

Sukandarrumidi
Nur Widi Astanto Agus Tri Heriyadi
Danis Agoes Wiloso

MIKROPALEONTOLOGI FORAMINIFERA

Konsep Dasar dan Aplikasinya



GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS

Pengantar

Mempelajari potensi alam yang sangat beragam mempunyai daya tarik tersendiri. Demikian pula mempelajari berbagai macam kehidupan, baik yang sudah menjadi fosil maupun yang dapat dikenal masih hidup hingga sekarang, sangat mengasyikan. Secara garis besar, kehidupan di alam dikelompokkan menjadi dua bagian besar, yaitu kelompok hewan yang disebut pula dengan istilah *fauna*, dan kelompok tumbuhan yang disebut pula dengan istilah *flora*. Berdasarkan atas ukurannya, kehidupan di alam termasuk yang sudah menjadi fosil dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu yang mempunyai ukuran makro dan yang mempunyai ukuran mikro. Ukuran mikro dimaksudkan bila kegiatan pengamatan secara cermat pada fosil atau spesimen yang dimanfaatkan sebagai peraga dilakukan dengan bantuan mikroskop dan kelompok makro bila pengamatan dapat dilakukan dengan mata telanjang, dalam artian tanpa alat bantu mikroskop.

Saat ini dikenal fosil mikro yang menarik untuk dipelajari lebih lanjut. Hal ini mulai berkembang pada saat diciptakannya alat mikroskop oleh Anthony van Leuwenhook tahun 1660. Penemuan alat ini merupakan tonggak pembelajaran perihal semua kehidupan yang berukuran mikro. Saat ini telah dikenal individu atau organisme yang masih hidup ataupun yang dijumpai di alam dalam bentuk fosil dan dikelompokkan pada fauna mikro. Sekarang dalam usaha pembelajaran geologi telah dikembangkan **paleontologi** dan **neontologi** kehidupan mikro, antara lain: Ostracoda, Bryozoa, Radiolaria, Algae, Diatomea, Nanno, dan Pollen serta **Foraminifera**. Pada kesempatan ini dibahas dan diuraikan terlebih dahulu kehidupan mikro yang termasuk pada **Ordo Foraminifera**, Klas Sarcodina, Phylum Protozoa. Dipilih fauna

Foraminifera dengan pertimbangan: (1) Jenis fauna ini dalam bentuk fosil, terbukti dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu dalam eksplorasi geologi. (2) Peralatan yang digunakan untuk pengamatan lebih lanjut cukup sederhana yaitu dengan memanfaatkan mikroskop. Saat ini mikroskop bukan lagi merupakan peralatan laboratorium yang mahal, dapat dibeli dengan harga yang terjangkau oleh dana universitas. (3) Proses pengamatan sangat mudah, bahkan dengan mikroskop yang sederhana pun dapat dilakukan.

Berdasarkan pengalaman membuktikan bahwa pengamatan pada Foraminifera yang berbentuk fosil saja ternyata belum lengkap dan mampu mempelajari rahasia alam yang penuh beragam dengan nilai ekonomi ataupun nilai ilmiah. Untuk melakukan perluasan nuansa ilmiah dilanjutkan dengan pembelajaran Foraminifera yang masih hidup hingga saat ini. Dalam ilmu *paleontology*, deskripsi Foraminifera wajib disertai dengan gambar sesuai dengan aslinya. Pada awalnya penggambaran Foraminifera dilakukan dengan melihat spesimennya dengan mikroskop. Kenampakan spesimen tersebut kemudian digambar pada selembar kertas sedemikian rupa sehingga Anda sebagai pembaca buku dapat membayangkan bentuknya dalam 3 dimensi. Ada beberapa cara menggambarkan bentuk spesimen dalam 3 dimensi, tergantung pada bentuk dari spesimen Foraminifera yang akan disuguhkan dalam bentuk gambar. Sebagai contoh, fosil spesies *Orbulina universa* yang mempunyai bentuk bulat seperti bola, cukup digambarkan dengan satu kenampakan saja karena kenampakan pada arah *ventral* (bawah), pada arah *dorsal* (atas), dan kenampakan pada arah *peripher* (samping) sama saja, berbentuk bulat. Sangat mungkin, Anda diminta menggambarkan dari dua kenampakan, yaitu pandangan *peripher* (samping) dan pandangan *aperture*, misal untuk genus *Nodosaria*.

Dengan dua gambar tersebut, Anda sudah dapat membayangkan bagaimana bentuk asli dari genus *Nodosaria*. Bagaimana dengan bentuk genus *Globorotalia*? Untuk genus ini agar Anda dapat membayangkan bentuknya dalam 3 dimensi, harus disuguhkan gambar dari arah *ventral* (di mana tampak *aperture*), gambar dari arah *dorsal* (di mana tampak arah putaran), dan pandangan *peripher* (samping). Penggambaran fosil dengan cara demikian masih merupakan pendekatan, tingkat ketelitiannya tergantung pada “perasaan” peneliti. Teknik penggambaran fosil yang dilihat di bawah mikroskop lebih mendekati keadaan sesungguhnya dapat juga dilakukan dengan menambahkan satu alat yang disebut dengan nama ***camera lucida pada mikroskop yang***

dipergunakan untuk melihat spesimen fosil. Meskipun tekstur permukaan fosil tidak dapat divisualisasikan dengan alat tambahan ini sesuai dengan aslinya “batas-batas luar bayangan fosil” terlihat pada selembar kertas yang diletakkan di sebelah kanan mikroskop. Peneliti tinggal mengikuti “bayangan” yang tampak dengan ujung pensil dengan mengandalkan pada kecermatan pandangan mata. Timbul pertanyaan, bagaimana dengan tekstur permukaan fosilnya? Kenampakan tekstur permukaan fosil tinggal menambahkan dengan memperhatikan kenampakan tekstur yang dapat dilihat jelas dengan bantuan mikroskop, kemudian digambarkan dengan ujung pensil. Dengan cara demikian pola gambar batas luar fosil telah dapat divisualisasikan, termasuk tekstur dari permukaan fosilnya.

Saat ini telah diciptakan mikroskop yang dapat diinstal dengan alat potret. Peraga fosil yang diletakkan pada meja objek mikroskop dapat langsung dipotret yang kemudian dicetak pada kertas foto meskipun gambar yang dihasilkan masih kurang sempurna. Kemampuan pikir manusia untuk menciptakan alat yang lebih canggih terus diusahakan dalam rangka untuk mempelajari rahasia alam yang penuh dengan misteri ini. Melalui penelitian yang cukup panjang, sekarang telah diciptakan alat yang disebut dengan nama **scanning electrone microscope** (SEM) yang mampu memperbesar lapangan pandang spesimen/fosil hingga satu juta kali. Dengan alat ini, bagian-bagian terkecil dari spesimen/fosil dapat diperiksa secara sangat jelas. Alat ini juga dapat dipergunakan untuk memotret spesimen/fosil dengan terlebih dahulu spesimen/fosil di-*coating* dengan serbuk aurum/emas. Potret yang dihasilkan cukup bagus dan dijamin sesuai dengan kenampakan aslinya pada film negatifnya. Kemudian dicetak (diafdruk) pada selembar kertas foto. Pada bagian-bagian tertentu dari fosil yang perlu pencermatan lebih lanjut juga dapat dipotret dengan mengatur tingkat perbesaran SEM. Pekerjaan ini sangat mengasyikan dan menyenangkan. Jika berhasil dengan baik seperti yang diharapkan, sungguh memberikan kepuasan tersendiri. Timbul pertanyaan, bagaimana kiat mempelajari buku ini sehingga menimbulkan kepuasan maksimal? Caranya sangat sederhana. Sisihkan waktu beberapa puluh menit setiap harinya. Tahap awal, cermati daftar isi, baca mulai Bab 1 dan lanjutkan hingga Bab terakhir dengan cermat, Anda akan dapat mengambil manfaat ilmiahnya.

Terima kasih disampaikan kepada **Nicolaus Christo Wibisana** yang telah membantu menyiapkan gambar-gambar sehingga layak dicermati, dan

Gadjah Mada University Press, Yogyakarta yang telah menerbitkan buku ini sehingga memungkinkan buku ini hadir di meja mahasiswa untuk dicermati, sebagai salah satu buku acuan kuliah tentang Foraminifera. Penulis berharap agar buku ini bermanfaat bagi para calon geolog muda khususnya dan para pemerhati Foraminifera pada umumnya. Sekali lagi diingatkan, *fauna* mikro ini telah terbukti mampu berperan serta ikut membuka rahasia alam sebagai pelengkap dalam mempelajari geologi yang penuh misteri, mempunyai nilai ilmiah, dan nilai ekonomi yang tiada terhingga.

Yogyakarta, 24 Maret 2020

Penulis

Daftar Isi

DAFTAR ISI

Pengantar	v
Daftar Isi.....	ix
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xv
1. Pendahuluan.....	1
1.1 Penggolongan Kehidupan di Alam	3
1.2 Macam Batuan yang Mungkin Mengandung Fosil Foraminifera.....	10
1.3 Sejarah Mikropaleontologi Foraminifera.....	13
1.4 Memburu Foraminifera yang Masih Hidup.....	15
2. Foraminifera.....	19
2.1 Variasi dari Tipe.....	21
2.2 Tata Cara Penulisan Nama Fosil.....	25
2.3 Bagian-Bagian Tubuh Foraminifera	31
2.4 Cara Berkembang Biak Foraminifera	37
2.5 Cara Hidup Foraminifera	39
2.6 Ciri-ciri Foraminifera Plankton dan Foraminifera <i>Benthos</i> ..	42
2.7 Deskripsi <i>Test</i> Foraminifera.....	46
3. Morfologi <i>Test</i> Foraminifera.....	51
3.1 Kenampakan <i>Test</i> Foraminifera.....	56

3.2.	Bentuk dan Letak <i>Aperture</i>	61
3.3.	Abnormalitas Bentuk Fosil Foraminifera.....	66
4.	Lingkungan Hidup Foraminifera <i>Benthos</i>	71
4.1.	Lingkungan <i>Brackish</i>	71
4.2.	Lingkungan <i>Hypersaline</i> dan <i>Ultrasaline Water</i>	77
4.4.	Lingkungan <i>Marsh</i>	81
4.5.	Lingkungan Laguna (<i>Lagoon</i>).....	84
5.	Lingkungan Hidup Foraminifera Plankton	89
5.1.	Penyebaran Kualitatif Foraminifera Plankton.....	91
5.2.	Penyebaran Kuantitatif Horizontal Foraminifera Plankton..	97
5.3.	Penyebaran Kuantitatif Vertikal Foraminifera Plankton.....	105
6.	Ekologi Foraminifera Resen	109
6.1.	Simbiosis	110
6.2.	Adaptasi Foraminifera terhadap Lingkungan.....	113
6.3.	Ekosistem Laut.....	116
6.4.	Parameter Fisika.....	127
6.5.	Parameter Kimia	129
6.6.	Interpretasi Kedalaman Lingkungan Sedimentasi	138
6.7.	Interpretasi Paleosalinitas.....	143
6.8.	Interpretasi Lingkungan <i>Paleosubstrate</i>	150
7.	Menentukan Umur Geologi	155
7.1.	Skala Waktu Geologi Relatif	156
7.2.	Skala Waktu Geologi Absolut.....	161
7.3.	Waktu Geologi	164
7.4.	Memilih Fosil untuk Menentukan Umur (Geologi) Relatif..	168
8.	Interpretasi Paleoekologi	171
8.1.	Interpretasi Lingkungan Sedimentasi.....	173
8.2.	Interpretasi Paleosalinitas.....	180
8.3.	Interpretasi <i>Paleosubstrate</i>	188
8.4.	Interpretasi Lingkungan Kedalaman dengan P/B Rasio	191
8.5.	Interpretasi Paleoekologi dengan Metode Murray (1973).....	192
8.6.	Interpretasi <i>Paleoclimate</i>	193
9.	Koleksi Sampel Batuan	201
9.1.	Tempat dan Metode Pengambilan Contoh Batuan.....	203
9.2.	Tahap Menyiapkan <i>Washed Residue</i>	208
9.3.	Tahap Mendapatkan <i>Washed Residue</i>	212
9.4.	Tahap Memisahkan Fosil dengan Mineral Pengotor	215

9.5. Tahap Determinasi.....	219
10. Daftar Penyebaran Fosil Foraminifera	225
10.1. Penyusunan Daftar Penyebaran Fosil Foraminifera Plankton.....	227
10.2. Penyusunan Daftar Penyebaran Fosil Foraminifera <i>Benthos</i>	229
11. Foraminifera Besar.....	231
11.1. Studi Foraminifera Besar	233
11.2. Serupa Tetapi Tak Sama.....	234
11.3. Manfaat Fosil Foraminifera Besar dalam Bidang Geologi yang Lain.....	244
12. Biostratigrafi Berdasarkan Fosil Foraminifera	247
12.1. Macam Contoh Batuan.....	248
12.2. <i>Standard Operating Procedure</i>	250
12.3. Biostratigrafi Standar	252
Daftar Pustaka.....	257
Lampiran.....	261
Fosil Indeks <i>Paleoclimate</i> (Boltovskoy and Wright, 1976).....	261
Fosil Indeks <i>Bathymetry</i> (Bandy, 1967).....	262
Berbagai <i>Biostratigraphy Standard</i>	271
Menentukan <i>Paleoecology</i> dengan Metode Murray (1973)	282
Fosil <i>Bathymetry</i>	287
Tentang Penulis	293

Daftar Tabel

Tabel 2.1	Klasifikasi phylum Protozoa	20
Tabel 2.2	Penyusun klasifikasi Foraminifera	21
Tabel 2.3	Sistematika tingkat kehidupan.....	25
Tabel 2.4	Komposisi senyawa kimia pembentuk <i>test</i> Foraminifera yang <i>calcareus</i> (dalam %)	34
Tabel 2.5	Elemen pembentuk <i>test</i> Foraminifera (dalam %).....	34
Tabel 2.6	Komposisi senyawa kimia <i>test</i> Foraminifera yang <i>agglutinated</i> (dalam %)	35
Tabel 2.5	Elemen pembentuk <i>test</i> Foraminifera (dalam %) (lanjutan)..	35
Tabel 2.7	Komposisi senyawa kimia <i>test</i> beberapa Foraminifera plankton (dalam %)	36
Tabel 2.8	P/B rasio dan kedalaman dasar laut	41
Tabel 4.1	Foraminifera indikator <i>estuarine</i> dan daerah pantai.....	74
Tabel 4.2	Nilai toleransi beberapa spesies terhadap perubahan salinitas (dalam ppm).....	78
Tabel 5.1	Penyebaran Foraminifera plankton sesuai dengan zonasi temperatur	95
Tabel 5.2	Urutan kecepatan tenggelam <i>test</i> Foraminifera plankton [disusun mulai cepat (<i>rapidly sinking</i>) ke lambat (<i>low sinking</i>)]	99
Tabel 5.3	Tingkat kelarutan <i>test</i> Foraminifera plankton ketika berada di kolom air laut [mulai dari yang paling tidak resisten (<i>least resistant</i>) hingga yang paling resisten (<i>most resistant</i>)]	101
Tabel 6.1	Berbagai jenis predator yang memakan Foraminifera.....	112
Tabel 6.2	Asosiasi fosil Foraminifera dan Lingkungan sedimentasi	124

Tabel 6.3	Asosiasi Foraminifera kaitannya dengan kedalaman lingkungan sedimentasi resin.....	126
Tabel 6.4	Asosiasi Foraminifera penunjuk kedalaman sedimentasi endapan tersier	126
Tabel 6.6	Tingkat salinitas air	129
Tabel 6.7	Besaran salinitas	130
Tabel 6.8	Besaran salinitas yang lain	130
Tabel 6.9	Urutan kecepatan tenggelam <i>test</i> Foraminifera plankton, mulai cepat (<i>rapidly sinking</i>) ke lambat (<i>low sinking</i>).....	132
Tabel 6.10	Tingkat kelarutan <i>test</i> Foraminifera plankton ketika berada di kolom air laut [(mulai dari yang paling tidak resisten (<i>least resistant</i>) hingga paling resisten (<i>most resistant</i>)]	134
Tabel 6.11	Asosiasi <i>Nodosariida</i> <i>versus</i> kedalaman sedimentasi	138
Tabel 6.12	Genus Foraminifera <i>versus</i> kedalaman sedimentasi	139
Tabel 6.13	Genus Foraminifera dan parameter ekologi.....	145
Tabel 6.14	Foraminifera <i>benthos</i> sebagai indikator <i>substrate</i>	151
Tabel 6.15	Spesies Ostracoda sebagai indeks <i>substrate</i> (lanjutan).....	153
Tabel 7.1	Beberapa isotop yang digunakan untuk <i>Radiometric Dating</i>	164
Tabel 7.2	Skala waktu geologi	165
Tabel 7.3	Pembagian Paleogene (P=Paleocene–Eocene) dan Neogene (N=Oligocene–Holocene) berdasarkan zonasi Foraminifera planktonik	166
Tabel 7.4	Contoh menentukan umur geologi relatif sampel batuan berdasarkan asosiasi kandungan Foraminifera plankton	167
Tabel 8.1	Genus Foraminifera <i>versus</i> kedalaman lingkungan sedimentasi.....	174
Tabel 8.2	Genus Foraminifera dan parameter ekologi.....	182
Tabel 8.3	Foraminifera <i>benthos</i> sebagai indikator <i>substrate</i>	188
Tabel 8.4	Spesies Ostracoda sebagai indeks <i>substrate</i>	191
Tabel 8.5	Nilai P/B <i>versus</i> kedalaman.....	192
Tabel 8.6	Penyebaran horizontal Foraminifera plankton.....	198
Tabel 10.1	Penyebaran dan jumlah absolut spesimen fosil Foraminifera plankton pada sampel pengeboran sumur A	228
Tabel 10.2	Penyebaran dan jumlah relatif spesimen fosil Foraminifera plankton pada sampel pengeboran sumur A	228
Tabel 10.3	Penyebaran dan jumlah relatif dinyatakan dengan garis fosil Foraminifera plankton pada sampel pengeboran sumur A	229

Tabel 11.1. Klasifikasi Huruf Tersier Indonesia yang disusun oleh van der Vlerk dan Umbgrove, 1927.....	238
Tabel 11.2. Klasifikasi Huruf Tersier Indonesia	239
Tabel 11.4. Klasifikasi Huruf Tersier Indonesia yang disusun oleh Adams, 1970	241
Tabel 12.1 <i>Tropical Neogene biostratigraphy zonation</i>	253

Daftar Gambar

Gambar 1.1.	Batu gamping <i>Nummulites</i> Watuprahu yang tersingkap di Dusun Watuprahu, Bayat, Klaten (gbr. kiri), spesimen fosil <i>Nummulites</i> (gbr. kanan) (foto lapangan Penulis, 2016).....	13
Gambar 2.1.	<i>Siphoninoides echinata</i> (Brady).....	24
Gambar 2.2.	Bentuk dasar bagian yang lunak dari Foraminifera dan fungsinya.....	32
Gambar 2.3.	Test Foraminifera, (1) <i>Tectin-Allogromiina</i> (gbr. kiri) (2) <i>Arenaceous</i> (sering disebut dengan istilah <i>agglutinated</i>) <i>Rhabdammina</i> (gbr. tengah kiri), (3) <i>Hyaline-Globigerina</i> (gbr. tengah kanan), (4) <i>Porseline -Quinqueloculina</i> (gbr. kanan).....	36
Gambar 2.4.	Test Foraminifera, (1) <i>Arenaceous-Bathysiphon crasatina</i> (gbr. kiri), (2). <i>Hyaline-Globorotalia</i> (gbr. tengah kiri), (3) <i>Globoquadrina</i> (gbr. tengah kanan), (4). Porselen- <i>Pyrgo</i> (gbr. kanan)	36
Gambar 2.5.	Mekanisme perkembangbiakan secara aseksual	37
Gambar 2.6.	Beberapa contoh <i>carapace</i> (cangkang Ostracoda).....	42
Gambar 2.7.	<i>Globigerina bulloides</i> (gbr. kiri), <i>Pulleniatina obliquelocullata</i> (gbr. tengah), <i>Sphaeroidinella dehiscen</i> (gbr. kanan)	43
Gambar 2.8.	<i>Saccamina</i> (gbr. kiri), <i>Lagena</i> (gbr. tengah), <i>Bathysiphon</i> (gbr. kanan)	44
Gambar 2.9.	<i>Uvigerina</i> (gbr. kiri), <i>Bulimina</i> (gbr. tengah), <i>Dentalina</i> (gbr. kanan)	44

Gambar 2.10.	Semua gambar dari sayatan tipis: <i>Lepidocyclina</i> (gbr. kiri), <i>Miogypsina</i> (gbr. tengah), <i>Nummulites</i> (gbr. kanan).....	45
Gambar 2.11.	Kumpulan lepas Foraminifera, berbagai jenis Foraminifera <i>benthos</i> (gbr. kiri), berbagai jenis Foraminifera plankton (gbr. kanan). Perhatikan perbedaan bentuk <i>test</i> dari dua kelompok tersebut	45
Gambar 3.1.	Bentuk morfologi dasar <i>test</i> Foraminifera.....	57
Gambar 3.2.	Variasi bentuk kamar dari <i>test</i> Foraminifera.....	58
Gambar 3.3.	Variasi bentuk <i>test</i> Foraminifera yang lain.....	59
Gambar 3.4.	Variasi susunan kamar dari <i>test</i> Foraminifera.....	60
Gambar 3.5.	Variasi bentuk, ukuran dan letak aperture pada <i>test</i> Foraminifera.....	62
Gambar 3.6.	Bentuk, jumlah, dan letak <i>aperture</i> tambahan (1–6), hiasan pada <i>aperture</i> (7–11).	63
Gambar 3.7.	Bentuk dan letak <i>aperture</i> serta <i>ornament</i> tambahan.....	64
Gambar 3.8.	Bentuk dan letak <i>aperture</i> serta <i>ornament</i> tambahan.....	65
Gambar 3.9.	“ <i>Twinned specimens</i> ”	68
Gambar 3.10.	<i>Pathological specimen</i>	69
Gambar 7.1.	Lingkaran tahun pada potongan kayu, salah satu contoh menentukan umur absolut	162
Gambar 9.1.	<i>Sieve</i> yang dimanfaatkan untuk memisahkan fosil sesuai dengan ukuran <i>mesh</i>	214
Gambar 9.2.	<i>Plate</i> tempat fosil terpilah, bentuk kombinasi <i>grade</i> dan <i>single hole</i> (gbr. kiri), dan mikroskop binokuler (gbr. kanan).....	220
Gambar 11.1.	Foraminifera besar dalam bentuk fosil lepas (gbr. kiri), sayatan batu gamping yang mengandung fosil Foraminifera besar (gbr. kanan).....	233
Gambar 11.2.	Kenampakan ideal sayatan fosil <i>Nummulites</i>	235
Gambar 11.3.	Bentuk sayatan beberapa spesies Foraminifera besar	243