

**IDENTIFIKASI DAN ANALISIS KEANEKARAGAMAN GENUS
FORAMINIFERA BENTIK SERTA HUBUNGANNYA DENGAN
TERUMBU KARANG**

FARHAN SYAH RAFLI PASOLONG

H041181334



**DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**IDENTIFIKASI DAN ANALISIS KEANEKARAGAMAN GENUS
FORAMINIFERA BENTIK SERTA HUBUNGANNYA DENGAN
TERUMBU KARANG**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

FARHAN SYAH RAFLI PASOLONG

H041181334

**DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
IDENTIFIKASI DAN ANALISIS KEANEKARAGAMAN GENUS
FORAMINIFERA BENTIK SERTA HUBUNGANNYA DENGAN
TERUMBU KARANG

Disusun dan diajukan oleh


FARHAN SYAH RAFLI PASOLONG

H041181334


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Skripsi yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Biologi Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal, 05 Juni 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

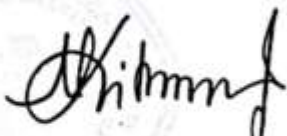
Pembimbing Utama


Dr. Anileng, M. Si
NIP. 196507041992031004

Pembimbing Pertama


Drs. Ir. Slamet Santosa, M. Si
NIP. 196207261987021001

Ketua Progam Studi


Dr. Magdalena Litaay, M. Sc
NIP. 196409291989032002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Farhan Syah Rafli Pasolong
NIM : H041181334
Program Studi : Biologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul:

Identifikasi dan Analisis Keanekaragaman Genus Foraminifera Serta
Hubungannya Dengan Terumbu Karang

adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Makassar, 05 Juni 2023



Yang menyatakan

Farhan Syah Rafli Pasolong

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Identifikasi dan Analisis Keanekaragaman Genus Foraminifera Serta Hubungannya Dengan Terumbu Karang” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program sarjana (S1) di Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Hasanuddin. Mungkin dalam penyusunan skripsi ini, penulis tanpa sadari sehingga terdapat kesalahan dalam penulisan, untuk itu penulis mengharapkan masukan berupa saran yang bersifat membangun, yang dapat berguna baik bagi penulis sendiri maupun pembaca pada umumnya.

Pada penelitian dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, arahan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan hati penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada:

- Orang tua penulis, Ibunda Rohani yang selalu menasehati, memotivasi, dan doa baiknya sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan S1 seperti yang diharapkan
- Rektor Universitas Hasanuddin Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc beserta seluruh staf
- Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Hasanuddin, Bapak Dr. Eng. Amiruddin, M. Si., beserta seluruh staf
- Ketua Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Ibu Dr. Magdalena Litaay, M.Sc beserta staf

- Dosen pembimbing penulis Bapak Dr. Ambeng, M.Si dan Bapak Dr. Ir. Slamet Santosa, M.Si, yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan saran yang diperlukan untuk penyelesaian skripsi ini
- Dosen penasehat akademik Ibu Dr. Syahribulan, M.Si, yang telah memberikan saran dan masukan terkait akademik selama perkuliahan penulis
- Bapak Ibu dosen Departemen Biologi yang telah membagi ilmunya yang bermanfaat sehingga menambah pengetahuan penulis
- Dosen penguji Ibu Dr. Syahribulan, M.Si, dan Ibu Dr. Elis Tambaru, M.Si yang telah memberikan saran untuk perbaikan skripsi ini
- Seluruh laboran laboratorium Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin atas bimbingannya selama ini
- Rekan mahasiswa biologi angkatan 2018, yang telah menemani masa perkuliahan selama kurang lebih 4 tahun lamanya
- Teman-teman FMIPA Unhas angkatan 2018 dan teman KKN Tamalanrea 11 yang telah berbagi pengalaman yang baik selama perkuliahan
- Sahabat-sahabat penulis Khaerunnisa, Mutiara Hikmah Shabrina, Winda Ainun Inayah, Dian Islamiah, Andi Annisa Salim Kantao, Aryuni Utari Ningsih, Wirawan Saleh, Muhammad Usdar, dan Mega Karunia Sari yang selalu memberikan dukungan dan membantu dalam pelaksanaan penelitian.
- Segenap mahasiswa Himpunan Mahasiswa Biologi dan Keluarga Mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin atas pengalaman kerjanya dalam berorganisasi.

Kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi ini, penulis berterima kasih yang sebanyak-banyaknya atas segala bantuan, saran serta masukan yang diberikan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun pembaca pada umumnya dan dapat menjadi sumber informasi dimasa yang akan datang.

Makassar, 05 Juni 2023

Penulis

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 bentik 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.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Tujuan Penelitian.....	5
I.3 Manfaat Penelitian.....	5
I.4 Waktu dan Tempat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
II.1 Terumbu Karang	6
II.2 Pulau Kapoposang	6
II.3 Pulau Podang-Podang Lompo.....	8
II.4 Foraminifera.....	8
II.4.1 Definisi Foraminifera.....	8
II.4.2 Morfologi Foraminifera	9

II.4.3	Pertumbuhan Cangkang (<i>Test</i>).....	10
II.4.4	Ruang (<i>Chamber</i>) pada Foraminifera	11
II.4.5	Bukaan Cangkang pada Foraminifera	12
II.4.6	Siklus Hidup Foraminifera.....	13
II.4.7	Klasifikasi Foraminifera	14
II.5	Indeks Foram	15
BAB III	METODE PENELITIAN	17
III.1	Alat dan Bahan	17
III.2	Tahapan Penelitian	17
III.3	Prosedur Penelitian	17
III.3.1	Penentuan Stasiun Pengambilan Sampel	17
III.3.2	Pengambilan Data	18
III.3.2.1	Pengambilan Sampel	18
III.3.2.2	Pengukuran Data Parameter Lingkungan.....	18
III.3.2.3	Preparasi Sampel	18
III.3.2.4	Identifikasi dan Dokumentasi.....	19
III.3.3	Analisis Data	20
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	23
IV.1	Hasil.....	23
IV.1.1	Analisis Keanekaragaman Genus Foraminifera.....	28
IV.1.2	Analisis Hubungan Foraminifera Dengan Kesehatan Terumbu Karang	30
IV.1.2.1	Nilai Indeks Foram (FI) Pulau Podang-Podang Lompo...	30
IV.1.2.2	Nilai Indeks Foram (FI) Pulau Kapoposang.....	34

IV.1.3 Parameter Lingkungan	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	40
V.1 Kesimpulan	40
V.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Genus Foraminifera yang ditemukan di Pulau Podang-Podang Lompo	26
Tabel 2. Genus Foraminifera yang ditemukan di Pulau Kapoposang	27
Tabel 3. Nilai indeks keanekaragaman genus foraminifera di Pulau Podang – Podang Lompo	28
Tabel 4. Nilai keanekaragaman genus foraminifera di Pulau Kapoposang.....	29
Tabel 5. Tiga kelompok fungsional foraminifera di Pulau Podang-Podang Lompo	30
Tabel 6. Nilai Indeks Foram (FI) Pulau Podang-Podang Lompo.....	33
Tabel 7. Tiga kelompok fungsional foraminifera di Pulau Kapoposang	34
Tabel 8. Nilai Indeks Foram (FI) Pulau Kapoposang	37
Tabel 9. Kondisi Lingkungan Lokasi Pengambilan Sampel	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Morfologi dan anatomi foraminifera (Armstrong dan Brasier, 2005)...	11
Gambar 2. Morfologi foraminifera planktonik multibilik (Armstrong dan Brasier, 2005)	12
Gambar 3. Bentuk pertumbuhan cangkang (test) pada foraminifera (Armstrong dan Brasier, 2005).....	13
Gambar 4. Bentuk-bentuk ruang pada foraminifera (Boltovskoy dkk., 1991).....	14
Gambar 5. Bukaan cangkang pada foraminifera (Armstrong dan Brasier, 2005)...	15
Gambar 6. Siklus hidup foraminifera ((Boltovskoy dkk., 1991).....	16
Gambar 7. Peta lokasi penelitian	21
Gambar 8. Beberapa genus foraminifera bentik di Pulau Podang-Podang Lompo dan Pulau Kapoposang	25
Gambar 9. Histogram perbandingan tiga kelompok fungsional foraminifera di Pulau Podang-Podang Lompo.....	31
Gambar 10. Perbandingan nilai Indeks Foram (FI) Pulau Podang-Podang Lompo	34
Gambar 11. Histogram perbandingan tiga kelompok fungsional foraminifera di Pulau Kapoposang	35
Gambar 12. Histogram perbandingan nilai Indeks Foram (FI) Pulau Kapoposang.....	38
Gambar 13. Proses pengambilan sampel sedimen di area terumbu karang Pulau Podang-Podang lompo dan Pulau Kapoposang menggunakan SCUBA <i>Diving</i>	48
Gambar 14. Kondisi perairan terumbu karang di Pulau Podang-Podang Lompo (Barat pulau (a), Timur Pulau (b), Sealtan Pulau (c), Utara Pulau (d))	49

Gambar 15. Kondisi perairan terumbu karang di Pulau Kapoposang (Barat pulau (a), Timur Pulau (b), Selatan Pulau (c), Utara Pulau (d))	50
Gambar 16. Proses preparasi sampel sedimen dasar perairan (alat dan bahan (a), pencucian dan penyaringan sampel sedimen (b), penjemuran sampel sedimen (c), penimbangan sampel sedimen (d), sampel sedimen 100 gr (e), 10% sampel sedimen untuk sub sampel (e)	51
Gambar 17. Proses pengamatan morfologi foraminifera pada sampel sedimen dasar perairan	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema kerja penentuan stasiun pengambilan sampel	45
Lampiran 2. Skema kerja pengambilan sampel.....	45
Lampiran 3. Skema kerja pengukuran dan parameter lingkungan.....	46
Lampiran 4. Skema kerja preparasi sampel.....	46
Lampiran 5. Identifikasi dan dokumentasi	47
Lampiran 6. Dokumentasi pengambilan sampel	48
Lampiran 7. Kondisi lingkungan lokasi pengambilan sampel	49
Lampiran 8. Dokumentasi preparasi sampel	52
Lampiran 9. Pengamatan sampel.....	53
Lampiran 10. Analisis data Keanekaragaman Genus.....	54
Lampiran 11. Analisis data indeks foram (FI)	62

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Aktivitas manusia mengubah kondisi lingkungan dalam skala global. Setengah dari luas daratan bumi telah berubah atau terdegradasi (Vitousek dkk., 1997). Aktivitas manusia telah secara efektif menggandakan transfer nitrogen tahunan dari atmosfer agar nitrogen tetap tersedia secara biologis (Schnoor dkk., 1995). Banyak dari nitrogen tetap ini, bersama dengan gas *nitrous oxide* dari pembakaran fosil bahan bakar, tersapu ke dalam sistem perairan oleh hujan. Konsentrasi karbon dioksida di atmosfer telah meningkat hampir 30% sejak awal Revolusi Industri (Vitousek dkk., 1997), dengan dampak mulai dari perubahan iklim global hingga perubahan dalam kimia laut yang menghambat kalsifikasi terutama pengaruh yang besar terhadap penurunan tutupan karang dunia.

Terumbu karang di seluruh dunia mengalami penurunan populasi yang parah dan hilangnya keanekaragaman (Gardner dkk., 2003; Bellwood dkk., 2004; Bruno dan Selig 2007 dalam Nelson dan Artieri, 2019). Gangguan akut yang berkontribusi terhadap degradasi terumbu dunia umumnya meliputi patogen dan predator karang, badai tropis, siklon, dan tekanan panas yang menyebabkan pemutihan karang (Maynard dkk., 2015). Peristiwa pemutihan karang skala besar akibat pemanasan laut telah menyebabkan hilangnya tutupan karang secara signifikan di banyak terumbu dunia (Goreau dkk., 2000).

Kesehatan terumbu telah menurun karena pembatasan ruang untuk rekrutmen alami dan perubahan kondisi fisik lingkungan (Done dkk., 2010). Hal ini

didukung oleh Gilmour dkk. (2016) yang menunjukkan bahwa telah terjadi peristiwa pemutihan karang skala global yang ke-3 di perairan Australia. Zakaria dkk. (2016) juga mengungkapkan provinsi Sumatera Barat di Indonesia memiliki sekitar 53.515 km² ekosistem terumbu karang, dengan 66,58% kawasan ini dianggap rusak. Kerusakan tersebut karena penangkapan dengan bahan peledak dan racun, jangkar yang sembarangan, limbah industri dan pengumpul karang untuk souvenir serta bahan baku bangunan (Zakaria, 2004). Kench and Mann (2017) mengungkapkan bahwa Kepulauan Spermonde, Sulawesi Selatan telah kehilangan keanekaragaman karang antara 30 dan 60% baik di perairan dangkal (3 m) maupun dalam (10 m).

Jompa (1996) menunjukkan bahwa data lingkungan dari Spermonde termasuk Pulau Podang-Podang Lompo di dalamnya menunjukkan bahwa aktivitas manusia sangat mempengaruhi fungsi ekosistem terumbu karang, baik secara langsung maupun tekanan akut seperti teknik penangkapan ikan yang merusak. Afandy dkk. (2019) menjelaskan bahwa Pulau Kapoposang merupakan salah satu pulau di Kepulauan Spermonde yang menjadi Taman Wisata Bahari Kapoposang (TWP Kapoposang) dan secara administratif berada di Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia dimana terumbu karang sebagai salah satu objek vital di dalamnya sangat rentan terhadap peningkatan tekanan antropogenik. Salah satu pulau lainnya yang termasuk kedalam kepulauan spermode adalah Pulau Podang-podang Lompo yang merupakan salah satu pulau di Kecamatan Liukang Tupabbiring, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan, yang terdiri dari 19 pulau (Akbar dkk., 2015) dimana Akbar dkk. (2015) mengungkapkan bahwa beberapa pulau di kecamatan Liukang Tupabbiring termasuk Pulau Podang-Podang Lompo pernah melakukan praktek *Illegal Fishing*

di perairan bagian selatan kabupaten Pangkep, seperti Trawl, bom ikan, dan potasium sejak tahun 1975-2015 yang berdampak langsung pada ekosistem terumbu karang pulau pada saat itu. Oleh karena itu dibutuhkan sistem pengelolaan kualitas air untuk perlindungan jangka panjang ekosistem terumbu karang dalam upaya mitigasi untuk pengurangan dan pencegahan degradasi tutupan karang yang signifikan.

Mengelola kualitas air di ekosistem laut pesisir merupakan hal mendasar untuk perlindungan jangka panjang keanekaragaman dan produksi karbonat, untuk menjaga pertumbuhan hewan karang. Meskipun ada banyak indikator untuk mengukur ketahanan dan kesehatan lingkungan terumbu, penggunaan foraminifera sedang membangun momentum sebagai salah satu bioindikator kesehatan lingkungan terumbu. Mekanisme yang mengendalikan produktivitas dalam ekosistem bentik dapat dinilai dengan menyelidiki kalsifikasi dan fisiologi foraminifera sebagai respon terhadap perubahan kualitas air (terutama nutrisi) dan suhu (Reymond dkk., 2012).

Foraminifera membentuk bagian dari kunci dalam rantai makanan laut, mendapatkan energi yang tersedia dari autotrof kecil dan juga mengambil energi yang tersedia selama tahap akhir degradasi sisa-sisa organik. Pada gilirannya, mereka mendukung berbagai organisme yang lebih besar dan berkontribusi pada keanekaragaman dan produktivitas sekunder dalam ekosistem (Lipps dan Valentine, 1970). Hal ini didukung oleh Qhoquel dkk. (2021), dimana studi menunjukkan bahwa foraminifera bentik dapat menjadi kontributor utama untuk mitigasi nitrogen di ekosistem pesisir oxic. Untuk pertama kalinya, spesies non pribumi (NIS) *Nonionella* T1 mendominasi hingga 74% fauna foraminifera di

stasiun dengan oksigenasi dasar perairan dan kandungan nitrat yang tinggi pada sedimen *porewater*. NIS ini dapat mendenitrifikasi hingga 50% -100% nitrat sedimen *porewater* di bawah kondisi oksik (Choquel dkk., 2021)

Protista bercangkang ini adalah organisme indikator yang ideal karena Foraminifera banyak digunakan sebagai indikator lingkungan dan paleoenvironmental dalam banyak konteks. Terumbu karang, karang zooxanthellata dan foraminifer dengan simbiosis alga memiliki faktor pembatas kualitas air yang serupa serta memiliki rentang hidup yang relatif pendek dibandingkan dengan koloni karang yang berumur panjang dapat memberikan perbedaan antara penurunan kualitas air jangka panjang dan peristiwa stres episodik (Hallock dkk., 2003). Foraminifera relatif kecil dan berlimpah sekitar 4.000 spesies yang masih ada (Reymond dkk., 2012), memungkinkan ukuran sampel yang signifikan secara statistik untuk dikumpulkan dengan cepat dan relatif murah, idealnya sebagai komponen program pemantauan yang komprehensif. Pengumpulan foraminifer memiliki dampak yang minim terhadap sumber daya terumbu karang (Hallock dkk., 2003).

Indeks "FORAM" (*Foraminifera in Reef Assessment and Monitoring*) (FI) didasarkan pada 30 tahun penelitian tentang sedimen terumbu dan foraminifera yang lebih besar yang tinggal di terumbu. Indeks FORAM awalnya dikembangkan di Karibia untuk penilaian cepat dan kesesuaian kualitas air untuk mendukung pertumbuhan terumbu karang. Indeks ini dihitung dengan mengelompokkan taksa foraminifera dalam tiga kelompok, pembawa fotosimbiosis, oportunistik, dan taksa heterotrofik lainnya. FI dimaksudkan untuk memberikan ukuran kepada pengelola sumber daya, yang tidak bergantung pada populasi karang, untuk menentukan

apakah kualitas air di lingkungan cukup untuk mendukung pertumbuhan atau pemulihan terumbu karang. Kegunaan indeks FORAM (FI) terbukti memberikan ukuran regional dan temporal (perbandingan 30 tahun) kondisi ekologi. Oleh karena itu, dari penggunaan pertama di Great Barrier Reef (GBR) (Hallock dkk., 2003), menjadi jelas penerapan indeks cocok untuk sistem terumbu.

I.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui keanekaragaman genus foraminifera bentik di Pulau Podang-Podang Lombo dan Pulau Kapoposang.
2. Mengetahui hubungan foraminifera bentik dengan terumbu karang di Pulau Podang-Podang Lombo dan Pulau Kapoposang.

I.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi ilmiah mengenai keanekaragaman genus foraminifera bentik dan hubungannya dengan terumbu karang di Pulau Podang-Podang Lombo dan Pulau Kapoposang.

I.4 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.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Terumbu Karang

Terumbu karang dikenal sebagai salah satu ekosistem yang paling sensitif terhadap perubahan iklim, yang berada di bawah kisaran kondisi kimia, fisik dan biologi yang spesifik (Hoegh-Guldberg, 2005 dalam Green dkk., 2019). Baru-baru ini, tekanan panas yang menyebabkan pemutihan karang telah muncul sebagai ancaman utama bagi terumbu karang di perairan Australia (Gilmour dkk., 2016). Batas selubung lingkungan ini semakin terlampaui di bawah pengaruh perubahan iklim global, dengan meningkatnya frekuensi dan keparahan peristiwa stres panas yang berkepanjangan dan intens yang telah menyebabkan pemutihan skala besar selama tiga dekade terakhir (Heron dkk., 2016; Hughes dkk., 2017 dalam Green dkk., 2019). Model skala global yang sebagian besar didasarkan pada simulasi laut terbuka menunjukkan kematian terumbu karang di lautan yang lebih hangat dan lebih asam di masa depan (Koweek dkk., 2014). Bersamaan dengan itu, saat karbon dioksida antropogenik memasuki permukaan laut dari atmosfer, serangkaian reaksi penyangga karbonat menurunkan keadaan saturasi mineral karbonat (XAragonite dan XCalcite) dan pH laut permukaan (Koweek dkk., 2014).

II.2 Pulau Kapoposang

Kepulauan Spermonde (Sangkarang) merupakan salah satu terumbu karang kompleks di Selat Makassar yang berarah dari utara-selatan mengikuti garis pantai

Sulawesi Selatan (Imran dkk.,2013). Menurut Kench dan Mann (2017) di sepanjang barat daya Sulawesi, Indonesia, Kepulauan Spermonde terdiri dari 120 pulau dengan ukuran variabel dan tingkat modifikasi antropogenik. Imran dkk. (2013) mengungkapkan bahwa hal ini sangat kompleks dimana terumbu karang berkembang dari Kabupaten Takalar di selatan sampai ke Kabupaten Pangkep di utara yang memiliki luas sekitar 40–50 km². Awal perkembangan terumbu karang dipengaruhi oleh tektonik Selat Makassar. Selat berkembang karena pemisahan antara Kalimantan dan Sulawesi selama Eosen. Berdasarkan studi grafiti, rifting terjadi secara asimetris dan bentuknya berbeda batimetri antara laut dalam bagian barat (sisi Kalimantan) dan bagian timur yang lebih dangkal (sisi Sulawesi) Selat Makassar (Imran dkk., 2013).

Afandy dkk. (2019) menjelaskan bahwa Pulau Kapoposang merupakan salah satu pulau di Kepulauan Spermonde yang menjadi Taman Wisata Bahari Kapoposang (TWP Kapoposang) dan secara administratif berada di Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Hal ini sesuai dengan Keputusan Bupati Pangkep Nomor 180 Tahun 2009 tentang Penetapan Kawasan Konservasi Laut Daerah Kabupaten Pangkep, dimana Kawasan Kapoposang diarahkan untuk pengembangan kegiatan wisata bahari berbasis konservasi (Samudra dkk., 2010). Terumbu karang sebagai salah satu objek vital di dalam Kawasan Konservasi Perairan (KKP) sangat rentan terhadap peningkatan tekanan antropogenik maupun dampak perubahan iklim seperti kenaikan muka air laut, panas laut, dan keasaman (Afandy dkk., 2019).

II.3 Pulau Podang-Podang Lompo

Pulau Podang-podang Lompo merupakan salah satu pulau di Kecamatan Liukang Tupabbiring, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan, yang terdiri dari 19 pulau (Akbar dkk., 2015). Akbar dkk. (2015) mengungkapkan bahwa beberapa pulau di kecamatan Liukang Tupabbiring termasuk Pulau Podang-Podang Lompo pernah melakukan praktek *Illegal Fishing* di perairan bagian selatan kabupaten Pangkep, seperti Trawl, bom ikan, dan potasium sejak tahun 1975-2015. Hal ini berdampak langsung ke lingkungan perairan terutama penyebab degradasi terumbu karang di pulau tersebut pada saat itu. Edinger dkk. (1998) menunjukkan bahwa pada terumbu karang kepulauan spermonde juga sangat terkena kerusakan akibat jangkar atau kandasnya kapal, tanda-tanda degradasi terkuat dapat direkam di perairan dangkal kedalaman (3m), yang mengarah pada pengurangan spesies di dalam habitat keanekaragaman hingga 50% dibandingkan dengan terumbu yang kurang terpengaruh oleh kegiatan antropogenik semacam itu (Edinger dkk., 1998).

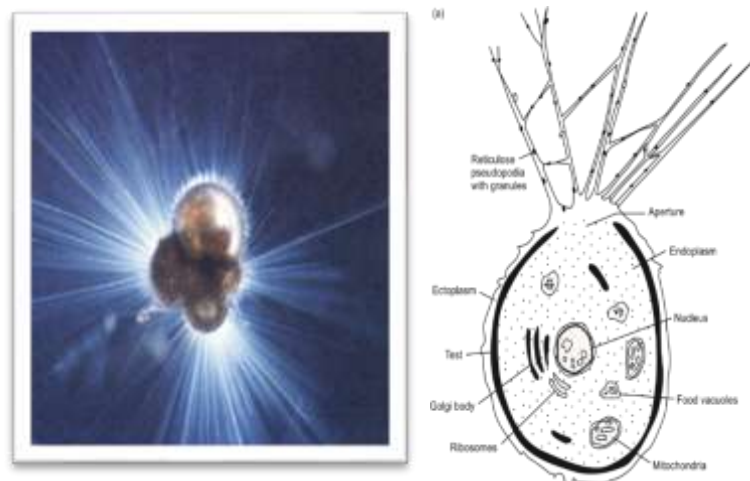
II.4 Foraminifera

II.4.1 Defenisi Foraminifera

Menurut Armstrong dan Brasier (2005), foraminifera adalah ordo penting dari protozoa bersel tunggal yang hidup baik di dasar laut atau di antara plankton laut. Foraminifera dikelompokkan di dalam filum atau kelas protista amoeboid (Ibrahim, 2015). Armstrong dan Brasier (2005) mengungkapkan bahwa kelompok yang mengambil namanya dari foramen ini, dikenal dari zaman Kambrium Awal hingga baru-baru ini, dan telah mencapai puncaknya selama Kenozoikum. Kebanyakan foraminifera merupakan organisme akuatik, terutama laut, dan sebagian besar spesies hidup pada atau di dalam sedimen dasar laut (*benthos*) dengan sejumlah kecil spesies yang diketahui melayang di kolom air pada berbagai kedalaman (*plankton*) (Ibrahim, 2015).

II.4.2 Morfologi Foraminifera

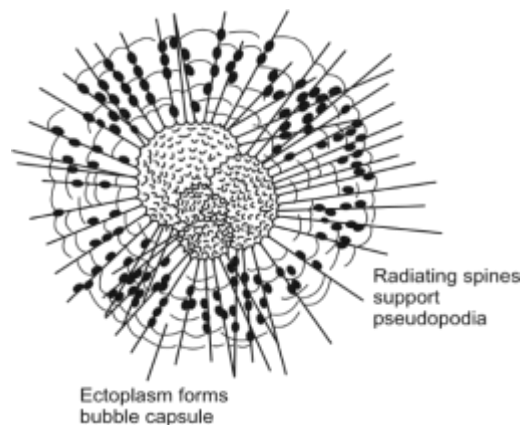
Foraminifera (disingkat forams) adalah protista bersel tunggal dengan cangkang (Ibrahim, 2015). Jaringan lunak (sitoplasma) sel foraminiferid sebagian besar tertutup dalam cangkang atau tes (Gambar 2.1) tersusun secara beragam bahan organik yang disekresikan (tektin), mineral yang disekresikan (kalsit, aragonit atau silika) atau partikel yang diaglutinasi (Armstrong dan Brasier, 2005). Cangkang milik mereka juga disebut sebagai *test* karena dalam beberapa bentuk, protoplasma menutupi bagian luar cangkang (Ibrahim, 2015). Cangkang ini terdiri dari satu ruang (unilokular) atau beberapa ruang (multilokular) sebagian besar kurang dari 1 mm dan masing-masing saling berhubungan oleh bukaan, foramen, atau beberapa bukaan (foramen) (Armstrong dan Brasier, 2005). Foraminifera bergerak dan menangkap makanan mereka dengan jaringan ekstensi tipis dari sitoplasma yang disebut reticulopodia, mirip dengan pseudopodia pada amuba, meskipun jauh lebih banyak dan lebih tipis (Ibrahim, 2015).



Gambar 1. Morfologi dan anatomi foraminifera (Armstrong dan Brasier, 2005).

Fotosimbion telanjang, terutama diatom dan dinoflagellata, juga ditemukan di endoplasma dari banyak foraminifera bentik dan planktonik yang lebih besar (Armstrong dan Brasier, 2005). Simbion melepaskan fotosintesis dan O₂ kepada inang dan menguntungkan diri mereka sendiri dari P, N dan CO₂ respiratorik yang

dikeluarkan oleh inang. Armstrong dan Brasier (2005) mengungkapkan bahwa foraminifera planktonik biasanya memiliki pseudopodia yang panjang, kaku, menjalar yang terdapat pada rangka duri. Simbion pindah ke ujung duri ini di siang hari dan kembali ke perlindungan cangkang di malam hari. Bentuk planktonik mungkin juga memiliki ektoplasma berbusa menjadi kapsul gelembung, untuk membantu daya apung (Gambar 2.2) (Armstrong dan Brasier, 2005).

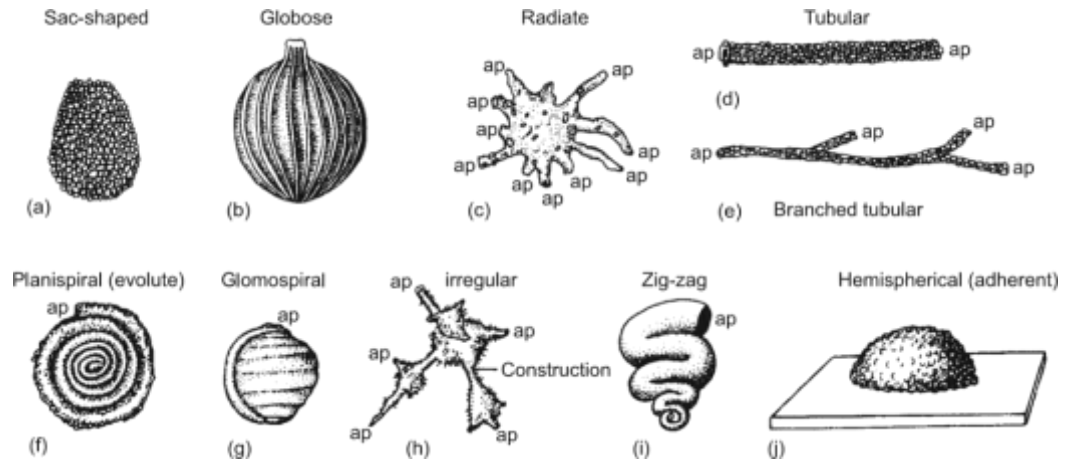


Gambar 2. Morfologi foraminifera planktonik multibilik (Armstrong dan Brasier, 2005).

II.4.3 Pertumbuhan Cangkang (*Test*)

Cangkang dari banyak foraminifera primitif adalah unilokular, meskipun bentuk tes sangat bervariasi (Gambar 2.3) (Armstrong dan Brasier, 2005). Cangkang semacam itu dapat dikatakan menunjukkan pertumbuhan yang terkandung karena ada sedikit atau tidak ada kapasitas untuk pembesaran. Oleh karena itu, foraminifera harus mengeluarkan energi dalam membentuk kembali cangkang, mengosongkan cangkang dan menumbuhkan yang baru, atau memperbanyaknya (Armstrong dan Brasier, 2005). Beberapa literatur yang relatif baru menghubungkan variasi morfologi cangkang foraminifera bentik dengan lingkungan parameter seperti suhu, salinitas, kelarutan karbonat, kedalaman,

nutrisi, substrat, oksigen terlarut, penerangan, polusi, gerakan air, elemen jejak, dan fluktuasi lingkungan yang cepat ditinjau (Boltovskoy dkk., 1991).



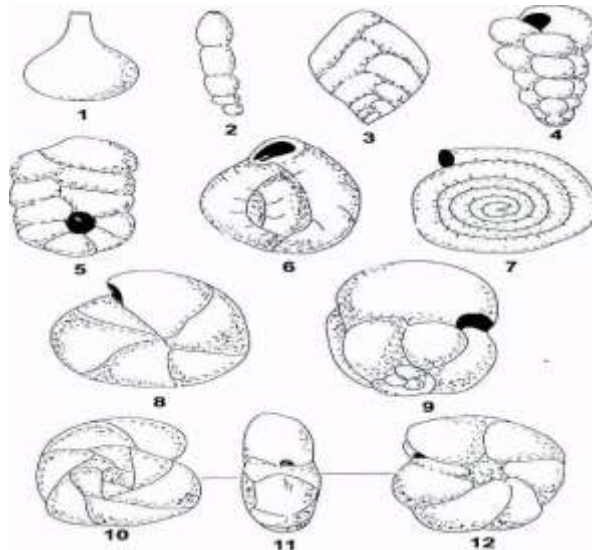
Gambar 3. Bentuk pertumbuhan cangkang (*test*) pada foraminifera (Armstrong dan Brasier, 2005).

II.4.4 Ruang (*Chamber*) pada Foraminifera

Laju ekspansi ruang dapat didefinisikan sebagai: laju pertambahan volume (lebar, panjang atau kedalaman) dari satu ruang ke ruang berikutnya (Armstrong dan Brasier, 2005). Menurut Armstrong dan Brasier (2005), di sebagian besar foraminifera ini tetap merupakan logaritma yang cukup konstan, setidaknya melalui ontogeni awal. Namun, jumlah ruang per lingkaran dalam suatu spesies dapat berubah melalui kehidupan atau antar lokalitas dan merupakan karakter taksonomi yang tidak dapat didanakan (Armstrong dan Brasier, 2005). Berikut merupakan bentuk-bentuk ruang pada foraminifera (Gambar 2.4) (Ibrahim, 2015):

- Ruang tunggal (unilokular, monotalamus) (1)
- Uniserial (2)
- Biserial (3)
- Triseri (4)
- Planispiral sampai biserial (5)
- Miliolin (6)
- Planispiralevolute (7)
- Planispiral berliku-liku (8)

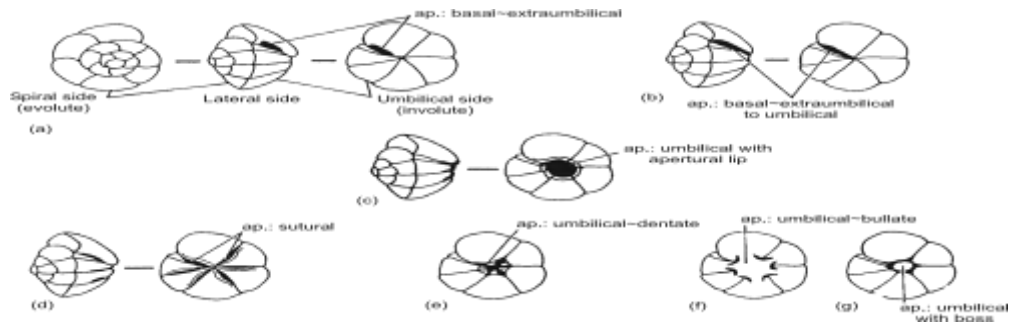
- Streptospira (9)
- Trokospiral (10-12)



Gambar 4. Bentuk-bentuk ruang pada foraminifera (Boltovskoy dkk.,1991).

II.4.5 Bukaan Cangkang pada Foraminifera

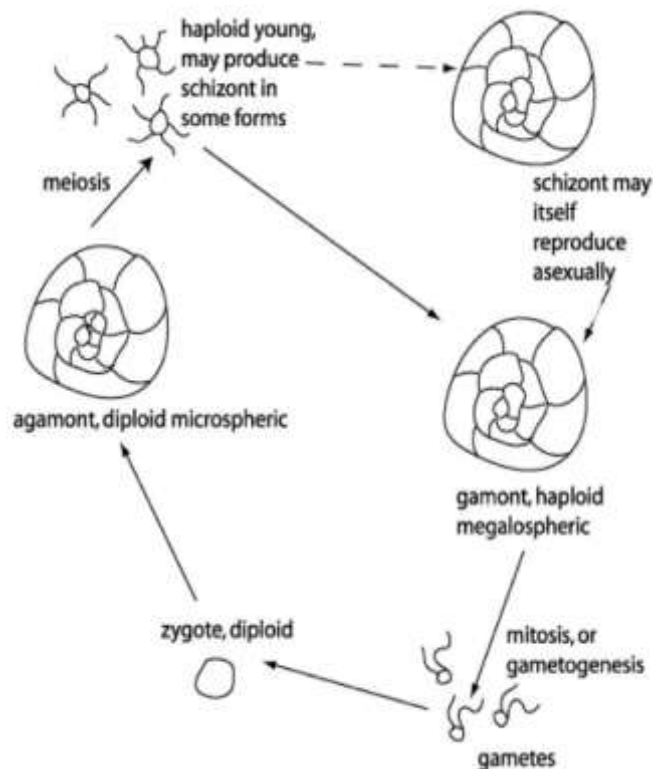
Bukaan utama mungkin tunggal atau ganda dalam jumlah dan terminal, areal, basal, ekstraumbilikal atau pusat atau dalam posisi (Gambar 2.5, 15.12) (Armstrong dan Brasier, 2005). Bentuk mereka sangat bervariasi, misalnya bulat, berleher botol (phialine), memancar, dendritik, seperti saringan (cribrate), berbentuk salib, berbentuk celah atau lingkaran (Armstrong dan Brasier, 2005). Bukaan bisa lebih jauh dimodifikasi dengan adanya bibir apertural atau flap (disebut aperture labiate, Gambar 2.5c), gigi (dentate bukaan, Gambar 2.5e), pelat penutup (bukaan bula, Gambar 2.5f) atau atasan pusat (Gambar 2.5g). Sekunder lubang juga dapat ditambahkan, misalnya di sepanjang jahitan atau pinggiran tes (Gambar 2.5d). Seperti struktur apertural dan foraminal digunakan untuk klasifikasi, terutama di bawah tingkat subordinal (Armstrong dan Brasier, 2005).



Gambar 5. Bukaan cangkang pada foraminifera (Armstrong dan Brasier, 2005).

II.4.6 Siklus Hidup Foraminifera

Reproduksi aseksual di agamont dimulai dengan penarikan sitoplasma ke dalam cangkang (Armstrong dan Brasier, 2005). Sitoplasma kemudian membelah, dengan pembelahan gdana, menjadi banyak, sel anak haploid kecil, masing-masing dengan nukleus atau beberapa inti yang hanya mengandung setengah kromosom seks ditemukan di inti induk (Armstrong dan Brasier, 2005). Armstrong dan Brasier (2005), menjelaskan bahwa ruang pembentukan kemudian dimulai dan genussi gamont baru dilepaskan ke dalam air untuk menyebar. Ketika sitoplasma kembali ditarik dan itu membelah secara mitosis membentuk gamet (gametogenesis) mempertahankan jumlah kromosom haploid yang sama induk. Dalam kebanyakan kasus, gamet memiliki dua flagela seperti cambuk. Saat dilepaskan dari cangkang induk, dua gamet dapat melebur (reproduksi seksual) untuk membentuk genussi agamont dengan jumlah kromosom diploid penuh selanjutnya. Cangkang induk biasanya dibiarkan kosong setelah terpisah menjadi remaja (Armstrong dan Brasier, 2005). Menurut Ibrahim (2015), genussi haploid yang diproduksi secara aseksual biasanya membentuk proloculus (ruang awal) dan karena itu disebut megalospheric. Secara seksual genussi diploid yang dihasilkan cenderung menghasilkan proloculus yang lebih kecil dan karenanya disebut mikrosfer (Ibrahim, 2015).



Gambar 6. Siklus hidup foraminifera (Boltovskoy dkk., 1991).

II.4.7 Klasifikasi Foraminifera

Foraminifera diklasifikasikan terutama berdasarkan uji komposisi dan morfologinya (Ibrahim, 2015). Tiga komposisi dinding dasar yang diketahui yaitu organik (protinaceous mucopoly saccharide i.e allogromina), kalsium karbonat yang diaglutinasi dan hasil sekresi kalsium karbonat (atau lebih jarang silika). Bentuk aglutinasi, yaitu textulariina, mungkin terdiri dari butiran pasir yang terakumulasi secara acak atau butiran yang dipilih berdasarkan spesifik gravitasi (Ibrahim, 2015). Beberapa bentuk mengatur butir pasir tertentu di bagian tertentu dari uji yang dilakukan. Uji komposisi dari foraminifera dibagi lagi menjadi tiga kelompok besar, mikrogranular (yaitu fusulinina), porselen (yaitu miliolina) dan hialin (yaitu globigerinina). Bentuk berdinding mikrogranular (umumnya ditemukan pada Paleozoikum) terdiri dari butir *ekuidimensiona Isubspherical* dari kristal kalsit (Ibrahim, 2015).

II. 5 Indeks Foram

Pemantauan intensif terhadap ekosistem terumbu karang dan lingkungan sangat penting karena memiliki luas yang sangat besar fungsi bagi berbagai biota laut (Natsir, 2022). 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 ion Reef Assessment an Monitoring*) Index (Hallock dkk.,2003). Indeks ini dapat menentukan apakah kualitas suatu lingkungan perairan cukup baik atau tidak untuk mendukung pertumbuhan dan pemulihan terumbu karang.

Menurut Mikhalevich (2021), foraminifera sebagai indikator lingkungan modern dan tradisional telah dikenal luas dan digunakan dalam studi ekologi termasuk pemantauan polusi, dalam eksplorasi minyak bumi, untuk aplikasi dalam biostratigrafi, paleoekologi dan paleoklimatologi, dan di banyak bidang penelitian lainnya. Reymond dkk (2012) mengungkapkan bahwa foraminifera bentik adalah salah satu protista yang paling melimpah di lingkungan laut terumbu dangkal namun, bahkan dalam kelimpahan yang rendah, catatan ekologis yang mereka tinggalkan di sedimen sangat berguna untuk merekonstruksi kondisi lingkungan masa lalu dan masa kini. Hal ini dapat memungkinkan studi untuk menentukan durasi dan waktu pengaruh jangka panjang eutrofikasi pada ekosistem laut pesisir. (Reymond dkk.,2012).

Foraminifera bentik penting dalam produksi sedimen di lingkungan terumbu karang, serta pada banyak pantai dan sedimen di *Great Barrier Reef* didominasi oleh organisme ini (Nobes dan Uthicke, 2008). Berbagai spesies yang