

SKRIPSI

ANALISIS KUALITAS EKOSISTEM TERUMBU KARANG DI PULAU SAMALONA DENGAN FORAMINIFERA BENTIK SEBAGAI BIOINDIKATOR

Disusun dan diajukan oleh:

INDRA SYUKRI

L011 19 1097



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**ANALISIS KUALITAS EKOSISTEM TERUMBU KARANG DI
PULAU SAMALONA DENGAN FORAMINIFERA BENTIK
SEBAGAI BIOINDIKATOR**

INDRA SYUKRI

L011 19 1097

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

Analisis Kualitas Ekosistem Terumbu Karang di Pulau Samalona dengan Foraminifera Bentik sebagai Bioindikator

Disusun dan diajukan oleh:

INDRA SYUKRI

L011 19 1097

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin pada tanggal 24 November 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,





Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M.Si
NIP. 196512091992021001

Pembimbing Anggota,



Hendra Hasim, S.Kel, M.Si
NIP. 198907262019031008

Ketua Program Studi,

Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc.Stud.
NIP. 196907061995121002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indra Syukri

NIM : L011191097

Program Studi : Ilmu Kelautan

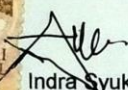
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Analisis Kualitas Ekosistem di Pulau Samalona dengan Foraminifera Bentik sebagai Bioindikator**" adalah karya penelitian saya sendiri dan bebas plagiat, serta tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis digunakan sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber acuan serta daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan (Permendiknas No. 17, Tahun 2007).

Makassar, 24 November 2023

Yang Menyatakan,




Indra Syukri
NIM. L011191097

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indra Syukri
NIM : L011191097
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi skripsi pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai *author* dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan skripsi) saya tidak melakukan publikasi, salah seorang dari penulis berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

Makassar, 24 November 2023

Mengetahui,

Ketua Departemen Ilmu Kelautan



Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc.Stud
NIP. 19607061995121002

Penulis



Indra Syukri
NIM. L01119097

ABSTRAK

INDRA SYUKRI. L011 19 1097. **Analisis Kualitas Ekosistem Terumbu Karang di Pulau Samalona dengan Foraminifera Bentik sebagai Bioindikator** dibimbing oleh **ABDUL HARIS** sebagai Pembimbing Utama dan **HENDRA HASIM** sebagai Pembimbing Anggota.

Foraminifera merupakan organisme eukariot uniseluler (bersel tunggal) tergolong ke dalam kelompok invertebrata hidup secara akuatik di laut yang dapat dijadikan sebagai bioindikator kondisi lingkungan ekosistem terumbu karang dengan menggunakan indeks sederhana yaitu FORAM Index. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Mengetahui komposisi jenis, indeks ekologi foraminifera bentik dan nilai FORAM Index; 2) mengetahui kondisi tutupan karang; 3) mengetahui keterkaitan antara nilai FORAM Index dengan kondisi tutupan karang dan parameter lingkungan perairan di Pulau Samalona. Penelitian dilakukan di perairan ekosistem terumbu karang pada daerah *reef slope* di Pulau Samalona dengan terbagi menjadi tiga stasiun penelitian. Penelitian ini menggunakan metode survey dengan pengambilan sampel sedimen, pengamatan kondisi tutupan dasar dengan metode *point intercept transect* (PIT) dan pengukuran parameter lingkungan. Tahapan penelitian ini meliputi proses *sampling* sedimen, preparasi, penjentikan dan identifikasi foraminifera; analisis data penentuan kondisi tutupan karang dan pengukuran parameter lingkungan. Hasil penelitian ini ditemukan 39 spesies dari 20 genus foraminifera bentik, tutupan terumbu karang hidup sebesar 33,15% dengan kategori sedang. Kondisi ekosistem terumbu karang di perairan Pulau Samalona berdasarkan nilai FORAM Index berkisar antara 3,94-4,52. Secara keseluruhan terdapat hubungan positif antara tutupan terumbu karang hidup dengan nilai FORAM Index.

Kata kunci: *Foraminifera, Terumbu Karang, FORAM Index, Pulau Samalona*

ABSTRACT

INDRA SYUKRI. L011 19 1097. **Analysis of Coral Reef Ecosystem Quality in The Samalona Island Using Benthic Foraminifera as Bioindicators** supervised by **ABDUL HARIS** as Main Supervisor and **HENDRA HASIM** as Co-Supervisor.

Foraminifera are unicellular (single-celled) eukaryotic organisms belonging to a group of invertebrates living aquatically in the sea which can be used as bioindicators of the environmental conditions of coral reef ecosystems using a simple index, namely the FORAM Index. This research aims to: 1) Know the species composition, ecological index of benthic foraminifera and FORAM Index values; 2) knowing the condition of coral cover; 3) determine the relationship between the FORAM Index value and the condition of coral cover and aquatic environmental parameters on Samalona Island. The research was carried out in the waters of the coral reef ecosystem on the reef slope area on Samalona Island, divided into three research stations. This research uses a survey method by taking sediment samples, observing bottom cover conditions using the point intercept transect (PIT) method and measuring environmental parameters. The stages of this research include the sediment sampling process, preparation, snapping and identification of foraminifera; data analysis for determining coral cover conditions and measuring environmental parameters. The results of this research found 39 species from 20 genera of benthic foraminifera, live coral reef cover of 33.15% in the medium category. The condition of the coral reef ecosystem in the waters of Samalona Island based on the FORAM Index value ranges from 3.94-4.52. Overall there is a positive relationship between coral reef cover and the FORAM Index value.

Key words: *Foraminifera, Coral Reefs, FORAM Index, Samalona Island*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirohim,

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas segala pujian Penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala kasih dan rahmat-Nya sehingga penulisan skripsi dengan judul “**Analisis Kualitas Ekosistem Terumbu Karang di Pulau Samalona dengan Foraminifera Bentik sebagai Bioindikator**” dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun berdasarkan data-data hasil penelitian sebagai tugas akhir untuk memperoleh gelar sarjana di Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, informasi dan membawa kepada suatu kebaikan.

Penulis menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, Penulis menerima kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Akhirnya, kepada semua pihak yang berperan dalam penelitian ini, Penulis mengucapkan banyak terima kasih dan berharap semoga Tuhan membalas segala budi baik, serta dapat menjadi suatu ibadah.

Melalui skripsi ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya sebagai bentuk penghargaan dan penghormatan kepada pihak-pihak yang telah memberikan bimbingan, bantuan, dukungan serta doa selama melakukan penelitian dan penyelesaian skripsi. Ucapan ini penulis berikan kepada:

1. Kepada yang utama kedua orang tua Nurmiati dan Syukri Mustapa tercinta serta kepada saudara terkasih Indah, Irma dan Dhenil yang telah mendoakan kebaikan, kemudahan dan kelancaran. Serta memberikan dukungan semangat, fasilitas dan kasih sayang untuk Penulis agar menyelesaikan perkuliahan.
2. Kepada yang terhormat bapak Hendra Hasim, S.Kel., M.Si selaku dosen penasehat akademik dan juga pembimbing anggota yang memberikan bimbingan, arahan dan pembelajaran baik mengenai proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi.
3. Kepada yang terhormat bapak Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M.Si selaku pembimbing utama yang memberikan bimbingan, arahan, dukungan serta ilmu yang sangat berharga bagi penulis sehingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.
4. Kepada yang terhormat bapak Dr. Syafyudin Yusuf, S.T., M.Si dan ibu Dr. Ir. Aidah Ambo Ala Husain, M.Sc selaku dosen penguji yang memberi saran dan arahan hingga terselesaikannya skripsi ini.

5. Kepada para Dosen Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bimbingan serta ilmu pengetahuan sejak menjadi mahasiswa.
6. Kepada Teman-teman MARIANAS 19 (Kelautan 2019) yang telah kebersamai dan senantiasa memberikan motivasi kepada penulis.
7. Kepada seluruh Keluarga Mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan (KEMA JIK FIKP-UH), Marine Science Diving Club Universitas Hasanuddin (MSDC-UH) dan Marine Football Club.
8. Kepada kakanda dan teman-teman Kelautan 2013, Kelautan 2014, Kelautan 2015, Kelautan 2016, Kelautan 2017, Kelautan 2018, Kelautan 2020, Kelautan 2021 dan Kelautan 2022.
9. Kepada Tim Kampus Mengajar Angkatan IV SMP Mandiri Ibu Asriani, Ibu Rahma, Serina, Sara, Irwan, Wandy dan Para Siswa-siswi.
10. Kepada warga Bahariwan Buta Hati (BBH), Penghuni Rumah Cemara (Rafa, Suci, Akbar, Dewa, Tum Cal, Memed, Tomy) dan Sobat Kamar 309 (Memed, Rafa, Arip, Akbar, Yoga, Tomy, Masdar).
11. Kepada yang Penulis amat sangat banggakan tim turun lapangan Memed, Asman, Tomy, Daus dan Oni yang bersedia membantu selama pengambilan, pengolahan data hingga terselesaikannya skripsi ini.
12. Kepada seluruh pihak tanpa terkecuali yang namanya luput disebutkan satu persatu karena telah banyak memberikan bantuan selama penyusunan skripsi.

Semoga Tuhan selalu memberikan anugerah-Nya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini terdapat banyak kekurangan dan masih jauh mencapai kesempurnaan dalam arti sebenarnya, namun Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi Penulis dan para pembaca pada umumnya. Akhir kata Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca untuk meningkatkan kemampuan Penulis dalam menulis karya ilmiah.

Terima Kasih.

Makassar, 24 November 2023

Penulis



Indra Syukri

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Kabupaten Bone pada tanggal 21 Maret 2001. Merupakan anak ketiga dari pasangan Syukri Mustapa dan Nurmiati. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SD Negeri 023 Tanjung Redeb, Kecamatan Tanjung Redeb, Kabupaten Berau dan lulus pada tahun 2013. Selanjutnya pada tahun 2016 Penulis lulus dari SMP Negeri 03 Berau, Kecamatan Tanjung Redeb, Kabupaten Berau dan pada tahun 2019 lulus dari MA Negeri 1 Berau, Kecamatan Tanjung Redeb, Kabupaten Berau. Pada bulan Agustus 2019 penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan, Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin melalui seleksi jalur SBMPTN.

Selama masa studi di Universitas Hasanuddin, Penulis pernah menjadi asisten pada mata kuliah Renang dan Dasar-dasar Selam. Penulis juga aktif di berbagai kegiatan kemahasiswaan sebagai anggota dan pernah menjadi badan pengurus harian periode 2021/2022 himpunan tingkat program studi KEMA JIK FIKP-UH dan sebagai anggota pada lembaga selam MSDC-UH. Penulis juga pernah mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Mengajar (MBKM) Angkatan IV dengan penempatan tugas di SMP Mandiri Makassar, Kecamatan Manggala, Kota Makassar.

Dalam memperoleh gelar sarjana kelautan, Penulis melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Kualitas Ekosistem Terumbu Karang di Pulau Samalona dengan Foraminifera Bentik sebagai Bioindikator” pada tahun 2023 yang dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M.Si selaku pembimbing utama dan Hendra Hasim, S.Kel., M.Si selaku pembimbing anggota

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERNYATAAN <i>AUTHORSHIP</i>	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
BIODATA PENULIS	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan dan Kegunaan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Foraminifera.....	4
B. Morfologi Foraminifera	5
C. Reproduksi, Makanan dan Predator Foraminifera.....	11
D. Aplikasi Foraminifera sebagai Bioindikator	12
E. Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Keberadaan Foraminifera.....	15
III. METODE PENELITIAN	17
A. Waktu dan Tempat.....	17
B. Alat dan Bahan	17
C. Prosedur Penelitian.....	18
IV. HASIL	26
A. Gambaran Umum Lokasi.....	26
B. Komposisi Jenis Foraminifera Bentik.....	26
C. Indeks Ekologi Foraminifera Bentik.....	28
D. FORAM Index	29
E. Tutupan Dasar Perairan dan Kondisi Terumbu Karang.....	29
F. Parameter Lingkungan Perairan.....	30
G. Hubungan Tutupan Terumbu Karang Hidup dengan Nilai FORAM Index.....	31

H. Keterkaitan antara Nilai FORAM Index dengan Kondisi Tutupan Dasar Perairan dan Parameter Lingkungan	31
V. PEMBAHASAN	33
A. Komposisi Jenis Foraminifera Bentik.....	33
B. Indeks Ekologi Foraminifera Bentik.....	35
C. FORAM Index	37
D. Tutupan Dasar Perairan dan Kondisi Terumbu Karang.....	37
E. Parameter Lingkungan Perairan.....	39
F. Hubungan Tutupan Terumbu Karang Hidup dengan Nilai FORAM Index.....	41
G. Keterkaitan antara Nilai FORAM Index dengan Kondisi Tutupan Dasar Perairan dan Parameter Lingkungan	42
VI. PENUTUP	46
A. Kesimpulan	46
B. Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Bentuk, ukuran dan letak aperture pada test foraminifera (Sukandarrumidi et al., 2020)	7
Tabel 2. Kelompok fungsional foraminifera (Hallock et al., 2003)	13
Tabel 3. Kelompok fungsional foraminifera (Hallock et al., 2003)	14
Tabel 4. Alat dan kegunaan	17
Tabel 5. Bahan dan kegunaan	18
Tabel 6. Parameter lingkungan perairan	20
Tabel 7. Kategori indeks keanekaragaman (Odum, 1993)	23
Tabel 8. Kategori indeks keseragaman (Odum, 1993)	23
Tabel 9. Kategori indeks dominansi (Odum, 1993)	24
Tabel 10. Interpretasi nilai FORAM Index berdasarkan (Hallock et al., 2003).....	24
Tabel 11. Kategori penentuan kondisi tutupan karang hidup.....	25
Tabel 12. Indeks ekologi foraminifera benthik	28
Tabel 13. Nilai parameter lingkungan perairan.....	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Morfologi dan anatomi foraminifera (Armstrong & Brasier, 2005)	6
Gambar 2. Susunan kamar test foraminifera (Sukandarrumidi et al., 2020)	6
Gambar 3. Bentuk dan letak ornamen test foraminifera (Sukandarrumidi et al., 2020)	10
Gambar 4. Peta lokasi penelitian	17
Gambar 5. Ilustrasi metode point intercept transect (Amkieltiela & Wijonarno, 2015)..	20
Gambar 6. Komposisi jenis foraminifera bentic berdasarkan genus	27
Gambar 7. Komposisi foraminifera berdasarkan kelompok fungsional	28
Gambar 8. Nilai FORAM Index	29
Gambar 9. Tutupan dasar perairan.....	30
Gambar 10. Hubungan antara persentase tutupan karang dengan nilai FORAM Index	31
Gambar 11. Analisis PCA mengenai keterkaitan nilai FORAM Index dengan kondisi tutupan karang dan parameter lingkungan	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar foraminifera yang teridentifikasi	54
Lampiran 2. Klasifikasi foraminifera benthik	56
Lampiran 3. Kelompok fungsional foraminifera benthik menurut Hallock et al. (2003) ..	58
Lampiran 4. Komposisi jenis foraminifera benthik	59
Lampiran 5. Nilai indeks ekologi foraminifera benthik lokasi penelitian	62
Lampiran 6. Nilai FORAM Index	66
Lampiran 7. Nilai tutupan dasar perairan dan parameter lingkungan	67
Lampiran 8. Hasil uji regresi linear sederhana	68
Lampiran 9. Hasil uji principal component analysis (PCA)	70

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia yang terdiri dari 18.110 pulau dengan luas terumbu karang di Indonesia sekitar 18% dari terumbu karang dunia dan memiliki sekitar 3000 spesies ikan karang. Indonesia termasuk dalam satu dari enam negara bersama dengan Malaysia, Filipina, Timor Leste, Papua Nugini, Kepulauan Solomon yang terletak dalam segitiga dunia (*coral triangle*), hal ini menjadikan Indonesia sebagai pusat keanekaragaman terumbu karang dunia. Kurang lebih Indonesia memiliki 569 jenis karang yang termasuk dalam 82 genus karang yang telah dijumpai (Giyanto *et al.*, 2017).

Ekosistem terumbu karang sangat penting bagi biota sebagai tempat berlindung, tempat penyediaan makanan dan reproduksi. Ekosistem terumbu karang juga memiliki peranan bagi masyarakat yang memanfaatkan jasa lingkungan dari keanekaragaman dan keunikan ekosistem terumbu karang. Beragam kegiatan dari kegiatan pariwisata air seperti *snorkeling*, olahraga selam, aktivitas perikanan hingga pendidikan dan penelitian diharapkan dapat meningkatkan taraf perekonomian masyarakat utamanya masyarakat pesisir. Ekosistem ini juga dapat menjaga stabilitas pantai dari terpaan gelombang (Toruan, 2011).

Menurut Burke *et al.* (2011), kondisi terumbu karang di kawasan segitiga terumbu karang (*coral triangle*) sedang terancam oleh aktivitas manusia melalui polusi dan perubahan habitat. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, kebutuhan akan hasil laut dan pemanfaatan lahan pesisir akan semakin meningkat dan hal ini akan mengancam ekosistem pesisir, termasuk terumbu karang (Hadi *et al.*, 2018). Hal tersebut diperkuat dengan hasil penelitian Arifin *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa salah satu penyebab kerusakan karang di Kepulauan Spermonde adalah peningkatan jumlah limbah domestik industri berupa bahan organik dan sedimentasi.

Salah satu pulau yang termasuk ke dalam gugusan Kepulauan Spermonde adalah Pulau Samalona. Pulau ini memiliki kawasan terumbu karang yang tersebar pada sisi barat, utara dan selatan yang kemudian menjadi daya tarik bagi para pencinta wisata *snorkeling* dan selam. Namun seiring berjalannya waktu kondisi terumbu karang di Pulau Samalona mengalami degradasi penurunan tutupan karang hidup. Degradasi terumbu karang yang terjadi diduga kuat bersumber dari dampak eutrofikasi dari limbah perindustrian dan sedimentasi yang berasal dari daratan utama Kota Makassar.

Rani *et al.* (2014) menyatakan bahwa akibat dari dampak eutrofikasi yang terjadi pada ekosistem terumbu karang di Kepulauan Spermonde termasuk Pulau Samalona mengarah pada *phase shift* yaitu suatu kejadian yang mengarah ke pergantian dominansi tutupan dasar terumbu karang dari tutupan karang hidup menjadi tutupan makroalga. Kondisi tersebut akan sangat berdampak bagi kehidupan manusia seperti pelaku pariwisata yang akan kehilangan pendapatan akibat degradasi terumbu karang, berkurangnya hasil tangkapan ikan para nelayan dan abrasi pantai yang akan terjadi.

Untuk tetap menjaga korelasi antara peran ekologi dari terumbu karang dan jasa lingkungan yang dimiliki ekosistem terumbu karang untuk kepentingan ekonomi, maka perlu untuk dilakukan pemantauan kondisi lingkungan ekosistem terumbu karang untuk mendeteksi potensi terjadinya degradasi ekosistem terumbu karang. Pendeteksian degradasi ekosistem dapat dilakukan dengan melihat tekanan pada komunitas biologi yang terkandung di dalamnya (Cervetto *et al.*, 2002).

Beberapa organisme dapat dijadikan sebagai indikator kualitas ekosistem terumbu karang. Organisme renik seperti foraminifera merupakan organisme penghasil kalsium karbonat (CaCO_3) sehingga mampu bersimbiosis dan memiliki asosiasi yang sangat erat dengan terumbu karang. Siklus hidup foraminifera yang singkat dan pola adaptasinya yang dapat segera merespon perubahan yang terjadi pada lingkungan yang kemudian mengakibatkan perubahan mencolok dari eksistensi foraminifera dapat digunakan sebagai indikator ekologi untuk menduga kualitas ekosistem terumbu karang (Day *et al.*, 1988).

FORAM (*Foraminifera in Reef Assessment and Monitoring*) Index merupakan aplikasi yang dikembangkan oleh Hallock *et al.* (2003) dengan menggunakan kumpulan foraminifera yang dikelompokkan berdasarkan fungsional grupnya untuk menilai kondisi ekosistem terumbu karang suatu perairan. Penelitian dengan memanfaatkan foraminifera sebagai bioindikator ekosistem terumbu karang telah dilakukan di mancanegara dan beberapa wilayah perairan ekosistem terumbu karang di Indonesia seperti Toruan (2011) di Kepulauan Seribu, Bay *et al.* (2019) pada perairan terumbu karang Pulau Tegal, Teluk Lampung, Nurruhwati *et al.* (2020) di Pulau Tunda dan Natsir (2022) di Pulau Penjaliran Timur, Kepulauan Seribu.

Berdasarkan uraian penjelasan di atas maka perlu dilakukan penelitian ini dengan menggunakan foraminifera khususnya foraminifera bentik sebagai bioindikator untuk menilai kualitas ekosistem terumbu karang di Pulau Samalona seperti, yang telah dilakukan di mancanegara dan beberapa wilayah perairan ekosistem terumbu karang di Indonesia.

B. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui komposisi jenis, indeks ekologi foraminifera bentik dan nilai FORAM Index di Pulau Samalona.
2. Mengetahui kondisi tutupan karang di Pulau Samalona.
3. Mengetahui keterkaitan antara nilai FORAM Index dengan kondisi tutupan dasar perairan dan parameter lingkungan perairan di Pulau Samalona.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan data dan informasi mengenai keberadaan foraminifera bentik dan keterkaitannya dengan kondisi ekosistem terumbu karang di Pulau Samalona.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Foraminifera

Foraminifera merupakan organisme eukariot uniseluler (bersel tunggal) tergolong ke dalam kelompok invertebrata yang hidup secara akuatik di laut dengan keanekaragaman tinggi. Menurut Campbell *et al.* (2008), Nama foraminifera berasal dari bahasa latin yakni *foramen* yang berarti berongga dan *ferre* yang artinya menghasilkan. Pada umumnya foraminifera menyekresi materi cairan mineral sehingga menghasilkan cangkang dengan rongga yang mengandung kalsium karbonat dan menjadi fosil dalam sedimen batuan (Sholihah *et al.*, 2017). Identifikasi dan klasifikasi foraminifera didasarkan pada ciri-ciri cangkang seperti struktur dan komposisi, bentuk dan susunan kamar, *aperture*, dan ornamentasi (Armstrong & Brasier, 2005). Klasifikasi foraminifera menurut World Register of Marine Species (2023) adalah sebagai berikut: Kingdom: Chromista; Subkingdom: Harosa; Infrakingdom: Rhizaria; dan Filum: Foraminifera. Filum Foraminifera terdiri dari empat kelas, yaitu kelas Globothalamea, kelas Monothalamea, kelas Nodosaria, dan kelas Tubothalamea.

Foraminifera ditemukan melimpah sebagai fosil setidaknya dalam kurun waktu 540 juta tahun dengan terdiri dari 16 ordo yaitu Allogromiida, Astorrhizida, Buliminida, Carteriniida, Fusulinida, Globigerinida, Involutinida, Lagenida, Lituolida, Milioliida, Robertiida, Silicoloculinida, Spirillinida, Textulariida, Toraliida dan Trochamminida (Sen Gupta, 1999). Foraminifera ditemukan melimpah di laut, setidaknya dalam 1 cm³ sedimen yang disampling terdapat ratusan individu foraminifera hidup maupun mati yang hanya tersisa cangkangnya atau dalam bentuk fosil dengan ukuran yang beragam mulai dari 3 µm sampai 3 mm (Nurdin & Afrizal, 2013).

Berdasarkan sifat hidupnya foraminifera terbagi menjadi dua kelompok besar yakni foraminifera planktonik dan bentik, namun hanya sebagian kecil foraminifera yang bersifat planktonik sebagian besar lainnya bersifat bentik yang tinggal di dasar perairan (Boltovskoy & Wright, 1976). Foraminifera planktonik hidup melayang di permukaan air dan kurang peka terhadap perubahan lingkungan, tetapi mempunyai penyebaran lateral yang luas, sehingga dapat digunakan sebagai fosil penunjuk jarak jauh dari korelasi regional. Kelompok foraminifera planktonik terdiri dari dua famili yaitu Globigerinidae dan Globorotalidae (Gustiantini, 2001).

Foraminifera bentik merupakan kelompok foraminifera yang hidup pada atau dekat dasar laut dengan sifat *vagil* (bebas bergerak). Foraminifera bentik sangat peka terhadap perubahan lingkungan karena organisme ini hidup dengan menempelkan diri pada

sedimen, batuan, tumbuh-tumbuhan atau karang yang berada di dasar perairan sehingga sangat baik untuk digunakan sebagai indikator lingkungan (Boltovskoy & Wright, 1976).

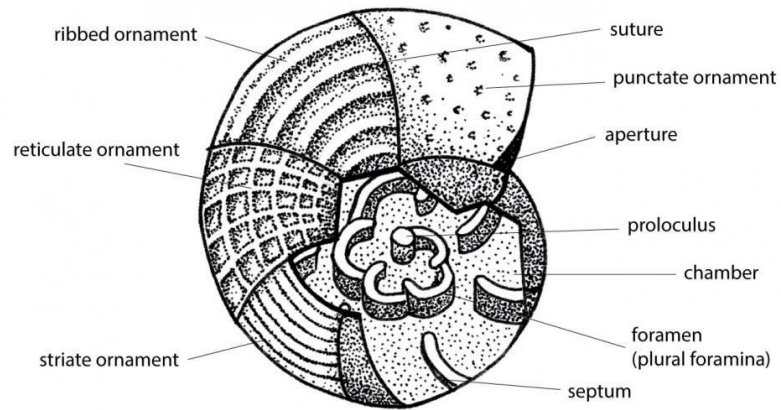
B. Morfologi Foraminifera

Foraminifera yang masih hidup atau sering disebut dengan istilah foraminifera resen, pada umumnya foraminifera tersusun dari dua bagian utama, yaitu bagian lunak dan bagian yang keras. Bagian lunak foraminifera terdiri dari protoplasma dan nukleus. Protoplasma merupakan bagian tubuh lunak yang terbagi menjadi dua lapisan. Lapisan bagian luar yang disebut dengan ekstoplasma yang berwarna terang dan lapisan bagian dalam yang disebut endoplasma yang berwarna lebih gelap. Endoplasma terdapat pada rongga cangkang (*test*) bersama dengan inti sedangkan ekstoplasma terdapat pada luar dari rongga cangkang (*test*) melalui lubang *aperture*. Ekstoplasma yang berada di luar rongga cangkang (*test*) dapat berfungsi sebagai *pseudopodia* disebut pula dengan istilah kaki semu yang berfungsi sebagai alat gerak, dapat pula berfungsi sebagai alat untuk menangkap makanan kemudian mencernanya (Sukandarrumidi *et al.*, 2020).

Bagian keras foraminifera umumnya disebut dengan istilah *test*. *Test* sering disebut dengan istilah cangkang merupakan bagian tubuh yang dapat menjadi fosil. Berdasarkan komposisi *test*, foraminifera terbagi menjadi dua kelompok besar (Sukandarrumidi *et al.*, 2020) yakni sebagai berikut:

1. Kelompok *arenaceous*, merupakan kelompok yang tersusun dari material detritus berukuran pasir halus. Butir-butir pasir halus ini direkatkan satu sama lain oleh kalsium karbonat (CaCO_3) atau silikat (SiO_2).
2. Kelompok kedua tersusun oleh senyawa kalsium karbonat (CaCO_3), berdasarkan pori-pori dikenal dengan istilah *calcareous perforate* atau *calcareous* berpori-pori dikenal pula dengan istilah *hyaline*.

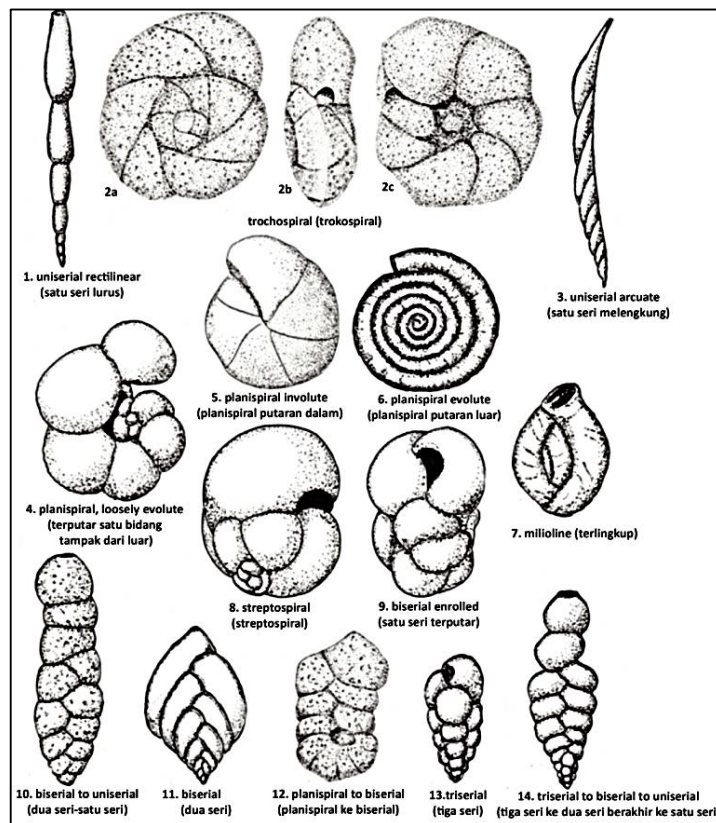
Test foraminifera yang terawetkan secara alamiah tersebut dapat dijumpai pada batuan sedimen dan sering disebut dengan istilah fosil. Secara struktur *test* foraminifera paling sedikit terdapat tiga bagian yaitu kamar, *suture*, *aperture* yang membentuk *test* foraminifera (Hanuun, 2016).



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

a. Kamar

Kamar dapat disebut pula dengan istilah *thalamus* atau *ocular*. Jumlah kamar pada foraminifera dapat hanya satu atau lebih dari satu dengan bentuk dan ukuran *test* yang tergantung dari genusnya. Bila *test* hanya terdiri dari satu kamar tersebut *monothalamus*. Apabila *test* foraminifera terdiri dari lebih satu kamar, disebut dengan istilah *polythalamus* (Hanuun, 2016). Setiap kamar dipisahkan oleh semacam bidang datar atau melengkung yang disebut dengan septa. Bentuk sederhana kamar *test* foraminifera adalah bentuk bundar, oval, bentuk seperti kantong (*sac*) (Sukandarrumidi *et al.*, 2020). Susunan kamar *test* foraminifera dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Susunan kamar *test* foraminifera (Sukandarrumidi *et al.*, 2020)

Keterangan gambar:

1. *Uniserial rectilinier* (berseri tunggal lurus); contoh: *Nodosaria*
2. *Trochospiral* (spiral berkerucut); contoh: *Eponides*
3. *Uniserial arcute* (berseri tunggal melengkung); contoh: *Dentalina*
4. *Planispiral loosely evolute*; contoh: *Globigerinella*
5. *Planispiral involute* (planispiral putaran dalam); contoh: *Robulus*
6. *Planispiral evolute* (planispiral putaran luar); contoh: *Cornuspira*
7. *Milioline* (terlingkup); contoh *Quinqueloculina*
8. *Streptospiral*; contoh: *Globigerinoides*
9. *Biserial enrolled* (satu seri berputar); contoh: *Gravellina*
10. *Biserial to uniserial* (dua seri-satu seri); contoh: *Martinotielle*, *Goesella*
11. *Biserial* (dua seri); contoh: *Bolivina*, *Bolivinita*
12. *Planispiral to biserial* (planiserial ke beserial); contoh: *Spiroplectammina*
13. *Triserial* (tiga seri); contoh: *Bulimina*
14. *Triserial to biserial to uniserial* (tiga seri ke dua seri berakhir ke satu seri); contoh: *Ammobaculoides*, *Gaudryinella*


b. Suture

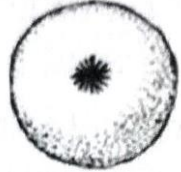

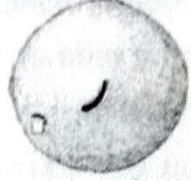

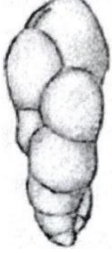


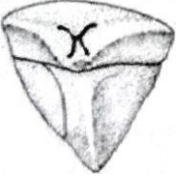
Suture berada di antara kamar yang dibatasi oleh sekat (septa) yang merupakan bidang berlubang dari bagian tengah. Bidang-bidang ini berpotongan dengan bagian luar dinding *test* membentuk garis. Kedudukan *suture* bervariasi bergantung pada genusnya. Beberapa *suture* memiliki bentuk yang sangat khas sehingga dapat dijadikan sebagai salah satu kunci determinasi (Boltovskoy & Wright, 1976).

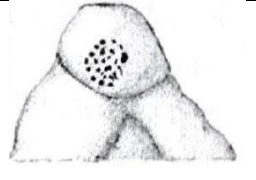
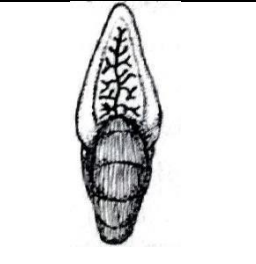
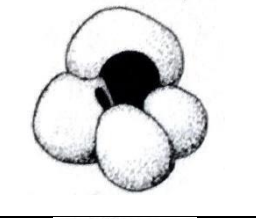
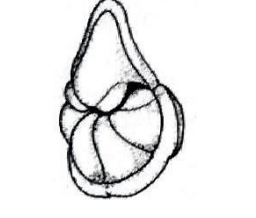

c. Aperture

Aperture adalah lubang tempat protoplasma keluar dari rongga *test*. Ukuran, bentuk serta letak *aperture* foraminifera sangat bervariasi. Sering kali juga dijumpai ornamen tambahan atau hiasan tambahan. Hiasan tambahan pada *aperture* dapat digunakan sebagai penciri untuk determinasi tingkat spesies (Boltovskoy & Wright, 1976). Tabel 1 menunjukkan bentuk, ukuran dan letak *aperture test* pada foraminifera beserta contohnya.

Tabel 1. Bentuk, ukuran dan letak *aperture* pada *test* foraminifera (Sukandarrumidi *et al.*, 2020)

No.	Bentuk	Gambar	Genus
1.	<i>Open end of tube</i> (terbuka pada ujung kamar <i>test</i> terakhir)		<i>Endothyranella</i> , <i>Fischerina</i> , <i>Cornuspira</i>

2.	<i>Radiate terminal</i> (pada tepi kamar <i>test</i> berbentuk celah memusat)		<i>Colaniella, Pachyplonia, guttulina</i>
3.	<i>Slit, terminal</i> (bentuk celah memanjang pada <i>test</i>)		<i>Pygro, Fissurina, Lingulina</i>
4.	<i>Crescentic</i> (bentuk celah sempit memanjang seperti koma)		<i>Pyrgoella, Sphaeroidina</i>
5.	<i>Hooded subterminal</i> (bentuk celah melengkung, berada pada bagian pinggir tersembunyi)		<i>Parafissurina</i>
6.	<i>Loop shape bulimine</i> (bentuk celah memanjang bulimine)		<i>Bulimina</i>
7.	<i>Open single at the end of the last chamber</i> (bentuk terbuka, tunggal berada pada ujung kamar terakhir)		<i>Globigerinella</i>
8.	<i>Multiple equatorial, interiomarginal</i> (bentuk lubang banyak berderet, terletak pada bagian pinggir dalam)		<i>Elphidium, Candeina</i>
9.	<i>Curciform</i> (bentuk silang pada ujung kamar terakhir)		<i>Crusilocurina</i>

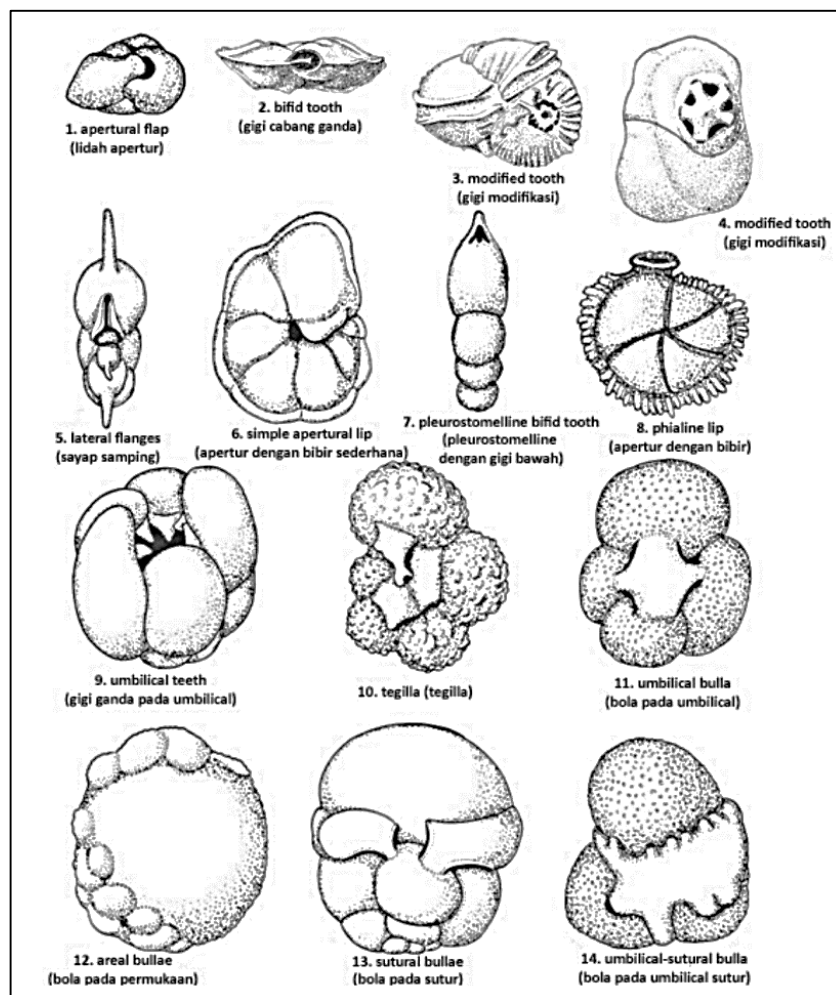
10.	<i>Areal, cribrate</i> (berbentuk lubang-lubang kecil, pada pinggir kamar terakhir)		<i>Cribropyrgo</i>
11.	<i>Dentritic</i> (berbentuk seperti tulang daun, berada pada permulaan kamar terakhir)		<i>Dendritina</i>
12.	<i>Umbilical</i> (berbentuk lubang tunggal terbuka, berada pada pertemuan kamar)		<i>Globigerina</i>
13.	<i>Interiomarginal extraumbilical-umbilical</i> (berada di tepi bagian dalam pada pertemuan kamar berbentuk celah terbuka)		<i>Globorotalia</i>
14.	<i>Spiroumbilical</i> (merupakan lubang terbuka melingkar pada pertemuan kamar)		<i>Schackoina, Hastigerinellodies</i>

d. Ornamenasi

Ornamenasi merupakan struktur-struktur mikro yang menghiasi bentuk fisik cangkang foraminifera. Ornamenasi dapat digunakan sebagai salah satu kunci determinasi beberapa spesies foraminifera karena memiliki bentuk yang sangat khas. Pada beberapa spesies, ornamen akan muncul hingga spesies tersebut mencapai stadium dewasa (Boltovskoy & Wright, 1976). Sukandarrumidi *et al.* (2020) membagi bentuk dan letak ornamen pada *test* foraminifera menjadi beberapa bentuk sebagai berikut:

1. *Apertural flap* (lidah apertur): *Scutularis*
2. *Bifid tooth* (gigi cabang ganda): *Pyrgo*
3. *Modified tooth* (gigi modifikasi): *Miliammina*

4. *Variety of modified tooth* (variasi gigi modifikasi): *Poroarticulina*, *Nevilina*
5. *Lateral flange* (sayap samping): *Hantkenina*
6. *Simple apertural lip* (aperture dengan bibir sederhana): *Globorotalia*
7. *Pleurostomelline bifid tooth* (Pleurostomelline dengan gigi bawah):
Pleurostomellina, *Massilina*
8. *Phyaline lip* (aperture dengan bibir): *Siphonina*
9. *Umbilical teeth* (gigi ganda pas umbilical): *Globoquadrina*
10. *Tegilla*: *Trinitella*
11. *Umbilical bulla* (bola pada umbilical): *Tinophodella*
12. *Areal bullae* (bola pada permukaan): *Globigerinatella*
13. *Sutural bullae* (bola pada suture): *Globigerinoita morugaensis*
14. *Umbilical sutural bulla* (bola pada umbilical suture): *Catapsydrax*, *Globigerinita*



Gambar 3. Bentuk dan letak ornamen test foraminifera (Sukandarrumidi *et al.*, 2020)

Foraminifera benthik memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan foraminifera planktonik. Ciri-ciri utamanya antara lain susunan kamar planispiral, bentuk cangkang yang lebih pipih (streamline), memanjang, komposisi *test aglutineous* dan

arenaceous. Secara taksonomi, keragaman foraminifera bentuk lebih tinggi dibandingkan jenis planktonik (Boltovskoy & Wright, 1976).

C. Reproduksi, Makanan dan Predator Foraminifera

Foraminifera bereproduksi dengan dua cara yaitu secara aseksual dan seksual. Perkembangbiakan secara aseksual yaitu dengan cara inti dari foraminifera yang telah dewasa membelah diri dan meninggalkan cangkang dengan membawa sebagian protoplasma untuk membentuk cangkang baru. Perkembangbiakan secara aseksual paling dominan dilakukan foraminifera dalam kondisi lingkungan yang normal. Hasil penelitian pada foraminifera menunjukkan perkembangbiakan secara aseksual menghasilkan individu foraminifera dengan ukuran yang lebih kecil, tetapi meningkatkan jumlah individu yang sangat cepat. Sedangkan secara seksual sel foraminifera yang sudah dewasa dapat menghasilkan jutaan ovum dan sperma. Ovum dan sperma yang sudah masak akan keluar dari *test*. Sebuah ovum akan dibuahi oleh sperma dari individu yang berbeda dan membentuk zigot. Selanjutnya zigot akan berkembang menjadi individu baru. Perkembangbiakan secara seksual relatif jarang dilakukan. Cara perkembangbiakan seksual menghasilkan individu dengan ukuran yang relatif besar (Sukandarrumidi *et al.*, 2020).

Makanan foraminifera cukup beragam mulai dari *pennate* diatom, flagellata, alga, gamet dari alga, bakteri, copepoda, echinodermata kecil, nematoda, infusoria, spora, mikrokrustasea, siliata, dan foraminifera lain. Makanan tersebut ditangkap foraminifera dengan menggunakan *pseudopodia* yang dibentuk dari juluran protoplasma yang keluar melalui lubang cangkang (Boltovskoy & Wright, 1976).

Murray (2006) mengelompokkan jenis foraminifera berdasarkan cara makannya ke dalam beberapa kelompok yakni: a. Bakterivor: jenis ini merupakan jenis yang paling primitif, antara lain *Allogromiids*, *Ammonia*, *Textularia* dan *Quinqueloculina*; b. Herbivor: jenis ini terbatas pada zona eufotik, seperti *Ammonia*, *Bolivina*, *Elphidium* dan *Rosalina*; c. Karnivor: jenis yang bergerak cepat dan kanibal, contohnya adalah *Amphistegina*, *Astrorhiza*, *Elphidium*, *Floresina*, *Patellina* dan *Peneroplis*; d. Detritivor: jenis ini berada pada sedimen di bawah zona eufotik, contohnya antara lain *Epistominella*, *Fursenkoina*, *Tinogullmia*; e. Omnivor: umumnya bentuk foraminifera yang oportunistik; contohnya antara lain *Astrammia* dan *Astrorhiza*; f. Pasif pemakan suspensi: jenis ini termasuk epifauna dan sesil, antara lain *Astrorhiza*, *Fontbotia*, *Miliolinella*, *Planulina*, dan *Rupertia*.

Proses predasi terhadap foraminifera mengontrol dan membatasi jumlah individu namun tidak membatasi distribusi foraminifera. Predator foraminifera antara lain: a. phylum mollusca seperti gastropoda, bivalvia, scaphopoda, *Chiton*, nudibranchs); b.

phylum echinodermata seperti *Asteroidea*, *Ophiuroidea*, *Crinoidea*, *Holonthurian*, *Echinoid*); c. phylum porifera seperti tunicate; d. phylum arthropoda dari kelas crustacea berupa udang; e. hewan cacing dari phylum annelida seperti polychaeta dan phylum nematoda; dan f. Ikan (Murray, 2006).

D. Aplikasi Foraminifera sebagai Bioindikator

Foraminifera merupakan bagian dari meiobentik komunitas dasar perairan yang berperan sebagai produsen sekaligus pembentuk kalsium karbonat (CaCO_3) pada sedimen di hampir seluruh dasar laut (Rositasari, 2011). Kalsium karbonat (CaCO_3) yang dihasilkan foraminifera merupakan salah satu elemen pembentuk terumbu karang. Nybakken & Bertness (2006) menyatakan keberadaan foraminifera bentik dapat meningkatkan proses kalsifikasi terumbu karang antara 20 sampai 40 kali dibandingkan dengan biota lain yang tidak berasosiasi dengan foraminifera bentik tersebut.

Foraminifera dengan jenis tertentu sangat berpotensi untuk digunakan dalam mengetahui perubahan lingkungan akibat dari perubahan iklim yang terjadi, karena sifatnya yang sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan. Sebagai contohnya sebagian besar pantai dan sedimen di Great Barrier Reef sangat didominasi oleh organisme foraminifera, sehingga foraminifera bentik sangat penting dalam pembentukan sedimen pada ekosistem terumbu karang (Uthicke & Nobes, 2008).

Foraminifera bentik berpotensi mengalami gangguan jika ada perubahan kondisi perairan yang menjadi habitatnya. Tidak hanya keberadaan bahan pencemar saja, tetapi adanya cekaman lingkungan dengan berkurangnya kandungan oksigen terlarut di suatu perairan (*hypoxia*) dan meningkatnya tingkat keasaman air laut atau *ocean acidification* mengakibatkan gangguan terhadap foraminifera bentik (Mullyadi, 2015).

Foraminifera dipilih sebagai indikator lingkungan karena foraminifera tertentu memerlukan kesamaan kualitas air dengan berbagai biota pembentuk terumbu karang, dan siklus hidupnya yang cukup singkat sehingga dapat menggambarkan perubahan lingkungan yang terjadi dalam waktu cepat. Disamping itu, foraminifera merupakan organisme yang berukuran relatif kecil, jumlahnya berlimpah dan mudah dikoleksi (Arinalhaq *et al.*, 2017).

Pemilihan foraminifera sebagai bioindikator dalam menilai kualitas lingkungan karena a) terumbu, zooxanthellae, dan foraminifera yang memiliki alga simbion memiliki kesamaan kualitas perairan untuk tumbuh dan berkembang, b) rentang waktu hidup foraminifera cukup pendek dibandingkan koloni karang sehingga perubahan lingkungan akan segera mempengaruhi foraminifera, c) foraminifera berukuran relatif kecil, jumlahnya melimpah, mudah dan cepat dikoleksi dengan biaya yang relatif murah,

jumlahnya dapat diolah secara statistik, dan ideal sebagai komponen dari program pemantauan yang komprehensif, d) pengambilan foraminifera tidak merusak ekosistem terumbu karang (Hallock *et al.*, 2003).

FORAM (*Foraminifera in Reef Assessment and Monitoring*) Index merupakan metode sederhana yang diperkenalkan oleh Hallock *et al.* (2003) untuk memantau kondisi terumbu karang dengan menggunakan proporsi dari perhitungan indeks keanekaragaman foraminifera sebagai biota yang berasosiasi dengan terumbu karang (Natsir & Subkhan, 2010). Penggunaan FORAM Index dalam menentukan kualitas perairan yang sesuai untuk kehidupan komunitas alga simbion penopang keberadaan terumbu karang. Hal ini terjadi karena adanya kesamaan prinsip fisiologi antara terumbu karang dan foraminifera bentik yaitu ketergantungannya terhadap alga simbion untuk meningkatkan pertumbuhan dan kalsifikasi (Toruan, 2011).

Prinsip dari FORAM Index yakni mengkuantifikasi proporsi antara kelompok fungsional foraminifera bentik yang mengandung alga simbion dengan kelompok foraminifera lainnya. Kelompok pertama adalah spesies yang melakukan simbion dengan terumbu karang. Kelompok ini mewakili genus foraminifera yang hidup di lingkungan yang sama dengan karang. Kemudian, kelompok oportunistik merupakan genus yang toleran pada lingkungan yang tertekan, jenis substrat dan kondisi lingkungan lainnya. Kelompok ketiga yaitu kelompok foraminifera kecil lainnya yang bersifat heterotrofik. Hasil kuantifikasi ini dapat merefleksikan kondisi lingkungan ekosistem terumbu karang yang kondusif untuk pertumbuhan terumbu karang (Narayan & Pandolfi, 2010).

Tabel 2. Kelompok fungsional foraminifera (Hallock *et al.*, 2003)

Functional Group	Ordo	Family	Genus	
Symbiont-Bearing	Rotaliida	Amphisteginidae	<i>Amphistegina</i>	
		Calcarinidae	5 genera	
		Nummulitidae	<i>Heterostegina</i> 3 other genera	
	Miliolida	Alveolinidae	<i>Alveolinella</i>	<i>Borelis</i>
			Peneroplidae	Several genera
		Soritidae	<i>Sorites</i>	<i>Amphisorus</i>
				3 genera <i>Marginopora</i>
Opportunistic	Trochamminida	Trochamminidae	Several genera	

Tabel 2. (Lanjutan) Kelompok fungsional foraminifera (Hallock *et al.*, 2003)

Functional Group	Ordo	Family	Genus
Opportunistic	Textulariida	Lituolidae	Several genera
	Buliminida	Bolivinidae	Several genera
		Buliminidae	Several genera
		Rotaliida	Rotaliidae
		Elphidiidae	<i>Elphidium</i>
Other Small Taxa (Heterotrophic)	Miliolida	Most except larger taxa noted above	
	Rotaliida	Most except those noted above	
	Textulariida	Most	

Pada perairan laut foraminifera yang berasal dari kelompok alga simbion mendapatkan simbion dengan cara menangkapnya menggunakan *reticulopodia*. Simbion foraminifera dapat berupa zooxanthella (berwarna kuning atau coklat) dimana sebagian besar merupakan kelompok dinoflagelata meskipun beberapa merupakan diatom. Simbion tersebut umumnya berada pada foraminifera yang terletak pada perairan dangkal dengan intensitas cahaya yang tinggi dan memiliki dinding cangkang yang transparan (Boltovskoy & Wright, 1976). Foraminifera bentik dari masing-masing kelompok memiliki tipe simbion yang berbeda dari setiap taksa. Beberapa taksa foraminifera dengan tipe simbion dapat dilihat pada Tabel 3 (Uthicke & Nobes, 2008).

Tabel 3. Kelompok fungsional foraminifera (Hallock *et al.*, 2003)

Sub ordo	Famili	Genus	Tipe Simbion
Rotaliina	Calcarinidae	<i>Baculogypsina</i>	Diatom
		<i>Calcarina</i>	Diatom
		<i>Neorotalia</i>	Diatom
	Amphisteginidae	<i>Amphistegina</i>	Diatom
	Numulitidae	<i>Heterostegina</i>	Diatom
		<i>Operculina</i>	Diatom
Miliolina	Alveolinidae	<i>Alveolinella</i>	Diatom
	Peneroplidae	<i>Peneroplis</i>	Alga Merah
	Soritidae	<i>Marginopora</i>	Dinoflagelata
		<i>Sorites</i>	Dinoflagelata

Kelompok foraminifera bentik yang mengandung alga simbion akan melimpah pada ekosistem terumbu karang yang sehat. Penggunaan foraminifera bentik sebagai bioindikator ekosistem terumbu karang direkomendasikan dengan prioritas yang tinggi dalam kerangka program monitoring jangka panjang dan monitoring jangka pendek seperti analisa dampak lingkungan (Cooper *et al.*, 2009).

E. Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Keberadaan Foraminifera

Foraminifera benthik hidup pada permukaan dasar perairan serta banyak ditemukan di perairan laut dangkal. Aktivitas kehidupan dan sebaran foraminifera benthik dipengaruhi oleh faktor abiotik dan biotik dari lingkungan tempat hidupnya (Oriana *et al.*, 2017). Cara hidupnya yang menempelkan diri pada sedimen, batuan, tumbuh-tumbuhan laut dan karang yang berada di dasar perairan. Akibatnya foraminifera benthik sangat sensitif terhadap berbagai perubahan lingkungan seperti temperatur (suhu), salinitas, cahaya, kedalaman dan DO (oksigen terlarut) (Gustiantini & Usman, 2016).

1. Suhu

Pertumbuhan dan keberadaan foraminifera sangat dipengaruhi oleh tingkat derajat panas dan dinginnya perairan. Foraminifera dapat ditemukan pada kisaran suhu 1-30°C (Haq & Boersma, 1984). Perairan hangat (tropis) foraminifera dapat tumbuh optimal pada kisaran suhu antara 21 sampai 26°C (Boltovskoy & Wright, 1976). Pada suhu terendah foraminifera mempunyai ukuran cangkang yang maksimal dan komposisi yang padat, sedangkan pada suhu air yang tinggi foraminifera kurang dapat bertahan pada kondisi tersebut (Okvariani, 2002).

2. Kekeruhan

Kekeruhan yang tinggi menyebabkan fitoplankton yang berada dalam kolom perairan tidak dapat melakukan fotosintesis dengan efektif, sehingga pasokan makanan untuk foraminifera menjadi berkurang (Boltovskoy & Wright, 1976). Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no.51 tahun 2004, nilai kekeruhan yang baik untuk biota laut seperti foraminifera yaitu sebesar <5 NTU. Kekeruhan yang berlebihan memberikan dampak yang merugikan bagi foraminifera karena jumlahnya akan berkurang baik karena mati atau tidak terjadinya regenerasi (Kapid & Pringgoprawiro, 2000).

3. Salinitas

Foraminifera benthik dominan pada kisaran salinitas (18-34‰), namun sebagian besar spesimen foraminifera benthik menunjukkan pertumbuhan rata-rata tertinggi dan kelimpahan populasi besar pada perairan salinitas 34‰ (Boltovskoy & Wright, 1976).

Perairan dengan salinitas rendah, keragaman foraminifera akan rendah, ukuran cangkang mengecil dan menipis, terjadi transformasi dari cangkang berkapur menjadi berkitin, hilangnya ornamentasi cangkang, pola ornamentasi cangkang berubah dan komunitas foraminifera didominasi oleh tipe agglutinin. Hal ini terjadi akibat adanya

penurunan sekresi kalsium karbonat (CaCO_3) dari dalam protoplasma (Boltovskoy & Wright, 1976).

4. pH (Derajat Keasaman)

pH (derajat keasaman) perairan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan foraminifera benthik. Kisaran nilai pH yang baik dalam menunjang pertumbuhan foraminifera berada pada kisaran 7,0-8,5 (Noortiningsih *et al.*, 2012). Perairan dengan kandungan pH rendah akan membatasi distribusi foraminifera dan menyebabkan tekanan bagi kehidupannya. pH yang rendah juga memiliki korelasi dengan rendahnya kelimpahan foraminifera dan tingginya dominasi foraminifera jenis aglutinin dibandingkan gampingan. Pada sedimen, rendahnya pH akan menyebabkan larutnya cangkang (Boltovskoy & Wright, 1976).

5. Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut dibutuhkan oleh biota untuk pernafasan dan penguraian bahan-bahan organik. Dugaan bahwa kebutuhan oksigen pada foraminifera sangatlah kecil (Rositasari, 1997). Kisaran nilai kandungan oksigen terlarut pada perairan yang ideal bagi pertumbuhan foraminifera berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, yaitu sebesar $> 5 \text{ mg/L}$.

Rendahannya kandungan oksigen akan mengurangi kemampuan foraminifera untuk mensekresi kalsium karbonat, terutama pada kondisi perairan yang bersifat asam, akibatnya akan mereduksi jumlah spesies foraminifera benthik, meningkatkan kelimpahan beberapa jenis tertentu, merubah morfologi dan membatasi distribusi (Boltovskoy & Wright, 1976).