

Identifikasi Dan Analisis Keanekaragaman Genus Foraminifera Benthik Serta Hubungannya Dengan Terumbu Karang

Identification and Analysis of the Diversity of Benthic Foraminifera Genus and Their Relationship with Coral Reefs

Farhan Syah Rafli Pasolong* , Agus Rahman Eka Putra Abas, Ambeng, Slamet Santosa

Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA),
Universitas Hasanuddin (UNHAS).

+Corresponding author:: farhansyahrafli1212@gmail.com

Abstrak

Foraminifera adalah salah satu bioindikator yang dapat digunakan untuk mengukur kesehatan terumbu karang yang didasarkan pada kumpulan spesiesnya di sedimen dasar lingkungan perairan terumbu karang yang kemudian dimasukkan ke dalam suatu perhitungan yang dinamakan FORAM (Foraminifera in Reef Assessment and Monitoring) Index. Indeks tersebut diterapkan di sekitar Pulau Podang-Podang Lompo dan Pulau Kapoposang yang merupakan bagian dari kepulauan spermonde di Sulawesi Selatan dimana pulau kapoposang merupakan salah satu daerah pariwisata perairan yang secara tidak langsung memberikan pengaruh terhadap ekosistem terumbu karang. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan struktur komunitas foraminifera benthik dan kaitannya dengan kondisi perairan terumbu karang di Pulau Podang-Podang Lompo dan Pulau Kapoposang. Penelitian ini dilakukan pada 8 stasiun penelitian untuk kedua pulau yang mewakili semua sisi pulau (Barat pulau, Timur pulau, Selatan pulau, dan Utara pulau) dengan variasi kedalaman dari 3-5 meter dan 8-10 meter. Hasil dari penelitian ini ditemukan 2503 spesimen foraminifera bentonik di Pulau Podang-Podang Lompo dan 2408 spesimen di Pulau Kapoposang dengan keanekaragaman genus yang tergolong sedang untuk kedua pulau. Genus *Amphistegina* ditemukan sangat melimpah pada seluruh stasiun. Nilai Indeks FORAM (FI) kedua pulau lebih dari 4 untuk seluruh stasiun penelitian yang mengindikasikan bahwa perairan Pulau Podang-Podang Lompo dan Pulau Kapoposang berada dalam kondisi yang sangat baik dan kondusif untuk pertumbuhan serta pemulihan terumbu karang. Hasil ini sejalan dengan melimpahnya kehadiran kelompok foraminifera yang berasosiasi dengan terumbu karang pada perairan tersebut.

Kata kunci :Kualitas air, Keanekaragaman, Indeks FORAM, Terumbu Karang, Komunitas.

Abstract

Foraminifera is one of the bioindicators that can be used to measure the health of coral reefs based on a collection of species in the bottom sediments of the coral reef aquatic environment which is then included in a calculation called the FORAM (Foraminifera in Reef Assessment and Monitoring) Index. The Index was implemented around Podang-Podang Lompo Island and Kapoposang Island which are part of the Spermonde Islands in Pangkep Regency, South Sulawesi where Kapoposang Island is one of the water tourism areas which indirectly influences coral reef ecosystems. This study aims to compare the community structure of benthic foraminifera and its relation to the condition of coral reef waters on Podang-Podang Lompo Island and Kapoposang

Island. This research was conducted at 8 research stations for both islands representing all sides of the island (West island, East island, South island, and North island) with variations in depth from 3-5 meters and 8-10 meters. The results of this study found 2503 benthic foraminifera specimens on Podang-Podang Lompo Island and 2408 specimens on Kapoposang Island with medium genus diversity for both islands. Genus *Amphistegina* was found very abundant in all stations. The FORAM Index (FI) value for the two islands is above 4 for all research stations which indicates that the waters of Podang-Podang Lompo Island and Kapoposang Island are in good condition and are conducive for the growth and recovery of coral reefs. This result is in line with the abundant presence of foraminifera groups associated with coral reefs in these waters.

Keywords : Water quality, Diversity, FORAM Index, Coral Reefs, Community

Pendahuluan

Aktivitas manusia memiliki dampak signifikan terhadap kondisi lingkungan global. Sebagian besar daratan di Bumi telah mengalami perubahan atau degradasi akibat intervensi manusia (Vitousek, et.al, 1997). Salah satu contohnya adalah peningkatan transfer nitrogen tahunan dari atmosfer ke lingkungan yang memungkinkan ketersediaan nitrogen secara biologis (Gallowy, et.al., 1995). Sebagian besar nitrogen ini, bersama dengan gas nitrous oxide yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, akhirnya masuk ke dalam sistem perairan melalui proses hujan. Selain itu, konsentrasi karbon dioksida di atmosfer juga mengalami peningkatan sekitar 30% sejak awal Revolusi Industri (Vitousek, et.al, 1997), yang berdampak luas mulai dari perubahan iklim global hingga perubahan dalam kimia laut yang menghambat proses kalsifikasi, terutama berpengaruh pada penurunan tutupan karang di seluruh dunia.

Terumbu karang di seluruh dunia mengalami penurunan populasi yang parah dan kehilangan keanekaragaman (Nelson & Altieri, 2005). Gangguan akut yang menyebabkan degradasi terumbu karang umumnya meliputi serangan patogen dan predator karang, badai tropis, siklon, dan tekanan panas yang menyebabkan pemutihan karang (Maynard, et.al. 2015). Peristiwa pemutihan karang skala besar yang disebabkan oleh pemanasan laut telah menyebabkan penurunan signifikan dalam tutupan karang di banyak terumbu di seluruh dunia (Greav, et.al. 2000) .

Kesehatan terumbu karang juga telah mengalami penurunan akibat pembatasan ruang untuk rekrutmen alami dan perubahan kondisi fisik lingkungan [6]. Gilmour dkk. (2016) menunjukkan bahwa telah terjadi peristiwa pemutihan karang skala global yang ketiga di perairan Australia. Di provinsi Sumatera Barat, Indonesia, terdapat sekitar 53.515 km² ekosistem terumbu karang, dengan 66,58% di antaranya tergolong rusak (Zakaria, et.al. 2016) . Kerusakan tersebut disebabkan oleh berbagai faktor, seperti penangkapan ikan dengan bahan peledak dan racun, penggunaan jangkar yang sembarangan, limbah industri, serta penangkapan karang untuk souvenir dan bahan bangunan (Zakaria, IJ 2004). Studi oleh Kench dan Mann (2017) mengungkapkan bahwa Kepulauan Spermonde, Sulawesi Selatan, telah kehilangan keanekaragaman karang antara 30% dan 60% di perairan dangkal (3 m) dan dalam (10 m).

Penelitian sebelumnya oleh Jompa (1996) menunjukkan bahwa aktivitas manusia, termasuk teknik penangkapan ikan yang merusak, memiliki dampak yang signifikan pada fungsi ekosistem terumbu karang di Spermonde, termasuk di Pulau Podang-Podang Lompo. Pulau Kapoposang, yang merupakan salah satu pulau di

Kepulauan Spermonde dan merupakan bagian dari Taman Wisata Bahari Kapoposang (TWP Kapoposang), juga rentan terhadap peningkatan tekanan antropogenik [9]. Di Pulau Podang-Podang Lompo, yang merupakan salah satu pulau di Kecamatan Liukang Tupabbiring, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan, terdapat 19 pulau [10]. Studi oleh Akbar dkk. (2015) mengungkapkan bahwa beberapa pulau di Kecamatan Liukang Tupabbiring, termasuk Pulau Podang-Podang Lompo, pernah terlibat dalam praktik Illegal Fishing seperti penangkapan ikan dengan trawl, bom, dan potasium pada periode 1975-2015, yang berdampak langsung pada ekosistem terumbu karang pada saat itu. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengelolaan kualitas air untuk melindungi ekosistem terumbu karang dalam jangka panjang dan mengurangi degradasi tutupan karang yang signifikan.

Penting untuk mengelola kualitas air di ekosistem laut pesisir agar dapat menjaga keanekaragaman dan produksi karbonat, serta mempertahankan pertumbuhan hewan karang. Saat ini, penggunaan foraminifera sebagai bioindikator kesehatan lingkungan terumbu sedang berkembang sebagai salah satu indikator penting (Reymond et.al, 2012). Kalsifikasi dan fisiologi foraminifera dapat memberikan informasi mengenai produktivitas ekosistem bentik sebagai respons terhadap perubahan kualitas air, terutama nutrisi dan suhu (Reymond et.al, 2012)]. Foraminifera merupakan bagian penting dari rantai makanan laut, mendapatkan energi dari autotrof kecil dan juga berperan dalam degradasi sisa-sisa organik. Mereka mendukung berbagai organisme yang lebih besar dan berkontribusi pada keanekaragaman dan produktivitas sekunder dalam ekosistem (Lipps & Valentine, 1970). Studi terbaru oleh Qhoquel dkk. (2021) menunjukkan bahwa foraminifera bentik dapat menjadi kontributor utama dalam mitigasi nitrogen di ekosistem pesisir oksik.

Foraminifera adalah organisme indikator yang ideal karena telah digunakan dalam berbagai penelitian lingkungan dan paleoenvironmental. Terumbu karang, karang zooxanthellata, dan foraminifera yang hidup secara simbiotik dengan alga memiliki faktor pembatas kualitas air yang serupa dan memiliki rentang hidup yang relatif pendek dibandingkan dengan koloni karang yang berumur panjang. Hal ini memungkinkan penggunaan foraminifera sebagai indikator penurunan kualitas air dalam jangka panjang dan peristiwa stres episodic (Halloek, et.al, 2003).. Dengan sekitar 4.000 spesies yang masih ada (Reymond et.al, 2012), foraminifera relatif kecil dan melimpah, sehingga memungkinkan pengumpulan sampel dalam jumlah yang signifikan secara statistik dengan cepat dan biaya yang relatif murah. Hal ini menjadikan foraminifera sebagai komponen yang ideal dalam program pemantauan komprehensif. Selain itu, pengumpulan foraminifera memiliki dampak minimal terhadap sumber daya terumbu karang (Halloek, et.al, 2003)..

Indeks FORAM (Foraminifera in Reef Assessment and Monitoring) (FI) telah dikembangkan berdasarkan 30 tahun penelitian tentang sedimen terumbu dan foraminifera yang lebih besar yang hidup di terumbu. Indeks ini awalnya dikembangkan di Karibia untuk mengevaluasi dengan cepat dan memantau kualitas air dalam mendukung pertumbuhan terumbu karang. FI dihitung berdasarkan kelompok taksa foraminifera yang terdiri dari pembawa fotosimbion, taksa oportunistik, dan taksa heterotrofik lainnya. Indeks FORAM (FI) memberikan ukuran bagi pengelola sumber daya untuk menentukan apakah kualitas air di lingkungan tersebut cukup untuk mendukung pertumbuhan atau pemulihan terumbu karang, dan telah terbukti berguna dalam memperoleh informasi regional dan temporal tentang kondisi ekologi (Halloek, et.al, 2003 ..

Dalam konteks ini, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keanekaragaman genus foraminifera bentik dan hubungannya dengan terumbu karang di Pulau Podang-Podang Lompo dan Pulau Kapoposang. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang ekosistem terumbu karang di dua pulau

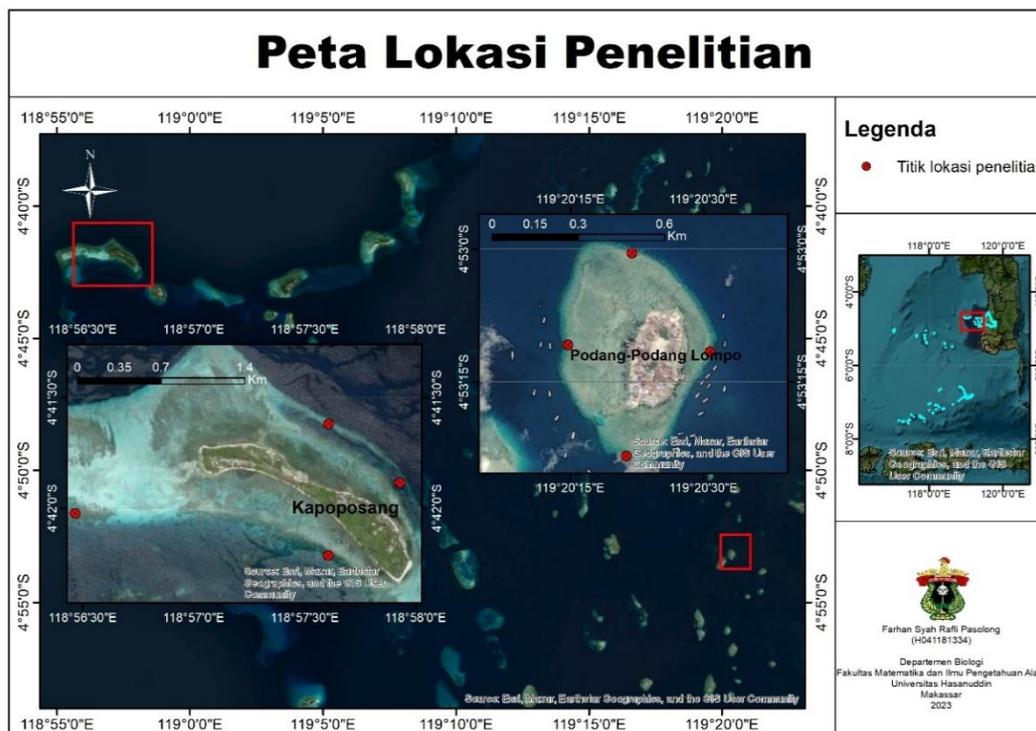
tersebut dan memberikan kontribusi dalam upaya perlindungan dan pemulihan terumbu karang. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat membantu pengambilan keputusan pengelola sumber daya dengan memberikan informasi tentang kualitas air dan pertumbuhan terumbu karang. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Desember 2022 hingga Februari 2023 di Laboratorium Zoologi, Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Metode Penelitian

Metode penelitian terdiri dari waktu dan tempat penelitian, tahapan penelitian dan prosedur penelitian.

Waktu dan Tempat Penelitian

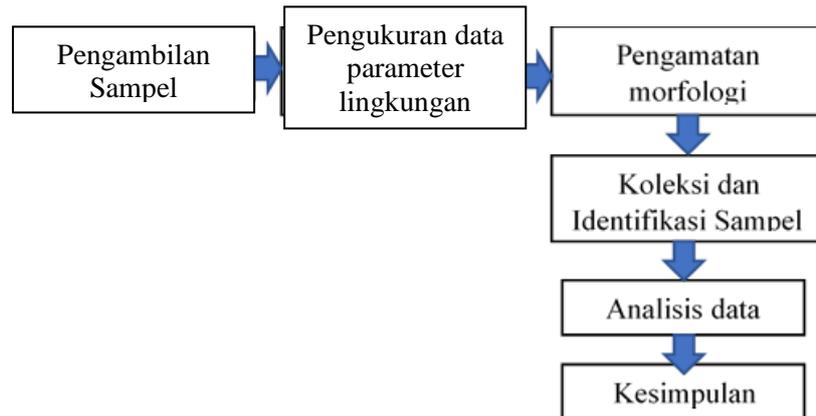
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2022 - Februari 2023, di Laboratorium Zoologi, Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.



Gambar 1. Peta stasiun penelitian di Pulau Podang-Podang Lompo dan Pulau Kaposang.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dalam penelitian ini adalah tahap observasi meliputi pengambilan sampel, tahap pengumpulan data, tahap koleksi dan identifikasi sampel dan tahapan analisis data (Gambar 2)



Gambar 2. Diagram Alur Tahapan Penelitian

Prosedur Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroskop stereo, timbangan analitik, cawan petri, *dinolite microscope*, pinset, alat SCUBA Dive, kamera bawah air, kantong sampel, kertas table, alat tulis, thermometer, *handrefraktometer*, GPS, dan buku Identifikasi Foraminifera.

1 Penentuan Stasiun Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel foraminifera benthik dilakukan pada dua pulau di kepulauan spermonde yaitu Pulau Kapoposang dan Pulau Podang-podang Lompo. Pengambilan sampel dilakukan pada 8 stasiun dimana setiap pulau memiliki 4 stasiun untuk pengambilan sampel. Stasiun dipilih berdasarkan arah mata angin yaitu Timur pulau, Barat pulau, Selatan pulau, dan Utara pulau (Papu, 2011), lokasi stasiun berada di lingkungan terumbu karang pada kedalaman 3-5 meter dan 8-10 meter (Halloek, et.al, 2003), yang berarti di setiap stasiun ada dua titik pengambilan sampel yang dilakukan dengan perbedaan kedalaman. Stasiun pada Pulau Kapoposang untuk kedalaman 3-5 meter adalah K.T.I, K.B.I, K.S.I, K.U.I, sedangkan untuk kedalaman 8-10 meter yaitu K.T.II, K.B.II, K.S.II, K.U.II. K merupakan simbol untuk pulau Kapoposang, T, B, S, dan U merupakan simbol untuk stasiun yaitu Timur, Barat, Selatan, dan Utara, serta angka 1 dan 2 merupakan kedalaman titik pengambilan sampel yaitu pada kedalaman 3-5 meter dan 8-10 meter. Hal ini juga berlaku untuk pulau Podang-podang Lompo yaitu P.T.I, P.B.I, P.S.I, P.U.I untuk kedalaman 3-5 meter dan P.T.II, P.B.II, P.S.II, P.U.II untuk kedalaman 8-10 meter.

.2 Pengambilan Data

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel sedimen dasar laut dalam penelitian ini dilakukan menggunakan alat *SCUBA Dive* dan plastik sampel. Sampel diambil dari permukaan dasar sedimen sampai kedalaman 2-10 cm [13] kemudian dimasukkan ke dalam plastik sampel yang telah dilabeli sesuai stasiun.

Pengukuran Data Parameter Lingkungan

Pengukuran data parameter lingkungan dalam penelitian ini dilakukan sebanyak dua kali di setiap stasiun pengambilan sampel. Data parameter lingkungan digunakan untuk memvisualisasikan kondisi lingkungan di lokasi pengambilan sampel. Parameter lingkungan yang diukur meliputi pengukuran *temperature*, jumlah oksigen terlarut dan salinitas yang dilakukan secara *in situ*.

Preparasi Sampel

Preparasi sampel dalam penelitian ini dilakukan dengan meninjau penelitian sebelumnya dari Hallock dkk. (2003) dengan sedikit modifikasi yang terdiri dari pencucian sampel, pengeringan sampel, penimbangan sampel, penjentikan (*picking*), identifikasi dan dokumentasi dengan uraian kegiatan sebagai berikut:

1. Sampel dicuci dengan air mengalir di wadah/ayakan sedimen berukuran 2 mm dan 0,063 mm, pencucian bertujuan untuk menghilangkan kotoran dan garam-garam yang melingkupi sedimen. Pemilihan ayakan ukuran 0,063 mm dilakukan dengan asumsi bahwa foraminifera tidak akan terbawa oleh air cucian pada wadah ayakan tersebut. Sedangkan pada ukuran 2 mm yaitu untuk menyaring partikel-partikel besar yang ikut terbawa saat pengambilan sampel seperti pecahan karang, patahan kayu, kerikil dan lain-lain.
2. Sampel dikeringkan dengan cara dijemur selama 2 hari
3. Sampel ditimbang menggunakan timbangan analitik sebanyak 100 gram sebagai patokan berat untuk semua sampel. Kemudian diambil 10% (10 gram) sebagai sub-sampel dari masing-masing sampel dimana 3 sub-sampel dari setiap sampel digunakan sebagai ulangan dalam penelitian ini.
4. Selanjutnya adalah tahap perhitungan individu dan penjentikan (*picking*), merupakan proses awal untuk analisis foraminifera. Pada tahap ini dilakukan perhitungan jumlah individu setiap genus yang didapat dan pemisahan satu individu perwakilan untuk setiap genus yang didapat .

Identifikasi dan Dokumentasi

Identifikasi foraminifera dalam penelitian ini dilakukan dengan mengamati karakter morfologi cangkang foraminifera berupa bentuk, susunan kamar, ornamentasi, dan letak operkulum pada mikroskop stereo. Identifikasi dilakukan sampai tingkat genus yang mengacu pada buku identifikasi foraminifera Boltovsky dan Wright (1976), Lobleich dan Tappan (1988), Hynes (1981), Cushman (1955), www.foraminifera.eu, Website world register of marine species (WoRMS) dan penelitian-penelitian terkait yang telah ada. Dokumentasi morfologi setiap genus dilakukan menggunakan *dinolite microscope*.

Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara deskriptif dimana data hasil identifikasi terhadap setiap sampel pada masing-masing stasiun pengambilan sampel diolah dan divisualisasikan dalam bentuk tabel, grafik dan gambar. Data tersebut merupakan data yang bersifat kumulatif dari setiap stasiun pengambilan sampel.

Untuk mengetahui bagaimana kondisi lingkungan terumbu, dipakai perhitungan nilai keanekaragaman genus. Untuk menghitung tingkat keanekaragaman genus, digunakan rumus Shannon-Weiner (Nurdin, 2014).

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

Keterangan:

H' :Indeks diversitas Shannon-Weiner

S :jumlah Seluruh Genus

pi :jumlah individu satu genus per jumlah individu seluruh genus.

Kriteria indeks keanekaragaman menurut Shannon-Weiner diinterpretasikan sebagai berikut (Odum, 1993):

Nilai $H' < 1$: keanekaragaman genus rendah

Nilai $1 \leq H' \leq 3$: keanekaragaman genus sedang

Nilai $H' > 3$: keanekaragaman genus tinggi

Selain itu dilakukan juga perhitungan nilai FORAM (*Foraminifers in Reef Assessment and Monitoring*) Index (FI) dengan menghitung proporsi (P) spesimen untuk setiap kelompok dengan menjumlahkan spesimen dari setiap genus dari kelompok tersebut (N) dan membaginya dengan jumlah total spesimen yang dihitung (T). Adapun perhitungannya sebagai berikut (Hallock, et.al, 2003).

$$P_s = N_s / T$$

Keterangan:

P_s : Proporsi spesimen kelompok s ("s" adalah jumlah individu genus foraminifera yang berasosiasi dengan terumbu karang: Amphistegina, Heterostegina, Alveolinella, Borelis, Sorites, Amphisorus, Marginophora.

N_s : Jumlah spesimen dari setiap genus kelompok s.

T : Jumlah seluruh individu foraminifera yang didapatkan dari sampel yang diuji.

$$P_o = N_o / T$$

Keterangan:

P_o : Proporsi spesimen kelompok o ("o" adalah jumlah individu genus foraminifera oportunistik: Ammonia, Elphidium, beberapa marga dari Suku Trochaminidae, Lituolidae, Boliviniidae, Buliminidae.

N_o : Jumlah spesimen dari setiap genus kelompok o.

T : Jumlah seluruh individu foraminifera yang didapatkan dari sampel yang diuji.

$$P_h = N_h / T$$

Keterangan:

P_h : Proporsi spesimen kelompok h ("h" adalah jumlah individu genus foraminifera kecil lain yang heterotrofik: beberapa marga dari Miliolida, Rotaliida, Textulariida, dan lain-lain.

N_h : Jumlah spesimen dari setiap genus kelompok h.

T : Jumlah seluruh individu foraminifera yang didapatkan dari sampel yang diuji.

Proporsi berat untuk menghitung *FORAM Index* (FI) (Hallock, et.al, 2003):

$$FI = (10 \times P_s) + (P_o) + (2 \times P_h)$$

Keterangan:

FI : *FORAM Index*

Interpretasi nilai *FORAM Index* berdasarkan Hallock dkk., (2003):

FI > 4 : lingkungan sangat kondusif untuk pertumbuhan terumbu karang

FI variasi antara 3 dan 5-6: lingkungan menurun

$2 \leq FI \leq 4$: lingkungan terbatas untuk pertumbuhan terumbu karang, namun tidak cukup untuk pemulihan

FI < 2 : lingkungan tidak layak untuk pertumbuhan terumbu karang.

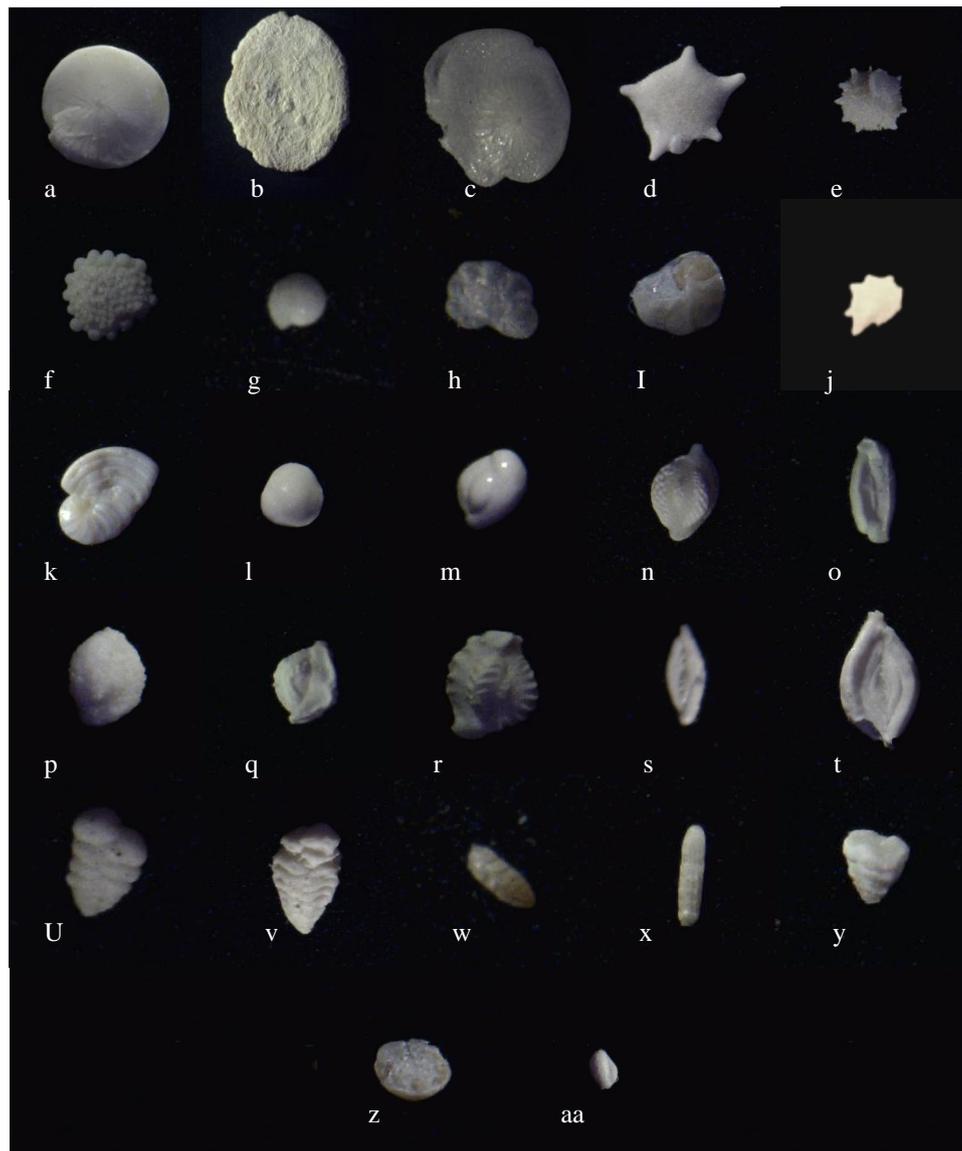
Pengambilan sampel sedimen dasar laut dalam penelitian ini dilakukan menggunakan alat *SCUBA Dive* dan plastik sampel. Sampel diambil dari permukaan dasar sedimen sampai kedalaman 2-10 cm (Hallock, et.al, 2003). kemudian dimasukkan ke dalam plastik sampel yang telah dilabeli sesuai stasiun.

Hasil dan Pembahasan

Pengambilan sampel sedimen dasar laut dilakukan pada 8 stasiun di dua pulau yaitu Pulau Podang-Podang Lompo dan Pulau Kapoposang yang mewakili semua sisi pulau (Barat, Timur, Selatan, dan Utara) dengan variasi kedalaman 3-5 meter dan kedalaman 8-10 meter. Perbedaan kedalaman ini didasarkan pada berbagai tipe sedimen yang ditemukan di permukaan dasar laut kedua pulau diantaranya yaitu lanau, pasir, pasir lanauan, dan pecahan karang. Prazeres dkk., (2019) mengungkapkan bahwa kondisi substrat berperan pada distribusi dari foraminifera benthik yang banyak hidup di dalam atau di permukaan substrat.

Di Pulau Podang-Podang Lompo, pengambilan sampel sedimen perairan terumbu karang dilakukan di bagian Barat pulau dengan titik koordinat 4°53.181' S, 119°20.246' E, Timur pulau dengan titik koordinat 4°53.194' S, 119°20.513' E, Selatan Pulau dengan titik koordinat 4°53.194' S, 119°20.513' E, dan Utara Pulau dengan titik koordinat 4°53.008' S, 119°20.366' E. Di Pulau Kapoposang, pengambilan sampel dilakukan pada bagian barat pulau yang memiliki titik koordinat 4°42.024' S, 118°56.466' E, bagian Timur pulau dengan titik koordinat 4°41.886' S, 118°57.931' E, Selatan pulau dengan titik koordinat 4°42.213' S, 118°57.607' E, dan Utara pulau dengan titik koordinat 4°41.620' S, 118°57.609' E. Pengambilan sampel dengan stasiun seperti ini didasarkan pada asumsi bahwa pengambilan sampel yang dilakukan telah mewakili semua sisi pulau.

Kelimpahan foraminifera, keragaman dan tingkat sensitivitas kumpulannya terhadap perubahan dalam air dengan produksi cangkang seukuran pasir yang menumpuk di sedimen, menjadikan foraminifera sebagai bioindikator alami kualitas air di lingkungan pesisir (Schaffer, 2000). Pada penelitian yang dilakukan terdapat sebanyak 20 genus foraminifera benthik yang teridentifikasi di Pulau Podang-Podang Lompo dan Pulau Kapoposang yaitu *Amphistegina*, *Amphisorus*, *Heterostegina*, *Baculogypsina*, *Calcarina*, *Planorbulinella*, *Elphidium*, *Ammonia*, *Polystomamina*, *Neorotalia*, *Peneroplis*, *Pygro*, *Triloculina*, *Quinqueloculina*, *Spirosigmoilina*, *Spiroloculina*, *Textularia*, *Marssonella*, dan *Cymbaloporetta* (Gambar 3.). Identifikasi dilakukan dengan mengamati cangkang foraminifera yang merupakan spesimen mati yang ada pada sedimen. Menurut Schönfeld dkk. (2012), spesimen mati merupakan akumulasi berturut-turut genusi cangkang foraminifera atas beberapa waktu tergantung pada produksi spesies dan faktor tafonomik, seperti kehancuran *post-mortem*, penyortiran dan redeposisi.



Gambar 3. Beberapa genus foraminifera bentik di Pulau Podang-Podang Lombo dan Pulau Kapoposang (*Amphistegina* (a); *Amphisorus* (b); *Heterostegina* (c); *Baculogypsina* (d); *Calcarina* (e); *Planorbulinella* (f); *Elphidium* (g); *Ammonia* (h); *Polystomammmina* (i); *Neorotalia* (j); *Peneroplis* (k); *Pygro* (l); *Triloculina* (m,n); *Quinqueloculina* (o-q); *Spirosigmoilina* (r); *Spiroloculina* (s,t); *Textularia* (u-x); *Marssonella* (y); *Cymbaloporetta* (z), *Fissurina* (aa)).

Tabel 1 Genus foraminifera yang ditemukan di Pulau Podang-Podang Lompo

Genus	Stasiun							
	TI	BI	SI	UI	TII	BII	SII	UII
<i>Peneroplis</i>	10	5	8	22	14	13	7	14
<i>Calcarina</i>	9	52	5	38	13	17	6	4
<i>Amphistegina</i>	199	316	124	308	304	299	173	114
<i>Amphisorus</i>	-	13	5	16	12	9	11	14
<i>Baculogypsina</i>	-	5	11	4	3	2	11	2
<i>Ammonia</i>	-		12	2	4	9	6	3
<i>Elphidium</i>	5	9	-	-	6	15	-	-
<i>Pygro</i>	7	4	9	11	4	5	5	10
<i>Fissurina</i>	2	6	3	1	6	6	9	2
<i>Textularia</i>	4	19	3	4	11	14	2	1
<i>Quinqueloculina</i>	3	2	-	5	5	7	5	6
<i>Spirosigmoilina</i>	4	4	-	10	6	2	11	13
<i>Spiroloculina</i>	-	7	-	-	-	6	-	-
Total	244	441	179	421	389	403	245	181

Keterangan:

- TI : Stasiun Timur pulau pada kedalaman 3-5 meter
 BI : Stasiun Barat pulau pada kedalaman 3-5 meter
 SI : Stasiun Selatan pulau pada kedalaman 3-5 meter
 UI : Stasiun Utara pulau pada kedalaman 3-5 meter
 TII : Stasiun Timur pulau pada kedalaman 8-10 meter
 BII : Stasiun Barat pulau pada kedalaman 8-10 meter
 SII : Stasiun Selatan pulau pada kedalaman 8-10 meter
 UII : Stasiun Utara pulau pada kedalaman 8-10 meter

Jumlah genus foraminifera benthik yang telah diidentifikasi dari semua stasiun di Pulau Podang-podang Lompo sebanyak 13 genus dengan total individu yang teridentifikasi sebanyak 2503 individu. Dari setiap stasiun mempunyai jumlah yang bervariasi dari 179 hingga 421 dan jumlah tertinggi ditemukan di Stasiun Utara I (Kedalaman 3-5 m). Ini merupakan angka yang cukup tinggi untuk kumpulan cangkang berukuran pasir di dasar perairan terumbu karang. Hal ini sesuai dengan Prazeres dkk. (2019) yang mengungkapkan bahwa cangkang foraminifera benthik adalah komponen sedimen karbonat yang melimpah di lingkungan terumbu karang.

Tabel 2 Genus foraminifera yang ditemukan di Pulau Kapoposang

Genus	Stasiun							
	TI	BI	SI	UI	TII	BII	SII	UII
<i>Peneroplis</i>	3	4	3	-	1	11	7	-
<i>Calcarina</i>	8	188	-	3	15	129	-	6
<i>Amphistegina</i>	139	139	132	166	117	152	171	222
<i>Amphisorus</i>	7	7	20	-	9	17	13	-
<i>Baculogypsina</i>	1	1	-	-	3	11	-	-
<i>Neorotalia</i>	-	10	-	-	-	16	-	-
<i>Heterostegina</i>	4	3	5	-	5	1	6	-
<i>Ammonia</i>	2	-	-	13	3	-	-	8
<i>Elphidium</i>	6	41	-	2	5	17	-	5
<i>Pygro</i>	10	2	8	22	15	1	10	16
<i>Fissurina</i>	1	-	1	-	2	-	2	-
<i>Textularia</i>	12	21	6	7	7	11	4	5
<i>Quinqueloculina</i>	2	23	2	-	6	13	6	-
<i>Spirosigmolina</i>	-	17	14	1	6	11	4	4
<i>Spiroloculina</i>	4	-	10	-	8	-	3	-
<i>Cymbaloporetta</i>	3	-	4	21	4	-	-	5
<i>Triloculina</i>	9	62	17	10	4	45	6	5
<i>Planorbulinella</i>	3	16	2	7	2	2	-	7
<i>Polystomamina</i>	2	-	5	-	5	-	2	-
<i>Marsonella</i>	-	8	-	-	-	2	-	-
Total	217	542	229	252	216	438	233	283

Keterangan:

- TI : Stasiun Timur pulau pada kedalaman 3-5 meter
- BI : Stasiun Barat pulau pada kedalaman 3-5 meter
- SI : Stasiun Selatan pulau pada kedalaman 3-5 meter
- UI : Stasiun Utara pulau pada kedalaman 3-5 meter
- TII : Stasiun Timur pulau pada kedalaman 8-10 meter
- BII : Stasiun Barat pulau pada kedalaman 8-10 meter
- SII : Stasiun Selatan pulau pada kedalaman 8-10 meter
- UII : Stasiun Utara pulau pada kedalaman 8-10 meter

Jumlah individu yang telah diidentifikasi dari semua stasiun di Pulau Kapoposang sebanyak 2408 individu dari 20 genus bentik yang diidentifikasi. Jumlah ini lebih banyak dibandingkan dengan jumlah genus pada Pulau Podang-Podang Lompo. Dari setiap stasiun mempunyai jumlah individu yang bervariasi dari 217 hingga 542 dan jumlah tertinggi ditemukan di Stasiun Barat I (Kedalaman 3-5 m).

Analisis Keanekaragaman Genus Foraminifera

Tabel 3 Nilai indeks keanekaragaman genus foraminifera di Pulau Podang-Podang Lompo

Stasiun	H'	Kategori
TI	0.830	rendah
BI	1.133	sedang
SI	1.225	sedang
UI	1.085	sedang
TII	1.023	sedang
BII	1.168	sedang
SII	1.256	sedang
UII	1.400	sedang

Keterangan:

- TI : Stasiun Timur pulau pada kedalaman 3-5 meter
- BI : Stasiun Barat pulau pada kedalaman 3-5 meter
- SI : Stasiun Selatan pulau pada kedalaman 3-5 meter
- UI : Stasiun Utara pulau pada kedalaman 3-5 meter
- TII : Stasiun Timur pulau pada kedalaman 8-10 meter
- BII : Stasiun Barat pulau pada kedalaman 8-10 meter
- SII : Stasiun Selatan pulau pada kedalaman 8-10 meter
- UII : Stasiun Utara pulau pada kedalaman 8-10 meter

Hasil perhitungan nilai indeks keanekaragaman genus di Pulau Podang-Podang Lompo yaitu berkisar dari 0,830 hingga 1,400 yang disajikan pada Tabel 3. Nilai indeks keanekaragaman tersebut menunjukkan keanekaragaman foraminifera bentik di Pulau Podang-Podang Lompo secara umum menunjukkan keanekaragaman genus sedang. Hal ini dapat terjadi karena pengambilan sampel dilakukan di kedalaman 3-10 meter yang merupakan lingkungan berenergi tinggi. Sesuai dengan Prazeres dkk. (2019) yang mengungkapkan bahwa pada kedalaman air yang berkisar 2-10 meter di pinggir terumbu karang di Teluk Jobos berukuran kecil di Puerto Rico menyebabkan rugositas yang tinggi dari terumbu menghasilkan butiran kasar pada sedimen dengan kerapatan dan keanekaragaman foraminifera yang rendah hingga sedang.

Tabel 4 Nilai indeks keanekaragaman genus foraminifera di Pulau Kapoposang

Stasiun	H'	Kategori
TI	1.561	sedang
BI	1.918	sedang
SI	1.64	sedang
UI	1.285	sedang
TII	1.898	sedang
BII	1.876	sedang
SII	1.18	sedang
UII	0.973	rendah

Keterangan:

- TI : Stasiun Timur pulau pada kedalaman 3-5 meter
- BI : Stasiun Barat pulau pada kedalaman 3-5 meter
- SI : Stasiun Selatan pulau pada kedalaman 3-5 meter
- UI : Stasiun Utara pulau pada kedalaman 3-5 meter
- TII : Stasiun Timur pulau pada kedalaman 8-10 meter
- BII : Stasiun Barat pulau pada kedalaman 8-10 meter
- SII : Stasiun Selatan pulau pada kedalaman 8-10 meter
- UII : Stasiun Utara pulau pada kedalaman 8-10 meter

Hasil perhitungan nilai indeks keanekaragaman genus di Pulau Kapoposang secara umum lebih dari satu dan kurang dari 3 yaitu berkisar dari 0,973 hingga 1,918 yang disajikan pada Tabel 4. Nilai indeks keanekaragaman yang sedang tersebut menunjukkan keanekaragaman foraminifera bentik yang sedang di Pulau Kapoposang. Mengambil sampel sedimen yang lebih dangkal dari kedalaman 3 m berisiko bias terhadap sedimen yang tersortasi sangat tinggi pada lingkungan berenergi tinggi (Moses dkk., 2017).

Kesimpulan

:

Jumlah genus foraminifera bentik di setiap stasiun penelitian di Pulau Podang-Podang Lompo dan Pulau Kapoposang cukup bervariasi yaitu berkisar 3 hingga 18 genus dengan keanekaragaman genus yang sedang di kedua pulau. Genus *Amphistegina* ditemukan sangat melimpah pada seluruh stasiun. Foraminifera dapat digunakan sebagai salah satu bioindikator di dasar terumbu untuk mengukur kondisi lingkungan yang kondusif bagi pertumbuhan karang. Berdasarkan nilai Indeks FORAM (FI) di Pulau Podang-Podang Lompo dan Pulau Kapoposang, dapat dikatakan bahwa secara umum kondisi perairan tersebut menunjukkan kondisi lingkungan yang kondusif bagi pertumbuhan dan pemulihan terumbu karang.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi dukungan moril maupun materil terhadap penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Vitousek P.M., Mooney H.A., Lubshenco J., and Melillo J.M, 1997. Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science*. Vol. **277**: 494–499.
- Akbar, Najamuddin, dan Bustan, 2020. Illegal Fishing: Penggunaan Alat Tangkap Ikan di Kepulauan Kabupaten Pangkep 1975-2015. *Jurnal Pemikir Pendidikan dan Penelitian Kesejarah*. Vol. **7**(1): 23-30.
- Galloway J.N., Schlesinger W.H., Levi II H., Michael A., dan Schnoor J.L., 1995. Nitrogen fixation: Anthropogenic enhancement-environment response. *Global Biogeochemical Cycles*. Vol. **9**: 235–252.
- Nelson H.R., dan Altieri A.H., 2015. Oxygen: The Universal Currency on Coral Reefs. *Coral Reefs*. s00338-019-01765-0: 1-2.
- Maynard J., Hoodonk R.V., Eakin C.M., Puotinen M., Garren M., Williams G., Heron S.F., Lamb J., Weil E., Willis B., dan Harvell C.D., 2015. Projection of Climate Conditions that Increase Coral Disease Susceptibility and Pathogen, Abundance and Virulence. *Nature Climate Change*. Doi:10.1038/NCLIMATE2625: 1-7.
- Goreau T.J., Hayes R.L., dan McClanahan T., 2000. Conservation of Coral Reefs After the 1998 Global Bleaching Event *Conservation Biology*. Vol. **14**(1): 1-2.
- Done T.J., DeVantier I.M., Turak E., Fisk D.A., Wakeford M., dan Van Woessik R., 2010. Coral Growth on Three Reefs: Development of Recovery Benchmarks Using a Space for Time Approach. *Coral Reefs*. Vol. **29**: 815-820.
- Zakaria I.J., Syukra R.A., Izmiarti, dan Efrizal, 2016. Research Article Growth Rate and Carbon Absorption of Coral Transplantation by the Binding and Gluing Methods at Taman Nirwana, *Pakistan Journal of Biological Science*. Vol. **22**(4): 188-189.
- Zakaria I.J., 2004. *On the Growth of Newly Settled Corals on Concrete Substrates in Coral Reef of Pandan and Setan Island, West Sumatra, Indonesia, Core*. Albrechts. Germany.
- Afandy Z., Damar A., dan Agus S.B., 2019. Coral Requirment Spatial Distribution in its Relation With Coral Cover and Herbivorous Fish Abundance Within Conservation Area. *Indonesian Journal of Marine Sciences*. Vol. **24**(2): 91-98.
- Reymond C.E., Uthicke S., dan Pandolfi J.M., 2012. Tropical Foraminifera as Indicators of Water Quality and Temperature. *In Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium, Cairns, Australia*:1-3.
- Lipps J.H., Valentine J.W., 1970. The Role of Foraminifera In The Trophic Structure of Marine Communities. *Lethaia*. Vol. **3**(3): 279-286.
- Hallock P., Lidz B.H., Cockey-Burkhard E.M., dan Donnelly K.B., 2003. Foraminifera as Bioindicators In Coral Reef Assessment and Monitoring: The FORAM Index. *Environ Monit Assess*. Vol. **81**: 221– 238.
- Nurdin J., dan Afrizal S., 2013. Kepadatan dan Keanekaragaman Foraminifera di Perairan Laut Teluk Bayur Padang Sumatera Barat. *Prosding Seminar FMIPA Universitas Lampung*: 1-5.