

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ilmu geologi yang digunakan untuk memulai kegiatan eksplorasi salah satunya yaitu biostratigrafi dimana dalam aplikasinya untuk penentuan umur dari lapisan batuan serta lingkungan pengendapan batuan dengan menggunakan kandungan fosil yang ada didalamnya. Biostratigrafi merupakan salah satu rekonstruksi sejarah paleocenografi dan paleoklimat, perumusan teori evolusi, deskripsi catatan sedimen dan sejarah permukaan laut, serta seluruh spektrum disiplin ilmu yang merekonstruksi aspek sejarah bumi (Aubry, 1984).

Biostratigrafi sendiri merupakan penggolongan lapisan batuan di bumi secara sistematis menjadi satuan-satuan bernama berdasarkan kandungan dan penyebaran dari fosil (Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996). Menurut Emery & Myers (1996) biostratigrafi adalah cabang ilmu yang menjelaskan tentang stratigrafi berdasarkan pada ciri-ciri paleontologi dan menghubungkan proses pengendapan batuan dengan umur yang sama. Biostratigrafi penting karena dapat mengkaji urutan waktu geologi dan memberikan gambaran ruang.

Endapan Tersier mempunyai persebaran yang luas di Pulau Sulawesi, salah satunya Formasi Tonasa yang merupakan formasi batuan sedimen laut yang penyebarannya berkembang baik di beberapa daerah, antara lain daerah Barru, daerah Pangkajene, dan Daerah Jeneponto. Formasi Tonasa secara umum disusun oleh batugamping, di daerah Jeneponto formasi ini terdiri atas batugamping berlapis berselingan dengan napal globigerina (Sukanto dan Supriatna, 1982). Penentuan umur yang dilakukan berdasarkan fosil yang ditemukan pada batuan, salah satunya melalui nanofosil dengan kesimpulan bahwa umur Formasi Tonasa berkisar antara Eosen sampai Miosen Tengah (Wilson dan Bosence, 1996). Jadi, nanofosil juga menjadi salah satu catatan terbaik tentang perubahan lingkungan baik berskala global maupun lokal yang terekam melalui sedimen laut.

Pada Formasi Tonasa, telah dilakukan penelitian terkait biostratigrafi lingkungan endapan, yang umumnya berfokus pada fosil foraminifera. Namun, selain foraminifera, terdapat juga organisme lain yang melimpah pada batugamping dan memiliki ukuran yang lebih kecil, yaitu nanofosil. Nanofosil, yang sering disebut *calcareous nannofossil*, terdiri dari lempeng gampingan (*coccolith*) yang sangat kecil dan berasal dari alga uniseluler yang disebut *coccolithophore*. *Coccolithophore* memproduksi lempeng gampingan yang saling terhubung, membentuk struktur atau kerangka bulat atau silindris yang dikenal sebagai *coccosphere*, yang melindungi seluruh atau sebagian tubuhnya. Setelah mati, *coccolith* akan terpisah dan mengendap di dasar laut bersamaan dengan material sedimen (Armstrong dan Brasier, 2005). Ukuran nanofosil yang sangat kecil membuat fosil ini mudah terawetkan dalam batuan sedimen. Kelimpahan nanoplankton pada batuan sedimen dipengaruhi oleh perubahan suhu dan kondisi nutrisi di lingkungan hidup nanoplankton, dimana ada kaitannya dengan perubahan iklim secara global maupun lokal. Sifat permukaan air laut seperti cahaya, suhu, salinitas, kekeruhan dan kandungan nutrisi merupakan hal yang mempengaruhi distribusi vertical nanoplankton sebagai komponen utama fitoplankton di Samudra (McIntyre dan Bé, 1967).

Kumpulan biozonasi Kenozoikum diringkaskan oleh Martini (1971) dan juga secara komprehensif diteliti oleh Okada dan Bukry (1980) telah dikenali dan digunakan di wilayah yang luas serta dianggap sebagai standar internasional untuk zona biostratigrafi (Haq dkk., 1988). Nanofosil merupakan salah satu jenis mikrofosil yang sensitif dan peka akan perubahan lingkungan laut terlebih suhu permukaan dan kondisi nutrisi, ini yang menjadikan jenis mikrofosil tersebut mempunyai peran penting dalam korelasi biostratigrafi dan rekonstruksi paleoseanografi dari zaman Mesozoikum dan Kenozoikum (Farida dkk., 2012).

Berdasarkan analisis biostratigrafi dan paleoseanografi yang menggunakan fosil foraminifera kecil menunjukkan bahwa Formasi Tonasa yang terletak di Kabupaten Barru

memiliki umur Eosen Awal hingga Oligosen, serta terendapkan dalam lingkungan Neritik Tengah hingga Neritik Luar (Farida dkk, 2013). Selain itu, hasil analisis biostratigrafi Formasi Tonasa yang menggunakan nanofosil di Sungai Barru (Palakka) menunjukkan umur Eosen Tengah hingga Awal Miosen (Farida dkk, 2022). Penelitian terkait Formasi Tonasa, khususnya tentang biostratigrafi hanya terfokus pada Formasi Tonasa yang tersebar pada daerah Barru. Sedangkan karakteristik detail tentang Formasi Tonasa yang tersingkap pada daerah Selatan dari Sulawesi Selatan (Jeneponto), masih belum banyak dilakukan. Berdasarkan hal tersebut, maka penulis melakukan penelitian lebih detail terkait keterdapatan dan karakteristik nanofosil pada daerah penelitian, dengan judul “Paleoseanografi Batuan Karbonat Formasi Tonasa Berdasarkan Nanofosil Pada Lintasan Boyong-A Kabupaten Jeneponto, Provinsi Sulawesi Selatan”.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini akan diteliti dengan permasalahan, sebagai berikut :

1. Bagaimana kelimpahan nanofosil pada Lintasan Boyong-A daerah Boyong.
2. Bagaimana biostratigrafi Formasi Tonasa berdasarkan kandungan nannofossil pada Lintasan Boyong-A daerah Boyong.
3. Bagaimana ukuran *coccolith* pada Lintasan Boyong-A di daerah Boyong.
4. Bagaimana paleoseanografi Formasi Tonasa berdasarkan kandungan nanofosil pada Lintasan Boyong-A di daerah Boyong.

1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk melakukan pengukuran dan pengambilan data pada batugamping Formasi Tonasa yang tersingkap di daerah Jeneponto lintasan A menggunakan metode *measuring section*. Adapun tujuan dari penelitian ini, sebagai berikut :

1. Mengetahui kelimpahan nanofosil pada Lintasan Boyong-A daerah Boyong.

2. Mengetahui biostratigrafi Formasi Tonasa berdasarkan kandungan nanofosil pada Lintasan Boyong-A daerah Boyong.
3. Mengetahui ukuran *coccolith* pada Lintasan Boyong-A di daerah Boyong.
4. Mengetahui paleoseanografi Formasi Tonasa berdasarkan kandungan nanofosil pada Lintasan Boyong-A di daerah Boyong.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan data mengenai biostratigrafi nanofosil berupa umur relatif pengendapan batuan berdasarkan kandungan nanofosil serta mengetahui paleoseanografi Formasi Tonasa Daerah yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk penelitian yang akan datang.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian mencakup Formasi Tonasa pada lintasan A Boyong di daerah Jeneponto. Objek yang dilakukan penelitian yaitu pada batugamping Formasi Tonasa guna mengetahui biostratigrafi nanofosil berupa umur relatif dan paleoseanografi dari Formasi Tonasa.

1.6 Batasan Masalah

Penelitian ini khusus dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis kondisi paleoseanografi berdasarkan keterdapatan dan kelimpahan nanofosil dalam lapisan batuan di Lokasi penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Geologi regional daerah penelitian terdiri atas geomorfologi regional, stratigrafi regional, dan struktur regional dimana daerah penelitian termasuk dalam geologi Lembar Ujung Pandang, Benteng, dan Sinjai (Sukamto dan Supriatna, 1982).

2.1.1 Geomorfologi Regional

Bentuk morfologi yang menonjol di daerah lembar ini adalah kerucut gunungapi Lompobatang. yang menjulang mencapai ketinggian 2876 m di atas muka laut. Kerucut gunungapi dari kejauhan masih memperlihatkan bentuk aslinya. dan menempati lebih kurang 1/3 daerah lembar. Pada potret udara terlihat dengan jelas adanya beberapa kerucut parasit, yang kelihatannya lebih muda dan kerucut induknya bersebaran di sepanjang jalur utara-selatan melewati puncak G.Lompobatang. Kerucut gunungapi Lompobatang ini tersusun oleh batuan gunungapi berumur Plistosen (Sukamto dan Supriatna, 1982).

Dua buah bentuk kerucut tererosi yang lebih sempit sebarannya terdapat disebelah barat dan sebelah utara G. Lompobatang. Di sebelah barat terdapat G. Baturape, mencapai ketinggian 1124 m dan di sebelah utara terdapat G. Cindako, mencapai ketinggian 1500 m. Kedua bentuk kerucut tererosi ini disusun oleh batuan gunungapi berumur Pliosen (Sukamto dan Supriatna, 1982).

Di bagian utara terdapat 2 daerah yang terciakan oleh topografi kars yang dibentuk oleh batugamping Formasi Tonasa. Kedua daerah bertopografi kars ini dipisahkan oleh pegunungan yang tersusun oleh batuan gunungapi berumur Miosen sampai Pliosen (Sukamto dan Supriatna, 1982).

Pesisir barat merupakan daratan rendah yang sebagian besar terdiri dari daerah rawa dan daerah pasang-surut. Beberapa sungai besar membentuk daerah banjir di dataran ini. Bagian timurnya terdapat bukit-bukit terisolir yang tersusun oleh batuan klastika gunungapi berumur Miosen dan Pliosen. Pesisir baratdaya ditempati oleh morfologi berbukit memanjang rendah dengan arah umum kira-kira baratlaut-tenggara. Pantainya berliku - liku membentuk beberapa teluk, yang mudah dibedakan dari pantai di daerah lain pada lembar ini. Daerah ini disusun oleh batuan karbonat dari Formasi Tonasa (Sukamto dan Supriatna, 1982).

Bagian selatan pesisir timur membentuk suatu tanjung yang ditempati sebagian besar oleh daerah berbukit kerucut dan sedikit topografi kras. Bentuk 9 morfologi semacam ini ditemukan pula di bagian baratlaut P. Selayar. Teras pantai dapat diamati di daerah ini sejumlah antara 3 dan 5 buah. Bentuk morfologi ini disusun oleh batugamping berumur Miosen Akhir-Pliosen (Sukamto dan Supriatna, 1982).

2.1.2 Stratigrafi Regional

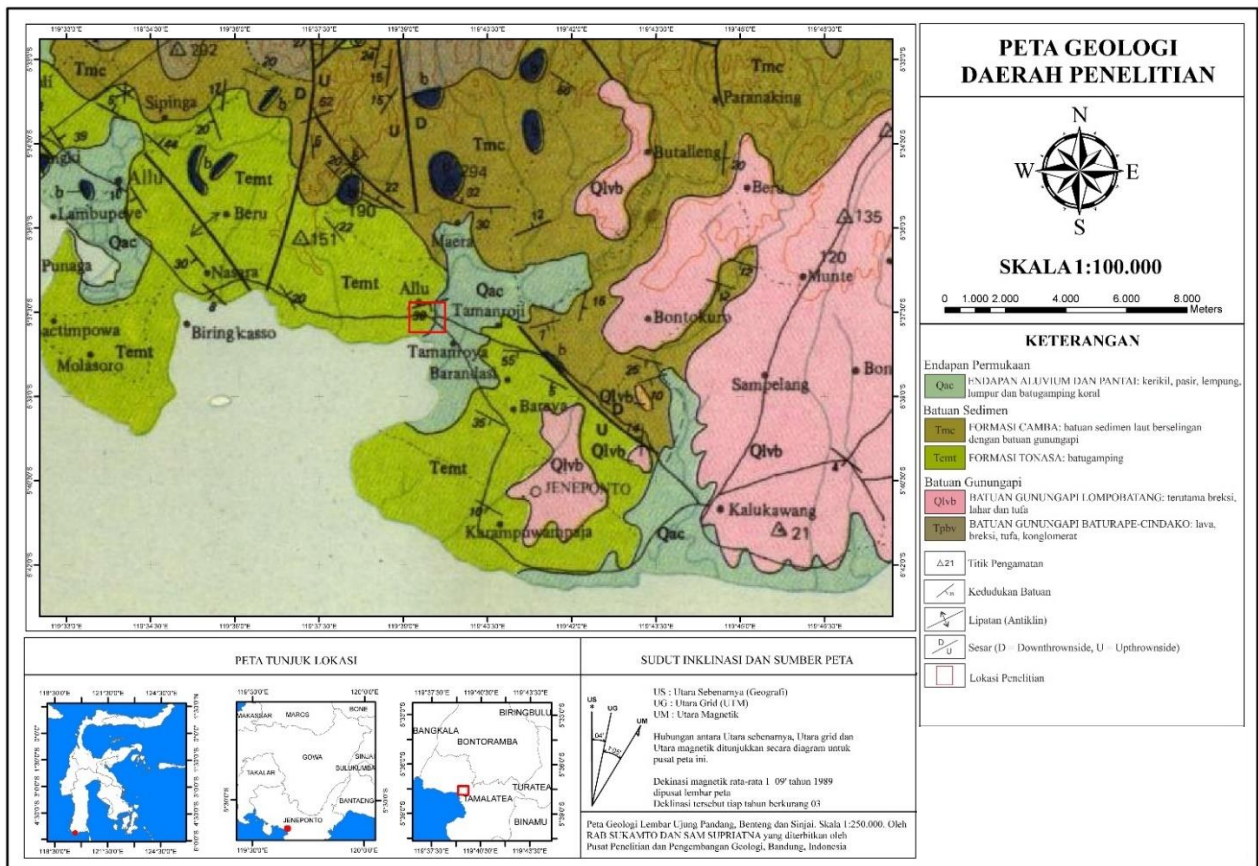
Secara stratigrafi, bagian selatan Sulawesi terdiri dari formasi batuan mulai dari Mesozoikum hingga Kenozoikum. Stratigrafi Tersier Sulawesi Selatan bagian barat dibagi menjadi dua: Formasi Tonasa, yang diendapkan bersamaan dengan Formasi Malawa pada Eosen Awal, dan Formasi Camba, yang diendapkan di atas Formasi Tonasa pada Miosen Tengah hingga Miosen Akhir (Sukamto, 1982; Wilson and Bosence, 1996). Perkembangan karbonat diakhiri dengan pengendapan material vulkaniklastik. Di bagian timur Sulawesi Selatan, Formasi Tonasa secara selaras berimpit dengan bagian tengah Formasi Salo Kalupang pada sekitar Eosen Tengah, dan ketidakselarasan ditemukan pada bagian atas Formasi Tonasa dengan formasi batuan yang lebih muda. Beberapa penelitian menentukan umur Formasi Tonasa di daerah Karama adalah Eosen Akhir hingga Oligosen Tengah (Farida dkk, 2024).

Stratigrafi regional daerah penelitian menurut Sukamto dan Supriatna (1982) pada Peta Geologi Lembar Ujung Pandang, Benteng, dan Sinjai yang sesuai dengan daerah penelitian yaitu sebagai berikut :

Temt: Formasi Tonasa (*Tertiary Eocene Miocene Tonasa*) batugamping, sebagian berlapis dan sebagian Pejal; koral, bioklastika, dan kalkarenit. dengan sisipan napal globigerina. Batugamping kaya foram besar, batugamping pasir, setempat dengan moluska: kebanyakan putih dan kelabu muda. sebagian kelabu tua dan coklat.

Proses sedimentasi Formasi Tonasa pada daerah Jeneponto terjadi selama Miosen Awal – Miosen Tengah. Dijumpai perselingan wackestone yang mengandung foraminifera planktonik, kemungkinan merupakan fasies karbonat yang terdeposit kembali pada bagian distal atau basinal marls. Jika endapan batuan sedimen tersebut terendapkan kembali pada bagian distal, maka daerah Jeneponto bagian selatan tidak lebih stabil selama Miosen jika dibandingkan dengan Oligosen dan Eosen. Kemiringan dari urutan karbonat dapat dilihat dari ketidakselarasan yang membentuk sudut rendah diantara Formasi Tonasa dengan serpih laut dalam dan perselingan vulkaniklastik dari anggota terbawah Formasi Camba (Wilson and Bosence, 1996).

Formasi Tonasa memiliki tebal tidak kurang dari 1750 m, tidak selaras menindih batuan Gunungapi Terpropilitkan (Tpv) dan ditindih oleh Formasi Camba (Tmc); di beberapa tempat diterobos oleh retas, *sill* dan stok bersusunan 11 basal dan diorit; berkembang baik di sekitar Tonasa di daerah Pangkajene dan Watampone Bagian Barat, sebelah utaranya (Sukamto dan Supriatna, 1982).



Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai (Sukamto dan Supriatna, 1982)

2.1.3 Struktur Geologi Regional

Kondisi geologi yang kompleks merupakan karakteristik pulau Sulawesi, yang melibatkan pergerakan tiga lempeng utama: Lempeng Eurasia yang bergerak ke arah tenggara, Lempeng Pasifik di sebelah barat, dan Lempeng Hindia-Australia di sebelah utara. Tiga peristiwa tektonik besar telah terjadi di Indonesia: yang pertama antara Kapur Akhir dan Miosen Tengah, yang kedua selama Miosen Tengah, dan yang ketiga pada Pliosen Akhir. Peristiwa-peristiwa ini secara signifikan mempengaruhi bentuk Pulau Sulawesi dan geologi regionalnya (Farida dkk, 2022).

Batuan tertua yang tersingkap di daerah ini adalah sedimen *flysch* Formasi Marada, berumur Kapur Atas. Asosiasi batuanannya memberikan petunjuk suatu endapan lereng bawah laut, ketika Kegiatan magma berkembang menjadi suatu gunungapi pada waktu kira-kira 63 juta tahun, dan menghasilkan Batuan Gunungapi Terpropilitkan.

Pada Kala Eosen daerah sebelah barat Lembah Walane menampilkan suatu paparan laut dangkal dan daerah sebelah timurnya merupakan suatu cekungan sedimentasi dekat daratan.

Paparan laut dangkal Eosen meluas hamper keseluruhan daerah Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai yang buktinya ditunjukkan oleh sebaran Formasi Tonasa disebela barat Barru, sebelah timur Maros dan disekitar Talakar. Endapan paparan berkembang selama Eosen sampai Miosen Tengah. Sedimentasi klastika disebelah timur Lembah Walane rupanya berhenti pada akhiran Pligosen, dan diikuti oleh kegiatan gunung api yang menghasilkan Formasi Kalamiseng.

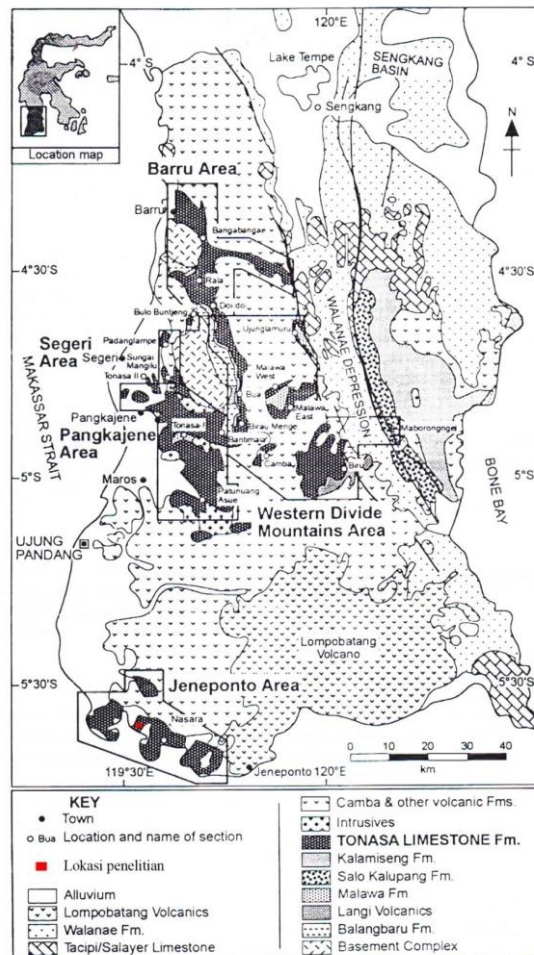
Akhir dari pada kegiatan gunungapi Eosen Awal di ikuti oleh tektonik yang menyebabkan terjadinya pemulaan Terban Walanae yang kemudian menjadi cekungan dimana Formasi Walanae terbentuk. Peristiwa ini kemungkinan besar berlangsung sejak awal Miosen Tengah dan menurun perlahan selama sedimentasi sampai kala Pliosen.

Menurunnya cekungan Walanae dibarengi oleh kegiatan gunungapi yang terjadi secara luas di sebelah baratnya dan mungkin secara lokal di sebelah timurnya. Peristiwa ini terjadi selama Miosen Tengah sampai Pliosen. Semula gunungapinya terjadi di bawah muka laut, dan kemungkinan sebagian muncul di permukaan pada kala Pliosen. Kegiatan gunungapi selama Miosen meghasilkan Formasi Camba, dan selama Pliosen menghasilkan Batuan Gunungapi Baturape-Cindako.

Kelompok retas basal berbentuk radier memusat ke G. Cindako dan G. Baturape, terjadinya mungkin berhubungan dengan gerakan mengkubah pada kala Pliosen.

Kegiatan gunungapi di daerah ini masih berlangsung sampai dengan kala Plistosen, menghasilkan Batuan Gunungapi Lompobatang. Berhentinya kegiatan magma pada akhir Plistosen, diikuti oleh suatu tektonik yang menghasilkan sesar-sesar *en echelon* (merencong) yang melalui G. Lompobatang berarah utara-selatan. Sesar-sesar *en echelon* mungkin sebagai

akibat dari suatu gerakan mendatar dekstral dari pada batuan alas di bawah Lembah Walanae. Sejak kala Pliosen pesisir- barat ujung lengan Sulawesi Selatan ini merupakan dataran stabil, yang pada kala Holosen hanya terjadi endapan aluvium dari rawa-rawa.



Gambar 2.2 Peta distribusi Formasi Tonasa pada bagian selatan Sulawesi (Wilson and Bosence, 1996)

2.2 Biostratigrafi

Biostratigrafi dikenal sebagai penerapan studi stratigrafi dengan didasarkan pada aspek paleontologi, atau menggunakan metode paleontologi. Biostratigrafi merupakan cabang ilmu yang menjelaskan tentang stratigrafi berdasarkan ciri-ciri paleontologi dan menghubungkan proses pengendapan batuan dengan umur yang sama. Hal tersebut disebabkan karena adanya suatu kelompok fosil yang didukung oleh beberapa kelompok fosil lain, sehingga sampai saat ini para ahli cenderung untuk menentukan lingkungan pengendapan

berdasarkan fosil-fosil bentonik dan penentuan umur suatu batuan berdasarkan pada kandungan fosil planktonik. 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).

Biostratigrafi dasarnya merupakan penggolongan stratigrafi berdasarkan kandungan dan penyebaran fosil sehingga dalam penggunaannya semua asas stratigrafi berlaku, diantaranya :

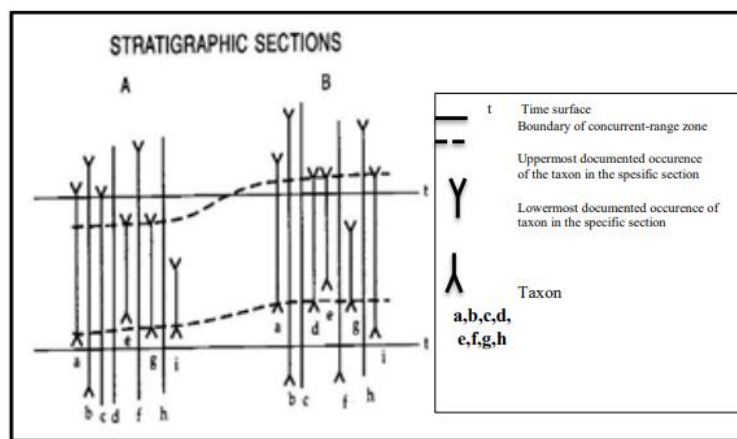
- Hukum Superposisi (Steno, 1669) yang oleh Antony dibagi menjadi “lapisan termuda yang terletak di puncak dalam urutan yang tidak terganggu”.
- Hukum Horizontality (Steno, 1669), Lapisan yang miring, tadinya adalah horizontal. Lapisan-lapisan sedimen diendapkan secara hampir horizontal, dan tidak dapat tiada sejajar dengan permukaan dimana sedimen tersebut diendapkan.
- Hukum Uniformitarianism (Hutton, 1785), Proses-proses geologi yang berlangsung sekarang, juga terjadi di masa lampau, (“The present is the key to the past”).
- Hukum Urut-urutan Fauna atau 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.
- Hukum strata yang dikenal dari kandungan fosilnya oleh Smith “lapisan batuan dapat dibedakan dari kandungan fosilnya”.

Penggolongan lapisan-lapisan di bumi secara sistem menjadi satuan-satuan bernama berdasarkan kandungan dan penyebaran fosil disebut pembagian biostratigrafi. Zona atau biozona merupakan satuan dasar dari satuan biotratigrafi. Zona adalah suatu lapisan atau tubuh batuan yang dicirikan oleh satu takson fosil atau lebih. Urutan tingkat satuan

biostratigrafi resmi, masing-masing dari besar sampai kecil ialah: Super-Zona, Zona, Sub-Zona dan Zonula (Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996).

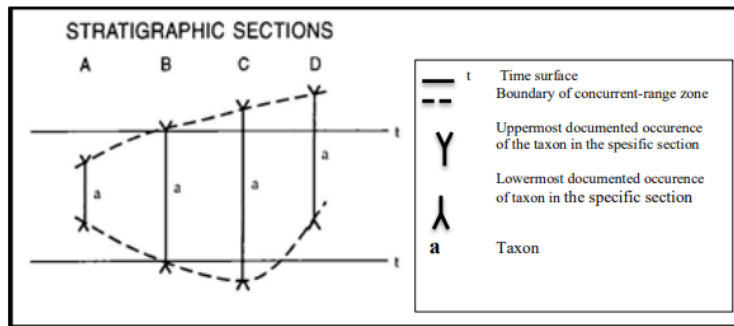
Berdasarkan ciri paleontology yang dijadikan sendi satuan biostratigrafi dikelompokkan menjadi :

1. Zona Kumpulan : Zona kumpulan ialah satu lapisan atau kesatuan sejumlah lapisan yang terdiri oleh kumpulan alamiah fosil yang khas atau kumpulan sesuatu jenis fosil. Kegunaan Zona Kumpulan, selain sebagai penunjuk lingkungan kehidupan purba dapat dipakai sebagai penciri waktu.



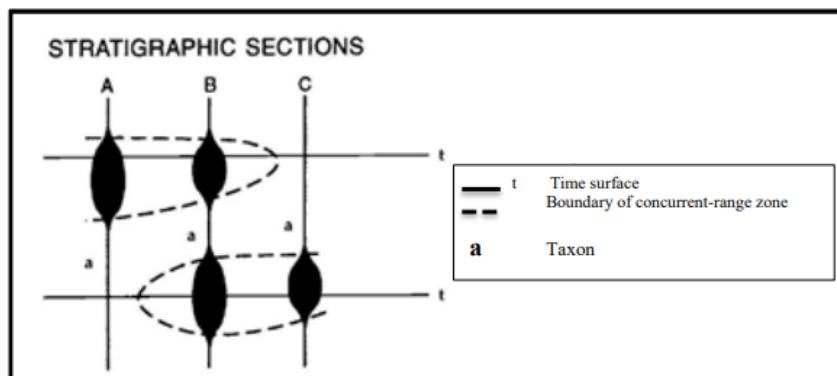
Gambar 2.3 Zona Kumpulan (Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996)

2. Zona Kisaran : Zona kisaran ialah tubuh lapisan batuan yang mencakup kisaran stratigrafi unsur terpilih dari kumpulan seluruh fosil yang ada. Kegunaan Zona Kisaran terutama ialah untuk korelasi tubuh-tubuh lapisan batuan dan sebagai dasar untuk penempatan batuan-batuan dalam skala waktu geologi. Batas dan kelanjutan Zona Kisaran ditentukan oleh penyebaran tegak dan mendatar takson (takson-takson) yang mencirikannya.



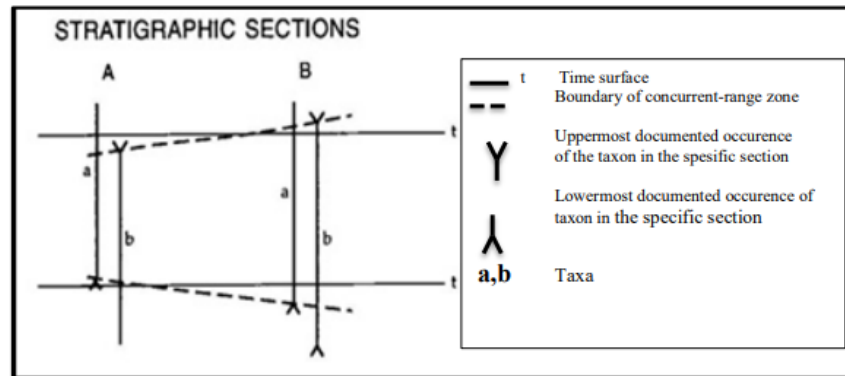
Gambar 2.4 Zona Kisaran (Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996)

3. Zona Puncak : Zona Puncak ialah tubuh lapisan batuan yang menunjukkan perkembangan maksimum suatu takson tertentu. Kegunaan Zona Puncak dalam hal tertentu ialah untuk menunjukkan kedudukan kronostratigrafi tubuh lapisan batuan dan dapat dipakai sebagai petunjuk lingkungan pengendapan purba, iklim purba.



Gambar 2.5 Zona Puncak (Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996)

4. Zona Selang : Zona selang ialah selang stratigrafi antara dua horizon biostratigrafi berupa awal atau akhir pemunculan takson – takson penciri. Kegunaannya adalah untuk korelasi tubuh – tubuh lapisan batuan. Penamaan zona ini berasal dari nama-nama horizon atau takson yang membatasinya.



Gambar 2.6 Zona Selang (Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996).

Terdapat dua jenis peristiwa paleontologi yang umumnya diterapkan dalam biostratigrafi, yaitu Datum Kemunculan Awal (First Appearance Datum/FAD) dan Datum Kemunculan Akhir (Last Appearance Datum/LAD). Pengamatan yang dilakukan dengan sederhana, berupa analisis terhadap kehadiran atau ketidakhadiran spesies tertentu dalam suatu lapisan batuan, dapat menjadi pertanyaan yang bersifat objektif, karena dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor (Gradstein, 1985). FAD dan LAD menggambarkan rentang keseluruhan dari keberadaan suatu takson, mulai dari saat berevolusi hingga mengalami kepunahan. Sementara itu, first occurrence (FO) dan last occurrence (LO) digunakan dalam skala yang lebih sempit; FO dan LO menggambarkan biozonasi, sedangkan FAD dan LAD menunjukkan biochronozone. Kemunculan spesies yang tidak konstan menjadi salah satu acuan untuk menentukan FO dan LO suatu takson (Saraswati, 2016).

Zonasi biostatigrafi (nannofossil) Kenozoikum berdasarkan Biozonasi standar Martini (1971) yang menggunakan sampel-sampel dari seluruh dunia paling terkenal digunakan di Indonesia. Sejumlah 25 zonanannofossil pada Pleogen (diberi angka NP1 sampai NP25) dan 21 zona nannofossil pada Neogen dan Kuartar (diberi angka NN1 sampai NP21) digunakan sebagai zonasi biostratigrafi standar untuk Paleogen sampai Kuartar. Selanjutnya Okada dan Bukry (1980) mengusulkan 19 zona nannofossil pada Paleogen dan 15 zona pada Neogen (dinamai CP dan CN) yang dibagi dalam beberapa subzona (Isnaniawardhani, 2007).

2.3 Nannofosil

Nanofosil atau biasa disebut juga sebagai nanofosil gampingan (*calcareous nannofossil*) (atau *coccolithospores*) adalah lempeng kalsit sangat kecil, umumnya kurang dari 5 mikronmeter yang berasal dari alga planktik uniselular dengan pigmen fotosintesis mirip divisi *chrysophyta* kelas *coccolithophorida*. Alga bersel tunggal ini hanya hidup di lautan, mengapung di dekat permukaan air karena memerlukan matahari untuk hidupnya. Lempeng-lempeng kalsit akan tersedimentasi dan terawetkan menjadi bagian dari batulempung pasir, batulempung gampingan, serpih, atau batugamping. Nanofosil melimpah dan relatif ditemukan dalam sedimen laut, serta banyak digunakan untuk korelasi biostratigrafi (Braisner, 1985).

Nannofosil merupakan organisme yang hidup melayang atau mengambang dalam kolom air yang berada dekat permukaan air dikarenakan butuh matahari untuk keberlangsungan hidup pada laut dangkal hingga menengah. Perubahan, produktivitas dan penyebaran nannofosil dikontrol oleh parameteri lingkungan seperti, salinitas pasokan oksigen, temperatur dan kesediaan bahan makanan (Farida, dkk., 2012).

Coccolithopore sebagai sel induk nannofossil bersifat autotrof, yang berarti organisme ini sering dijumpai pada zona photik dimana cahaya matahari masih masuk dengan mudah. *Coccolithopore* dijumpai pada lautan terbuka, lingkungan pelagis dari tepi pantai litoral hingga lingkungan lagun. Cara hidup yang planktonik membuat nannofossil tidak dapat memberikan indikasi kedalaman pengendapan batuan sedimen secara jelas. Perbedaan lingkungan pengendapan, jenis batuan, serta proses diagenesis pada batuan sedimen tersebut secara lateral akan mempengaruhi keberadaan suatu takson nannofossil dalam batuan tersebut. Beberapa spesies marker tidak dapat berkembang dengan baik pada sedimen yang diendapkan di daerah subtropik dan Antartik (Bukry, 1971).

Pola penyebaran tempat hidup nanofosil ditentukan oleh beberapa faktor (Pringgoprawiro dan Kapid, 2000), yaitu :

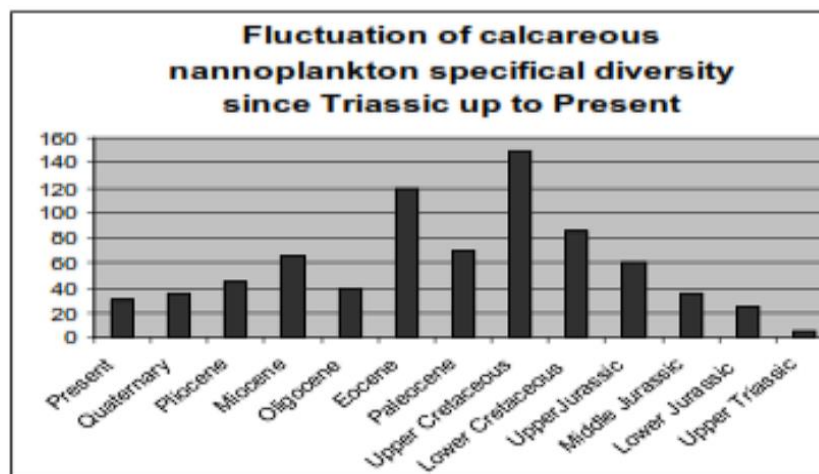
1. Kedalaman air. Secara umum *Cocolithopore* hidup pada kedalaman 110-150 meter. *Coccolith* yang dijumpai pada sedimen berfraksi halus dikedalaman kerrang dari 40 m berjumlah 2%, sedangkan pada kedalaman lebih dari 100 m, *Coccolith* dapat mencapai lebih dari 10% (perch-nielsen,1986).
2. Suhu air. Menurut Winter dkk, 1979 keanekaragaman populasi *Cocolithopore* semakin besar di daerah yang bersuhu hangat dibandingkan dengan daerah yang bersuhu dingin pada garis lintang yang tinggi.
3. Salinitas. *Cocolithopore* dapat menyesuaikan diri pada keanekaragaman laut yang berbeda. Secara umum organisme ini hidup pada air laut dengan kadar salinitas 16-45%.
4. Sinar matahari. Perkembangangan *Cocolithopore* akan terhenti pada daerah yang tidak terkena Cahaya matahari. Itulah sebabnya nannofossil banyak dijumpai pada daerah beriklim tropis.
5. Kadar kalsium karbonat (CaCO_3). *Cocolithopore* berkembang pesat pada daerah dengan kadar karbonat yang tinggi. Namun pada batugamping yang memiliki kadar karbonat yang sangat tinggi, organisme ini tidak dapat dijumpai sebagai fosil. Hal ini dikarenakan pembentukan batugamping umumnya pada lingkungan dengan arus yang kuat (energi tinggi) sehingga *coccolith* yang sangat rapuh sulit terawetkan.
6. Kadar nutrisi. Menurut Haq (1984), lebih dari 150 spesies *cocolithopore* dijumpai hidup dilautan pada seluruh dunia. Secara kuantitatif, terkonsentrasi pada daerah dengan nutrisi tinggi yang kaya akan produk organik, misalnya di daerah *upwelling*.

Nanofosil dijumpai dalam jumlah banyak pada batuan sedimen yang berbutir halus, seperti serpih gampingan, napal, batugamping kapuran, dan sedimen lain yang biasanya

terendapkan pada dasar laut. Pencatatan biostratigrafi nanofosil pertama kali dijumpai melimpah pada batuan sedimen berumur Jura Bawah. Namun dalam perkembangan penelitian yang dilakukan menemukan bahwa nanofosil telah ada pada zaman Trias Akhir (Perch-Nielsen, 1986).

Pembentukan nanofosil gampingan juga dipengaruhi oleh kejadian yang terjadi pada zaman Kapur-Tersier. Nanofosil berkembang pesat pada zaman Kapur Akhir, didapatkan lebih dari 240 spesies. Kepunahan massal tercatat sekitar 65 juta tahun yang lalu, yang menyebabkan kepunahan lebih dari 90% dari total nanoplankton (Melinte, 2004).

Kemudian pada kala Paleosen Tengah, terjadi pemulihan yang membentuk keragaman spesies nanofosil gampingan, mencapai 60-70 spesies (Perch-Nielsen, 1986) sebanding dengan keragaman pada zaman Jura hingga Kapur Awal. Selama kala Eosen Awal, terjadi evolusi besar sebanyak 120 spesies ditemukan. 17 Perubahan keragaman nanofosil yang cepat dicatat selama Oligosen, mencapai 40 spesies nanofosil gampingan (Aubry, 1992). Pada kala Miosen Tengah tercatat ada 65 spesies baru yang terbentuk. Keberagaman spesies nanoplankton sejak memasuki Zaman Quarter terus menurun.



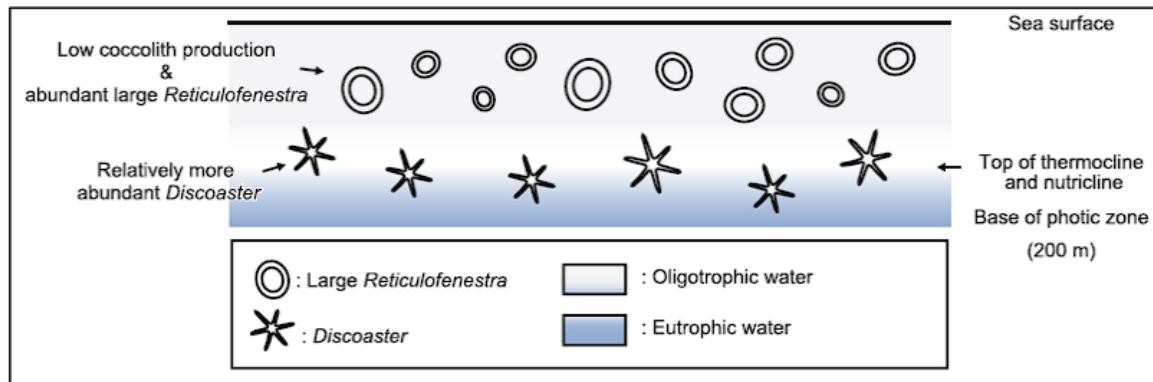
Gambar 2.7 Keragaman Spesies Calcareous Nanofosil dari Trias Atas hingga sekarang (Aubry, 1992).

2.3.1 Nannofosil dan pengaruh terhadap paleoceanografi

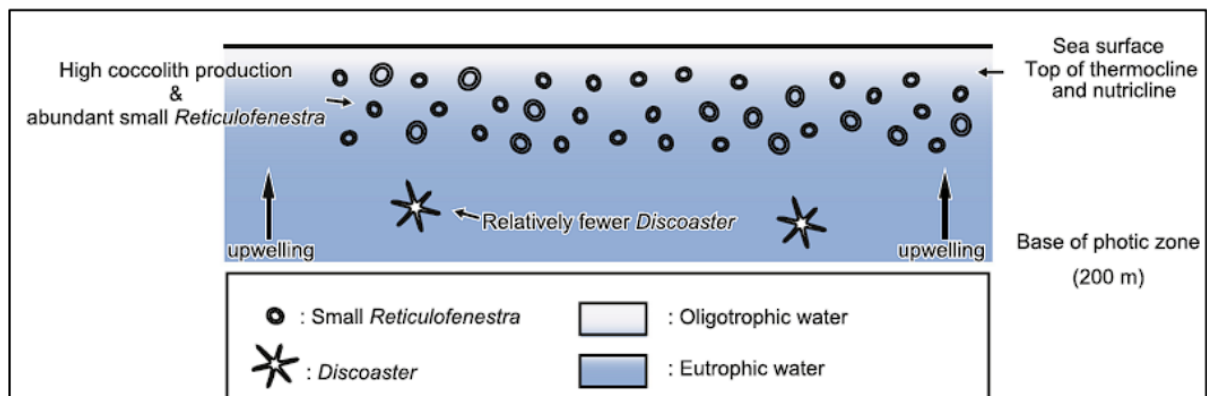
Paleoceanografi adalah ilmu yang mempelajari perkembangan evolusi sistem lautan dari ratusan hingga jutaan tahun yang lalu, atau sepanjang periode waktu geologi (Saraswati, 2016). Distribusi vertikal nannofosil umumnya dipengaruhi oleh sifat permukaan air seperti cahaya, suhu, salinitas, kekeruhan, dan kandungan nutrisi (McIntyre dan Bé, 1967; Imai et al, 2015). Distribusi modern *Florisphaera profunda* dianggap sebagai spesies zona fotik yang lebih rendah. Spesies ini hidup di bawah kedalaman air 100 m dan ditemukan berlimpah di daerah lintang rendah di Pasifik khatulistiwa dan Samudera Hindia (Okada dan Honjo 1973; Hagino et al., 2000; Takashi dan Okada, 2000). Paleoceanografi Kuartar sering direkonstruksi menggunakan pola hidup kalkareus nannoplankton (Di Stefano dan Incarbona, 2004; Chiyonobu et al., 2006; dan Bolliet et al., 2011). Namun, rekonstruksi pra-Kuartar terutama periode Miosen, menggunakan nannofossil lebih menantang seperti yang disebutkan oleh penelitian sebelumnya karena mayoritas spesies tersebut sekarang telah punah.

Distribusi vertikal nanofosil di laut bagian atas selama perkembangan stratifikasi yang baik dan kondisi pencampuran yang kuat selama *recent* dan *Miocene* di lautan (Sato dan Chiyonobu, 2009). Sato dan Chiyonobu membahas evolusi stratifikasi di lautan modern dan Miosen serta distribusi vertikal nanoplankton berkapur di permukaan laut dalam kondisi pencampuran yang kuat. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan ukuran *coccolith* nanofosil dipengaruhi oleh kondisi permukaan laut, mungkin karena strategi R dan K nanofosil. Gambar 2.8 dan 2.9 menunjukkan skema representatif dari distribusi vertikal kumpulan Nannofoossil pada lautan Neogen. Berdasarkan model ini, melimpahnya taxa pada zona fotik bawah (contohnya *Discoaster*) yang menunjukkan peningkatan peningkatan sebagai respon terhadap termoklin dan garis nutrisi dan stratifikasi pada permukaan laut, baik sekarang maupun selama Neogen. Dalam kondisi ini, air kondisi termoklin dan nutrisi diatas menunjukkan kondisi oligotrofik, yang ditandai oleh penurunan produksi *coccolith* dan relatif melimpahnya

Reticulofenestra kecil (**Gambar 2.8**). sebaliknya, jika turunnya tremoklin dan nutrisi menyebabkan berkurangnya *Discoaster* dan peningkatan produksi *Coccolith* dan relatif melimpahnya *Reticulofenestra* kecil, karena transportasi nutrisi dari fotik bagian bawah ke permukaan lauit (**Gambar 2.9**).



Gambar 2.8 Model skematik dari distribusi vertikal kalkareus nannofossil kondisi Oligotrofik (Sato dan Chiyonobu, 2009; Imai dkk, 2015).



Gambar 2.9 Model skematik dari distribusi vertikal kalkareus nannofossil kondisi Eutrofik (Sato dan Chiyonobu, 2009; Imai dkk, 2015).