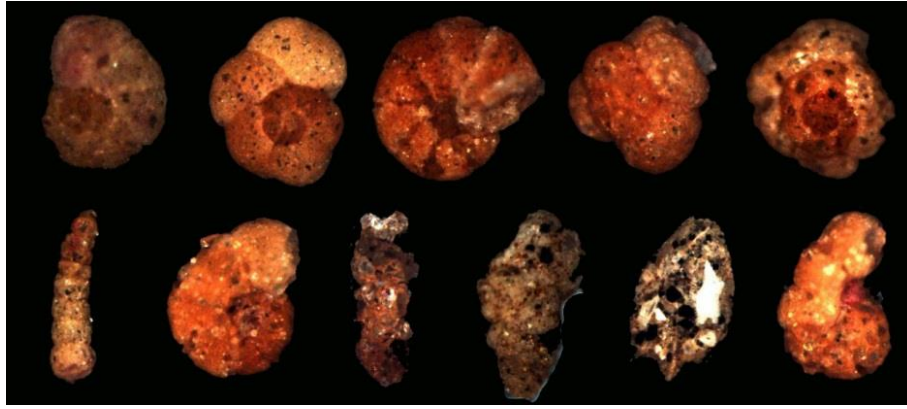
Spesimen hasil penjentikan untuk tiap spesies yang berbeda dipindahkan ke *slide* yang baru. Spesimen yang diambil merupakan spesimen dengan bentuk yang terbaik. Langkah tersebut dilakukan secara berurutan untuk setiap sampel. Setiap kotak diisi minimal dengan 2 spesimen dari tiap spesies yang sama. Pengambilan spesimen untuk sampel berikutnya hanya dilakukan untuk spesies yang berbeda dari sampel sebelumnya dengan tujuan mempermudah proses identifikasi.

2.6 Identifikasi jenis dan komposisi cangkang foraminifera bentik

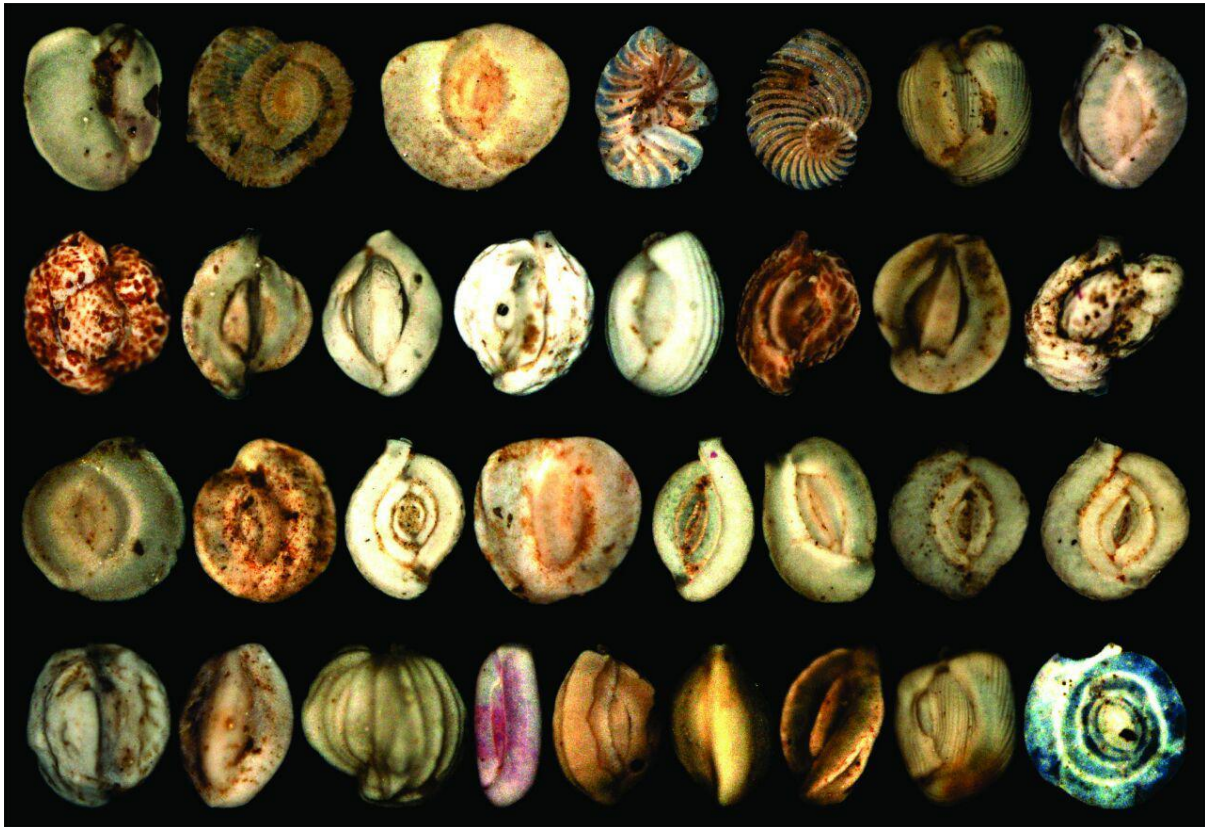
Identifikasi spesimen dilakukan secara berurutan menggunakan buku acuan Barker (1960), Loeblich and Tappan (1994), serta Yassini and Jones (1995) dengan mengamati komposisi dan bentuk cangkang, bentuk dan jumlah kamar, jumlah putaran, ornamen cangkang, serta bentuk dan posisi aperture. Langkah selanjutnya, setelah identifikasi selesai, foraminifera bentik dikelompokkan berdasarkan komposisi pembentuk cangkang berdasarkan buku acuan identifikasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian sampel sedimen perairan Teluk Balikpapan, diperoleh 66 spesies dari 7 ordo yang berbeda yaitu Astrorhizida, Lituolida, Textulariida, Trachamminida, Miliolida, Rotaliida, dan Spirillinida. Keseluruhan spesimen



Gambar 2. Foraminifera Bentik Cangkang Pasiran



Gambar 3. Foraminifera Bentik Cangkang Gamping Porselen

yang didapat menunjukkan adanya 3 jenis cangkang foraminifera bentik yaitu foraminifera bentik cangkang pasiran, porselen, dan *hyalin* dengan jumlah berturut-turut adalah 614, 778, dan 3180 spesimen (Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4). Ordo Miliolida memiliki variasi spesies terbanyak yaitu 32 spesies yang berasal dari 8 genus (Tabel 3). Foraminifera bentik cangkang pasiran (Gambar 2) terdiri dari genus *Bathysiphon*, *Haplophragmoides*, *Protoschista*, *Textularia*, *Tawitawia*, dan *Trochammina*. *Trochammina nana* merupakan spesies terbanyak dari keseluruhan spesimen foraminifera bentik bercangkang pasiran (Tabel 2).

Kelompok foraminifera bentik bercangkang gamping porselen (Gambar 3) hanya didapatkan dari ordo Miliolida yang didominasi oleh spesies *Spiroculina subimpressa* sebanyak 86 spesimen. Cangkang gamping porselen adalah cangkang yang terbentuk dari gamping dengan struktur tidak berpori (Pringgoprawiro dan Kapid, 2000) dan transparan (Gustiantini dan Usman, 2008). *Asterorotalia trispinosa* merupakan spesies yang mendominasi setiap kelompok kedalaman pengambilan sampel (Tabel 4). Umumnya, foraminifera bentik memiliki cangkang gamping *hyalin* dan tersimpan dalam material sedimen

Tabel 3

Spesies Foraminifera Bentik Cangkang Gamping Porselen

Ordo	Species	Jumlah	Kedalaman (meter)			
			0-5	6-10	11-15	16-20
Miliolida	<i>Lachlanella parkeri</i>	33	5	14	4	10
	<i>Lachlanella compressiostoma</i>	12	0	11	0	1
	<i>Quinqueloculina pseudoreticulata</i>	74	2	47	23	2
	<i>Quinqueloculina cf. semistriata</i>	69	0	59	8	2
	<i>Quinqueloculina seminulum</i>	37	9	14	13	1
	<i>Quinqueloculina reticulata</i>	1	0	1	0	0
	<i>Quinqueloculina poeyana</i>	24	0	16	0	8
	<i>Quinqueloculina philippinensis</i>	1	0	1	0	0
	<i>Quinqueloculina sp.1</i>	34	0	30	4	0
	<i>Quinqueloculina sp.2</i>	4	0	4	0	0
	<i>Quinqueloculina sp.3</i>	53	9	33	3	8
	<i>Quinqueloculina sp.4</i>	1	0	1	0	0
	<i>Quinqueloculina sp.5</i>	25	0	4	20	1
	<i>Quinqueloculina sp.6</i>	17	0	12	5	0
	<i>Quinqueloculina sp.7</i>	13	0	5	8	0
	<i>Quinqueloculina sp.8</i>	3	0	3	0	0
	<i>Quinqueloculina sp.9</i>	42	0	0	42	0
	<i>Quinqueloculina sp.10</i>	21	0	3	18	0
	<i>Triloculina tricarinata</i>	52	13	22	4	13
	<i>Parahauerinoides fragilissimus</i>	7	0	4	3	0
	<i>Parahauerinoides sp.1</i>	8	0	8	0	0
	<i>Parahauerinoides sp.2</i>	46	23	0	23	0
	<i>Parahauerinoides sp.3</i>	4	0	1	3	0
	<i>Spiroculina subimpressa</i>	86	7	27	31	21
	<i>Spiroculina canaliculata</i>	40	0	20	12	8
	<i>Spiroculina sp.1</i>	6	3	3	0	0
	<i>Spiroculina sp.2</i>	34	0	8	10	16
	<i>Spiroculina sp.3</i>	15	9	2	4	0
	<i>Hauerina orientalis</i>	8	0	0	0	8
	<i>Hauerina sp.</i>	3	0	1	2	0
	<i>Peneroplis sp.</i>	2	0	2	0	0
	<i>Flintina bradyana</i>	3	0	0	0	3
	Jumlah		778	80	356	240

berupa pasir atau lumpur pasir (Dewi dkk., 2010).

Kondisi perairan akan mempengaruhi jumlah jenis foraminifera bentik yang mendominasi setiap lokasi pengambilan sampel. Kemelimpahan spesies *Asterorotalia trispinosa* menunjukkan bahwa Teluk Balikpapan merupakan perairan terbuka dengan karakteristik arus sedang sampai kuat (Gustiantini dan Usman, 2008). Di tahun 2011 didapatkan 195 spesies dengan *Operculina sp.* sebagai spesies dominan (Adisaputra dan Hendrizan, 2011). Jumlah tersebut lebih banyak jika dibandingkan dengan hasil penelitian ini. Hal tersebut dimungkinkan karena bertambahnya tingkat kerusakan pada perairan Teluk Balikpapan di tahun 2012. *Asterorotalia trispinosa*, spesies yang berasal dari ordo Rotaliida menjadi spesies terbanyak yang memiliki cangkang *hyalin* (Gambar 4). *Asterorotalia trispinosa* memiliki 3 duri yang

berfungsi sebagai kaki. Kaki tersebut akan memudahkan *Asterorotalia trispinosa* berpindah tempat sebagai salah satu bentuk adaptasi terhadap perubahan lingkungan akibat pencemaran (Carnahan et al., 2009; Adisaputra dan Hendrizan, 2011).

Kedalaman pengambilan sampel sedimen ikut berpengaruh terhadap jumlah jenis spesimen yang diperoleh. Kedalaman akan mempengaruhi intensitas cahaya yang masuk ke perairan (Papasprou et al., 2013). Umumnya, sinar matahari hanya dapat mencapai kedalaman 200 meter (*photic zone*). Penurunan kadar sinar matahari akan berpengaruh pada aktivitas fotosintesis tumbuhan air dalam menghasilkan nutrisi untuk mencukupi kebutuhan foraminifera bentik dan tumbuhan itu sendiri. Persentase jumlah tumbuhan air yang menurun akan menyebabkan kematian foraminifera bentik akibat

Tabel 4

Spesies Foraminifera Bentik Cangkang Gamping Hyalin

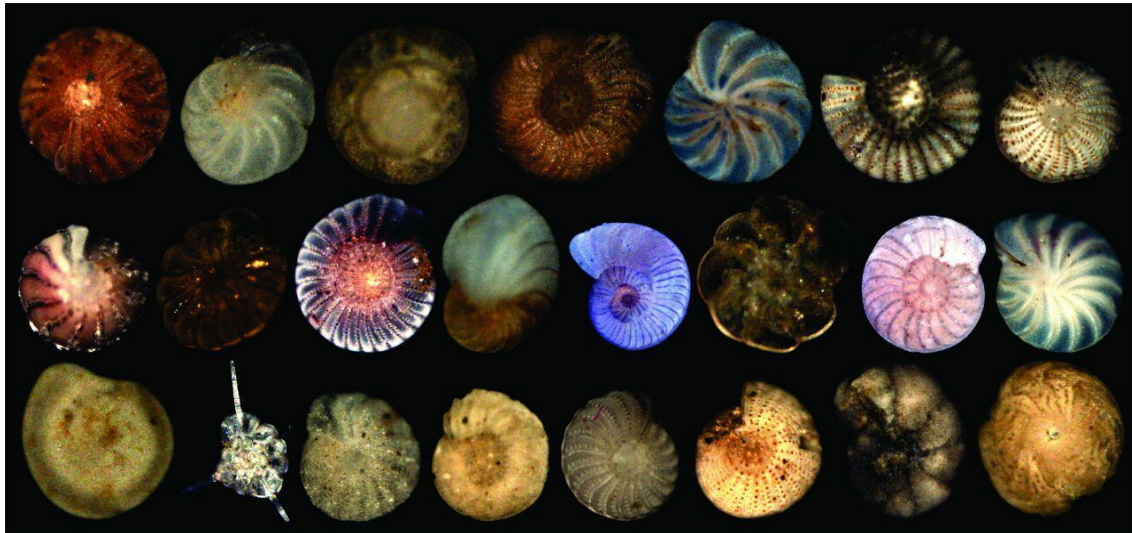
Ordo	Species	Jumlah	Kedalaman (meter)			
			0-5	6-10	11-15	16-20
Rotaliida	<i>Amphistegina radiata</i>	13	0	12	0	1
	<i>Ammonia beccarii</i>	3	0	3	0	0
	<i>Ammonia</i> sp.	1	0	1	0	0
	<i>Asterorotalia trispinosa</i>	1553	253	229	361	710
	<i>Rosalina</i> sp.	9	1	0	1	7
	<i>Cribononion simplex</i>	28	10	9	9	0
	<i>Florilus</i> sp.	14	5	4	5	0
	<i>Assilina ammonoides</i>	265	7	134	119	5
	<i>Operculina</i> sp.	26	0	24	2	0
	<i>Cibicides</i> sp.	3	2	0	0	1
	<i>Cellathus craticulatus</i>	8	0	7	0	1
	<i>Elphidium macellum</i>	79	0	53	23	3
	<i>Elphidium gunteri</i>	57	19	22	16	0
	<i>Elphidium craticulatum</i>	27	0	20	5	2
	<i>Elphidium</i> sp.1	54	9	39	6	0
	<i>Elphidium</i> sp.2	2	0	2	0	0
	<i>Elphidium</i> sp.3	25	0	13	12	0
	<i>Elphidium</i> sp.4	32	7	13	12	0
	<i>Elphidium</i> sp.5	26	13	0	13	0
	<i>Elphidium</i> sp.6	12	0	5	0	7
<i>Rotalia</i> sp.1	383	96	90	96	101	
<i>Rotalia</i> sp.2	557	234	145	128	50	
Spirillinida	<i>Spirillina</i> sp.	3	0	0	0	3
	Jumlah	3180	656	825	808	891

penurunan kadar DO (Rositasari, 1997). Hasil penelitian De and Gupta (2010) menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kedalaman suatu perairan, maka akan semakin menurun jenis dan jumlah foraminifera bentik, sedangkan Nurruhwati dkk. (2012) dalam hasil penelitian perairan Teluk Jakarta menyatakan bahwa semakin kecil pengaruh sedimentasi daratan dan kedalaman laut yang semakin dalam, maka secara umum jenis foraminifera bentik yang dapat dijumpai semakin banyak. Hasil pada penelitian dengan sampel sedimen Teluk Balikpapan menunjukkan hasil yang berbeda dengan dua penelitian tersebut. Hal tersebut dimungkinkan karena adanya faktor lain yang ikut berpengaruh, seperti intensitas cahaya, kekeruhan, kadar oksigen, dan karbon dioksida (Renema, 2008; Rositasari, 2011), serta peningkatan bahan organik dan anorganik (Cherchi *et al.*, 2009; Donnici *et al.*, 2012; Rositasari, 2011; Aulia dkk., 2012; Papaspyrou *et al.*, 2013; Brouillette and Goldstein, 2008; Buosi *et al.*, 2010; Martínez-Colón and Hallock, 2010; Jayaraju *et al.*, 2011) dan peningkatan pH (de Nooijer *et al.*, 2009).

Berdasarkan beberapa hasil penelitian pada perairan teluk (Al-Enezi and Frontalini, 2015;

Adisaputra dan Hendrizon, 2011; Nurruhwati *et al.*, 2012), Rotaliida menjadi ordo yang mendominasi kawasan perairan teluk. Spesies yang berasal dari ordo Rotaliida merupakan spesies dominan untuk sedimen pasir dan lumpur pasir. Spesies *Operculina* sp. yang diperoleh di perairan Teluk Balikpapan penanda bahwa perairan tersebut dikelilingi oleh pulau-pulau koral (Adisaputra dan Hendrizon, 2011; Nurruhwati dkk, 2012). Selain itu, kemelimpahan ordo Rotaliida adalah ciri perairan laut normal dengan kadar kalsium karbonat dan kecerahan yang cukup tinggi (Adisaputra dan Hendrizon, 2011).

Kemelimpahan foraminifera bentik dapat dijadikan sebagai bioindikator ekosistem terumbu karang dan level kualitas perairan (Velásquez *et al.*, 2011), baik jangka panjang maupun jangka pendek (Cooper *et al.*, 2009). Selain itu, foraminifera bentik yang berlimpah akan membantu percepatan pertumbuhan terumbu karang melalui proses kalsifikasi (Schueth and Frank, 2008) juga sebagai bioindikator perairan yang tercemar (Cherchi *et al.*, 2009; Donnici *et al.*, 2012; Brouillette and Goldstein, 2008; Denoyelle *et al.*, 2010). Gangguan proses kalsifikasi pada foraminifera bentik akan mengakibatkan terbentuknya cangkang



Gambar 4. Foraminifera Benthik Cangkang Gamping Hyalin

foraminifera yang abnormal atau bahkan cangkangnya tidak terbentuk (Rositasari, 2011; Aulia dkk., 2012; Papaspyrou *et al.*, 2013; Brouillette and Goldstein, 2008; Buosi *et al.*, 2010; Martínez-Colón and Hallock, 2010; Denoyelle *et al.*, 2010). Penurunan kadar kalsium karbonat akan mengakibatkan penurunan jumlah foraminifera benthik yang dapat terawetkan dalam sedimen. Jenis cangkang yang dimiliki foraminifera benthik akan menentukan jenis sedimen dan kondisi lingkungan tempat organisme tersebut teresimentasi.

4. Simpulan

Penelitian dengan sampel sedimen perairan Teluk Balikpapan pada kedalaman 0-20 meter didapatkan foraminifera benthik cangkang pasir, porselen, dan *hyalin*. Foraminifera benthik cangkang pasir berasal dari ordo Lituolida, Textulariida, dan Trachamminida. Foraminifera cangkang porselen berasal dari ordo Miliolida, sedangkan foraminifera cangkang *hyalin* berasal dari ordo Rotaliida dan Spirillinida.

Ucapan terimakasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan yang telah memberi izin serta fasilitas selama berlangsungnya penelitian ini.

Daftar Pustaka

Adisaputra, M. K., & Hendrizon, M. (2011). Foraminifera perairan Balikpapan, Kalimantan Timur: lingkungan

pengendapan dan pengaruhnya. *Jurnal Geologi Kelautan*, 9(2), 119-133.

Al-Enezi, E., & Frontalini, F. (2015). Benthic foraminifera and environmental quality: the case study of Sulaiyikhat Bay (Kuwait). *Arabian Journal of Geosciences*, 8(10), 8527-8538.

Aulia, K. N., Kasmara, H., Erawan, T. S., & Natsir, S. M. (2012). Kondisi perairan terumbu karang dengan foraminifera benthik sebagai bioindikator berdasarkan forum index di Kepulauan Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 4(2), 335-345.

Barker, R. W. (1960). *Taxonomic Notes on the Species Figured by H. B. Brady in his Report on the Foraminifera Dredged by H.M.S. Challenger During the Years 1873-1876*. Special Publication No. 9. Tulsa, Oklahoma-USA: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists.

Brouillette, E. R., & Goldstein, S. T. (2008). An Experimental Approach to Understanding the Response of Benthic Foraminifera to Cd, Hg, Pb, and Zn. *Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions*, 58, 143-146.

Buosi, C., Frontalini, F., Da Pelo, S., Cherchi, A., Coccioni, R., & Bucci, C. (2010). Foraminifera proxies for environmental monitoring in the polluted lagoon of Santa Gilla (Cagliari, Italy). *Present environment and sustainable development*, 4, 91-103.

Carnahan, E. A., Hoare, A. M., Hallock, P., Lidz, B. H., & Reich, C. D. (2009). Foraminiferal assemblages in Biscayne Bay, Florida, USA: responses to urban and agricultural influence in a subtropical estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 59(8), 221-233.

Cherchi, A., Da Pelo, S., Ibba, A., Mana, D., Buosi, C., & Floris, N. (2009). Benthic foraminifera response and geochemical characterization of the coastal environment surrounding the polluted industrial area

- of Portovesme (South-Western Sardinia, Italy). *Marine pollution bulletin*, **59**(8), 281-296.
- Cooper, T. F., Gilmour, J. P., & Fabricius, K. E. (2009). Bioindicators of changes in water quality on coral reefs: review and recommendations for monitoring programmes. *Coral reefs*, **28**(3), 589-606.
- De, S., & Gupta, A. K. (2010). Deep-sea faunal provinces and their inferred environments in the Indian Ocean based on distribution of Recent benthic foraminifera. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **291**(3), 429-442.
- de Nooijer, L. J., Langer, G., Nehrke, G., & Bijma, J. (2009). Physiological controls on seawater uptake and calcification in the benthic foraminifer *Ammonia tepida*. *Biogeosciences*, **6**(11), 2669-2675.
- Denoyelle, M., Jorissen, F. J., Martin, D., Galgani, F., & Miné, J. (2010). Comparison of benthic foraminifera and macrofaunal indicators of the impact of oil-based drill mud disposal. *Marine Pollution Bulletin*, **60**(11), 2007-2021.
- Dewi, K. T., Natsir, S. M., & Siswantoro, Y. (2010). Mikrofauna (foraminifera) terumbu karang sebagai indikator perairan sekitar pulau-pulau kecil. *Jurnal Ilmu Kelautan, Edisi khusus*, **1**, 162-170.
- Donnici, S., Serandrei-Barbero, R., Bonardi, M., & Sperle, M. (2012). Benthic foraminifera as proxies of pollution: The case of Guanabara Bay (Brazil). *Marine pollution bulletin*, **64**(10), 2015-2028.
- Frontalini, F., & Coccioni, R. (2011). Benthic foraminifera as bioindicators of pollution: a review of Italian research over the last three decades. *Revue de micropaléontologie*, **54**(2), 115-127.
- Frontalini, F., Curzi, D., Cesarini, E., Canonico, B., Giordano, F. M., De Matteis, R., Bernhard, J.M., Pieretti, N., Gu, B., Eskelsen, J., Jubb, A.M., Zhao, L., Pierce, E. M., Gobbi, P., Papa, S., & Coccioni, R. (2016). Mercury-pollution induction of intracellular lipid accumulation and lysosomal compartment amplification in the benthic foraminifer *Ammonia parkinsoniana*. *PLoS one*, **11**(9), e0162401.
- Gustiantini, L., & Usman, E. (2008). Distribusi foraminifera bentik sebagai indikator kondisi lingkungan di perairan sekitar Pulau Batam-Riau Kepulauan. *Jurnal Geologi Kelautan*, **6**(1), 43-52.
- Jayaraju, N., Reddy, B. S. R., & Reddy, K. R. (2011). Anthropogenic impact on Andaman coast monitoring with benthic foraminifera, Andaman Sea, India. *Environmental Earth Sciences*, **62**(4), 821-829.
- KKES, (2002), *Kajian Erosi dan Sedimentasi Pada DAS Teluk Balikpapan Kalimantan Timur*. Jakarta-Indonesia: Laporan Teknis Proyek Pesisir Kelompok Kerja Erosi dan Sedimentasi, TE-02/13-I, CRC/URI.
- Loeblich, Jr., A. R., & Tappan, H. N. (1994). *Foraminifera of the Sahul shelf and Timor Sea*. Cambridge, Massachusetts-USA: Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Dept. of Invertebrate Paleontology, Museum of Comparative Zoology, Special Publication No. 31.
- Martínez-Colón, M., & Hallock, P. (2010). Preliminary survey on Foraminiferal responses to pollutants in Torrecillas Lagoon Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science*, **46**(1), 106-111.
- Natsir, S. M. (2010). Foraminifera bentik sebagai indikator kondisi lingkungan terumbu karang perairan pulau Kotok Besar dan pulau Nirwana, Kepulauan Seribu. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, **36**(2), 181-192.
- Natsir, S. M., & Subkhan, M. (2011). Foraminifera bentik sebagai indikator kualitas perairan ekosistem terumbu karang di Pulau Bidadari dan Ringgit, Kepulauan Seribu. *Lingkungan Tropis*, **5**(1), 1-10.
- Natsir, S. M., & Subkhan, M. (2010). *Kelimpahan foraminifera bentik resen di Pulau Peteloran Timur, Kepulauan Seribu*. Dalam Prosiding Pertemuan Ilmiah Nasional Tahunan VII ISOI 2010, Pangkal Pinang, 6-7 Oktober 2010 (pp. 143-152).
- Nurruhwati, I., Kaswadji, R., Bengen, D. G., & Isnaniawardhani, V. (2012). Kelompok foraminifera bentik resen berdasarkan komposisi dinding cangkang di perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Akuatika*, **3**(2), 190-197.
- Papaspyrou, S., Diz, P., García-Robledo, E., Corzo, A., & Jimenez-Arias, J. L. (2013). Benthic foraminiferal community changes and their relationship to environmental dynamics in intertidal muddy sediments (Bay of Cádiz, SW Spain). *Marine Ecology Progress Series*, **490**, 121-135.
- Pringgoprawiro, H., & Kapid, R. (2000). *Foraminifera: pengenalan mikrofosil dan aplikasi biostratigrafi*. Bandung-Indonesia: ITB Press.
- Renema, W. (2008). Habitat selective factors influencing the distribution of larger benthic foraminiferal assemblages over the Kepulauan Seribu. *Marine Micropaleontology*, **68**(3), 286-298.
- Rositasari, R. (2011). Karakteristik komunitas foraminifera di perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, **3**(2), 100-111.
- Rositasari, R. (1997). Habitat makro dan mikro pada foraminifera. *Oseana*, **22**(4), 31-42.
- Schueth, J. D., & Frank, T. D. (2008). Reef foraminifera as bioindicators of coral reef health: Low Isles Reef, northern Great Barrier Reef, Australia. *The Journal of Foraminiferal Research*, **38**(1), 11-22.
- Uthicke, S., Thompson, A., & Schaffelke, B. (2010). Effectiveness of benthic foraminiferal and coral assemblages as water quality indicators on inshore reefs of the Great Barrier Reef, Australia. *Coral Reefs*, **29**(1), 209-225.
- Velásquez, J., López-Angarita, J., & Sánchez, J. A. (2011). Evaluation of the FORAM index in a case of

conservation. *Biodiversity and Conservation*, **20**(14), 3591-3603.

Yassini, I., & Jones, B. G. (1995). *Recent Foraminifera and Ostracoda from estuarine and shelf environments on the*

southeastern coast of Australia. Wollongong, New South Wales, Australia: University of Wollongong Press.

© 2017 by the authors; licensee Udayana University, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>).