

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ahli geologi merupakan salah satu sumber daya manusia yang berperan sebagai pemikir untuk memecahkan masalah-masalah yang berkaitan dengan sumber daya alam. Pemecahan masalah tersebut didasarkan atas teori-teori mengenai pengetahuan geologi serta ditunjang dengan penafsiran dari kondisi yang ada di lapangan. Salah satu ilmu geologi yang dapat digunakan dalam kegiatan pendahuluan eksplorasi adalah biostratigrafi, dimana dalam aplikasinya dapat digunakan dalam penentuan umur dari suatu lapisan batuan, dengan demikian pengetahuan sejarah geologi suatu daerah dapat dijelaskan dalam berbagai permasalahan struktural geologi dan stratigrafi untuk eksplorasi sumber daya alam dan perkembangan ilmu pengetahuan, serta kemajuan teknologi. Perkembangan ilmu geologi pada saat ini dimana rekonstruksi, analisis dan penyebaran dari makhluk hidup zaman dahulu dan lingkungannya dari suatu formasi batuan sebagai salah satu aplikasi dalam biostratigrafi yang merupakan bagian dari ilmu mikropaleontologi.

Salah satu bagian dari ilmu geologi yang perlu dikembangkan saat ini adalah ilmu mikropaleontologi, dimana ilmu ini mempelajari tentang sisa-sisa organisme yang berukuran sangat kecil dan telah terawetkan dalam umur jutaan tahun yang lalu atau disebut dengan mikrofosil. Mikrofosil dalam penerapannya dapat bermanfaat dalam pengembangan eksplorasi minyak dan gas bumi pada suatu daerah, menentukan umur dan lingkungan pengendapan suatu batuan serta dapat digunakan untuk menentukan biostratigrafi suatu daerah.

Namun demikian penelitian detail dengan skala daerah lokal tentang kandungan biota dalam hal ini Foraminifera masih jarang dilakukan untuk menentukan umur dan lingkungan pengendapan Formasi Tacipi. Dengan demikian penelitian yang dilakukan ini diharapkan dapat memberikan tambahan data mengenai kandungan fosil foraminifera yang terdapat pada daerah penelitian terkhusus pada informasi yang berkaitan dengan kondisi geologi dan perminyakan.

Berdasarkan hal tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian terkait keterdapatan fosil pada daerah penelitian yang nantinya dapat menentukan umur batuan secara lebih detail. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian yang berjudul "Biostratigrafi Daerah Sappewalie Dan Sekitarnya, Kecamatan Ulaweng, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan".

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk melakukan pengukuran dan pengambilan data pada Daerah Daerah Sappewalie, Kecamatan Ulaweng, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi mengenai kandungan fosil foraminifera yang ada di daerah Sappewalie Kecamatan Ulaweng, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan.

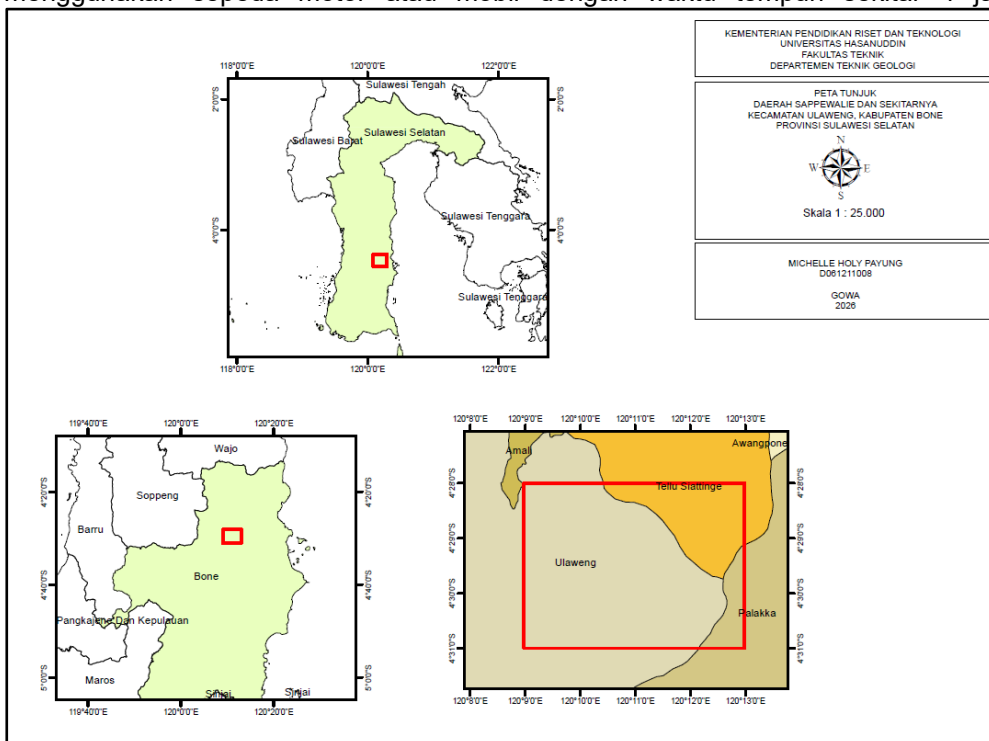
2. Menentukan umur pada daerah Sappewalie Kecamatan Ulaweng, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan.
3. Menentukan lingkungan pengendapan pada daerah Sappewalie Kecamatan Ulaweng, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini khusus dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis sebaran spesies, umur dan lingkungan pengendapan fosil foraminifera yang terdapat pada jenis litologi batuan sedimen yang berbeda di lokasi penelitian.

1.4 Letak, Luas dan Kesampaian Daerah

Secara administratif, daerah penelitian terletak di Daerah Sappewalie dan sekitarnya, Kecamatan Ulaweng, Kabupaten Bone, Provinsi Sulawesi Selatan, dan secara astronomis berada pada koordinat $120^{\circ}09'00''$ - $120^{\circ}13'00''$ Bujur Timur dan $04^{\circ}28'00''$ - $04^{\circ}31'00''$ Lintang Selatan. Wilayah ini termasuk dalam peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000 Lembar Uloe nomor 2111 - 41, terbitan BAKOSURTANAL edisi I tahun 1991. Luas daerah penelitian diperkirakan sekitar $\pm 41,22$ km², lokasi ini berjarak sekitar 148 km dari Kota Makassar dan dapat ditempuh melalui jalur darat menggunakan sepeda motor atau mobil dengan waktu tempuh sekitar 4 jam.



Gambar 1. Peta tunjuk lokasi Daerah Sappewalie Kecamatan Ulaweng, Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan.

1.5 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian ini dibagi atas dua, yakni yang akan digunakan di lapangan dan yang akan digunakan saat pengolahan data laboratorium. Alat dan bahan yang digunakan di lapangan terdiri dari :

1. Peta topografi berskala 1:25.000 hasil perbesaran dari data DEM dengan skala 1:50.000
2. Laptop
3. Kompas Geologi
4. Palu Geologi
5. *Loupe* dengan perbesaran 10x
6. Buku catatan lapangan
7. Larutan HCl (0,1 mol)
8. Pita meter
9. Komperator
10. Kantung sampel
11. Alat tulis
12. Busur
13. Penggaris
14. *Clipboard*
15. Perlengkapan pribadi

Alat dan bahan yang akan digunakan selama analisis laboratorium Adalah mikroskop binokuler untuk analisis fosil, ayakan *mesh*, sampel batuan, mortar, alat tulis-menulis, preparat, kantong sampel, lem dan literatur.

1.7 Peneliti Terdahulu

Beberapa peneliti yang pernah melakukan penelitian di daerah ini baik secara detail maupun regional, antara lain :

1. Sukanto (1982), mengadakan pemetaan geologi secara umum Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat
2. Sukardi dan Surono (1992), meninjau evolusi sedimentasi Formasi Walanae dan lingkungan pengendapannya, dengan fokus pada Anggota Tacipi sebagai unit batugamping yang mengindikasikan transisi dari lingkungan darat ke laut dangkal.
3. Suhartono et al. (2000), menyajikan analisis paleontologi dan tafsiran umur relatif pada batuan karbonat Anggota Tacipi, yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan zonasi foraminifera planktonik di wilayah Pangkajene dan sekitarnya.

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian

2.1.1 Geomorfologi Regional Daerah Penelitian

Menurut Rab Sukamto (1982), di daerah Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat terdapat dua baris pegunungan yang memanjang hampir sejajar pada arah utara – barat laut dan terpisahkan oleh lembah Sungai Walanae. Pegunungan yang barat menempati hampir setengah luas daerah, melebar di bagianselatan (50 km) dan menyempit di bagian utara (22 km). Puncak tertingginya 1694 meter, sedangkan ketinggian rata-ratanya 1500 m. Pembentuknya sebagian besar batuan gunungapi. Di lereng barat dan di beberapa tempat di lereng timur terdapat topografi karst, penanda adanya batugamping. Di antara topografi karst di lereng barat terdapat daerah perbukitan yang dibentuk oleh batuan Pra-Tersier.

Di barat daya dibatasi oleh dataran Pangkajene-Maros yang luas sebagai lanjutan dari dataran di selatannya. Pegunungan yang di timur relatif lebih sempit dan lebih rendah dengan puncaknya rata-rata setinggi 700 meter, dan yang tertinggi 787 meter. Juga pegunungan ini sebagian besar adalah batuan gunungapi. Bagian selatannya selebar 20 km dan lebih tinggi, tetapi ke utara menyempit dan merendah, dan akhirnya menujam ke bawah batas antara Lembah Walanae dan dataran Bone. Bagian utara pegunungan ini bertopografi karst yang permukaannya sebagian berkerucut. Batasnya di timur laut adalah dataran Bone yang sangat luas, yang menempati hampir sepertiga bagian timur. Lembah Walanae yang memisahkan kedua pegunungan tersebut di bagian utara selebar 35 km, tetapi di bagian selatan hanya 10 km. Di tengah terdapat Sungai Lembah Walanae memisahkan kedua pegunungan tersebut di bagian utara selebar 35 km, tetapi di bagian selatan hanya 10 km. Sungai Walanae mengalir ke utara bagian selatan berupa perbukitan rendah dan di bagian utara terdapat dataran aluvium yang sangat luas mengelilingi Danau Tempe.

2.1.2 Stratigrafi Regional Daerah Penelitian

Pembahasan stratigrafi regional didasarkan pada hasil peneliti terdahulu oleh Sukamto 1982, stratigrafi regional daerah penelitian termasuk dalam Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat. Selama Miosen akhir sampai Pliosen, sedimen klastik Formasi Walanae terendapkan pada Lembah Walanae. Tebal formasi tersebut sekitar 4500 m, dengan bioherm batugamping koral yang terbentuk di beberapa tempat (batugamping Anggota Taccipi).

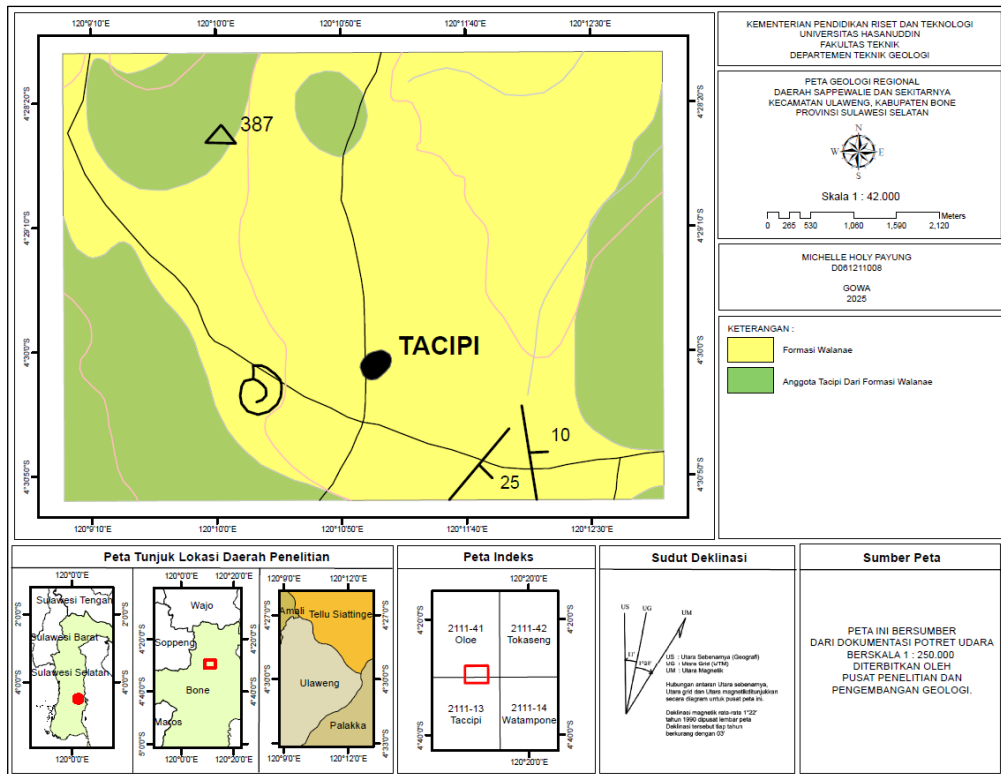
Formasi Walanae berhubungan menjemari dengan bagian atas Formasi Camba. Kegiatan gunungapi selama Miosen Akhir sampai Pliosen Awal merupakan sumber bahan bagi Formasi Walanae. Kegiatan gunungapi yang masih terjadi di beberapa tempat selama Pliosen, dan menghasilkan batuan gunungapi Parepare 4,25 - 4,95 juta tahun dan Baturape- Cindako, juga merupakan sumber bagi formasi tersebut (Sukamto, 1982). Formasi Walanae tersusun atas batugamping yang berselingan dengan batulanau, tufa, napal, batulempung, konglomerat, dan batugamping. Sebagian pejal dan sebagian rapuh, umumnya berwarna terang, putih keabuan, kecokelatan, dan abu-abu terang (Sukamto, 1982). Umumnya batupasir berbutir halus hingga kasar serta

bersifat tufaan dan gampingan, ter susun atas fragmen batuan beku dan sebagian mengandung banyak kuarsa. Komponen batuan gunungapi bertambah secara berangsur ke arah barat dan selatan, tersusun atas butiran abu hingga lapili, tufa kristal, setempat mengandung banyak *pumice* dan biotit. Konglomerat ditemukan lebih banyak di bagian selatan dan barat, tersusun terutama dari kerikil dan kerakal andesit, trakit dan basal. Ke arah utara dan timur jumlah karbonat dan klastika bertambah. Di sekitar Taccipi, batugamping berkembang jadi anggota Taccipi.

Di daerah sekitar Watampone, ditemukan lebih banyak batugamping pasiran berlapis yang berselingan dengan napal, batulempung, batupasir dan tufa (Sukanto, 1982). Fosil foram kecil banyak ditemukan di dalam napal dan Sebagian batugamping. Setempat moluska ditemukan melimpah di dalam batupasir, napal, dan batugamping. Di daerah selatan setempat ditemukan ada tumbuhan di dalam batupasir silangsiur dan beberapa lensa batubara di dalam batulempung. Batutahu (gypsum) ditemukan pada batupasir dekat Pampanua dan Sengkang bagian utara (Sukanto, 1982).

Fosil foraminifera yang dikenali pada formasi ini adalah: *Lepidocyclina* sp., *Katacyclocypeus* sp., *Miogypsina* sp., *Globigerina bulloides* DORBIGNY, *G. nephtes* DODD, *Globorotalia obesa* BOLLI. *Gl. dutertrei* (D'ORBIGNY), *Gl. lobata* BERMUDEZ, *Gl. Scitula* (BRADY), *Gl. acostaensis* BLOW. *Gl. Crassula* CUSHMAN & STEWART, *Gl. merotumida* BLOW & BANNER *Gl. Tumida* (BRADY), *Globoquadrina altispira* (CUSHMAN & JARVIS), *Globigerinoides conglobatus*, BRADY. *Gd. Extremus* BOLLI, *Gd. immaturus* LEROY. *Gd. Ruber* (D'ORBIGNY) *Gd. sacculifer* (BRADY). *Gd. obliquus* BOLLI, *Gd. trilobus* (REUSS). *Orbulina universa* D'ORBIGNY, *Hastigerina aequilateralis* (BRADY), *Sphaeroidinellopsis seminulina* (SCHWACER), *Ep. subdehiscens* BLOW, *Pulleniatina obiquiloculata* (PARKER & JONES), *Amphistegina* sp., dan *Operculina* sp. Gabungan fosil tersebut menunjukkan umur Miosen Tengah - Pliosen (N.9 - N.20). Selain itu, ditemukan fosil-fosil foraminifera yang lain, moluska, ganggang, dan koral dalam formasi ini (Sukanto, 1982).

Formasi ini tersebar luas di sepanjang lembah Sungai Walanae, di timur Danau Tempe, dan sekitar Watampone. Pada umumnya terlipat lemah, dengan kemiringan lapisan kurang dari 15°. Pelipatan kuat terjadi di sepanjang lajur sesar, dengan kemiringan sampai 60°. Bagian bawah formasi ini diperkirakan menjemari dengan Formasi Camba, dan bagian atasnya menjemari dengan Batuan Gunungapi Parepare. Tebal Formasi Walanae diperkirakan tidak kurang dari 4.500 m (Sukanto, 1982). Formasi Walanae bersinggungan dengan batugamping Formasi Taccipi di bagian utara Pegunungan Bone. Formasi Taccipi adalah bukit karang tipikal yang ditandai dengan adanya banyak komponen bioklas yang diendapkan di laut dangkal yang terisolasi. Massa batugamping bioklastik dari Formasi Taccipi mewakili bentuk lahan karst di tepi barat laut Pegunungan Bone, sedangkan batugamping kristalin dari Formasi Taccipi ditemukan jauh di bawah tanah di cekungan Sengkang dan tersingkap terbatas hanya di antiklin Sengkang di perbukitan Pattirosompe. Fosil foram yang dikenali adalah *Amphistegina* sp., *Operculina* sp., *Orbulina* sp., *Rotalia* sp., dan *Gastropoda*. Tebal satuan ini diperkirakan tidak kurang dari 1700 m (Sukanto, 1982).



Gambar 2. Peta Geologi Regional Daerah Sappewalie dan Sekitarnya, Kecamatan Uluweng, Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan.

2.1.3 Struktur Geologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian terpetakan dalam Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat oleh Rab. Sukanto (1982). Akhir kegiatan gunungapi Miosen Awal diikuti oleh tektonik yang menyebabkan terjadinya permulaan terban Walanae yang kemudian menjadi cekungan tempat pembentukan Formasi Walanae. Peristiwa ini kemungkinan besar berlangsung sejak awal Miosen Tengah, dan menurun perlahan selama sedimentasi sampai Kala Pliosen. Menurunnya Terban Walanae dibatasi oleh dua sistem sesar normal, yaitu sesar Walanae yang seluruhnya nampak hingga sekarang di sebelah timur, dan sesar Soppeng yang hanya tersingkap tidak menerus di sebelah barat (Sukanto, 1982). Selama terbentuknya terban Walanae, di timur kegiatan gunungapi terjadi hanya di bagian selatan sedangkan di barat terjadi kegiatan gunungapi yang hampir merata dari selatan ke utara, berlangsung dari Miosen Tengah sampai Pliosen. Bentuk kerucut gunungapi masih dapat diamati di daerah sebelah barat ini, di antaranya Puncak Maros dan G. Tondongkarambu. Suatu tebing melingkar mengelilingi G. Benrong, di utara G. Tondongkarambu, mungkin merupakan sisa suatu kaldera (Sukanto, 1982).

Sesar utama yang berarah utara-baratlaut terjadi sejak Miosen Tengah, dan tumbuh sampai setelah Pliosen. Pelipatan besar yang berarah hampir sejajar dengan sesar utama diperkirakan terbentuk sehubungan dengan adanya, tekanan 63 64 mendatar berarah kira-kira timut-barat pada waktu sebelum akhir Pliosen. Tekanan ini

mengakibatkan pula adanya sesar sungkup lokal yang menyasarkan batuan pra-Kapur Akhir di Daerah Bantimala yang kemudian tertekan melewati batuan tersier (Sukamto, 1982). Penyesaran yang relatif lebih kecil di bagian timur Lembar Walanae dan di bagian barat pegunungan barat yang berarah barat laut - tenggara dan merencong, kemungkinan besar terjadi oleh gerakan mendatar ke kanan sepanjang sesar besar.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Biostratigrafi

Biostratigrafi adalah cabang dari ilmu stratigrafi yang berkaitan dengan penyebaran fosil dalam suatu rekaman stratigrafi. Biostratigrafi merupakan pengelompokan batuan atau tubuh batuan kedalam unit biostratigrafi berdasarkan kandungan fosilnya (Sandi Stratigrafi, 2023).

Biostratigrafi adalah elemen stratigrafi / ilmu yang mempelajari distribusi fosil–fosil dalam catatan / rekaman stratigrafi serta mengelompokkan lapisan–lapisan batuan secara sistematis menjadi satuan–satuan bernama berdasarkan kandungan dan penyebaran fosilnya. Penggolongan lapisan–lapisan batuan berdasarkan kandungan fosilnya tersebut menghasilkan satuan biostratigrafi, yakni tubuh lapisan batuan yang dikenali berdasarkan kandungan fosil atau ciri–ciri paleontologi sebagai sendi pembeda tubuh batuan di sekitarnya. Kelanjutan satuan biostratigrafi ditentukan oleh penyebaran gejala paleontologi yang mencirikannya (Komisi Sandi Stratigrafi, 1996).

2.2.2 Satuan Biostratigrafi

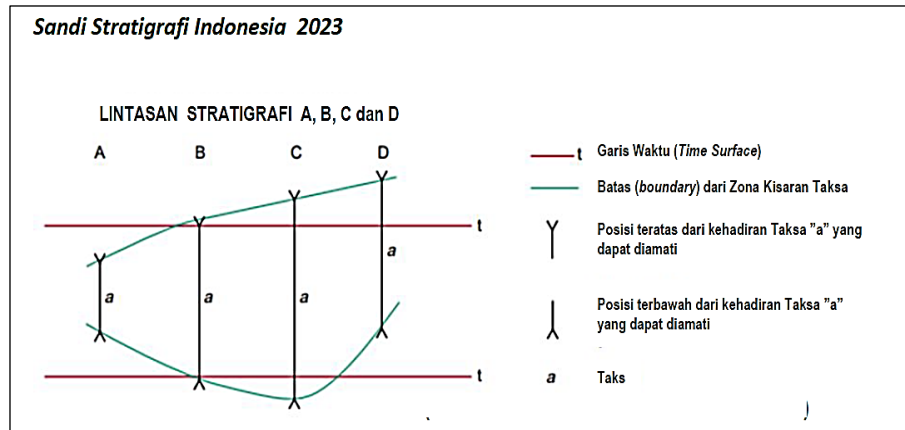
Penyusunan biostratigrafi dilakukan untuk mengetahui urutan–urutan pengendapan lapisan batuan berdasarkan kandungan nannofosilnya. Satuan biostratigrafi adalah tubuh lapisan batuan yang dikenali berdasarkan kandungan fosil atau ciri–ciri paleontologi sebagai sendi pembeda tubuh batuan di sekitarnya. Kelanjutan satuan biostratigrafi ditentukan oleh penyebaran gejala paleontologi yang mencirikannya (Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996).

Satuan biostratigrafi adalah suatu tubuh batuan yang didefinisikan atau dicirikan berdasarkan kandungan fosilnya. Unit atau satuan dasar Biostratigrafi disebut dengan Biozona atau Zona. Urutan tingkat satuan biostratigrafi dari besar sampai kecil adalah Super-Zona, Zona, Sub-Zona dan Zonula. Zona adalah suatu lapisan atau tubuh lapisan batuan yang dicirikan oleh suatu takson atau lebih. Kegunaan dari zona antara lain sebagai penunjuk umur, penunjuk lingkungan pengendapan, korelasi tubuh lapisan batuan, dan untuk mengetahui kedudukan kronostratigrafi tubuh lapisan batuan. Berdasarkan cara penentuannya, Biozona atau Zona dikenal ada 5 jenis, yaitu: Biozona Kisaran, Biozona Selang atau Interval, Biozona Silsilah, Biozona Kumpulan dan Biozona Kelimpahan. Lima macam biozona tersebut tidak mempunyai hubungan hirarki. Istilah kisaran, selang, silsilah, kumpulan dan kelimpahan hanyalah istilah deskriptif yang merepresentasikan pendekatan dalam menentukan dan mengenali suatu Biozona. Penentuan Biozona umumnya dibatasi pada bagian bawah dan atasnya dengan pemunculan awal atau pemunculan akhir dari Taksa tertentu. Berikut adalah macam–macam Biozona dan cara penentuannya (Sandi Stratigrafi, 2023) :

1. Zona Kisaran

a. Zona Kisaran Takson

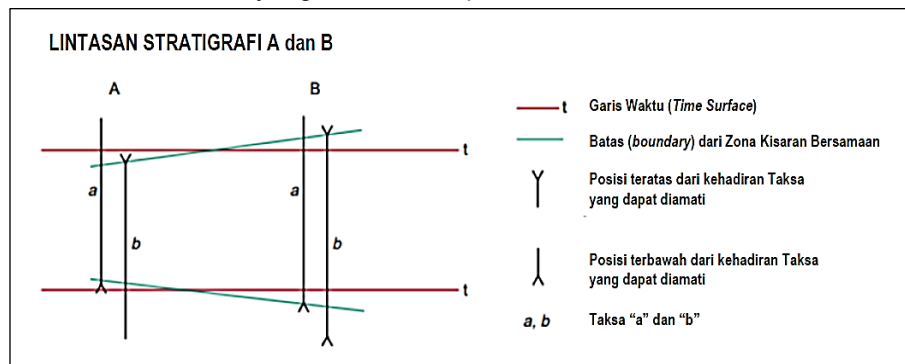
Zona Kisaran Takson adalah tubuh dari lapisan batuan yang dicirikan oleh kisaran kehadiran Takson tertentu, dapat berupa Species, Family dan seterusnya. Batas dari Zona Kisaran Takson adalah batas terbawah kehadiran fosil Takson tertentu dan batas teratas kehadiran fosil Takson tertentu.



Gambar 3. Zona Kisaran Takson

b. Zona Kisaran Bersamaan

Zona Kisaran Bersamaan adalah tubuh dari lapisan batuan yang dicirikan oleh kehadiran secara bersamaan dari dua spesifik Taksa yang ditetapkan. Batas dari Zona Kisaran Bersamaan adalah bagian teratas dan bagian terbawah dari Taksa yang sudah ditetapkan.



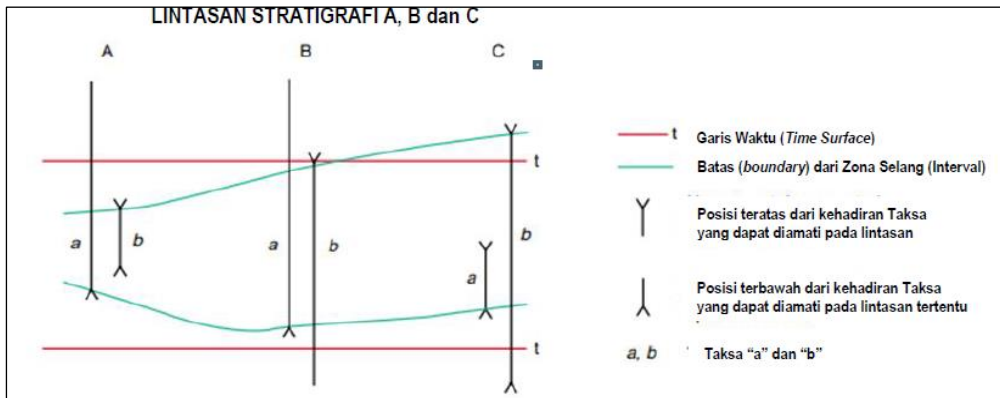
Gambar 4. Zona Kisaran Bersamaan

2. Zona Selang atau Zona Interval

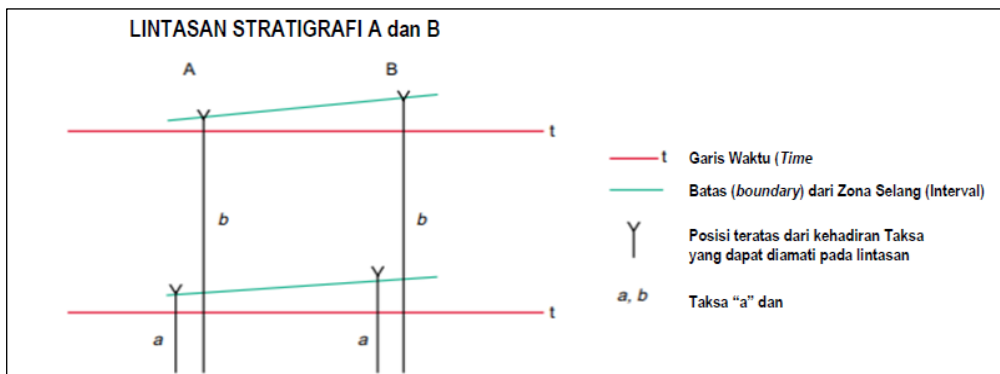
Zona interval adalah tubuh lapisan batuan yang mengandung fosil di antara dua horizon biostratigrafi. Zona tersebut tidak harus merupakan Zona Kisaran Takson atau Zona Kebersamaan Takson, Zona ini didefinisikan berdasarkan batasnya yang merupakan interval atau selang dari dua buah horizon. Interval dari suatu lapisan yang Barren bukan merupakan Zona Interval. Batas bawah dan batas atas dari Zona interval dapat merupakan :

- Horizon dari kehadiran terbawah dari Takson tertentu pada suatu lintasan
- Horizon dari kehadiran teratas dari Takson tertentu pada suatu lintasan
- Atau apapun gambaran biostratigrafi yang berbeda.

Pada analisis biostratigrafi dengan conto batuan yang berasal dari bawah permukaan di mana conto batuan diambil dengan cara melakukan pemboran dari lapisan atas atau paling muda menuju ke bawah ke lapisan bawah yang paling tua, maka batas Zona yang digunakan adalah kehadiran pertama dari atas atau kehadiran tertinggi dan tidak disebut sebagai kehadiran terakhir, namun disebut sebagai kehadiran tertinggi.



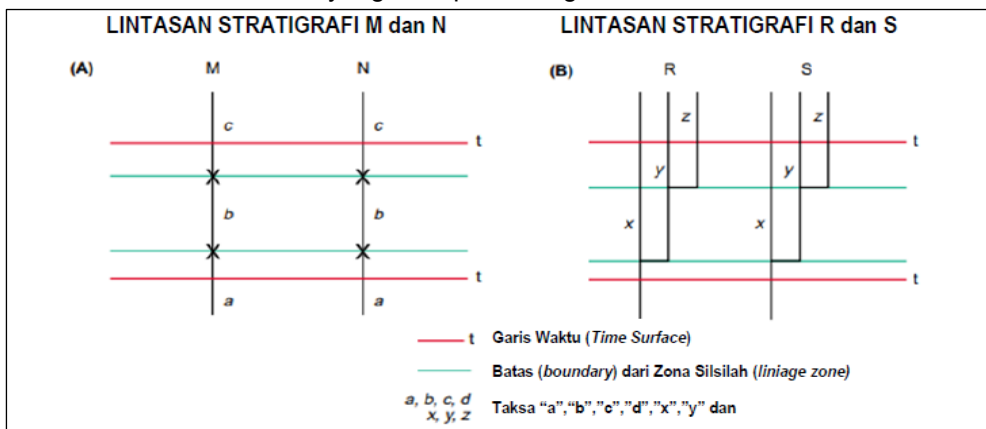
Gambar 5. Biozona Interval berdasarkan interval atau selang dari kehadiran paling bawah dari Takson a dan kehadiran paling atas dari Takson b.



Gambar 6. Biozona Interval berdasarkan interval atau selang dari kehadiran teratas Takson a dan b.

3. Zona Silsilah

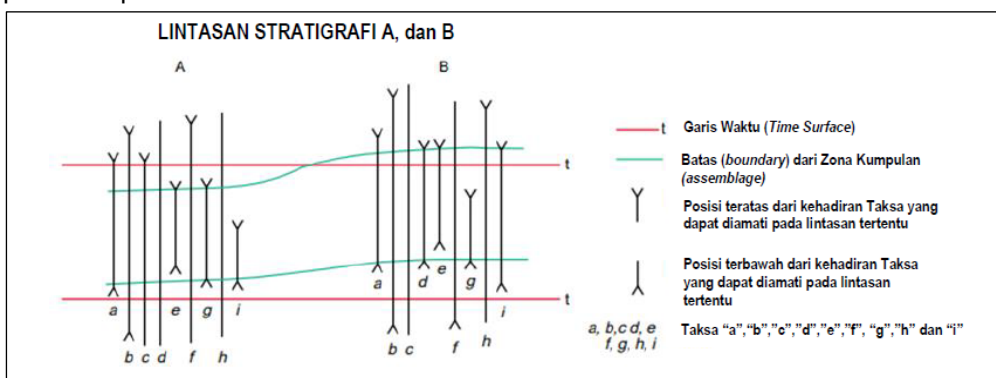
Zona Silsilah adalah tubuh lapisan batuan yang mengandung bagian tertentu dari suatu evolusi garis keturunan ("evolutionary lineage"). Zona ini dapat diwakili oleh seluruh kisaran dari garis keturunan suatu Takson (Gambar 8A) atau dapat juga hanya bagian dari kisaran suatu Takson yang terletak di bawah Takson descendent nya. Batas dari zona silsilah ini di bagian atas dan bagian bawah pada batas perubahan/evolusi menjadi Takson lain atau membentuk varian Takson baru. Zona ini dinamakan berdasarkan nama Takson yang merupakan bagian dari silsilah Takson tertentu.



Gambar 7. Biozona silsilah (merupakan bagian dari silsilah Takson tertentu, dengan batas bawah dan batas atas adalah batas perubahan/evolusi menjadi Takson lain).

4. Zona Kumpulan

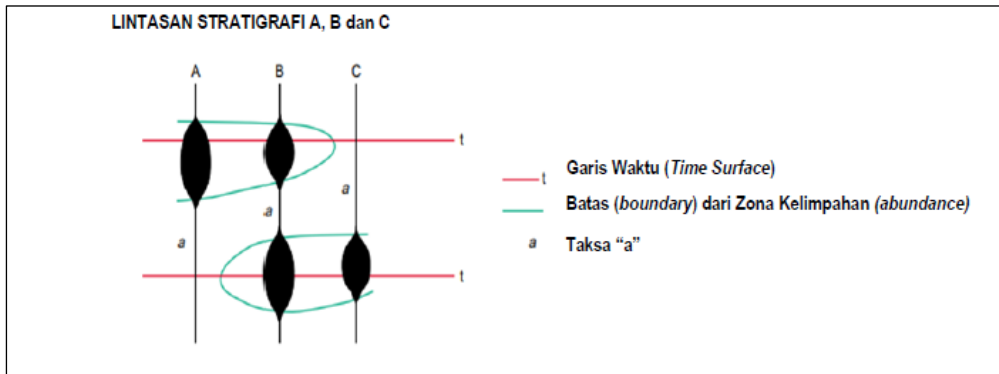
Zona Kumpulan adalah zona yang dicirikan oleh lapisan batuan yang mengandung kumpulan dari sejumlah Taksa yang hadir secara bersamaan pada waktu tertentu. Zona ini dibatasi pada bagian bawah dan atas dengan adanya perubahan dari kumpulan Taksa. Zona ini dinamakan dengan nama Taksa yang paling menonjol kehadirannya pada kumpulan Taksa ini.



Gambar 8. Zona Kumpulan adalah Zona yang merupakan tumpang tindih dari kisaran Taksa yang hadir bersamaan.

5. Zona Kelimpahan (Zona Puncak)

Zona Kelimpahan adalah tubuh lapisan batuan di mana dijumpai sebuah Takson atau sekumpulan Takson tertentu memiliki jumlah yang berlimpah dibandingkan dengan Takson di sekelilingnya. Zona ini dibatasi pada bagian bawah dan atasnya dengan menurunnya kelimpahan Taksa tertentu yang berlimpah tersebut. Zona ini dinamakan dengan nama Taksa yang berlimpah.



Gambar 9. Zona kelimpahan adalah Zona ditandai dengan kelimpahan Taksa tertentu dan dibatasi oleh mulai dan berakhirnya melimpahnya Taksa tersebut.

2.3 Azas-azas Biostratigrafi

Biostratigrafi adalah penggolongan stratigrafi berdasarkan kandungan dan penyebaran fosil. Dalam penggunaannya, semua azas stratigrafi berlaku untuk biostratigrafi. Azas-azas tersebut antara lain (Vijaya Isnaniawardhani, 2017):

- a. Hukum Superposisi (Steno, 1669), dimodifikasi oleh Anthony, 1955
Lapisan yang lebih muda terletak di atas lapisan yang lebih tua, dalam keadaan tidak terganggu.
- b. Hukum Horizontality (Steno, 1669)
Lapisan yang miring, tadinya adalah horizontal (Woodford, 1935) Dimodifikasi menjadi: Lapisan-lapisan sedimen diendapkan secara hampir horizontal, dan tidak dapat tiada sejajar dengan permukaan Dimana sedimen tersebut diendapkan.
- c. Hukum Uniformitarianism (Hutton, 1785)
Proses-proses geologi yang berlangsung sekarang, juga terjadi di masa lampau. Pernyataan diperhalus menjadi "The present is the key to the past".
- d. Hukum Urut-urutan Fauna = Faunal Succesion (Abbe Giraud – Soulvie, 1777)
Jenis-jenis fosil itu berada sesuai dengan umurnya. Fosil pada formasi yang terbawah, tidak serupa dengan yang ada pada formasi yang lebih tinggi.
- e. Strata dikenali oleh kandungan fosilnya (Smith, 1816)
- f. Lapisan batuan dapat dibedakan dari kandungan fosilnya yang khas (Woodford, 1935).

2.4 Penggolongan Satuan Biostratigrafi

Zona atau biozona adalah dasar satuan biostratigrafi. Zona tidak memiliki ketebalan atau tingkat geografis tertentu. Zona dapat memiliki ketebalan perlapisan tipis, beberapa meter sampai ribuan meter dan melampar secara geografis dari unit lokal sampai dengan unit sangat luas yang terdistribusi di seluruh dunia (Vijaya Isnaniawardhani, 2017).

Secara sederhana, suatu satuan biostratigrafi dapat didasarkan pada:

- a. Ada-tidaknya kandungan fosilnya.
- b. Adanya kumpulan fosil (*assemblage*) atau adanya fosil-fosil dari jenis tertentu.
- c. Atas kumpulan takson yang mencirikan suatu selang stratigrafi tertentu.
- d. Adanya ikatan alamiah fosil-fosil yang tertentu.
- e. Kisaran hidup dari suatu takson fosil, atau banyak takson fosil.
- f. Melimpahnya atau jumlah kelimpahan (*abundance*) fosil spesimen tertentu.
- g. Kenampakan morfologi suatu fosil atau fosil-fosil.
- h. Cara hidup atau habitat suatu kelompok fosil.
- i. Derajat perkembangan evolusi suatu fosil.

2.5 Korelasi Biostratigrafi

Korelasi biostratigrafi adalah menghubungkan lapisan-lapisan batuan didasarkan atas kesamaan kandungan dan penyebaran fosil yang terdapat didalam batuan (Djauhari Noor, 2012). Sedangkan menurut Sandi Stratigrafi Indonesia korelasi adalah penhubungan titik-titik kesamaan waktu (SSI, 1973 dalam pringgoprawiro dan Kapid, 2000). Dengan demikian, pengertian korelasi sangatlah erat hubungannya dengan kriteria paleontologinya. Walaupun begitu, pada masa sekarang tidak tertutup kemungkinan melakukan korelasi berdasarkan kriteria lain, seperti sifat litologinya, sifat seismik, dan sebagainya. Namun untuk yang akan ditinjau lebih lanjut hanyalah korelasi berdasarkan kriteria paleontologi saja.

Berikut kriteria paleontologi yang berhubungan dengan korelasi:

1. Adanya kesamaan fosil penunjuk umur pada setiap lapisan batuan yang akan dikorelasikan,
2. Lapisan batuan yang akan dikorelasikan menunjukkan umur yang sama, dan
3. Lapisan batuan tersebut juga menunjukkan zonasi biostratigrafi yang sama.

2.6 Foraminifera

Foraminifera merupakan organisme uniseluler yang dicirikan memiliki kemampuan membentuk cangkang luar. Foraminifera dapat hidup dari laut dangkal hingga laut dalam sehingga dapat digunakan sebagai indikator paleoekologi. Faktor penyebaran foraminifera dipengaruhi oleh cahaya, suplai makanan, substrat, salinitas air, nutrisi, oksigen, dan temperature (Novita, 2022).

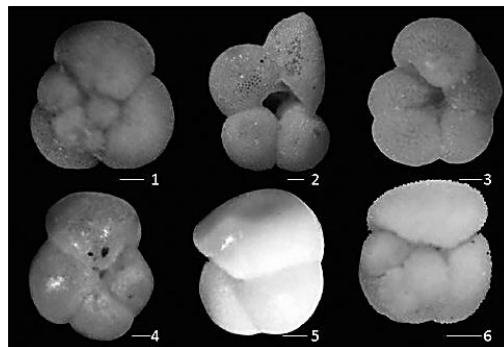
Foraminifera adalah hewan satu sel (uniseluler) kosmopolitan yang menghasilkan cangkang berukuran antara 30 μ sampai lebih dari 1 cm. Foraminifera planktonik yang terkonservasi dalam inti sedimen dari dasar laut menyediakan informasi berharga tentang kondisi lingkungan di masa lampau dan memiliki nilai signifikan dalam biostratigrafi. Beberapa spesies foraminifera planktonik telah terbukti menjadi fosil indikator untuk menentukan umur sedimen tertentu, Foraminifera benthonik adalah jenis foraminifera yang hidup di dasar laut dan dapat menempel baik secara vagil

(bergerak bebas) maupun sesil (menetap). Penyebaran foraminifera benthonik dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti iklim, suhu, salinitas, gelombang, arus, dan faktor lainnya. Kemampuan adaptasi foraminifera benthonik sangat penting untuk kelangsungan hidup dan reproduksi mereka di berbagai lingkungan, mulai dari perairan dangkal hingga laut dalam (Tupang, 2024).

Foraminifera umum ditemukan di semua jenis lingkungan laut. Mereka merupakan komponen yang secara kuantitas penting dari meiofauna bentik. Beberapa spesies foraminifera umum ditemukan dalam plankton laut dan beberapa telah beradaptasi dengan lingkungan air tawar. Hampir semua foraminifera, kecuali yang tidak bercangkang dan yang memiliki cangkang organik, terawetkan dengan baik dalam catatan fosil. Cangkang spesies planktonik yang terendap di dasar laut membentuk lapisan penting sedimen laut yang disebut Globigerina ooze. Karena kelimpahan dan keragamannya, foraminifera planktonik dan bentik merupakan kelompok mikrofosil paling penting, yang secara luas digunakan sebagai penanda paleostratigrafi dan paleoekologi (Pawlowski, 2009).

2.7 Foraminifera Planktonik

Foraminifera planktonik adalah protozoa dengan populasi besar yang memiliki cangkang dengan komposisi berupa kalsium karbonat (CaCO_3), hidup pada lingkungan laut (*marine*), yang hidup melayang pada kolom laut. Persebaran dari foraminifera planktonik dipengaruhi oleh letak geografis seperti lingkungan tidal, lingkungan rawa (*marsh*) hingga abisal yang memiliki karakteristik spesies tertentu. Selain letak geografisnya, persebaran foraminifera planktonik dipengaruhi oleh beberapa faktor lain seperti temperatur, kedalaman, salinitas, ketersediaan makanan serta oksigen. Tiap spesies foraminifera mencerminkan perubahan pada stratifikasi massa air laut yang menggambarkan kedalaman suatu spesies foraminifera hidup serta mempertahankan karakteristik massa air tertentu, yang terbagi menjadi permukaan (*warm*), *intermediet* (*cool*), dan dalam (*cool*) (Ananda, 2024).



Gambar 10. Contoh Foraminifera Planktonik

2.8 Foraminifera Benthonik

Foraminifera benthonik merupakan foraminifera yang hidup dengan menambatkan diri baik secara vagil maupun sesil di dasar laut, dan menggunakan kaki semu (Maharani, 2024). Foraminifera benthonik adalah jenis foraminifera yang hidup di dasar laut dan dapat menempel baik secara vagil (bergerak bebas) maupun sesil (menetap).

Penyebaran foraminifera benthonik dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti iklim, suhu, salinitas, gelombang, arus, dan faktor lainnya. Kemampuan adaptasi foraminifera benthonik sangat penting untuk kelangsungan hidup dan reproduksi mereka di berbagai lingkungan, mulai dari perairan dangkal hingga laut dalam (Tupang, 2024).



Gambar 11. Contoh Foraminifera Benthonik

2.9 Penentuan Umur Batuan

Menurut (Pringgoprawiro dan Kapid, 2000), Penentuan umur pada batuan terbagi menjadi dua metode yaitu penentuan umur absolut dan penentuan umur relative. Penentuan umur absolut umumnya dilakukan dengan menghitung waktu paruh dari unsur-unsur radioaktif yang dikandung dalam batuan tersebut. Sementara itu, penentuan umur relatif pada dasarnya adalah membandingkan umur batuan tersebut dengan umur batuan lain yang sudah diketahui atau mempunyai hubungan posisi stratigrafi yang jelas. Salah satu cara penentuan umur relatif ini adalah dengan meneliti kandungan fosil atau foraminifera planktonik yang ada dalam batuan tersebut. Di antara foraminifera planktonik yang ada di alam, maka foraminifera, polen, nanoplankton, dinoflagelata, radiolaria, dan ostracoda dapat menjadi pilihan yang baik, mudah dan relatif murah dibandingkan dengan penentuan umur secara absolut (Pringgoprawiro dan Kapid, 2000).

Penentuan umur relatif dari suatu sampel dapat dilakukan dengan bantuan analisis foraminifera (Khoiril, 1999 dalam Pringgoprawiro dan Kapid, 2000). Ada beberapa metode analisis yang digunakan:

- Analisis kualitatif: hanya mencatat suatu takson ada atau tidak,
- Analisis semi-kualitatif: mencatat hasil pengamatan dalam interval tertentu dan direpresentasikan dengan simbol tertentu, yaitu: 1-3 = jarang (0), 4-10 = sedikit (+), 11-25 = banyak (I), lebih besar dari 25 = melimpah (III),
- Analisis kuantitatif: disini semua kehadiran fosil diidentifikasi dan masing-masing takson dihitung jumlahnya.

2.10 Lingkungan Pengendapan

Ada beberapa klasifikasi dari para ahli yang dapat digunakan dalam penentuan suatu lingkungan pengendapan berdasarkan biostratigrafi atau kandungan fosilnya terkhusus

pada fosil foraminifera bentoniknya. Boltovskoy & Wright (1976) membuat klasifikasi lingkungan pengendapan berdasarkan keterdapatannya fosil bentonik dan kedalamannya yang dibagi menjadi beberapa zona, antara lain :

1. Intertial zone : Zona ini merupakan area pasang surut yang sangat dipengaruhi oleh fluktuasi energi gelombang dan perubahan salinitas yang ekstrem. Organisme seperti *Ammonia beccarii* dan *Elphidium* memiliki cangkang yang relatif kuat untuk menahan abrasi fisik. Sedimen di sini biasanya didominasi oleh pasir kasar hingga sedang, dengan tingkat oksidasi yang tinggi karena sering terpapar udara saat air surut. Fosilnya seperti *Ammonia beccarii*, *Elphidium*, *Discorbis*, *Buliminella*, dan *Cibicides*.
2. Inner neritic (shelf) zone (0-30 m) : Berada di bagian atas paparan benua (inner shelf), zona ini masih menerima penetrasi cahaya matahari yang melimpah (zona fotik), sehingga mendukung produktivitas organik yang tinggi. Fosilnya seperti *Elphidium*, *Ammonia*, *Quinqueloculina*, dan *Cibicides*, *Poroepionides*.
3. Middle neritic (shelf) zone (30-100 m): Pada kedalaman ini, energi gelombang dari permukaan mulai berkurang namun arus bawah laut masih berperan dalam transportasi sedimen. Keanekaragaman spesies meningkat drastis dengan hadirnya genus seperti *Amphistegina* dan *Textularia*. Lingkungan ini relatif stabil dibandingkan neritik dalam, sering kali menjadi tempat akumulasi karbonat atau campuran antara material terigen (asal darat) dan biogenik. Fosilnya seperti *Textularia*, *Trochammina*, *Ammonia*, *Elphidium*, *Quinqueloculina*, *Triloculina*, *Prioculina*, *Discorbis*, *Buliminella*, *Amphistegina*, *Peneroplis*, *Archais*, *Haterostegina* dan *Bucella*.
4. Outer neritic (shelf) zone (100-130 m): Terletak di tepi luar paparan benua mendekati batas lereng (shelf break), zona ini dicirikan oleh penurunan penetrasi cahaya dan suhu yang mulai mendingin. Genus seperti *Uvigerina* dan *Cassidulina* mulai muncul, menandakan transisi menuju lingkungan laut dalam. Sedimen di sini umumnya lebih halus, didominasi oleh lanau dan lempung, karena jauh dari sumber energi transportasi darat. Fosilnya seperti *Lagena*, *Bulimina*, *Cibicides*, *Nonionella*, *Uvigerina*, *Cassidulina*, *Nonionella*, *Uvigerina*, *Fusulinella* dan *Pullenia*.
5. Upper and Middle Bathyal zone (130-1000 m): Ini adalah lingkungan lereng benua (continental slope) yang curam. Karakteristik utamanya adalah tekanan hidrostatik yang tinggi dan suhu yang rendah secara konsisten. Genus seperti *Bolivina* sering menunjukkan kondisi lingkungan yang memiliki kadar oksigen rendah (Oxygen Minimum Zone). Proses pengendapan di sini sering kali dipengaruhi oleh arus turbidit atau longsoran sedimen dari paparan. Fosilnya seperti *Bolivina*, *Uvigerina*, *Cassidulina*, *Gyroidina*, *Pyrgo*, *Bulimina*, *Pullenia* dan *Cibicides*.
6. Lower Bathyal zone (1000-3000 m): Berada di kaki lereng benua (continental rise), zona ini sangat tenang dan gelap total. Organisme seperti *Epistominella* dan *Melonis* beradaptasi dengan suplai makanan yang sangat terbatas (tergantung pada "hujan" organik dari permukaan). Sedimen didominasi oleh lempung pelagik dan mikrofosil planktonik yang mengendap perlahan di dasar

- laut. Fosilnya seperti *Oridorsalis*, *Stilostomella*, *Pleurostomella*, *Melonis*, *Gyroidina*, *Globocassidulina*, *Cibicides*, *Epistominella*, *Pyrgo*, dan *Egrella*.
7. Abyssal zone (3000-5000 m): Merupakan dataran dasar samudra yang sangat luas dengan kondisi ekstrem: tekanan luar biasa besar dan suhu mendekati titik beku. Di bawah kedalaman tertentu (CCD - *Carbonate Compensation Depth*), cangkang kalsium karbonat akan larut. Fosilnya seperti *Bathysiphon*, *Cyclammina*, *Haplophragmoides*, *Rhabdammina*, dan *Cribrostomoides*