

SKRIPSI

STRUKTUR KOMUNITAS FORAMINIFERA BENTIK DAN FORAMINIFERA PLANKTONIK PADA PERAIRAN SPERMONDE KOTA MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh:

ASMAN

L011 19 1037



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

**STRUKTUR KOMUNITAS FORAMINIFERA BENTIK DAN
FORAMINIFERA PLANKTONIK PADA PERAIRAN
SPERMONDE KOTA MAKASSAR**

ASMAN

L011 19 1037

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

Struktur Komunitas Foraminifera Bentik dan Foraminifera Planktonik Pada Perairan Spermonde Kota Makassar

Disusun dan diajukan oleh:

ASMAN

L011 19 1037

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. 196572091992021001

Pembimbing Anggota,

Dr. Syafyuddin Yusuf, ST., M.Si
NIP. 196907191996031004

Mengetahui oleh :

Ketua Program Studi Ilmu kelautan,



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Asman

NIM : L011191037

Program Studi: Ilmu Kelautan

Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Struktur Komunitas Foraminifera Bentik dan Foraminifera Planktonik pada Perairan Spermonde Kota Makassar”** 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,



Asman
NIM. L01119037

PERNYATAAN AUTHORSHIP

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

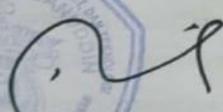
Nama : Asman
NIM : L011191037
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

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 tentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

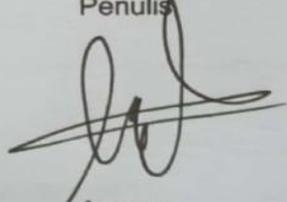
Makassar, 24 November 2023

Mengetahui,

Ketua Departemen Ilmu Kelautan


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

Penulis


Asman
NIM. L011191037

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
PERYATAAN AUTHORSHIP	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	v
ABSTRAK	vii
ABSTRAC	viii
KATA PENGANTAR	ix
BIODATA PENULIS	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan dan Kegunaan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Foraminifera.....	4
B. Morfologi Foraminifera.....	5
1. Aperture	6
2. Bentuk cangkang (test).....	6
3. Bentuk kamar	10
4. Ornamen (hiasan) foraminifera.....	10
C. Reproduksi Foraminifera.....	11
D. Foraminifera sebagai Bioindikator.....	12
E. Penyebaran Foraminifera Planktonik dan Foraminifera Bentik.....	13
F. Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Foraminifera	15
1. Kecepatan Arus	15
2. Salinitas	15
3. pH (Derajat Keasaman)	15
4. Suhu.....	16
5. Kekeruhan dan Kecerahan	16
6. Alkalinitas	16
III. METODE PENELITIAN	17
A. Waktu dan Tempat	17
B. Alat dan Bahan	18

C. Prosedur Kerja.....	19
1. Tahap Persiapan.....	19
2. Tahap Penentuan Stasiun.....	19
3. Tahap Pengambilan Data Lapangan.....	20
4. Pengukuran Parameter Lingkungan.....	21
5. Formula Penentuan Data.....	22
IV. HASIL.....	26
A. Gambaran Umum Lokasi.....	26
B. Kondisi Lingkungan.....	27
a. Salinitas (ppt).....	27
b. Suhu (°C).....	28
c. pH (Derajat keasaman).....	28
d. Kecepatan Arus (m/s).....	28
e. Kecerahan (m).....	28
f. Kekeruhan (NTU).....	28
g. Alkalinitas total (mg/L).....	28
C. Kekayaan dan Distribusi jenis Foraminifera.....	29
D. Komposisi Foraminifera.....	32
1. Komposisi Individu Setiap Famili Foraminifera Bentik.....	32
2. Komposisi Individu Jenis Foraminifera Planktonik.....	34
E. Indeks Ekologi Foraminifera.....	35
F. Kelimpahan Foraminifera.....	35
G. Korelasi parameter lingkungan terhadap kelimpahan foraminifera.....	36
V. PEMBAHASAN.....	37
A. Komposisi dan kelimpahan foraminifera.....	37
1. Foraminifera Bentik.....	37
2. Foraminifera Planktonik.....	39
B. Indeks ekologi (keanekaragaman, keseragaman dan dominansi) foraminifera.....	40
C. Parameter Lingkungan Perairan.....	41
D. Korelasi Parameter Lingkungan Terhadap Kelimpahan Foraminifera.....	42
VI. PENUTUP.....	44
A. Kesimpulan.....	44
B. Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN.....	50

ABSTRAK

Asman L011191037. “Struktur komunitas foraminifera planktonik dan foraminifera bentik pada perairan Spermonde , Kota Makassar”, dibimbing **Abdul Haris** selaku sebagai Pembimbing Utama dan **Syafyudin Yusuf** sebagai Pembimbing Anggota.

Ekosistem laut mempunyai keanekaragaman biota yang cukup tinggi, termasuk diantaranya adalah foraminifera . Sebagai biota yang mampu hidup secara planktonik maupun secara bentik. penelitian ini memiliki 3 tujuan yaitu : 1) Mengidentifikasi komposisi jenis dan kelimpahan foraminifera planktonik dan bentik. 2) Mengetahui tingkat keanekaragaman, keseragaman dan dominansi foraminifera planktonik dan bentik di perairan Spermonde. 3) Mengetahui korelasi parameter lingkungan terhadap kelimpahan foraminifera bentik dan foraminifera planktonik. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan juli- Agustus 2023 di perairan Spermonde, kota Makassar. Pengambilan sampel foraminifera bentik dan planktonik dilakukan secara langsung di lapangan dengan 3 titik stasiun penelitian yaitu pada zona neritik dan oseanik. Metode pengambilan data oseonografi dilakukan secara insitu (lapangan) dan eksitu (Laboratorium). Hasil penelitian dari 3 stasiun ditemukan 854 individu foraminifera bentik dari 21 spesies dan 16 famili serta 5 individu foraminifera planktonik dari 2 spesies dan 2 famili. Stasiun 1 memiliki keanekaragaman dan keragaman jenis yang sedang, sedangkan stasiun 2 memiliki keanekaragaman dan keragaman jenis yang rendah. Adapun stasiun 3 memiliki dominansi jenis yang rendah. Selain itu dari analisis PCA (*Principle Component Analysis*) didapatkan pada Stasiun 3 dicirikan dengan arus yang kencang, kekeruhan dan kelimpahan foraminifera.

Kata Kunci: *Faktor Lingkungan, Foraminifera, Indeks Ekologi, Spermonde*

ABSTRAC

Asman L011191037. *"Community structure of planktonic foraminifera and benthic foraminifera in Spermonde waters, Makassar City"*, supervised by **Abdul Haris** as the Main Supervisor and **Syafyudin Yusuf** as Member Supervisor.

Marine ecosystems have a high diversity of biota, including foraminifera. As a biota that is able to live planktonically or benthically, this research has 3 objectives, namely: 1) Identify the species composition and abundance of planktonic and benthic foraminifera. 2) Knowing the level of diversity, uniformity and dominance of planktonic and benthic foraminifera in Spermonde waters. 3) Knowing the correlation relationship of environmental parameters to the abundance of planktonic foraminifera and benthic foraminifera. This study was conducted in July-August 2023 in the waters of Spermonde, Makassar city. Sampling of planktonic and benthic foraminifera was conducted directly in the field with 3 research station points in the neritic and oceanic zones. Oceanographic data collection methods were carried out in situ (field) and exitu (laboratory). The results of research from 3 stations found 854 individuals of benthic foraminifera from 21 species and 16 families and 5 individuals of planktonic foraminifera from 2 species and 2 families. Station 1 has high species diversity and diversity, while station 2 has low species diversity and diversity. Station 3 has a low species dominance. In addition, from the PCA (Principle Component Analysis) analysis, it was found that Station 3 was characterized by strong currents, turbidity and abundance of foraminifera.

Keywords: *Environmental Factors, Foraminifera, Ecological Index, Spermonde*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrahim

Alhamdulillahirobbila`laamiin, segala puji bagi Allah atas segala nikmat, rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam tak lupa penulis haturkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW atas contoh teladannya sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan skripsi penelitian yang berjudul “Struktur Komunitas Foraminifera Planktonik dan Foraminifera Bentik pada Perairan Spermonde, Makassar”. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam mencapai gelar sarjana di Program Studi Ilmu Kelautan, Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi ini, tidak lepas dari bantuan moril, pendapat, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis.

Penulis mengucapkan terima kasih dan rasa hormat kepada Ayahanda tercinta **Arifin** dan ibunda tercinta **Wati** atas doa, kasih sayang, kerja keras, motivasi, semangat dan bimbingannya dalam mendidik dan membesarkan penulis. Serta kepada Kakak saya **Firdaus** yang telah memberikan dorongan dan dukungannya. Penulis dengan sepenuh hati menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak **Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M.Si** sebagai pembimbing utama dan bapak **Dr. Syafyudin Yusuf, ST., M.Si** selaku pembimbing anggota yang senantiasa memberikan nasehat, ilmu dan bantuannya dalam memberikan bimbingan, arahan sertamasukan dalam penulisan skripsi ini.

Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga pula kepada :

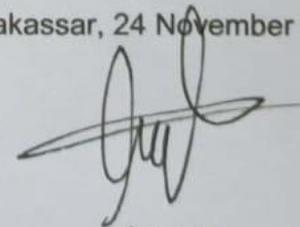
1. Bapak **Hendra Hasim, S.Kel., M.Si**, Ibu **Prof.Dr.Ir. Andi Niartingisih, MP.** selaku penguji yang memberikan kritik dan saran yang membangun selama penelitian dan penulisan skripsi.
2. Ibu **Prof.Dr.Ir Andi Niartingisih, MP.** selaku penasehat akademik yang selalu memberikan masukan selama kuliah di Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin.
3. Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan **Prof. Safruddin, S.Pi., MP., Ph.D**, Ketua Program Studi Ilmu Kelautan Bapak **Dr. Khairul Amri, ST., M.Sc.Stud** beserta seluruh **Bapak dan Ibu dosen** Departemen Ilmu Kelautan atas ilmu pengetahuan yang diberikan dari awal perkuliahan sampai saat ini, serta **Tenaga Kependidikan FIKP** Unhas yang telah melancarkan pengurusan

- administrasi akademik dari awal perkuliahan hingga penyelesaian studi kami.
4. Tim lapangan (**Indra Syukri, Rafa Muhammad Syafiq Tantular, Tomy Petrus, Muh. Akbar, S.Kel, M. Arif Rahmanul Hakim Pasya, S.Kel**) yang telah memberi waktu dan tenaga untuk membantu penulis dalam mengambil data di lapangan.
 5. Tim laboratorium (**Rafa Muhammad Syafiq Tantular dan Nur Afifa Nawing, S.Kel**) yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu penulis dalam Analisi data.
 6. Teman-teman **MARIANAS** yang telah banyak membantu penulis selama masa perkuliahan, terima kasih atas pertemanan, kerjasama, kenangan maupun bantuandari awal perkuliahan hingga akhir drama perkuliahan ini.
 7. Keluarga besar **KEMAJIK FIKP UNHAS** terima kasih atas segala pengamalan dan bimbingan ilmu organisasi selama penulis berproses sebagai mahasiswa hingga menyelesaikan skripsi ini.
 8. **Teman-teman KKNT DESA WISATA 6 LIMPOMAJANG** yang memberikan semangat dan dukungan dalam penyelesaian Skripsi ini.
 9. **Teman-teman KAWAN SE-BONE (Suciana, Lala Saskia, Nugraha Ali Dimyati, Andi Indrawansyah)** yang memberikan semangat dan dukungan dalam penyelesaian Skripsi ini.
 10. Kamu pemilik NIM L051191025 yang telah kebersamai penulis pada hari-hari yang tidak mudah selama proses pengerjaan tugas akhir.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan masukan bagi pembaca, sekian dan terima kasih.

Wassalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Makassar, 24 November 202



Asman

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Asman, biasa dipanggil man atau maman, lahir di Baleleng 21 Mei 2001 yang merupakan anak Kedua dari pasangan Arifin dan Wati. Penulis menyelesaikan Pendidikan dasar di SD INP 6/75 Wellulang pada tahun 2013, SMP Al-Islam Wellulang pada tahun 2016 dan SMAN 20 Bone pada tahun 2019. Selanjutnya pada tahun 2019 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Universitas Hasanuddin Makassar, di Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Departemen Ilmu Kelautan, Program Studi Ilmu Kelautan melalui jalur SNMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti perkuliahan dan ikut dalam berbagai kepanitiaan dan telah mengikuti Latihan Manajemen Mahasiswa (LK1). Penulis bergabung dalam organisasi MSDC sebagai anggota muda. Penulis juga telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik Desa Wisata Soppeng Gelombang 108 di Kelurahan Limpomajang, Kecamatan Marioriawa, Kabupaten Soppeng.

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana kelautan, penulis menyusun skripsi dengan judul “Struktur komunitas foraminifera bentik planktonik dan foraminifera bentik di Perairan Spermonde, Kota Makassar” pada tahun 2023 yang dibimbing oleh Bapak Prof. Dr. Ir. Abdul Haris, M.Si selaku pembimbing utama dan Bapak Dr. Syafyudin Yusuf, ST.,M.Si selaku pembimbing pendamping.

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Alat penelitian yang digunakan.....	18
Tabel 2. Bahan penelitian yang digunakan	19
Tabel 3. Parameter lingkungan oseanografi pada setiap lokasi sampling	29
Tabel 4. Distribusi foraminifera bentik di kepulauan Spermonde	30
Tabel 5. Indeks ekologi Foraminifera bentik di Kepulauan Spermonde	35
Tabel 6. Kelimpahan foraminifera bentik dan Planktonik Perairan Kepulauan Spermonde.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bagian dan struktur tubuh Foraminifera (Suhaidi, 2008)	5
Gambar 2. Tipe aperture pada foraminifera (Loeblich dan Tappan, 1987)	6
Gambar 3. Bentuk test membulat pada <i>Praeorbulina glomerosa</i> dan silinder pada <i>Stilostomelia annulifera</i> (Blow, 1956)	7
Gambar 4. Bentuk test leher botol pada <i>Laena sulcata</i> (Walker and Jacob, 1798) dan sagitate pada <i>Bolivinita quadrilatera</i>	7
Gambar 5. Bentuk test kerucut rendah pada <i>Patellina corrugata</i> (Williamson, 1858) dan kerucut tinggi pada <i>Marssonella oxycona</i>)	8
Gambar 6. Bentuk test Palmate pada <i>Frondicularia saggitula</i> (Williamson, 1858) dan lentikuler pada <i>Globorotalia pleisiotumida</i> (Banner dan blow, 1965)	8
Gambar 7. Bentuk test botryoidal pada <i>Globigerina praebulloides</i> dan Subglobular pada <i>Globigerina tripartita</i>	9
Gambar 8. Bentuk test Planoconvex, arborescent, discoidal, biconcave, fusiform, sellae, flabelliform, dan tetrahedral (Jones et al., 1979)	9
Gambar 9. Jumlah dan susunan kamar foraminifera (Gupta, 1999)	10
Gambar 10. Peta lokasi pengambilan sampel foraminifera di perairan Spermonde, Kota Makassar	17
Gambar 11. Perairan Kepulauan Spermonde	26
Gambar 12. Foraminifera bentik dan foraminifera planktonik di Perairan Spermonde .	31
Gambar 13. Komposisi jenis foraminifera bentik berdasarkan famili di Kepulauan Spermonde	32
Gambar 14. Komposisi jenis berdasarkan spesies foraminifera di stasiun 1	33
Gambar 15. Komposisi jenis berdasarkan spesies foraminifera di stasiun 2	33
Gambar 16. Komposisi jenis berdasarkan spesies foraminifera di stasiun 3	34
Gambar 17. Komposisi jenis dan individu foraminifera planktonik yang ditemukan di Kepulauan Spermonde	34
Gambar 18. Keterkaitan parameter lingkungan terhadap parameter lingkungan berdasarkan analisis PCA (Principle Component Analysis).	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar foraminifera bentik dan planktonik yang teridentifikasi.....	51
Lampiran 2. Komposisi jenis dan kelimpahan foraminifera bentik dan planktonik.....	52
Lampiran 3. Nilai indeks ekologi foraminifera bentik pada lokasi penelitian	56
Lampiran 4 Parameter oseonografi.....	59
Lampiran 5. Hasil uji principal componenet analysis (PCA)	60
Lampiran 6. Dokumentasi penelitian	61

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ekosistem laut mempunyai keanekaragaman biota yang cukup tinggi, termasuk diantaranya adalah foraminifera. Sebagai biota yang mampu hidup secara planktonik atau sebagai makrobentos, foraminifera memiliki sebaran yang sangat luas. Secara umum hampir seluruh zona samudra dihuni oleh biota ini, walaupun dalam sebarannya jenis-jenis tertentu memilih habitat spesifik sesuai dengan kebutuhannya. Pemilihan habitat (sebaran) dari foraminifera merupakan suatu implikasi dari beragamnya karakteristik kondisi perairan yang dibutuhkan bagi setiap taxa (Rositasari, 2011). Siklus hidup foraminifera pendek, sehingga dapat memberi respon yang cepat terhadap perubahan lingkungan atau perubahan akibat aktivitas manusia (Dewi dan Darlan, 2008).

Foraminifera merupakan organisme yang sangat melimpah di lingkungan terumbu karang, untuk memproduksi material biogenik sebagai bahan pembentuk kerangka. Foraminifera melekat pada rumput laut, alga dan fragmen koral di Pulau Pari, Teluk Jakarta dan penciri utama lingkungan terumbu didominasi oleh *Calcarina* (Rositasari, 2011). Di paparan Spermonde, Sulawesi Selatan, foraminifera membentuk 40-80% sedimen dasar laut (Renema, 2008)

Foraminifera planktonik adalah foraminifera yang cara hidupnya mengambang atau melayang di air, sehingga fosil ini sangat baik untuk menentukan umur dari suatu lingkungan pengendapan atau umur dari suatu batuan (Anugrah, 2012). Foraminifera planktonik bermigrasi secara vertikal di kolam air dan melepaskan gamet pada kedalaman tertentu, umumnya mendekati zona *pycnocline* (Schiebel dan Hemeben, 2005), sedangkan foraminifera bentik adalah kelompok foraminifera yang hidup di atau dekat dasar laut dan bebas bergerak. Foraminifera bentik sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan karena organisme ini hidup dengan cara menempel pada sedimen, batuan, tumbuhan atau karang di dasar perairan, sehingga sangat berguna sebagai indikator lingkungan (Boltovskoy & Wright, 1976).

Foraminifera merupakan organisme bersel tunggal yang berukuran mikroskopis yang telah ada sejak zaman Kambrium (500-570 juta tahun lalu). Foraminifera memiliki cangkang yang tersusun dari komponen kalsium karbonat dan komponen lainnya dengan struktur yang bervariasi (Natsir, 2010). Spesies foraminifera yang berhasil ditemukan dan diidentifikasi yakni sekitar 275.000 spesies namun masih banyak lagi jenis foraminifera yang belum diidentifikasi (Loeblich & Tappan, 1987). Identifikasi dan klasifikasi foraminifera dapat dilakukan dengan melihat ciri-ciri cangkang seperti struktur dan komposisi, bentuk dan susunan kamar, aperture dan ornamentasi. Keunikan

foraminifera yakni pada bentuk, ciri, dan struktur cangkang yang merupakan kunci dalam mengidentifikasi jenis foraminifera (Dewi & Darlan, 2008). Cangkang foraminifera sangat beraneka ragam, ada yang memiliki bentuk rumit dan ada pula memiliki bentuk yang kompleks karena pengaruh habitatnya.

Kandungan kalsium karbonat dalam air laut merupakan fungsi dari temperatur, salinitas dan tekanan. Semakin tinggi temperatur dan salinitas serta semakin rendah tekanan, maka akan meningkatkan kelarutan dari kalsium karbonat. Umumnya komposisi dinding cangkang yang dimiliki oleh foraminifera, baik plankton maupun bentik merupakan dinding cangkang yang berkomposisi gampingan sehingga dalam pembentukannya sangat dipengaruhi oleh kadar kalsium karbonat yang terlarut dalam air laut tempat foraminifera tersebut hidup dan berkembang biak. Kelarutan kalsium karbonat dalam air turut pula mempengaruhi penyebaran dari foraminifera (Fauzielly, 2008).

Faktor lingkungan yang mempengaruhi sebaran foraminifera yaitu kedalaman, tipe sedimen, dan musim (Natsir 2010). Keberadaan foraminifera di Kepulauan Spermonde dijelaskan oleh Renema (2008) bahwa foraminifera membentuk 40-80% sedimen dasar laut di paparan Spermonde, Sulawesi Selatan. Troelstra et al. (1996) mendapatkan jenis *Calcarina spengleri* di Kepulauan Spermonde yang mendiami seluruh area terumbu karang, dari intensitas cahaya yang tinggi sampai yang rendah, dan dari substrat yang lembut sampai yang kasar. Penelitian serupa dilakukan oleh Renema & Troelstra (2001) di Kepulauan Spermonde menemukan foraminifera jenis *Neorotalia calcar* yang melimpah pada bagian yang lebih dalam di zona atas lereng karang dengan substrat berpasir, membentuk kumpulan yang padat dan dapat mentoleransi kisaran parameter lingkungan yang luas serta memiliki daya tahan lingkungan (*eurytopic*) sehingga dapat hidup pada perairan yang miskin unsur hara (*oligotrofik*) sampai perairan subur (*eutrofik*)

Kasnita (2020) mencatat sekitar 22 spesies foraminifera dari sedimen pasir daratan pulau Barrang Lompo ditemukan, dan di Teluk Jakarta sebanyak 300 spesies (Rositasari 2011). Perbedaan jumlah spesies foraminifera di Kepulauan Spermonde dan Teluk Jakarta mengundang pertanyaan penelitian ini. Hal ini akan memberi peluang untuk mencari spesies foraminifera yang belum ditemukan di Kepulauan Spermonde, sehingga penelitian ini berpeluang untuk menambah jumlah spesies foraminifera yang belum ditemukan.

B. Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) Mengidentifikasi komposisi jenis dan kelimpahan foraminifera planktonik dan bentik; (2) Mengetahui tingkat keanekaragaman, keseragaman dan dominansi foraminifera planktonik dan bentonik di perairan Spermonde; dan (3) Mengetahui korelasi parameter lingkungan terhadap kelimpahan foraminifera planktonik dan foraminifera bentonik, sedangkan kegunaan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan data atau informasi komposisi jenis, kelimpahan, keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi foraminifera planktonik dan bentik di Perairan Kepulauan Spermonde.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Foraminifera

Foraminifera merupakan kelompok organisme bercangkang yang tergolong ke dalam Subfilum *Sarcodina*, filum Protozoa, dan keberadaannya melimpah di berbagai lingkungan laut (Organisme ini memiliki ukuran tubuh 0.1-2 mm (Levinton, 2009), dapat hidup secara melayang (planktonik) maupun di dasar laut (bentonik), memiliki satu atau lebih kamar yang terpisah satu sama lain oleh sekat (septa) yang ditembus oleh banyak lubang halus (foramen) (Jurnaliah *et al.*, 2017). Foraminifera berperan sebagai organisme indikator yang ideal karena memiliki siklus hidup relatif singkat sehingga memfasilitasi peristiwa rekaman episodik, ukuran yang relatif kecil dan jumlahnya yang melimpah, proses pengkoleksiannya tidak berdampak terhadap sumberdaya alam, dan tidak mengganggu keseimbangan ekosistem lingkungan laut (Hallock *et al.*, 2003). Organisme ini banyak hidup di perairan laut dalam dan dangkal seperti di Delta Wulan, Demak dan

Menurut habitatnya, foraminifera dibagi menjadi foraminifera planktonik dan foraminifera bentik. Foraminifera merupakan organisme bersel tunggal yang mempunyai kemampuan membentuk cangkang dari zat-zat yang berasal dari dirinya sendiri atau dari benda asing di sekelilingnya. Dinding cangkang tersebut mempunyai komponen dan struktur yang bervariasi. Foraminifera planktonik awalnya ditemukan dan dipelajari dalam sampel sedimen. Dengan menggunakan kekayaan karakter morfologi cangkangnya, klasifikasinya didasarkan sepenuhnya pada karakter kerangkanya. Dengan cara ini, konsep spesies hidup dan fosil adalah kongruen, dan asal usul evolusi spesies hidup dapat dilacak dalam catatan fosil (Aze *et al.*, 2011).

Foraminifera planktonik adalah protista laut dengan hiasan cangkang kalsit, yang telah menghuni perairan laut bagian atas sejak zaman Jurassic. Mereka berlimpah di semua pengaturan samudra, mulai dari pilin tropis oligotrofik dan daerah upwelling yang produktif hingga perairan terdingin di daerah kutub. Sementara biomasnya hanya merupakan bagian kecil dari plankton, cangkang kalsitnya merupakan bagian yang signifikan dari fluks karbonat pelagis (Schiebel, 2002). Cangkang ini terakumulasi dalam sedimen laut, di mana mereka membentuk arsip unik perubahan iklim dan biotik. Arsip ini dapat diuraikan karena komposisi unsur dan isotop cangkang foraminifera mengandung sinyal kimia dan fisik yang berkaitan dengan keadaan habitat tempat mereka diendapkan. Hal ini menjadikan foraminifera planktonik sebagai alat penting dalam paleoseanografi dan paleoklimatologi (Kucera, 2007).

Foraminifera bentik merupakan foraminifera yang hidup pada permukaan dasar perairan serta banyak ditemukan di perairan laut dangkal. Aktivitas kehidupan dan

sebaran foraminifera bentik dipengaruhi oleh faktor abiotik dan biotik dari lingkungan tempat hidupnya (Oriana et al., 2011). Berdasarkan ukurannya, foraminifera dapat dibagi menjadi foraminifera bentik kecil berukuran rata-rata 1 mm dan foraminifera bentik besar yang berukuran lebih dari 1 mm. Foraminifera bentik besar umumnya hidup berasosiasi dengan ekosistem terumbu karang dan mempunyai struktur cangkang yang lebih kompleks dibandingkan dengan foraminifera bentik kecil (Sidiq *et al.*, 2016 dalam Zubaida 2019).

Secara umum foraminifera diklasifikasi sebagai berikut :

Kingdom : Protista

Phylum : Sarcomastigophora

Subphylum: Sarcomastigophora

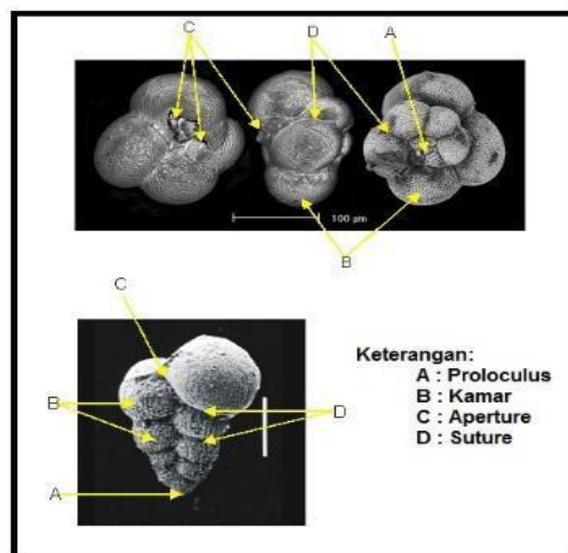
Superclass: Rhizopodea

Class : Granula

Ordo: Foraminifera (Loeblich & Tappan (1987)

B. Morfologi Foraminifera

Foraminifera merupakan mikroorganisme bagian dari meiofauna yang hidup menempelkan diri pada substrat dan sering dijadikan objek penelitian karena keberadaannya yang tersebar hampir di seluruh perairan Indonesia khususnya laut. Ukuran tubuh yang beragam berkisar 1 mm – 180 mm (Armstrong dan Brasier, 2005 dalam Irlani *et al* 2013)

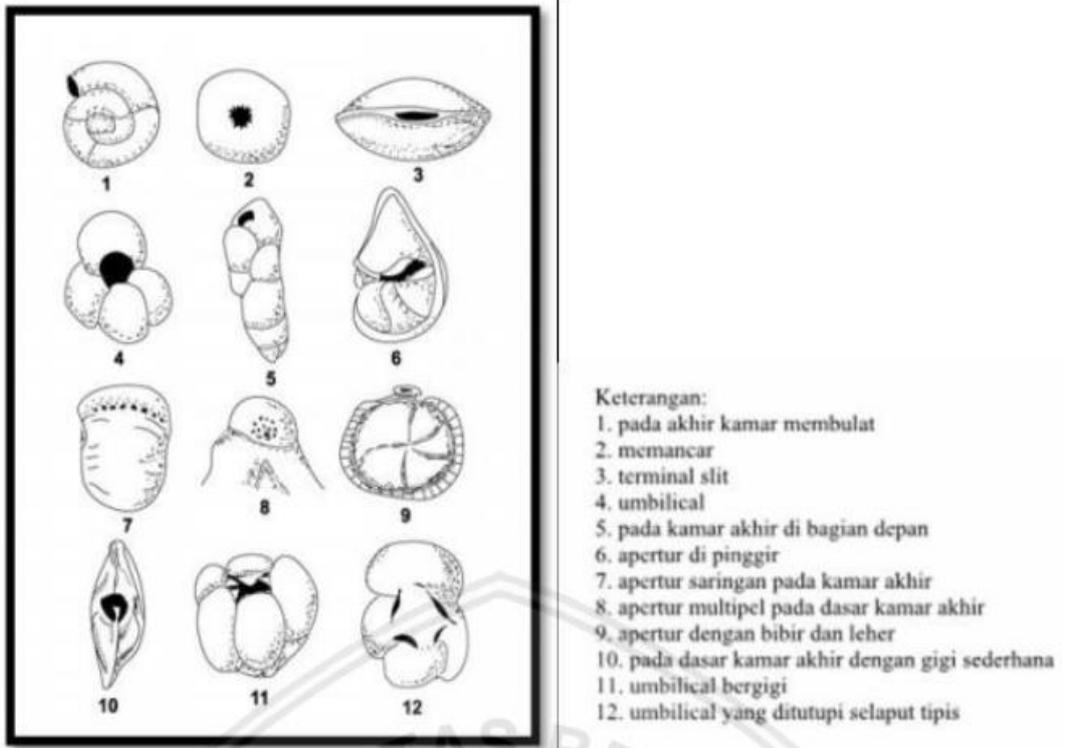


Gambar 1. Bagian dan struktur tubuh Foraminifera (Suhaidi, 2008)

Dalam analisis mikrofosil, determinasi foraminifera dapat dilakukan dengan melihat morfologinya, yaitu komposisi dinding, cangkang, jumlah dan susunan kamar, aperture, ornamentasi, serta septa dan sutura (Hanuun, 2016)

1. Aperture

Aperture adalah lubang utama dari *test foraminifera* yang terletak pada kamar terakhir. Dimana lubang ini berfungsi sebagai tempat memasukkan makanan maupun perlindungan diri dari predator. Sehingga aperture memiliki peranan sangat penting.

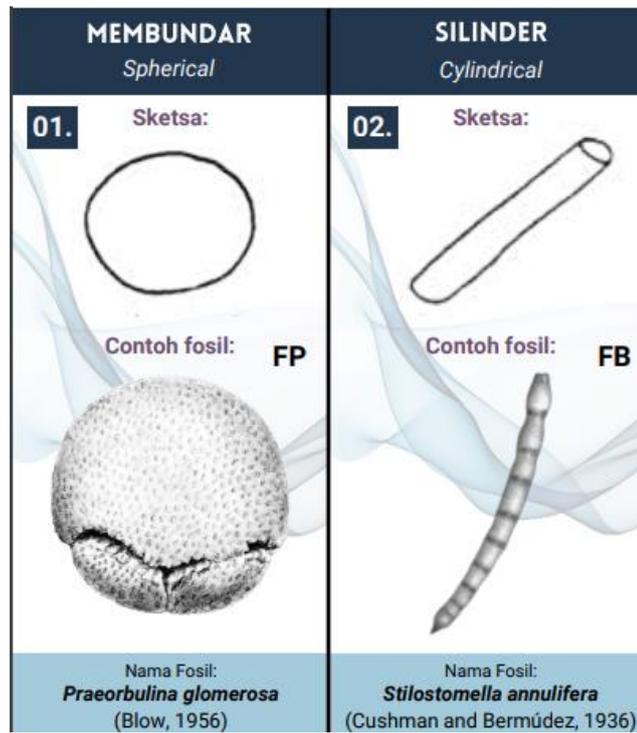


Gambar 2. Tipe aperture pada foraminifera (Loeblich dan Tappan, 1987)

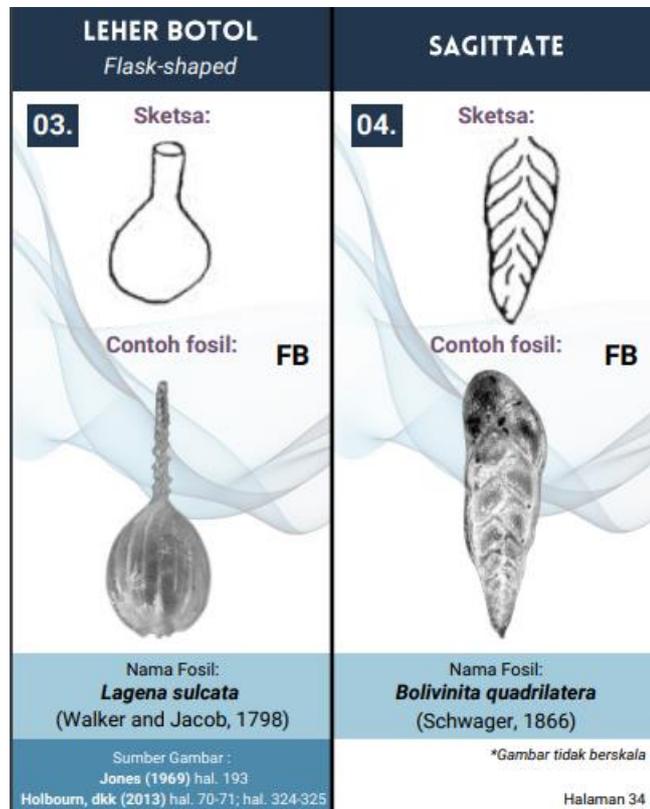
2. Bentuk cangkang (test)

Bagian terpenting dari foraminifera adalah cangkangnya. Bahan penyusun cangkang foraminifera dapat berasal dari CaCO_3 , yang dihasilkan oleh foraminifera itu sendiri, atau dari partikel lingkungan lainnya. Cangkang foraminifera memiliki karakteristik tertentu yang dapat dijadikan kunci untuk mendefinisikan dan menganalisis foraminifera berdasarkan morfologi dan struktur cangkang (Boersma, 1978).

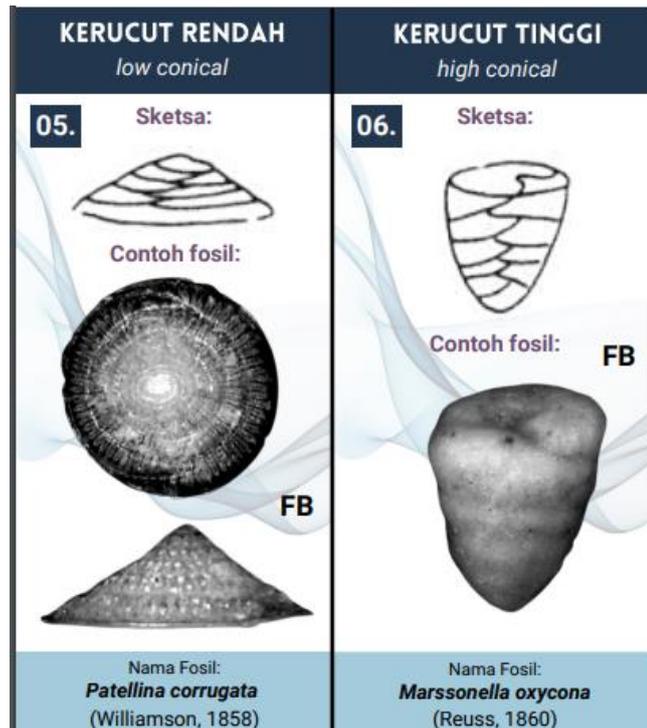
Bentuk *test* adalah bentuk keseluruhan dari cangkang *foraminifera*.



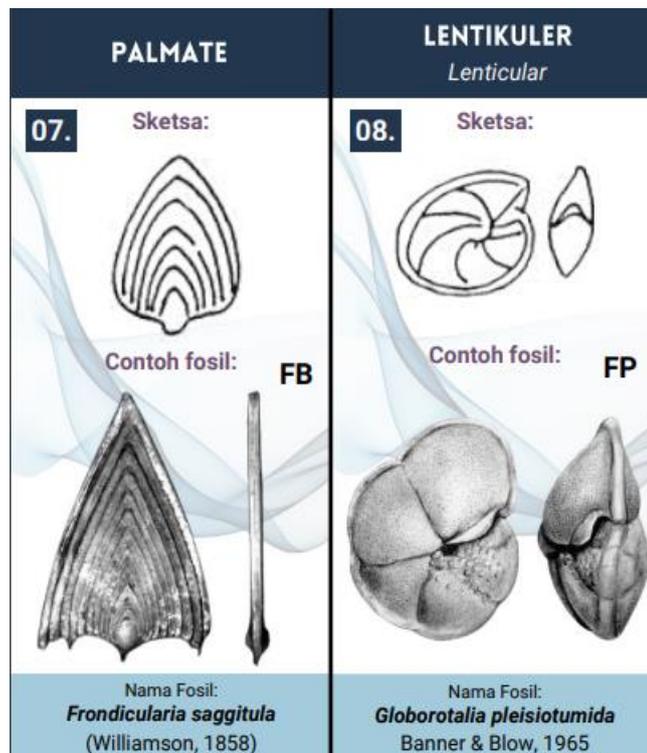
Gambar 3. Bentuk test membundar pada *Praeorbulina glomerosa* dan silinder pada *Stilostomelia annulifera* (Blow, 1956)



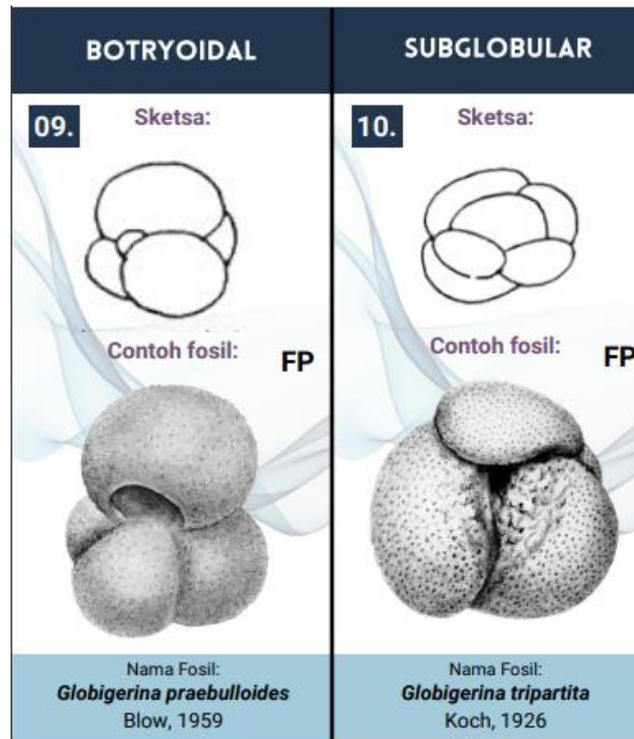
Gambar 4. Bentuk test leher botol pada *Laena sulcata* (Walker and Jacob, 1798) dan sagitate pada *Bolivinita quadrilatera*



Gambar 5. Bentuk test kerucut rendah pada *Patellina corrugata* (Williamson, 1858) dan kerucut tinggi pada *Marssonella oxycona*)



Gambar 6. Bentuk test Palmate pada *Frondicularia saggitula* (Williamson, 1858) dan lentikuler pada *Globorotalia pleisiotumida* (Banner dan blow, 1965)



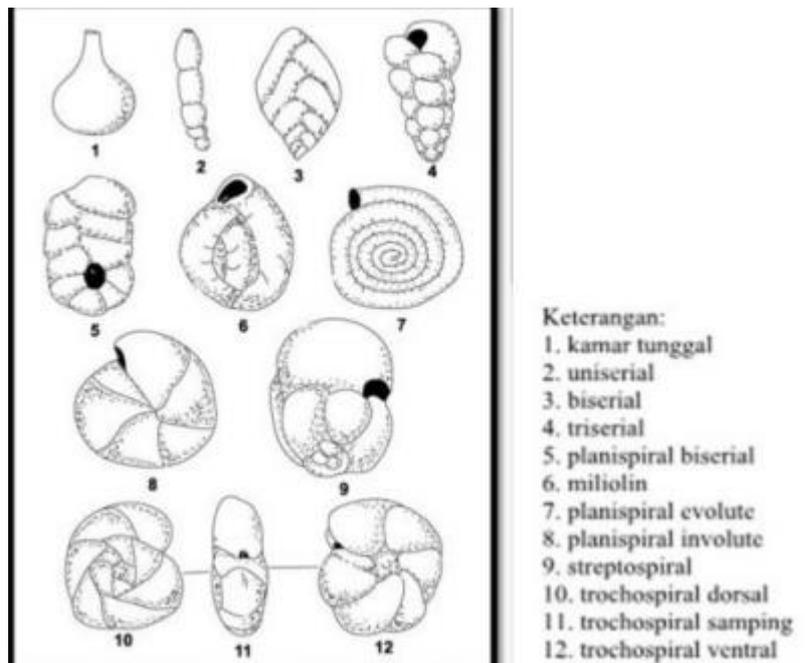
Gambar 7. Bentuk test botryoidal pada *Globigerina praebulloides* dan Subglobular pada *Globigerina tripartita*



Gambar 8. Bentuk test *Planoconvex*, *arborescent*, *discoidal*, *biconcave*, *fusiform*, *stellae*, *flabelliiform*, dan *tetrahedral* (jones et al., 1979)

3. Bentuk kamar

Merupakan bentuk masing-masing kamar pembentuk *test*. Kamar merupakan tempat protoplasma foraminifera. Bentuk dasar dari cangkang foraminifera berhubungan dengan jumlah dan susunan kamar. Bentuk kamar yang diidentifikasi pada *planktonic foraminifera* adalah *hemispherical*, *Angular Rhomboid*, *Angular Conical*, *Radial Elongate*, *Claved*, *Flatulose*, *Tabular*, *Semicircular*, *Spherical*.



Gambar 9. Jumlah dan susunan kamar foraminifera (Gupta, 1999)

4. Ornamen (hiasan) foraminifera

Ornamen atau hiasan juga dapat digunakan sebagai penciri khas untuk genus atau spesies tertentu. Berdasarkan letak hiasannya dapat dibagi menjadi :

a) Hiasan pada *suture*

- 1) *Bridge*, yaitu bentuk *suture* yang menyerupai jembatan.
- 2) *Limbate*, yaitu bentuk *suture* yang tebal.
- 3) *Retral Processes*, yaitu *suture* yang berbentuk zig-zag.
- 4) *Raised Bosses*, yaitu bentuk *suture* memiliki tonjolan bulat.

b) Hiasan pada *umbilicus*

- 1) *Deeply Umbilicus*, yaitu *umbilicus* yang berlubang dalam.
- 2) *Open Umbilicus*, yaitu *umbilicus* yang terbuka lebar.
- 3) *Umbilical Flap*, yaitu *umbilicus* yang mempunyai penutup.
- 4) *Ventral Umbo*, yaitu *umbilicus* yang menonjol di permukaan.

c) Hiasan pada peri

- 1) *Keel*, yaitu lapisan tipis dan bening.
- 2) *Spine*, yaitu bentuk menyerupai duri.

d) Hiasan pada *aperture*

- 1) *Lip/rim*, yaitu bibir *aperture* yang menebal.
- 2) *Flap*, yaitu bentuk menyerupai anak lidah.
- 3) *Tooth*, yaitu berbentuk menyerupai gigi.
- 4) *Bulla*, yaitu *aperture* yang segi enam yang teratur.
- 5) *Tegilla*, yaitu bentuk *aperture* yang tidak teratur.

e) Hiasan pada permukaan *test*

- 1) *Smooth*, yaitu permukaan yang licin.
- 2) *Punctate*, yaitu permukaannya memiliki bintik-bintik.
- 3) *Reticulate*, yaitu permukaannya seperti sarang madu.
- 4) *Pustulose*, permukaan dengan tonjolan-tonjolan bulat.
- 5) *Canceliate*, permukaan dengan tonjolan yang memanjang.
- 6) *Axial Costae*, permukaan dengan garis searah sumbu

C. Reproduksi Foraminifera

Foraminifera berkembang biak dengan dua cara, yaitu secara aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual, yaitu saat inti foraminifera dewasa membelah dan meninggalkan protoplasma di dalam cangkang, membentuk cangkang baru. Reproduksi aseksual dominan dilakukan oleh foraminifera pada kondisi lingkungan normal. Hasil penelitian foraminifera menunjukkan bahwa reproduksi aseksual menghasilkan ukuran yang lebih kecil, tetapi meningkatkan jumlah individu dengan sangat cepat. Pada saat yang sama, sel foraminiferal yang matang secara seksual dapat menghasilkan jutaan sel telur dan sperma. Telur yang matang dan sperma keluar dari test. Sperma dari foraminifera yang berbeda membuahi sel telur dan membentuk zigot. Selain itu, zigot berkembang menjadi individu baru. Cara reproduksi seksual ini menghasilkan individu yang relatif besar (Sukandarrumidi *et al.*, 2020).

Hanya reproduksi seksual yang telah diamati pada foraminifera planktonik hingga saat ini. Spesies yang tinggal di daerah dangkal terbukti bereproduksi sebulan sekali (*Globigerina bulloides*), atau dua kali sebulan (*Globigerinoides ruber*), dipicu oleh siklus bulan sinodik. Namun, tidak semua spesimen dapat mencapai tahap ontogenetik reproduksi selama satu siklus reproduksi dan dapat bereproduksi kemudian.

Spesies yang hidup di kedalaman menengah hingga dalam diperkirakan lebih jarang berproduksi daripada spesies yang hidup dangkal. *Globorotalia truncatulinoides*, spesies hidup terdalam yang teridentifikasi hingga saat ini, kemungkinan berproduksi hanya sekali per tahun (Hemleben et al. 1989). Untuk reproduksi, *G. truncatulinoides* naik dari laut dalam ke permukaan laut selama awal musim semi, kemungkinan di pinggiran gyres subtropis (Hemleben et al. 1989).

Spesies yang hidup di perairan dangkal tampaknya bereproduksi pada tingkat kedalaman tertentu di kolom air bagian atas, mungkin pada kedalaman terbesar yang dimilikinya selama siklus jaringan ontogenya. Foraminifera dewasa melepaskan 200.000 hingga 400.000 gamet. Sinkronisasi (pemicu bulan sinodik) kedalaman spesifik reproduksi meningkatkan peluang keberhasilan pembuahan (fusi gamet) dan mendukung kelangsungan hidup keturunan dalam hal diet dan predator. Setelah bereproduksi, uji dewasa kosong tenggelam ke dasar laut.

D. Foraminifera sebagai Bioindikator

Fenomena-fenomena khusus yang menyebabkan foraminifera memiliki potensi yang besar sebagai indikator menurut Dewi dan Darlan (2008), yaitu: foraminifera memiliki siklus hidup pendek, sehingga memberi respon yang cepat terhadap perubahan lingkungan atau perubahan akibat aktivitas manusia. Terdapatnya kumpulan 11 foraminifera di estuari mengindikasikan perubahan karena limbah yang masuk ke dalam lingkungan tersebut. Banyak jenis foraminifera oportunistik mendapat keuntungan langsung atau tidak langsung dari jenis polutan tertentu. Keuntungan langsung adalah terdapatnya tambahan nutrisi bagi jenis tersebut seperti senyawa organik, nutrisi, bakteri, mineral dan sebagainya. Keuntungan tidak langsung adalah dengan berkurangnya kompetisi dan predasi (Dewi dan Darlan, 2008).

Foraminifera dapat dikatakan sebagai bioindikator dikarenakan sudah banyak digunakan sebagai indikator lingkungan perairan dan lingkungan paleo. Lingkungan paleo merupakan lingkungan pengendapan karena adanya proses sedimentasi dan dapat dikorelasikan dengan umur batuan (Rifai, 2004). Foraminifera dipilih sebagai indikator lingkungan karena foraminifera 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 (Hallock et al., 2003)

Foraminifera dikenal sebagai salah satu penghasil CaCO₃ di lautan. Organisme ini mengandung mineral aragonit atau yang dikenal dengan kalsium karbonat (CaCO₃) yang terkandung di dalam cangkangnya (Haq and Boersma, 1998). Banyak peneliti telah mengusulkan bahwa foraminifera dapat berguna sebagai bioindikator. Keuntungan

utama penggunaan foraminifera dalam pemantauan kondisi terumbu karang adalah siklus hidup foraminifera yang singkat dibandingkan dengan organisme pembangun terumbu karang yang lain sehingga secara potensial dapat memfasilitasi dalam jangka panjang perbedaan antara penurunan kondisi terumbu karang yang terkait dengan penurunan kualitas air (Gitaputri *et al.*, 2013).

Salah satu metode monitoring kualitas perairan terumbu karang yang dapat digunakan yaitu dengan memanfaatkan indikator biologis untuk menunjukkan keadaan dari suatu lingkungan. Indikator biologis yang cukup banyak digunakan peneliti sebagai bioindikator kondisi perairan adalah foraminifera. Foraminifera banyak digunakan karena foraminifera merupakan salah satu organisme pembangun terumbu karang yang memiliki siklus hidup relatif singkat dibandingkan organisme pembangun terumbu karang yang lain. Hal ini dapat memfasilitasi pengamatan terhadap perbedaan antara penurunan kondisi terumbu karang yang terkait dengan penurunan kualitas air dalam jangka waktu yang panjang (Cockey *et al.*, 1990 dalam Hallock *et al.*, 2003). Pemanfaatan foraminifera didasarkan pada kumpulan spesiesnya di sedimen dasar lingkungan perairan terumbu karang menggunakan suatu perhitungan yang dinamakan FORAM (Foraminifera in Reef Assessment and Monitoring) Indeks. Indeks ini dapat menentukan kualitas perairan yang mendukung pertumbuhan dan pemulihan terumbu karang (Hallock *et al.*, 2003).

Foraminifera planktonik adalah protista laut yang ada di mana-mana dengan cangkang yang terbuat dari kalsium karbonat. Foraminifera planktonik yang hidup di permukaan berevolusi dari spesies yang hidup di bentos hampir 200 juta tahun yang lalu dan saat ini terdapat ~48 spesies yang masih ada (Schiebel & Hemleben, 2017). Distribusi dan kelimpahan spesies foraminifera terutama berkorelasi dengan suhu permukaan laut (Kucera, 2007). Ketika foraminifera mati, cangkang yg dapat mengendap di dasar laut dan menjadi fosil di sedimen laut dalam (Schiebel & Hemleben, 2017). Catatan fosil yang panjang dan kedekatan suhu yang diketahui dari foraminifera planktonik menjadikannya organisme studi yang berharga untuk melacak perubahan lingkungan di lautan kuno dan modern (Kucera, 2007; Jonkers *et al.*, 2019).

E. Penyebaran Foraminifera Planktonik dan Foraminifera Bentik

Penyebaran kualitatif Foraminifera plankton, utamanya dapat menunjukkan banyaknya variasi spesies pada suatu daerah. Penelitian dari beberapa tempat di dunia menghasilkan bahwa variasi Foraminifera planktonik yang hidup di daerah lingkungan air hangat kurang lebih sepuluh kali dibandingkan dengan yang hidup di lingkungan air dingin atau daerah temperate sebagai contoh, bila di lingkungan air hangat terdapat 40-30 spesies, untuk daerah lingkungan air dingin atau temperate hanya didapatkan 3-4

spesies saja. Keadaan ini tampaknya berlaku baik di Samudra Pasifik, Atlantik, maupun di Samudra Hindia. Perkecualian terjadi pada tiga spesies, yaitu *Globigerinoides conglomerate*, *G.hexagon*, dan *Globigerinella* yang masih dijumpai hidup hingga sekarang di Samudra Pasifik dan Samudera Hindia, tetapi tidak dijumpai di Samudera Atlantik. Diduga kuat *Globigerinoides conglomerate* mulai hilang dari Samudra Atlantik sejak Pliosen, *Globigerinoides hexagon* mulai hilang pada Pleistosen. *Globigerinella adamsi* yang berkaitan erat dengan *Globigerinella aequilateralis* yang dijumpai mulai Miosen tengah hingga resen di Samudra Atlantik (Sukandarrumidi *et al.*, 2020)

Perubahan-perubahan tersebut tampaknya akibat evolusi yang terjadi pada samudra yang ada di dunia ini selama Tersier. Dengan perkecualian tiga spesies tersebut variasi spesies Foraminifera plankton di Samudra Atlantik tampaknya serupa dengan yang ada di Samudra Pasifik dan sebaliknya. Diduga kuat bahwa variasi spesies Foraminifera plankton berkorelasi dengan posisi daerah dalam garis lintang. Secara garis besar, temperatur berpengaruh besar terhadap distribusi atau penyebaran Foraminifera plankton bila dibandingkan dengan penyebaran Foraminifera benthos. Berdasarkan kondisi iklim dan kehidupan organisme, permukaan laut khususnya di samudra dibagi menjadi hal berikut. Daerah tropis, merupakan daerah yang berada di kiri dan kanan garis khatulistiwa dengan temperatur 24°-30°C, berada di antara 23°30' Lintang Selatan dan 23°30' Lintang Utara. Daerah subtropis, merupakan daerah yang berada di utara dan di selatan daerah tropis, dengan temperatur 18°-24°C, Daerah transisi (daerah hangat temperate hingga dingin temperate dengan temperatur 18°-18°C, Daerah Sub artik dan Sub antartik, dengan temperatur 5°-10°C, Daerah Artik dan Antartik, dengan temperatur 0°-5°C.91 (Sukandarrumidi *et al.*, 2020)

Aktivitas kehidupan dan sebaran foraminifera benthik dipengaruhi oleh faktor abiotik dan biotik dari lingkungan tempat hidupnya, seperti salinitas, suhu, substrat, kedalaman, nutrisi, kandungan organik dalam sedimen, kekeruhan, gelombang dan arus, serta faktor-faktor ekologi lainnya. Kemampuan beradaptasi sangat mempengaruhi kehidupan foraminifera benthik untuk dapat berproduksi dan bertahan di habitatnya, mulai dari perairan dangkal sampai laut dalam (Dewi dan Darlan, 2008).

Mengacu pada Boltovskoy dan Wright (1976) dalam bukunya *Recent Foraminifera*, dari hasil penelitian menunjukkan, jumlah spesimen Foraminifera di suatu daerah dapat berbeda satu sama lain. Namun, satu hal yang perlu ditonjolkan adalah Foraminifera berasosiasi dengan zooplankton yang lain. populasi Foraminifera plankton merupakan 1,3-9,9% dari zooplankton yang ada di laut. Pada umumnya, jumlah zooplankton menyusut pada musim dingin, kemudian meningkat pada musim panas. Hal yang sama berlaku juga untuk Foraminifera. Selama musim dingin, Foraminifera plankton menempati urutan nomor keenam dalam populasi dominan, sesudah kelompok

zooplankton copepoda, chaetognatha, tunicates, krill, dan siphonophora. Selama musim panas Foraminifera plankton berada pada urutan ketiga dalam jumlahnya sesudah copepods dan chaetognatha. Pada bulan-bulan tertentu, selama musim panas Foraminifera plankton jumlahnya dapat mencapai hingga 60% dari keseluruhan zooplankton.

F. Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Foraminifera

1. Kecepatan Arus

Keberadaan arus memiliki sisi yang menguntungkan dan merugikan bagi foraminifera. Faktor yang menguntungkan dari keberadaan arus akan menyebabkan sebaran suhu dan salinitas menjadi merata dalam suatu lokasi, membawa makanan dan mentranspor oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh foraminifera, serta sebaran jenis-jenis foraminifera juga akan lebih luas. Sebaliknya arus turbulen pada zona perairan yang dangkal dapat menyebabkan kekeruhan yang merugikan foraminifera (Pringgoprawiro dan Kapid, 2000). Pada wilayah terumbu karang, pengaruh arus dan gelombang dapat memindahkan komunitas foraminifera besar. Foraminifera tersebut akan mengikatkan dirinya ke substrat menggunakan pseudopodia atau perluasan protoplasmik untuk mencegah perpindahan tubuhnya (Murray, 2006).

2. Salinitas

Foraminifera dapat hidup pada perairan dengan kisaran salinitas 0-70 tergantung jenisnya, namun jumlah dan keragaman tertinggi ditemukan pada kisaran salinitas 32-37, sedangkan pada salinitas 10-12, sel foraminifera tidak dapat berfungsi dengan baik (Murray, 2006) bahkan dapat menyebabkan kematian (Pringgoprawiro & Kapid, 2000). Pada perairan yang bersalinitas rendah, keragaman foraminifera akan rendah, ukuran cangkang yang mengecil dan menipis, terjadi transformasi dari cangkang berkapur menjadi berkhitan, 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. Proses tersebut terjadi karena solubility CaCO_3 akan menurun dengan menurunnya salinitas, sehingga tidak akan terdapat CaCO_3 yang mencukupi untuk membentuk cangkang foraminifera pada area yang bersalinitas rendah (Boltovskoy dan Wright, 1976).

3. pH (Derajat Keasaman)

Rendahnya nilai pH terjadi karena adanya dekomposisi material organik. Selain itu rendahnya nilai pH bisa juga terjadi karena adanya masukan H_2SO_4 dari sungai karena terjadi dekomposisi sulfida seperti di Pesisir Chilean. pH rendah akan membatasi distribusi foraminifera dan menyebabkan tekanan bagi kehidupannya. Sedimen lempung

(clay) yang kaya akan material organik sehingga nilai pH menjadi rendah menyebabkan rendahnya foraminifera dibandingkan dengan area berpasir. Kandungan karbonat dan pH yang rendah juga memiliki korelasi dengan rendahnya kelimpahan foraminifera dan tingginya dominasi foraminifera jenis aglutinin dibandingkan gampingan. Cangkang gampingan mulai melarut dan jenis aglutinin mulai melimpah pada pH yang lebih rendah dari 7,8. Hal ini terjadi karena jenis ini harus mengeluarkan energi berlebih untuk melakukan proses reklasifikasi (calcifying) pada cangkang mereka. Pada sedimen, rendahnya pH akan menyebabkan larutnya cangkang yang kosong (Boltovskoy & Wright, 1976).

4. Suhu

Foraminifera dapat hidup pada suhu antara $-1,9-450^{\circ}\text{C}$ dengan kisaran yang berbeda untuk masing-masing jenis. Pada kelompok foraminifera bentik, suhu sangat berpengaruh terhadap sebarannya baik secara vertikal maupun horizontal (Boltovskoy dan Wright, 1976 dan Murray, 2006), jumlah populasi, dan besarnya cangkang (Pringgoprawiro & Kapid, 2000)

5. Kekeruhan dan Kecerahan

Kekeruhan yang tinggi menyebabkan foraminifera yang berada dalam kolom perairan yang lebih dalam tidak dapat melakukan fotosintesis dengan efektif, sehingga pasokan makanan untuk foraminifera menjadi berkurang (Boltovskoy dan Wright, 1976). Kekeruhan yang berlebihan memberikan dampak yang merugikan bagi foraminifera karena jumlahnya akan berkurang baik karena mati atau tidak terjadi regenerasi (Pringgoprawiro & Kapid, 2000). Hasil penelitian Adisaputra dan Rostyati (2009) di Delta Mahakam, Kalimantan Timur menunjukkan pada perairan yang jernih, foraminifera bentik yang dominan adalah *Amphistegina lessonii*. Pada wilayah tersebut jenis ini umumnya berasosiasi dengan terumbu karang yang turbulensi arusnya rendah.

6. Alkalinitas

Alkalinitas adalah gambaran kapasitas air untuk menetralkan asam, atau dikenal dengan acid neutralizing capacity (ANC) atau kuantitas anion dalam air yang dapat menetralkan kation hidrogen. Alkalinitas juga diartikan sebagai kapasitas penyangga (buffer capacity) terhadap perubahan pH perairan. Penyusun alkalinitas perairan adalah anion bikarbonat (HCO_3^-), karbonat (CO_3^{2-}), dan hidroksida (OH^-). Borat (H_2BO_3^-), silikat (HSiO_3^-), fosfat (HPO_4^{2-} dan H_2PO_4^-), sulfida (HS^-), dan amonia (NH_3). Sebagai pembentuk alkalinitas yang utama adalah bikarbonat, karbonat, dan hidroksida, dan bikarbonat adalah paling banyak terdapat pada perairan alami (Effendi, 2003 dalam Bintoro & Abidin 2014)