



**Bulletin of Scientific Contribution
GEOLOGY**

**Fakultas Teknik Geologi
UNIVERSITAS PADJADJARAN**

homepage: <http://jurnal.unpad.ac.id/bsc>
p-ISSN: 1693-4873; e-ISSN: 2541-514X



Volume 19 No.1
April 2021

**Korelasi Biostratigrafi Foraminifera Plankton dan Nannoplankton Tersier Indonesia Bagian Timur
(Studi Kasus: Pulau Sumba)**

Vijaya Isnaniawardhani¹, Chalid Ilham Abdullah² Santi Dwi Pratiwi¹

¹Departemen Geosains, Universitas Padjadjaran

²Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung

Korespondensi email: vijaya.isnania@unpad.ac.id

ABSTRAK

Studi korelasi biostratigrafi Tersier dilakukan di Pulau Sumba yang tersusun oleh batuan sedimen klastik hasil pengendapan di lingkungan laut dalam. Foraminifera plankton dan nannoplankton dijumpai melimpah pada singkapan-singkapan batuan yang secara stratigrafi bisa ditelusuri kemenerusannya. Zonasi biostratigrafi foraminifera plankton dan korelasinya dengan zonasi biostratigrafi nannoplankton ditentukan berdasarkan batas pemunculan dan kepunahan spesies indeks. Tataanian biostratigrafi foraminifera plankton Pulau Sumba dapat dikelompokkan menjadi 12 zona, yang berurutan dari tua ke muda sebagai berikut: (1) zona selang *Globigerina tripartita* - *Globorotalia centralis*, (2) zona kisaran *Globorotalia mexicana*, (3) zona kisaran *Globorotalia centralis*, (4) zona kisaran *Globigerina tapuriensis*, (5) zona kisaran *Globigerina ampliapertura*, (6) zona kisaran *Globigerinoides quadrilobatus altiapertura*, (7) zona kisaran *Praeorbulina glomerosa curva*, (8) zona kisaran *Sphaeroidinella subdehiscens*, (9) zona selang *Globorotalia acostaensis* - *Globorotalia plesiotumida*, (10) zona selang *Globorotalia plesiotumida* - *Globorotalia tumida*, (11) zona selang *Globorotalia tumida* - *Sphaeroidinella dehiscens*, dan (12) zona kisaran *Sphaeroidinella dehiscens*. Tataanian biostratigrafi nannoplankton Pulau Sumba dapat dibedakan menjadi 11 zona, yaitu: (1) zona kisaran *Discoaster tani nodifer*, (2) zona selang *Chiasmolithus oamaruensis* - *Sphenolithus pseudoradians*, (3) zona selang *Sphenolithus pseudoradians* - *Sphenolithus distentus*, (4) zona selang *Sphenolithus distentus* - *Discoaster druggi*, (5) zona selang *Discoaster druggi* - *Helicosphaera ampliapertura*, (6) zona selang *Helicosphaera ampliapertura* - *Sphenolithus heteromorphus*, (7) zona kisaran *Discoaster hamatus*, (8) zona selang *Discoaster hamatus* - *Discoaster quinquereamus*, (9) zona kisaran *Discoaster quinquereamus*, (10) zona selang *Discoaster quinquereamus* - *Discoaster asymmetricus*, dan (11) zona kisaran *Discoaster asymmetricus*. Korelasi biostratigrafi berdasarkan foraminifera plankton dan nannoplankton pada urutan batuan Paleogen yang umumnya tersingkap di Sumba Barat; maupun Neogen yang tersingkap di Sumba Barat dan Timur menunjukkan resolusi yang baik dalam penentuan umur.

Kata Kunci: biostratigrafi, foraminifera plankton, sumba barat, paleogen, penentuan umur.

ABSTRACT

Tertiary biostratigraphy correlation studies were carried out on Sumba Island which is composed of clastic sedimentary rocks deposited in the deep-sea environment. Plankton foraminifera and nannoplankton are abundantly found in rock outcrops which can be traced stratigraphically. The plankton foraminifera biostratigraphy zonation and its correlation with the nannoplankton biostratigraphy zonation was determined based on the occurrence and extinct of index species. The plankton foraminifera succession on Sumba Island can be grouped into 12 zones, from old to young as follows: (1) *Globigerina tripartita* - *Globorotalia centralis* interval zone, (2) *Globorotalia mexicana* range zone, (3) *Globorotalia centralis* range zone, (4) *Globigerina tapuriensis* range zone, (5) *Globigerina ampliapertura* range zone, (6) *Globigerinoides quadrilobatus altiapertura* range zone, (7) *Praeorbulina glomerosa curva* range zone, (8) *Sphaeroidinella subdehiscens* range zone, (9) *Globorotalia acostaensis* - *Globorotalia plesiotumida* interval zone, (10) *Globorotalia plesiotumida* - *Globorotalia tumida* interval zone, (11) *Globorotalia tumida* - *Sphaeroidinella dehiscens* interval zone, and (12) *Sphaeroidinella dehiscens* range zone. The nannoplankton biostratigraphic succession on Sumba Island can be divided into 11 zones, namely: (1) *Discoaster tani nodifer* range zone, (2) *Chiasmolithus oamaruensis* - *Sphenolithus pseudoradians* interval zone, (3) *Sphenolithus pseudoradians* - *Sphenolithus distentus* interval zone, (4) *Sphenolithus distentus* - *Discoaster druggi* interval zone, (5) *Discoaster druggi* - *Helicosphaera ampliapertura* interval zone, (6) *Helicosphaera ampliapertura* - *Sphenolithus heteromorphus* interval zone, (9) *Discoaster hamatus* range zone, (8)

Discoaster hamatus - *Discoaster quinqueramus* interval zone, (9) *Discoaster quinqueramus* range zone, (10) *Discoaster quinqueramus* - *Discoaster asymmetricus* interval zone, and (11) *Discoaster asymmetricus* range zone. Biostratigraphic correlation based on foraminifera plankton and nannoplankton in Paleogene rock sequences which are generally exposed in West Sumba; and Neogene exposed in West and East Sumba show a good resolution in age determination.

Keyword: biostratigraphy, plankton foraminifera, west sumba, paleogen, age determination.

PENDAHULUAN

Studi biostratigrafi, sebagai cabang dari stratigrafi yang menitikberatkan pada pemerian dan pengelompokan strata berdasarkan kandungan fosilnya, mulai dikembangkan sekitar tahun 1800. Kajian biostratigrafi terutama digunakan sebagai metoda korelasi stratigrafi untuk penentuan ekivalensi umur maupun posisi stratigrafi batuan atau kelompok batuan sedimen dari daerah yang berbeda (Lucas, 2021). Analisis lingkungan pengendapan yang diinterpretasikan berdasarkan tempat hidup spesies fosil juga merupakan bagian dalam kajian biostratigrafi.

Studi biostratigrafi di Indonesia mengalami kemajuan pesat pada tahun 1920-1930an dengan didukung pendanaan dari pemerintah. Penelitian yang menjadi acuan internasional dilakukan di Indonesia, misalnya foraminifera besar oleh Tan Sin Hok (1927), disusul kemudian penemuan beberapa spesies indeks foraminifera plankton oleh Koch (1935), Le Roy (1939, 1948) dan Bolli (1966) dalam van Gorsel (1988). Pada perkembangannya, studi biostratigrafi di Indonesia kurang begitu menggembirakan, karena pekerjaan ini lebih banyak dikerjakan oleh laboratorium komersial terkait eksplorasi minyak dan gas bumi. Hasil studi tidak memberikan kontribusi yang baru mengingat keterbatasan kerahasiaan data, kurangnya peneliti/akademisi yang menekuni bidang ini, serta kecenderungan untuk condong pada layanan industri dibandingkan pengembangan keilmuan. Studi aplikasi lokal yang telah memberikan kontribusi baik diantaranya dilakukan oleh Adinegoro (1973), Pringgoprawiro (1969), dan Kadar (1975, 1986) dalam van Gorsel (1988). Namun, secara umum studi biostratigrafi belum banyak diterapkan khususnya untuk studi lapangan dan pekerjaan pemetaan.

Secara teoritis, setiap fosil dapat digunakan untuk korelasi, namun fosil yang presisi untuk menarik korelasi yang tepat memiliki kriteria: (1) penyebaran geografis luas, (2) rentang umur pendek, (3) dan/atau memiliki kenampakan evolusi yang berbeda dan berkembang cepat sehingga mudah diidentifikasi. Fosil yang memiliki ciri tersebut dikenal sebagai fosil indeks. Signifikansi waktu pemunculan dan kepunahan indeks fosil tersebut harus teramati secara regional, setelah mempertimbangkan lingkungan lokal dan even peristiwa geologi besar. Perubahan kondisi lokal dapat mengakibatkan perbedaan batas pemunculan atau kepunahan suatu spesies dengan batas

regional. Peristiwa geologi yang dasyat dapat mengakibatkan evolusi, kepunahan besar-besaran, atau migrasi regional. Hal-hal tersebut perlu menjadi perhatian dalam menarik korelasi waktu antara unit-unit sedimen yang berbeda. Dalam perkembangannya, korelasi biostratigrafi khususnya era Mesozoikum dan Kenozoikum sebagian besar telah dikalibrasi dengan umur isotop radiogenik (Eide, 2005).

Dari kelompok fosil Tersier, foraminifera tercatat sebagai kelompok mikrofosil yang paling banyak digunakan karena dapat memberikan informasi umur sekaligus lingkungan pengendapan. Foraminifera merupakan mikrofosil berukuran 0,1 dan 1 mm (rata-rata 0,3 dan 0,4 mm) yang diklasifikasikan dalam protozoa. Bagian lunak tubuhnya dilingkupi oleh cangkang/test dari satu atau lebih ruang yang saling berhubungan. Dinding mungkin homogen atau heterogen dengan lapisan, mungkin halus hingga berpori kasar, gampingan berupa porselen, mikrogramular, atau hialin. Berdasarkan cara hidupnya, foraminifera dikelompokkan menjadi benton dan plankton. Foraminifera planktik hidup bebas mengapung dan paling banyak berada pada 100meter bagian atas dari kolom air laut. Umumnya melimpah pada endapan laut dalam, kecuali terjadi pelarutan karbonat; sebaliknya pada kedalaman 50-100meter atau kurang jumlahnya menurun sehingga sulit untuk menentukan umur. Selain untuk menentukan umur batuan, teridentifikasi banyaknya spesies lintang yang lebih tinggi (air yang lebih dingin) ke daerah tropis dapat digunakan untuk merekonstruksi perubahan iklim purba. Kehadiran spesies dalam jumlah besar yang signifikan (menandai zona puncak) dapat digunakan untuk korelasi lokal (Loeblich dan Tappan, 1988; van Gorsel, 1988).

Nannoplankton (*calcareous nannoplankton*) merupakan pelat/lempeng gampingan/kalsit yang sangat kecil (diameter 3-5 mikrometer), dikenal sebagai *coccolith*, yang melingkupi alga laut planktonik uniseluler (*coccolithophorids*). Lempeng gampingan ini luruh dan perlahan-lahan melayang ke dasar laut menjadi bagian endapan laut dalam. Nannoplankton memberikan hasil yang baik untuk korelasi biostratigrafi karena cepat berevolusi, menunjukkan keanekaragaman yang tinggi, jumlahnya yang melimpah serta terawetkan dengan baik dalam sedimen laut (Bown, 1998). Dalam upaya mendapatkan korelasi dengan resolusi tinggi seringkali dipergunakan dua kelompok fosil atau lebih. Foraminifera plankton maupun nannoplankton berguna untuk

menentukan umur / *dating* lapisan sedimen laut terbuka. Penggunaan secara bersamaan akan memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan hanya menggunakan satu metoda saja.

Kurangnya penelitian dan publikasi memberikan banyak peluang untuk pengembangan studi biostratigrafi. Padahal biostratigrafi masih merupakan metoda yang paling handal untuk menarik korelasi waktu-stratigrafi (*time-stratigraphic correlation*) yang biasa digunakan dalam kegiatan eksplorasi. Suksepsi evolusi pemunculan dan kepunahan spesies yang cepat pada daerah lintang rendah, seperti Indonesia, akan menghasilkan sistem zonasi dengan resolusi tinggi. Studi biostratigrafi di Indonesia dilakukan terbatas pada daerah yang potensial untuk eksplorasi migas, khususnya di Indonesia bagian Barat. Studi di Indonesia bagian Timur akan mendorong kontribusi dalam pengembangan keilmuan yang mengalami penurunan.

Pulau Sumba dipilih sebagai daerah penelitian mengingat terdapat singkapan batuan yang secara stratigrafi bisa ditelusuri kemenerusannya. Meskipun batuan tertua yang tersingkap di Sumba berumur Mesozoikum, namun pada penelitian ini akan dibatasi pada interval Paleogen hingga Neogen yang umum dijumpai. Pada Zaman Neogen, paleogeografi Sumba bagian Barat berbeda dengan bagian Timur yang ditandai oleh pembentukan fasies sedimentasi. Studi biostratigrafi dari endapan yang berbeda memungkinkan untuk melengkapi atau memvalidasi hasil sehingga selanjutnya dapat diaplikasikan pada fasies yang berbeda. Penelitian ini fokus dalam menyusun zonasi biostratigrafi foraminifera plankton dan korelasinya dengan zonasi biostratigrafi nannoplankton pada Zaman Tersier di Pulau

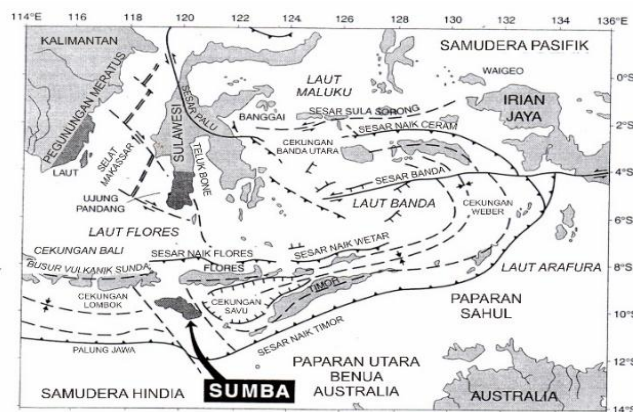
bawah permukaan khususnya di wilayah Indonesia bagian timur dengan akurasi yang baik.

GEOLOGI REGIONAL

Saat ini Pulau Sumba menempati bagian selatan dari deretan busur kepulauan Provinsi Nusa Tenggara Timur, di Indonesia bagian Timur. Pulau ini memiliki posisi yang unik sebagai bagian dari sistem busur dan subduksi magmatik Sunda - Banda. Pulau Sumba merupakan fragmen kerak benua yang terletak pada batas sistem subduksi Samudera Sunda dan sistem tumbukan Benua Australia, yang memisahkan Cekungan Sabu dari Cekungan Lombok (Gambar 1).

Batuan tertua penyusun Pulau Sumba, berumur Mesozoikum, tersingkap terutama di sepanjang pantai di selatan Sumba Barat (Patiala, Wanokaka dan Konda Maloba) dan di selatan Pegunungan Tanadaro. Singkapan Mesozoik tersusun oleh batulanau dengan batulumpur vulkanik busur kepulauan (*submarine fan*), beberapa diantaranya menunjukkan ciri metamorfosa tingkat rendah, bersisipan dengan batupasir, konglomerat, batugamping, dan runtunan vulkanoklastik, yang dikenal sebagai Formasi Lasipu. Lapisan batuan yang menunjukkan struktur *slump* berskala besar laut dangkal sampai laut terbuka dengan rekahan-rekahan yang lebar ini dipotong oleh intrusi Kapur dan Paleogen (Burolet dan Salle, 1982; Von der Borch, dkk. 1983).

Pada Zaman Neogen, Sumba merupakan bagian busur magmatik yang dicirikan oleh terbentuknya seri batuan vulkaniklastik kalk-alkali (tufa, *ignimbrites*, batupasir *greywacke* tersingkap di Pegunungan Jawila dan Lamboya), serta endapan laut dangkal (batugamping foraminiferal dan napal, mikro-konglomerat dan



Gambar 1. Gambaran tektonik busur kepulauan Indonesia Timur (digambar ulang dari Burolet

Sumba, yang ditentukan berdasarkan batas pemunculan dan kepunahan spesies indeks. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai standar penentuan umur dan korelasi waktu dari urutan batuan baik di permukaan maupun

batulempung di Tanarara, Kananggar dan Tatunggu).

Endapan yang terbentuk pada zona neritik ini menutupi batuan Mesozoikum secara tidak selaras. Di beberapa lokasi, tampak berselingan

dengan Batuan-batuan ini ditindih secara tidak selaras oleh batuan yang lebih muda. Proses transgresi meluas pada Zaman Neogen, yang ditandai oleh sedimentasi cepat di lingkungan laut dalam. Peristiwa ini menghasilkan fasies yang berbeda di bagian Barat dan Timur. Sumba bagian Barat sebagian besar tersusun oleh batugamping terumbu, batugamping bioklastik, batugamping kapuran (*chalky*) dan napal, diselingi napal tufan (Gambar 2). Sumba bagian Timur didominasi oleh batuan vulkanik turbidit dengan selang-seling kapur pelagik dan batugamping kapuran (Gambar 3). Di bagian tengah Sumba, fasies sedimen ini memperlihatkan hubungan yang saling menjemari. Pembentukan batuan seri Neogen tidak terganggu oleh tektonik kuat. Dimulai sejak 1 juta tahun lalu, Pulau Sumba terangkat dengan cepat hingga mencapai elevasi saat ini. Proses ini diindikasikan oleh terbentuknya teras-teras dengan ketinggian mencapai 500 m yang tersusun oleh batupasir, konglomerat, napal, dan tubuh batugamping terumbu. Teras menutupi sedimen Neogen dengan kemiringan landai di sepanjang pantai barat, utara, dan timur. Endapan Kuarter secara lokal terletak tidak selaras di atas batuan Mesozoikum di sepanjang pantai baratdaya. Tumbukan Australia dengan Busur Banda berarah barat laut masih berlangsung yang menyebabkan Sumba terangkat dengan kecepatan 0,5 mm / tahun (Pirazzoli, dkk., 1991). Sebaran batuan penyusun Pulau Sumba diperlihatkan pada Gambar 4.



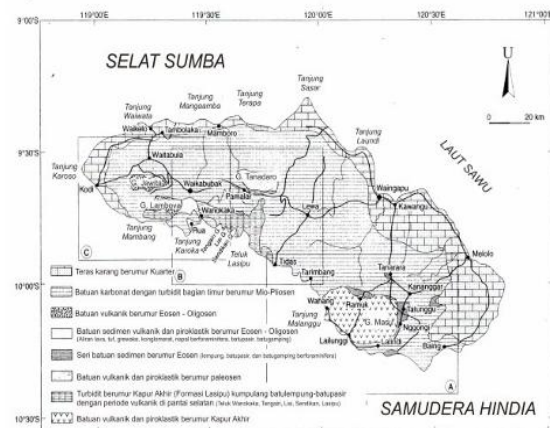
Gambar 3. Singkapan batuan di Sumba bagian barat yang tersusun oleh batugamping klastik dan batugamping kapuran diselingi napal tufan.



Gambar 4. Sumba bagian timur yang tersusun oleh endapan vulkanik turbidit dengan kapur pelagik dan batugamping kapuran.

METODOLOGI

Penelitian diawali dengan melakukan kajian terhadap data sekunder regional. Observasi lapangan dan pemetaan dilakukan untuk mendapatkan data karakteristik batuan dan distribusinya secara vertikal maupun horizontal. Sampel dari singkapan-singkapan batuan di Sumba bagian Barat dan Timur dikoleksi untuk selanjutnya dianalisis di laboratorium. Dari hasil rekonstruksi terhadap penampang stratigrafi terpilih 62 sampel untuk analisis laboratorium (Gambar 5) yang berasal dari:



Gambar 2. Peta Geologi Pulau Sumba

- Kedengara - Watubolo, Lamboya, Waikabubak - Mamboro, Mundu, Tanjung Rua, Watubera, Pamalar, Marosi - Watubolo, Golukatina, Omborade, Jawila, Ngihiwatu, Rua, Konda - Maloba dan Prailangina dari Sumba bagian Barat bagian; serta
- Ruas Lailunggi, Kananggar, Waingapu - Lewa, Lainronja, Hiliwuku, Melolo - Kananggar, Lewa, Tanarara, Manukangga dan Tatunggu dari Sumba bagian Timur.

Sampel direndam dalam larutan hidrogen peroksida atau deterjen untuk memisahkan fosil dari sedimen, kemudian dicuci di atas saringan halus (63um). Selanjutnya spesimen fosil diambil dengan sikat atau jarum halus dari residu yang tersisa, atau diidentifikasi langsung

di bawah mikroskop stereo dengan perbesaran 10 sampai 60x.

Serpihan atau sampel berukuran kecil (± 10 mikron) dari batuan berukuran halus (napal atau lempung) dibersihkan sehingga diyakini tidak terkontaminasi oleh alat dan/atau tangan yang kotor maupun proses alamiah (air, angin, dll.). Dengan sedikit air, sampel digoreskan di atas slide kaca objek (*objective glass*), ditambahkan sedikit air, kemudian ditutup dengan gelas penutup (*cover glass*). Preparat siap diidentifikasi dengan menggunakan mikroskop cahaya yang ditransmisikan dengan pembesaran 400 - 1000 x, serta menggunakan peralatan polarisasi dan kontras cahaya.

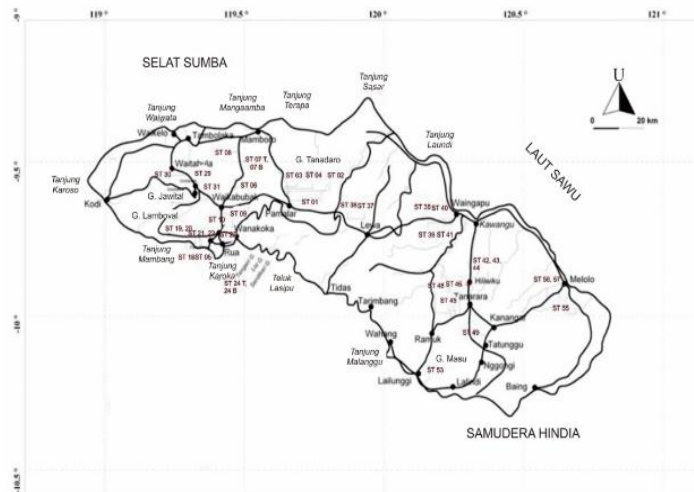
Identifikasi foraminifera dilakukan dengan mengacu pada deskripsi dan ilustrasi foraminifera plankton Tersier khususnya di daerah tropis menurut Boudagher-Fadel (2015), Bolli dan Saunders (1985), Kennett dan Srinivasan (1983), Saito, dkk. (1981), Stainforth, dkk. (1975), Postuma (1971); adapun identifikasi nannoplankton mengacu pada Young (1998) dan Perch-Nielsen (1985). Hasil identifikasi baik foraminifera maupun nannoplankton direkam berdasarkan posisi stratigrafi lapisan yang berurutan batuan dari tua ke muda. Batas pemunculan dan kepunahan spesies indeks yang teridentifikasi baik pada sampel-sampel ditandai sebagai batas zonasi biostratigrafi.

biostratigrafi foraminifera plankton dan nannoplankton menunjukkan hasil yang baik sebagaimana dikemukakan oleh Bolli, dkk. (1985) dan Isnaniawardhani (1997). Hasil penelitian dilengkapi dengan kalibrasi umur berdasarkan isotop radiogenik menurut Sato dan Chynonobu (2013), serta van Gorsel, dkk. (2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tatanan biostratigrafi Tersier daerah penelitian yang disusun berdasarkan batas pemunculan dan kepunahan foraminifera plankton dapat dikelompokkan menjadi 12 zona, yang berurutan dari tua ke muda (Tabel 1) sebagai berikut:

1. Zona selang *Globigerina tripartita* - *Globorotalia centralis*
Umur: Eosen Akhir (P.14)
Zona ini ditandai oleh kehadiran *Globigerina tripartita* dan *Globorotalia* (T) *cerroazulensis*.
2. Zona kisaran *Globorotalia mexicana*
Umur: Eosen Akhir (P.15-P.16)
Pemunculan *Globorotalia mexicana* digunakan sebagai batas bawah Zona *Globigerapsis mexicana* (Postuma, 1971) yang ekuivalen dengan Zona P.15 menurut Blow (1969, 1979)
3. Zona kisaran *Globorotalia centralis*
Umur: Eosen Akhir (P.17)



Gambar 5. Sebaran lokasi pengambilan sampel

Zonasi biostratigrafi foraminifera daerah penelitian dibandingkan dengan zonasi biostratigrafi Neogen dan Paleogen menurut Blow (1969, 1979), Postuma (1971), Bolli dan Saunders (1985), Isnaniawardhani (2013b) dan Kadar, dkk. (2014). Zonasi biostratigrafi nannoplankton dibandingkan dengan zonasi biostratigrafi nannoplankton Tersier dan Kuartar menurut Martini (1971), Okada dan Bukry (1980), Perch-Nielsen (1985), dan Isnaniawardhani, dkk. (2013 a). Korelasi

Kehadiran spesies ini digunakan untuk menandai Zona *Globigerina gortanii* - *Globorotalia* (*Turborotalia*) *centralis* atau P.17 (Blow, 1969, 1979)

4. Zona kisaran *Globigerina tapuriensis*
Umur: Eosen Akhir (P.18)
Pemunculan atau perubahan evolusi *Globigerina tapuriensis* dari nenek moyangnya, *Globigerina tripartita* digunakan sebagai batas bawah Zona P.18 (Blow, 1969, 1979).

5. Zona kisaran *Globigerina ampliapertura*
Umur: Oligosen (P.20=N.1)
Kehadiran spesies ini digunakan untuk menandai Zona *Globigerina ampliapertura* (Bolli dan Saunders, 1985) yang ekuivalen dengan Zona P.20 (=N.1) menurut Blow (1969, 1979). Van Gorsel, dkk. (2014) menandai pemunculan spesies ini pada 30,3 jtl.
 6. Zona kisaran *Globigerinoides quadrilobatus altiapertura*
Umur: Miosen Awal (N.7)
Zona ini ditandai oleh kehadiran *Globigerinoides quadrilobatus altiapertura* berasosiasi dengan *Globigerina ampliapertura*.
 7. Zona kisaran *Praeorbulina glomerosa curva*
Umur: Miosen Awal (N.8)
Kehadiran spesies ini digunakan untuk menandai Zona *Praeorbulina glomerosa curva* (Bolli dan Saunders, 1985) yang ekuivalen dengan Zona N.8 menurut Blow (1969, 1979). Pemunculan *Globigerinoides sicanus* terekam pada zona ini.
 8. Zona kisaran *Sphaeroidinella subdehiscens*
Umur: Miosen Tengah (N.13-N.15)
Pemunculan atau perubahan evolusi *Sphaeroidinella subdehiscens* dari nenekmoyangnya, *Sphaeroidinella seminulina seminulina* digunakan sebagai batas bawah Zona N.13 (Blow, 1969, 1979).
 9. Zona selang *Globorotalia acostaensis* – *Globorotalia plesiotumida*, yaitu interval pemunculan *Globorotalia acostaensis* dengan pemunculan *Globorotalia plesiotumida*
Umur: Miosen Akhir (N.16)
Pemunculan atau perubahan evolusi *Globorotalia acostaensis* dari nenekmoyangnya, *Globorotalia continuosa* digunakan untuk menandai batas bawah Zona N.16 (Blow, 1969, 1979). Berggren (1972) dan Saito (1977) memperkirakan pemunculan *Globorotalia acostaensis* sekitar 10 juta tahun lalu; van Gorsel, dkk. (2014) menemukannya pada 9,79 jtl. Pemunculan *Globorotalia merotumida* dan *Globigerinoides obliquus extremus* terekam pada zona ini.
 10. Zona selang *Globorotalia plesiotumida* – *Globorotalia tumida*, yaitu interval pemunculan *Globorotalia plesiotumida* dengan pemunculan *Globorotalia tumida*
Umur: Miosen Akhir (N.17)
Pemunculan atau perubahan evolusi *Globorotalia plesiotumida* dari nenekmoyangnya, *Globorotalia merotumida* digunakan untuk menandai batas bawah Zona N.17 (Blow, 1969, 1979). Saito (1977) dalam Isnaniawardhani, dkk. (2013b) memperkirakan pemunculan *Globorotalia plesiotumida* pada 6,2 jtl, sedangkan Van Gorsel, dkk. (2014) menandainya pada 8,52 jtl.
 11. Zona selang *Globorotalia tumida* – *Sphaeroidinella dehiscens*, yaitu interval pemunculan *Globorotalia tumida* dengan pemunculan *Sphaeroidinella dehiscens*
Umur: Miosen Akhir (N.18)
Pemunculan atau perubahan evolusi *Globorotalia tumida* digunakan sebagai batas bawah Zona N.18 (Blow, 1969, 1979) pada Miosen Akhir, yaitu 5,3 jtl (Salvador, 1985 dalam Isnaniawardhani, dkk., 2013b) atau 5,5 jtl (van Gorsel, dkk., 2014).
 12. Zona kisaran *Sphaeroidinella dehiscens*
Umur: Pliosen Awal (N.19-N.20)
Pemunculan atau perubahan evolusi *Sphaeroidinella dehiscens* dari nenekmoyangnya, *Sphaeroidinella dehiscens paradehiscens* digunakan untuk menandai batas bawah Zona N.19 (Blow, 1969, 1979) atau 5,48 jtl (van Gorsel, dkk., 2014).
- Tatanan biostratigrafi daerah penelitian yang disusun berdasarkan batas pemunculan dan kepunahan nannoplankton dikelompokkan menjadi 11 zona (Tabel 2), sebagai berikut:
1. Zona kisaran *Discoaster tani nodifer*
Umur: Eosen Akhir (NP.16-NP17)
Kehadiran *Discoaster tani nodifer* digunakan untuk menandai Zona NP.16 (Martini, 1971).
 2. Zona selang *Chiasmolithus oamaruensis-Sphenolithus pseudoradians*
Umur: Eosen Akhir (NP.18 – NP.19)
Pemunculan *Chiasmolithus oamaruensis* digunakan sebagai batas bawah Zona NP.18 (Martini, 1971).
 3. Zona selang *Sphenolithus pseudoradians – Sphenolithus distentus*
Umur: Oligosen (NP.20 – N.22)
Pemunculan *Sphenolithus pseudoradians* digunakan sebagai batas bawah Zona NP.20 (Martini, 1971).
 4. Zona selang *Sphenolithus distentus – Discoaster druggi*
Umur: Miosen Awal (NP.23-NN.1)
Pemunculan *Sphenolithus distentus* digunakan sebagai batas bawah Zona NP.23 (Martini, 1971)
 5. Zona selang *Discoaster druggi – Helicosphaera ampliapertura*
Umur: Miosen Awal (NN.2-NN.4)
Pemunculan beberapa discoaster, diantaranya *Discoaster druggi* digunakan sebagai batas bawah Zona NN.2 (Martini, 1971) dan sub zona CN1c (Okada dan Bukry, 1980) atau 22,824 21 jtl (Sato dan Chiyonobu, 2013). Adapun kepunahan *Helicosphaera ampliapertura* digunakan sebagai batas atas Zona NN.4 (Martini, 1971) dan zona CN3 (Okada dan Bukry,

- 1981) atau 14,914 jtl (Sato dan Chiyonobu, 2013).
6. Zona selang *Helicosphaera ampliapertura* - *Sphenolithus heteromorphus*
Umur: Miosen Awal hingga Miosen Tengah (NN.5)
Kepunahan *Sphenolithus heteromorphus* digunakan sebagai batas atas Zona NN.5 (Martini, 1971) dan subzona CN4 (Okada dan Bukry, 1980) atau 13,654 jtl (Sato dan Chiyonobu, 2013).
 7. Zona kisaran *Discoaster hamatus*, yaitu total kisaran hidup *Discoaster hamatus*
Umur: Miosen Akhir (NN.9)
Pemunculan *Discoaster hamatus* digunakan sebagai batas bawah Zona NN.9 (Martini, 1971) atau 10,541 jtl (Sato dan Chiyonobu, 2013). Adapun kepunahan spesies ini digunakan sebagai batas atas Zona NN.10 atau 9,560 jtl (Sato dan Chiyonobu, 2013).
 8. Zona selang *Discoaster hamatus* - *Discoaster quinqueramus*
Umur: Miosen (NN.10)
 9. Zona kisaran *Discoaster quinqueramus*, yaitu total kisaran hidup *Discoaster quinqueramus*
Umur: Miosen Akhir (NN.11)
Pemunculan *Discoaster quinqueramus* digunakan sebagai batas bawah Zona CN.9 (Okada dan Bukry, 1980) atau 7 jtl. Kepunahan spesies ini digunakan sebagai batas atas Zona NN.11 oleh Martini (1971) atau 5,590 jtl (Sato dan Chiyonobu, 2013).
 10. Zona selang *Discoaster quinqueramus* - *Discoaster asymmetricus*
Umur: Miosen Akhir (NN.12 - NN.13)
 11. Zona kisaran *Discoaster asymmetricus*, yaitu total kisaran hidup *Discoaster asymmetricus*
Umur: Pliosen (NN.14 dan lebih muda)
Pemunculan *Discoaster asymmetricus* digunakan sebagai batas bawah Zona NN.14 oleh Martini (1971) atau 4,130 jtl (Sato dan Chiyonobu, 2013).
- Korelasi biostratigrafi foraminifera dan nannoplankton ditarik untuk dapat menentukan umur dan korelasi waktu dengan resolusi tinggi (Tabel 3).

Tabel 1. Biostratigrafi Foraminifera Plankton Tersier Pulau Sumba

Umur	Zonasi Biostratigrafi Foraminifera Plankton	Spesies Indeks	Zonasi Blow (1969, 1979)	Sumba Barat		Sumba Timur	
				Litologi	Zona Batimetri	Litologi	Zona Batimetri
Pliosen Awal	Zona kisaran <i>Sphaeroidinella dehiscentis</i>	<i>Sphaeroidinella dehiscentis</i>	N.19 - N.20	Batulempung gampingan, batulempung pelagik tufaan, batugamping bioklastik	Batial atas ke neritik luar	Batupasir, Batulempung pelagik tufaan	Batial atas ke neritik
Miosen Atas	Zona selang <i>Globorotalia tumida</i> - <i>Sphaeroidinella dehiscentis</i>	<i>Globorotalia tumida</i>	N.18	Lempung pelagik tufaan, batulempung gampingan	Neritik luar	Batupasir	Neritik
	Zona selang <i>Globorotalia plesiotumida</i> - <i>Globorotalia tumida</i>	<i>Globorotalia plesiotumida</i>	N.17	Napal	Batial atas	Batupasir gampingan, batulempung pelagik tufaan	Batial atas
	Zona selang <i>Globorotalia acostaensis</i> - <i>Globorotalia plesiotumida</i>	<i>Globorotalia acostaensis</i>	N.16	Batugamping bioklastik	Neritik	Batupasir gampingan, batulempung pelagik tufaan	Neritik dalam ke neritik luar
Miosen Tengah	Zona kisaran <i>Sphaeroidinella subdehiscentis</i>	<i>Sphaeroidinella subdehiscentis</i>	N.13 - N.15	Napal, batugamping bioklastik	Neritik		
Miosen Awal	Zona kisaran <i>Praeorbulina glomerata curva</i>	<i>Praeorbulina glomerata curva</i>	N.8	Batugamping bioklastik, batugamping tufaan, batulempung	Batial atas ke neritik tengah		
	Zona kisaran <i>Globigerinoides quadrilobatus altiapertura</i>	<i>Globigerinoides quadrilobatus altiapertura</i>	N.7	Napal, batugamping bioklastik	Neritik luar - batial atas		

Oligosen Tengah	Zona kisaran <i>Globigerina ampliapertura</i>	<i>Globigerina ampliapertura</i>	P.20 = N.1	Batupasir, batugamping bioklastik, batulempung pelagik	Neritik dalam ke batial atas		
Oligosen Awal	Zona kisaran <i>Globigerina tapuriensis</i>	<i>Globigerina tapuriensis</i>	P.18	Napal	Neritik		
	Zona kisaran <i>Globorotalia centralis</i>	<i>Globorotalia centralis</i>	P.17	Napal, batugamping bioklastik	Neritik		
Eosen Akhir	Zona kisaran <i>Globigerapsis mexicana</i>	<i>Globigerapsis mexicana</i>	P.15 - P.16	Batugamping bioklastik, napal	Neritik luar		
	Zona selang <i>Globigerina tripartita</i> - <i>Globorotalia centralis</i>	<i>Globigerina tripartita</i> , <i>Globorotalia (T) cerroazulensis</i>	P.14	Batugamping bioklastik	Neritik dalam ke litoral		
Tidak dapat ditentukan	-	-	-	Batugamping bioklastik	Litoral hingga neritik dalam	Batugamping bioklastik	Neritik

Tabel 2. Biostratigrafi Nannoplankton Tersier Pulau Sumba

Umur	Zonasi Biostratigrafi Nannoplankton	Spesies Indeks	Zonasi Nannoplankton (Martini, 1971)	Sumba Barat		Sumba Timur	
				Litologi	Zona Batimetri	Litologi	Zona Batimetri
Pliosen Awal	Zona kisaran <i>Discoaster asymmetricus</i>	<i>Discoaster asymmetricus</i>	NN.14 dan lebih muda	Batulempung gampingan, batulempung pelagik tufaan, batugamping bioklastik	Batial atas ke neritik luar	Batupasir, Batulempung pelagik tufaan	Batial atas ke neritik
Miosen Atas	Zona selang <i>Discoaster quinquaramus</i> - <i>Discoaster asymmetricus</i>		NN.12 - NN.13	Lempung pelagik tufaan, batulempung gampingan	Neritik luar	Konglomerat	Neritik
	Zona kisaran <i>Discoaster quinquaramus</i>	<i>Discoaster quinquaramus</i>	NN.11	Napal	Batial atas	Batupasir gampingan / batulempung pelagik tufaan	Batial Atas
	Zona selang <i>Discoaster hamatus</i> - <i>Discoaster quinquaramus</i>		NN.10	Batugamping bioklastik	Neritik	Batupasir gampingan / batulempung pelagik tufaan	Neritik dalam ke neritik luar
Miosen Tengah	Zona kisaran <i>Discoaster hamatus</i>	<i>Discoaster hamatus</i>	NN.9	Napal, batugamping bioklastik	Neritik		
Miosen Awal	Zona selang <i>Helicosphaera ampliapertura</i> - <i>Sphenolithus heteromorphus</i>	<i>Sphenolithus heteromorphus</i>	NN.5	Batugamping bioklastik, batugamping tufaan, batulempung	Batial atas ke neritik tengah		
	Zona selang <i>Discoaster druggi</i> - <i>Helicosphaera ampliapertura</i>	<i>Discoaster druggi</i> , <i>Helicosphaera ampliapertura</i>	NN.2 - NN.4	Napal, batugamping bioklastik	Neritik luar - batial atas		
Oligosen Tengah	Zona selang <i>Sphenolithus distentus</i> - <i>Discoaster druggi</i>	<i>Sphenolithus distentus</i>	NP.23- NN.1	Batupasir, batugamping bioklastik, batulempung pelagik	Neritik dalam ke batial atas		
	Zona selang <i>Sphenolithus</i>		NP.20- NP.22	Napal	Neritik		

Oligosen Awal	<i>pseudoradians</i> – <i>Sphenolithus distentus</i>	<i>Sphenolithus pseudoradians</i>		Napal, batugamping bioklastik	Neritik		
Eosen Akhir	Zona selang <i>Chiasmolithus oamaruensis</i> - <i>Sphenolithus pseudoradians</i>	<i>Chiasmolithus oamaruensis</i>	NP.18 - NP.19	Batugamping bioklastik, napal	Neritik luar		
	Zona kisaran <i>Discoaster tani nodifer</i>	<i>Discoaster tani nodifer</i>	NP.16- NP.17	Batugamping bioklastik	Neritik dalam ke litoral		
Tidak dapat ditentukan			-	Batugamping bioklastik	Litoral hingga neritik dalam	Batugamping bioklastik	Neritik

Tabel 3. Korelasi Biostratigrafi Foraminifera Plankton dan Nannoplankton Paleogen dan Neogen Pulau Sumba

Umur	Zonasi Biostratigrafi Foraminifera Plankton / Zonasi Blow (1969,1979)	Zonasi Biostratigrafi Nannoplankton / Zonasi Martini (1971)	Sumba Barat	Sumba Timur
Pliosen Awal	Zona kisaran <i>Sphaeroidinella dehiscens</i> / N1.9 - N.20	Zona kisaran <i>Discoaster asymmetricus</i> / NN.14 dan lebih muda	Lambuya (ST-10), Waikabubak-Mamboro atas (ST-08), Kedengara-Watubolo (ST-17, ST-18)	Waingapu - Lewa (ST-40), Lailunggi (ST-53), Kananggar (ST-49)
Miosen Atas	Zona selang <i>Globorotalia tumida</i> - <i>Sphaeroidinella dehiscens</i> / N.18	Zona selang <i>Discoaster quinqueramus</i> - <i>Discoaster asymmetricus</i> / NN.12 - NN.13	Waikabubak-Mamboro tengah (ST-07 A), Mundu (ST-23), Tanjung Rua atas (ST-24 A)	Waingapu - Lewa (ST-39)
	Zona selang <i>Globorotalia plesiotumida</i> - <i>Globorotalia tumida</i> / N.17	Zona kisaran <i>Discoaster quinqueramus</i> / NN.11	Waikabubak-Mamboro tengah (ST-07 B)	Waingapu-Lewa (ST-41), Hiliwuku (ST-42), Melolo - Kananggar (ST- 55, ST-56, ST-57)
	Zona selang <i>Globorotalia acostaensis</i> - <i>Globorotalia plesiotumida</i> / N.16	Zona selang <i>Discoaster hamatus</i> - <i>Discoaster quinqueramus</i> / NN.10	Waikabubak-Mamboro bawah (ST-06)	Waingapu-Lewa (ST-38), Lewa (ST-36, ST-37), Lainronja (ST-48, ST-47, ST-46), Hiliwuku (ST-43, ST-44)
Miosen Tengah	Zona kisaran <i>Sphaeroidinella subdehiscens</i> / N.13 - N.15	Zona kisaran <i>Discoaster hamatus</i> / NN.9	Pamalar atas (ST-05, ST-01)	
Miosen Awal	Zona kisaran <i>Praeorbulina glomerata curva</i> / N.8	Zona selang <i>Helicosphaera ampliapertura</i> - <i>Sphenolithus heteromorphus</i> / NN.5	Marosi-Watubolo (ST-22, ST-21, ST-20, ST-19)	
	Zona kisaran <i>Globigerinoides quadrilobatus altiapertura</i> / N.7	Zona selang <i>Discoaster druggi</i> - <i>Helicosphaera ampliapertura</i> / NN.2 - NN.4	Ombarade (ST-30), Jawila (ST-31)	
Oligosen Tengah	Zona kisaran <i>Globigerina ampliapertura</i> / P.20 = N.1	Zona selang <i>Sphenolithus distentus</i> - <i>Discoaster druggi</i> / NP.23-NN.1	Pamalar tengah (ST-03, ST-04), Ngihiwatu atas (ST-11B, ST-11A), Golukatina (ST-29)	
Oligosen Awal	Zona kisaran <i>Globigerina tapuriensis</i> / P.18	Zona selang <i>Sphenolithus pseudoradians</i> - <i>Sphenolithus distentus</i> / NP.20-NP.22	Pamalar bawah (ST-02)	
	Zona kisaran <i>Globorotalia centralis</i> / P.17		Tanjung Rua bawah (ST-24B), Ngihiwatu tengah (ST-12A)	
Eosen Akhir	Zona kisaran <i>Globigerinapsis mexicana</i> / P.15 - P.16	Zona selang <i>Chiasmolithus oamaruensis</i> - <i>Sphenolithus pseudoradians</i> / NP.18 - NP.19	Ngihiwatu bawah dan tengah (ST-16, ST-15, ST-14, ST-13B, ST-13A, ST-12B)	
	Zona selang <i>Globigerina tripartita</i> - <i>Globorotalia centralis</i> / P.14	Zona kisaran <i>Discoaster tani nodifer</i> / NP.16-NP.17	Prailangina (ST-32, ST-33, ST-34)	
Tidak dapat ditentukan	-	-	Watubera (ST-09), Rua (ST-25, ST-26,	Tanarara (ST - 45), Manukangga (ST-54),

			ST-27, ST-28), Konda - Maloba (ST-35), Prailangina (ST-32, ST-33)	Tatunggu (ST-52, ST-51, ST-50)
--	--	--	---	--------------------------------

KESIMPULAN

Pulau Sumba tersusun atas batuan sedimen Mesozoikum termetamorfosakan lemah, yang ditutupi oleh batuan sedimen Tersier berumur Eosen Akhir hingga Pliosen Awal. Endapan Kuarter secara tidak selaras menutupi batuan yang sudah terbentuk sebelumnya. Sedimentasi Paleogen menghasilkan urutan sedimen yang menyebar hampir di seluruh Pulau Sumba, namun aktifitas Neogen telah menyebabkan perbedaan lingkungan batimetrik di Sumba bagian barat dan bagian timur.

Tatanan biostratigrafi foraminifera plankton Pulau Sumba dapat dikelompokkan menjadi 12 zona, yang berurutan dari tua ke muda sebagai berikut: (1) Zona selang *Globigerina tripartita* - *Globorotalia centralis*, (2) Zona kisaran *Globorotalia mexicana*, (3) Zona kisaran *Globorotalia centralis*, (4) Zona kisaran *Globigerina tapuriensis*, (5) Zona kisaran *Globigerina ampliapertura*, (6) Zona kisaran *Globigerinoides quadrilobatus altiapertura*, (7) Zona kisaran *Praeorbulina glomerosa curva*, (8) Zona kisaran *Sphaeroidinella subdehiscens*, (9) Zona selang *Globorotalia acostaensis* - *Globorotalia plesiotumida*, (10) Zona selang *Globorotalia plesiotumida* - *Globorotalia tumida*, (11) Zona selang *Globorotalia tumida* - *Sphaeroidinella dehiscens*, dan (12) Zona kisaran *Sphaeroidinella dehiscens*.

Adapun tatanan biostratigrafi nannoplankton dapat dibedakan menjadi 11 zona, yaitu: (1) Zona kisaran *Discoaster tani nodifer*, (2) Zona selang *Chiasmolithus oamaruensis*-*Sphenolithus pseudoradians*, (3) Zona selang *Sphenolithus pseudoradians* - *Sphenolithus distentus*, (4) Zona selang *Sphenolithus distentus* - *Discoaster druggi*, (5) Zona selang *Discoaster druggi* - *Helicosphaera ampliapertura*, (6) Zona selang *Helicosphaera ampliapertura* - *Sphenolithus heteromorphus*, (7) Zona kisaran *Discoaster hamatus*, (8) Zona selang *Discoaster hamatus* - *Discoaster quinqueramus*, (9) Zona kisaran *Discoaster quinqueramus*, (10) Zona selang *Discoaster quinqueramus* - *Discoaster asymmetricus*, dan (11) Zona Kisaran *Discoaster asymmetricus*.

Korelasi biostratigrafi foraminifera plankton dan nannoplankton Paleogen dari seri batuan yang umumnya tersingkap di Sumba Barat menunjukkan korelasi Zona selang *Globigerina tripartita* - *Globorotalia centralis* (P.14) dengan *Discoaster tani nodifer* (NP.16 - NP 17); Zona kisaran *Globorotalia mexicana* (P.15-P.16) dengan Zona selang *Chiasmolithus oamaruensis*-*Sphenolithus pseudoradians* (NP.18 - NP.19); Zona kisaran *Globorotalia centralis* (P.17) dan Zona kisaran *Globigerina tapuriensis* (P.18) dengan Zona selang

Sphenolithus pseudoradians - *Sphenolithus distentus* (NP.20-NP.22), dan Zona kisaran *Globigerina ampliapertura* (P.20-N.1) dengan Zona selang *Sphenolithus distentus* - *Discoaster druggi* (N.P23-NN.1).

Korelasi biostratigrafi Neogen dari Sumba Barat dan Timur menunjukkan korelasi Zona kisaran *Globigerinoides quadrilobatus altiapertura* (N.7) dengan Zona selang *Discoaster druggi* - *Helicosphaera ampliapertura* (NN.2-NN.4), Zona kisaran *Praeorbulina glomerosa curva* (N.8) dengan Zona selang *Helicosphaera ampliapertura* - *Sphenolithus heteromorphus* (NN.5), Zona kisaran *Sphaeroidinella subdehiscens* (N.13-N.15) dengan Zona kisaran *Discoaster hamatus* (NN.9), Zona selang *Globorotalia acostaensis* - *Globorotalia plesiotumida* (N.16) dengan Zona selang *Discoaster hamatus* - *Discoaster quinqueramus* (NN.10), Zona selang *Globorotalia plesiotumida* - *Globorotalia tumida* (N.17) dengan Zona kisaran *Discoaster quinqueramus* (NN.11), Zona selang *Globorotalia tumida* - *Sphaeroidinella dehiscens* (N.18) dengan Zona selang *Discoaster quinqueramus* - *Discoaster asymmetricus* (NN.12-NN.13), dan Zona kisaran *Sphaeroidinella dehiscens* (N.19-N.20) dengan Zona Kisaran *Discoaster asymmetricus* (NN.14 dan lebih muda).

Kajian biostratigrafi berdasarkan kelompok fosil yang berbeda pada susunan stratigrafi sedimen laut dalam yang bervariasi di Pulau Sumba ini menghasilkan tatanan biostratigrafi beresolusi baik untuk diaplikasikan khususnya di wilayah Indonesia bagian timur.

DAFTAR PUSTAKA

- Blow, W.H. 1969. *Late Middle Eocene to Recent Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy*, International Conference Planktonic Microfossil 1st, Geneva (1967), Vol. I, hlm. 199-422
- , 1979. *The Cenozoic Globigerinida*. Leiden, E.J. Brill, Part 1, hlm. 199-422
- Bolli, H.M., dan Saunders, J.B. 1985. *Oligocene to Holocene Low Latitude Planktic Foraminifera*, dalam Bolli, H.M., Saunders, J.B., dan Perch Nielsen, K. (Eds.), *Plankton Stratigraphy*, Cambridge University Press, hlm. 155-162
- Bolli, H.M., Saunders, J.B., dan Perch Nielsen, K. 1985. *Comparison of Zonal Schemes for Different Fossils Groups*, dalam Bolli, H.M., Saunders, J.B., dan Perch Nielsen, K. (Eds.), *Plankton Stratigraphy*, Cambridge University Press, hlm. 3-10
- Boudagher-Fadel M.K. 2015. *Biostratigraphic and Geological Significance of Planktonic Foraminifera*, UCL Press, 298 hlm.

- Burrollet, P.F., dan Sale, C. 1982. Histoire géologique de l'île de Sumba (Indonésie). Société Géologique de France Bulletin, 24, hlm. 573-580
- Cushman, J.A. 1969. *Foraminifera Their Classification and Economic Use, within an Illustrated Key to The Genera*, Fourth Edition, Harvard University Press, Cambridge Massachusetts
- Eide, E.A. 2005. *Encyclopaedia of Geology, Analytical Methods: Geochronological Technique*, Science Direct.
- Isnaniawardhani, V. 1997. *Biostratigrafi Nannoplankton Formasi Batuasih serta korelasinya dengan Foraminifera Plankton*, Proceedings Pertemuan Ilmiah Tahunan ke XXVI, Ikatan Ahli Geologi Indonesia, hlm. 326-341
- Isnaniawardhani, Vijaya, Suparka, Emmy, dan Adisaputra, Mimin K. 2013a. *Miocene Calcareous Nannofossil Biostratigraphy of East Java, Indonesia*, Proceeding of the 9th International Congress on Pacific Neogene Stratigraphy, Tsukuba, Japan
- Isnaniawardhani, V, Adhiperdana, B.G, dan Nurdijat. 2013b. *Late Miocene Planktic Foraminifera Biostratigraphy of Central Bogor Through, Indonesia*, Pustaka Ilmiah Universitas Padjadjaran, <http://pustaka.unpad.ac.id/archives/126510>
- Kadar, D., Wibowo, R.A., Wijaya, H., Sebayang, L., Patriani, E.Y. 2014. *Late Eocene-Pleistocene Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy of Kuripan-1 Well, North Central Java, Indonesia*, dalam: *Berita Sedimentologi: Biostratigraphy of South East Asia - Part 1*, The Indonesian Sedimentologist Forum (FOSI), number 29/4, hlm. 95-115
- Kennett, J.P., dan Srinivasan, M.S. 1983. *Neogene Planktonic Foraminifera: A Phylogeny Atlas*, Hutchinson Ross Publishing Company, 265 hlm.
- Loeblich, A.R. Jr, dan Tappan, H. 1988. *Foraminiferal Genera and Their Classification*, 1 dan 2, van Nostrand Reinhold, New York, 970 hlm.
- Lucas, S.G. 2021. *Encyclopaedia of Geology, Biostratigraphy*, Second Edition, 3, Science Direct.
- Martini, E. 1971. *Standard Tertiary and Quaternary Calcareous Nannoplankton Zonation*, dalam Farinacci, A. (ed.), Proceeding of 2nd Conference Planktonic Microfossils, Rome (1970), 2, hlm. 739-785
- Okada, H, dan Bukry, D. 1980. *Supplementary Modification and Introduction of Code Numbers to the Low Latitude Coccolith Biostratigraphic Zonation (Bukry 1973, 1975)*, Marine Micropaleontology, 5, 3, hlm 321-325
- Perch-Nielsen, K. 1985. *Cenozoic Calcareous Nannofossils*, dalam Bolli, H.M., Saunders, J.B., dan Perch Nielsen, K. (Eds.), *Plankton Stratigraphy*, Cambridge University Press, hlm. 427-554
- Pirazzoli, P.A., Radtke, U., Hantoro, W.S., Jouannic, C., Hoang, C.T., Causse, C., dan Borel-Best, M. 1991, *Quaternary Raised Coral-Reef Terraces on Sumba Island*, 252, hlm. 1834-1836
- Postuma, J.A. 1971. *Manual of Planktonic Foraminifera*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, London, New York, 398 hlm.
- Saito, T., Thompson, P.R, dan Breger, D. 1981. *Systematic Index of Recent and Pleistocene Planktonic Foraminifera*, University of Tokyo Press, 190 hlm.
- Sato, T., dan Chiyonobu, S., 2013, *Manual of Microfossil Study*, Asakura Publishing Co. Ltd., Japan, 108 hlm.
- Stainforth, R.M., Lamb, J.L., Luterbacher, H., Berad, J.H., Jeffords, R.M. 1975. *Cenozoic Planktonic Foraminiferal Zonation and Characteristics of Index Forms*, Article 62, The University of Kansas Paleontological Institute, 426 hlm.
- Van Gorsel, J.T. 1988. *Biostratigraphy in Indonesia: Methods, Pitfalls and New Directions*, Proceedings Indonesian Petroleum Association, Seventeenth Annual Convention, hlm. 275-300
- Young, J.R. 1998. *Neogene*, in *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*, Bown, P.R. (Edt.), Kluwer Academic Publishers, hlm. 225-265
- Van Gorsel, J.T., Lunt, P., Morley, R. 2014. *Introduction to Cenozoic Biostratigraphy of Indonesia-SE Asia*, dalam: *Berita Sedimentologi: Biostratigraphy of South East Asia - Part 1*, The Indonesian Sedimentologist Forum (FOSI), number 29/4, hlm. 6-40
- Von der Broch, C.C., Grady, A.E., Hardjoprawiro, S., Prasetyo, H., dan Hadiwisatra, S. 1983. *Mesozoic Mesozoic and Late Tertiary Submarine Fan Sequences and Their Tectonic Significance of Sumba Indonesia*, dalam: *Sedimentary Geology*, 37, hlm. 113-132