



Nanofosil Gampingan Formasi Ofu Berumur Neogen di Pulau Rote

Angga Jati Widiatama^{1*}, Lauti Dwita Santy², Rikza Nur Faqih An Nahar¹, Adrianus Damanik³, Winda Eka Mandiri Puteri³, Zulfiah³

¹ Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Sumatera

² Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

³ Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung

Abstrak

Formasi Ofu merupakan bagian paling muda dari sikuen Kolbano yang litologinya didominasi batugamping pelagik. Belum adanya penelitian tentang diversitas dan zonasi umur nanofosil gampingan menjadikan riset ini penting dilakukan. Riset ini berhasil mengidentifikasi tujuh famili dan 19 spesies nanofosil gampingan. Nanofosil gampingan didominasi genus *Discoaster*, *Dictyococcites*, dan *Reticulofenestra* yang dapat dibagi menjadi tiga zonasi, dan satu zona transisi Pliosen-Pleistosen. Permulaan Miosen, Burdigalian-Tortonian (zona NN 2-NN 10) ditandai pemunculan awal *Helicosphaera kamptneri* hingga pemunculan awal *Discoaster quinquerramus*. Zona NN11 yang berumur Tortonian-Messinian ditandai pemunculan awal hingga pemunculan akhir *Discoaster quinquerramus*. Zona NN12-NN15 (Messinian-Zanclean) ditandai pemunculan awal hingga pemunculan akhir *Discoaster pansus*. Transisi Pliosen-Pleistosen (NN 16-NN 21) ditandai dengan pemunculan akhir dari *Discoaster pansus* hingga pemunculan akhir *Dictyococcites productus* dan *Helicosphaera princei*. Tingginya diversitas nanofosil mengindikasikan kondisi *upwelling*. Melimpahnya genus *Helicosphaera* serta genus *Calcidiscus* merupakan indikasi daerah *upwelling* yang dipengaruhi oleh pertemuan arus hangat dan arus dingin.

Kata kunci: Nanofosil gampingan; Neogen; Pulau Rote.

Abstract

The Ofu Formation is the youngest part of the Kolbano sequence whose dominated by pelagic limestones. There is no research has been carried out on diversity and calcareous nannofossils age zonation makes this research important. This research has identified seven families and 19 calcareous nannofossils species. Limestone nannofossils are dominated by the Discoaster, Dictyococcites, and Reticulofenestra genera that can be divided into three zones, and one Pliocene-Pleistocene transition zone. The Early Miosen as Burdigalian-Tortonian (NN 2-NN 10 zone) characterized by the first occurrence of the Helicosphaera kamptneri to the first occurrence of Discoaster quinquerramus. The NN 11 zone (Tortonian-Messinian) marked by first occurrence until the last occurrence of Discoaster quinquerramus. The NN 12-NN 15 zone (Messinian-Zanclean) marked by first occurrence until the last occurrence of the Discoaster pansus. The Pliocene-Pleistocene transition (NN 16-NN 21) characterized by the last occurrence of the Discoaster pansus to last occurrence of Dictyococcites productus and Helicosphaera princei. The high diversity of nannofossils indicates upwelling conditions. Abundance of Helicosphaera genus and Calcidiscus genus interpreted as an upwelling area influenced by warm and cold currents confluence.

Keywords: Calcareous nannofossil; Neogen; Rote Island.

*) Korespondensi : anggajatiwidiatama@gmail.com

Diajukan : 11 April 2021

Diterima : 21 Juli 2021

Diterbitkan : 3 Desember 2021

PENDAHULUAN

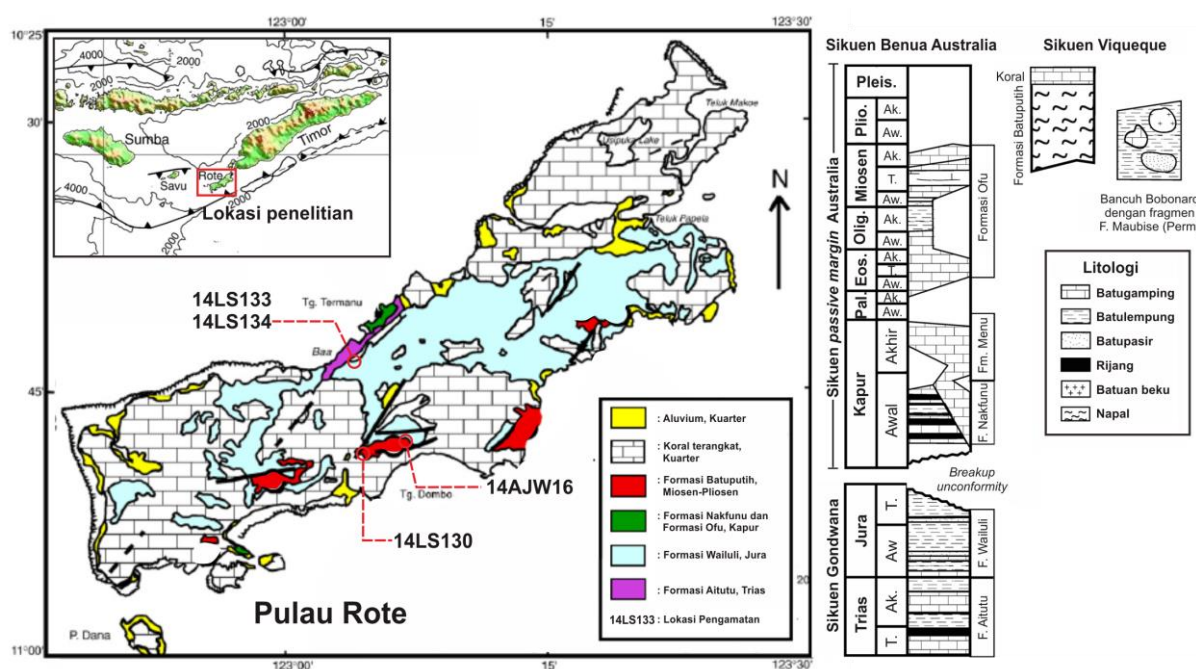
Pulau Rote, Pulau Timor, dan beberapa pulau kecil lain di sekitarnya merupakan pulau yang terbentuk dari akresi endapan tepi Benua Australia (Audley-Charles, 2011; Villeneuve dkk., 2013). Beberapa peneliti telah melakukan penelitian sedimentologi dan paleontologi Busur Banda, membagi lima kelompok litotektonik antara lain; (1) Sikuen Gondwana berumur Permian hingga Jura yang berisi batuan silisiklastik yang terendapkan pada cekungan intrakraton, (2) Sikuen Kolbano berisi batuan silisiklastik dan karbonat pelagik berumur Jura Akhir hingga Neogen, (3) Sikuen Banda *terrain* yang merupakan bagian dari Asia yang mengalami pengangkatan akibat kolisi selama Neogen Akhir, (4) Bancuh Bobonaro berisi batuan bancuh dengan blok didalam lempung, *broken formation*, dan kubah lumpur yang terbentuk selama kolisi Neogen akhir, (5) Sikuen Viqueque yang merupakan endapan synorogenik yang relatif tidak terdeformasi (Sawyer dkk., 1993; Audley-Charles, 2011).

Penelitian ini dilakukan pada Formasi Ofu, yang memiliki lokasi tipe di Pulau Timor (Rosidi dkk., 1979; 1996). Litologi tipe Formasi Ofu berupa batugamping masif berwarna putih hingga merah muda yang menunjukkan rekahan konkoidal hingga subkonkoidal dan terlihat mengkilap seperti porselen pada permukaan

yang segar. Dalam singkapan terdapat laminasi dan belahan dari *pressure solutions* yang intensif yang mengakibatkan timbulnya urat-urat kalsit pada stilolit, kekar, dan rekahan lainnya. Sawyer dkk. (1993) membagi menjadi tiga unit yang terpetakan, yaitu Anggota Boti, Borolalu dan Oeleu. Litologinya terdiri atas *wackestone* pelecypoda dan foraminifera, packstone dengan kuarsa atau packstone foraminifera, dan konglomerat turbidit berlapis dengan fragmen menyudut. Umur unit ini berkisar pada fasa Lutetian pada Eosen Tengah hingga Awal Pliosen.

Formasi Ofu di Pulau Rote (Gambar 1) terdiri dari perlapisan grainstone foraminifera pada bagian bawah yang berangsur menjadi kalsilitutit. Formasi Ofu tersingkap baik pada bagian utara dan selatan Pulau Rote bersama dengan satuan Korala terangkat berumur Kuartar (Roosmawati dan Harris, 2009), meskipun Rosidi dkk. (1979; 1996) menyatakan bahwa Formasi Ofu di Pulau Rote berupa bongkah yang tertanam dalam melange Bobonaro.

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi diversitas dan umur relatif nanofosil gampingan pada batuan Formasi Ofu di Pulau Rote yang merupakan bagian dari sikuen *passive margin* Australia (Kolbano). Belum adanya penelitian penentuan umur dengan menggunakan nanofosil



Gambar 1. Peta geologi dan stratigrafi daerah penelitian (Roosmawati dan Harris, 2009) dan lokasi pengamatan penelitian ini.

gampingan pada Formasi Ofu di Pulau Rote menjadi sebab penelitian ini penting untuk dilaksanakan karena spesies nanofosil penanda memiliki umur relatif yang lebih pendek dibandingkan foraminifera.

METODOLOGI

Pengambilan data lapangan dilakukan dalam kegiatan survei cekungan Sawu. Penelitian dilaksanakan oleh Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Kementerian ESDM pada tahun 2014. Pengambilan data mencakup pengukuran stratigrafi, deskripsi megaskopis batuan, deskripsi mikroskopis (sayatan tipis), dan paleontologi nanofosil gampingan. Pengamatan dilakukan pada empat titik pengamatan antara lain 14LS130, 14LS133, 14LS134, dan 14AJW16 (Gambar 1). Sebanyak empat sampel nanofosil gampingan dipreparasi dengan metode *smear slide* atau sayatan oles dengan cara menghancurkan bagian kecil dari batuan di atas kaca preparat lalu ditutup dengan larutan cairan *entellan*. Pengamatan nanofosil gampingan menggunakan mikroskop polarisasi dengan perbesaran 1000x. Penarikan umur nanofosil gampingan Kenozoikum menggunakan zonasi Martini (1971).

HASIL PENELITIAN

Zonasi Nanofosil Gampingan

Secara umum karakter Formasi Ofu di Pulau Rote didominasi oleh *grainstone* foraminifera. Bagian bawah Formasi Ofu (14LS133 dan 14LS134) terdiri *grainstone* foraminifera berwarna merah hingga jingga (Gambar 2A dan 2B), berlapis baik, tebal lapisan antara 10-20 cm, kompaksi sedang, dan strukur sedimen laminasi sejajar, terdapat sisipan *mudstone* dengan struktur *fissile*. Bagian ini berumur Burdigalian-Tortonian (NN 2-NN 10) ditandai dengan pemunculan awal *Helicosphaera kamptneri* hingga pemunculan *Discoaster quinqueramus*. Diatasnya berupa *grainstone*, berwarna putih, tebal lapisan antara 15-25 cm, dengan komponen bioklas foraminifera planktonik yang dominan (Gambar 2C dan 2D). Pada titik 14LS134 dijumpai *Discoaster quinqueramus* yang merupakan biota penanda zona NN 11 atau memiliki kisaran umur antara Tortonian-Messinian.

Bagian tengah Formasi Ofu teramati pada lokasi 14LS130 yang memiliki litologi *grainstone* foraminifera dengan sisipan lapisan

packstone tufaan dengan kompaksi sedang, berfragmen piroklastik berupa lapili hingga aglomerat, dan pecahan tumbuhan. Bagian tengah Formasi Ofu berumur Messinian-Zanclean (NN 12-NN 15) ditandai dengan pemunculan awal *Discoaster pansus* hingga pemunculan akhir *Discoaster pansus*.

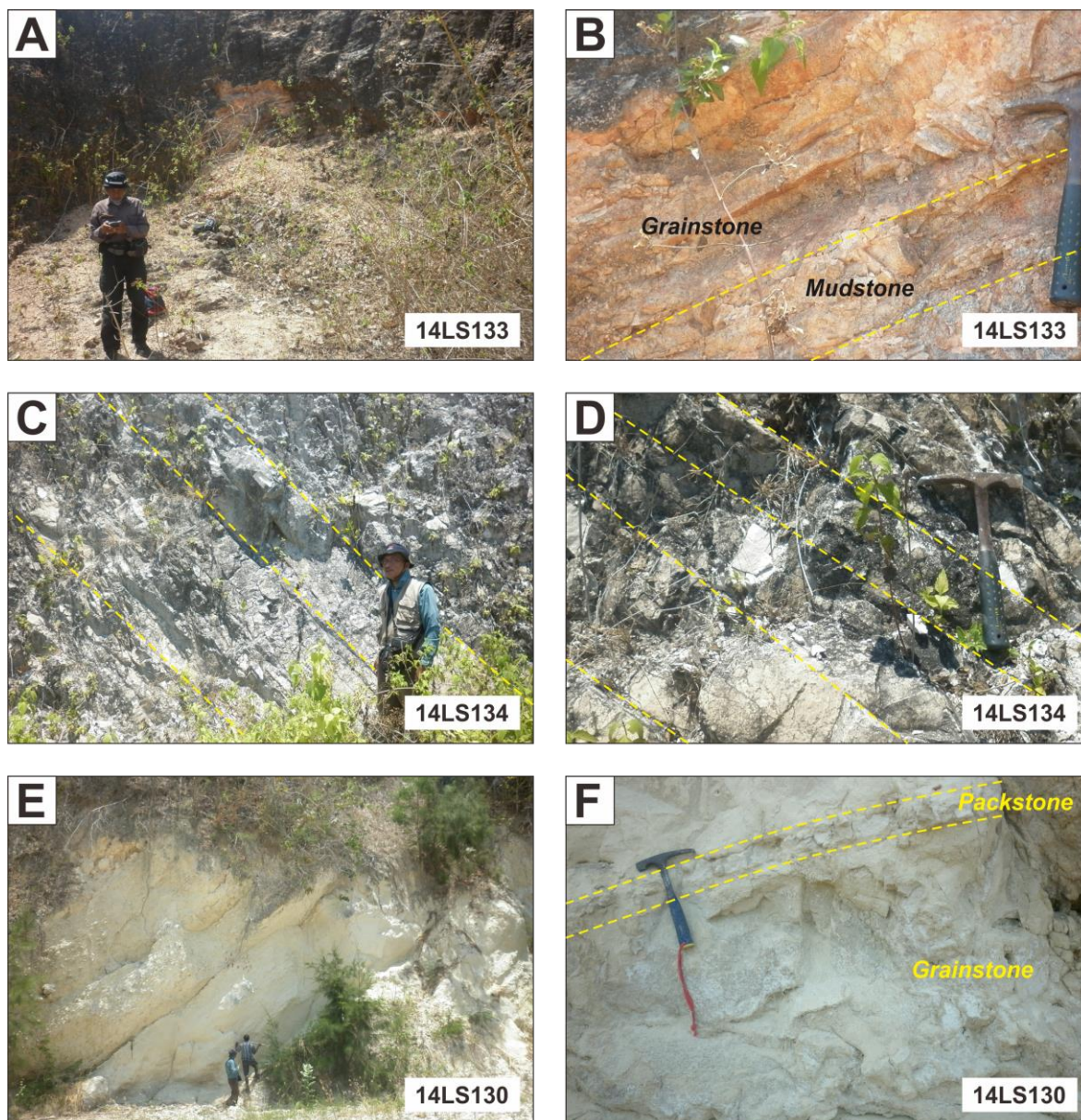
Bagian atas Formasi Ofu (14AJW16) terdiri dari *grainstone* foraminifera berlapis buruk dengan kompaksi sedang (Gambar 2E), pada beberapa tempat dijumpai juga lapisan *packstone* dengan tebal lapisan antara 10-15 cm (Gambar 2F). Bagian atas Formasi Ofu memiliki umur berkisar NN 16-NN 21 (Placenzian-Pleistosen). Bagian ini ditandai dengan pemunculan akhir dari *Discoaster pansus* hingga pemunculan akhir *Dictyococcites productus* dan *Helicosphaera princei*. Gambar biozonasi nanofosil gampingan dan kolom stratigrafi terukur dapat dilihat pada Gambar 3. Sedangkan foto nanofosil terpilih ditampilkan pada Gambar 4.

Diversitas Nanofosil Gampingan

Nanofosil gampingan di Pulau Rote terdiri dari tujuh famili dan 19 spesies. Famili *Discoasteraceae* memiliki diversitas spesies paling banyak dengan delapan spesies, *Noelaerhabdaceae* dengan empat spesies, *Helicosphaeraceae* dengan dua spesies, *Sphenolithaceae* dengan dua spesies, *Calcidiscaceae* dengan satu spesies, *Coccolithaceae* dengan satu spesies, dan *Nannolith families inc. sed.* satu spesies. Diversitas spesies dapat dilihat pada Tabel 1.

Keberadaan 19 jenis spesies berbeda menunjukkan relatif tingginya diversitas nanofosil gampingan saat Formasi Ofu terendapkan. Menurut Chira dan Malacu (2008) serta Silva dkk. (2008) tingginya variasi biota pada suatu perairan menunjukkan lingkungan ideal untuk perkembangbiakan nanofosil gampingan akibat adanya *upwelling* arus laut yang membawa nutrisi yang melimpah.

Upwelling terbentuk oleh beberapa faktor, antara lain posisi lintang, konfigurasi kontinen, dan juga topografi bawah laut (De Wever dkk., 2014). Melimpahnya genus *Helicosphaera* merupakan karakteristik dari daerah *upwelling* pada perairan hangat (Perch-Nielsen, 1985; Rahman dan Roth, 1990). Selain itu genus *Calcidiscus* juga menunjukkan kelimpahan yang relatif tinggi yang mengindikasikan adanya



Gambar 2. Foto singkapan Formasi Ofu di Pulau Rote, (A) perlapisan *Grainstone*, (B) lapisan *mudstone* dengan tebal lapisan antara 10-20 cm menyisip diantara lapisan *grainstone*, (C) singkapan perlapisan *grainstone* foraminifera, (D) *grainstone* formainifera berlapis, (E) Singkapan bagian atas Formasi Ofu, dan (F) Bagian atas Formasi Ofu berupa *grainstone* dengan sisipan *packstone*.

pengaruh arus laut bersuhu dingin pada zona *upwelling* (Ines, 2017). Hal tersebut mengindikasikan bahwa Pulau Rote pada Miosen hingga Pliosen merupakan zona pertemuan arus hangat dan arus dingin.

Batuan Formasi Ofu bagian bawah menunjukkan fenomena perubahan warna dari merah muda menjadi warna putih (Gambar 2A). Karakter batugamping berwarna merah identik dengan endapan *Oceanic Red Bed* (ORB) yang

tersebar luas yang dikenal sebagai tipe fasies endapan lintang rendah atau laut dengan iklim hangat pada Laut Tethys (Hu dkk., 2005; Wang dkk., 2009; Hu dkk., 2012). Warna merah pada batugamping ditafsirkan akibat adanya unsur besi (Fe^{2+}/Fe^{3+}) yang masuk pada sistem kristal kalsit pada batugamping akibat kondisi lingkungan yang oksik (Cai dkk., 2008; 2009; 2012).

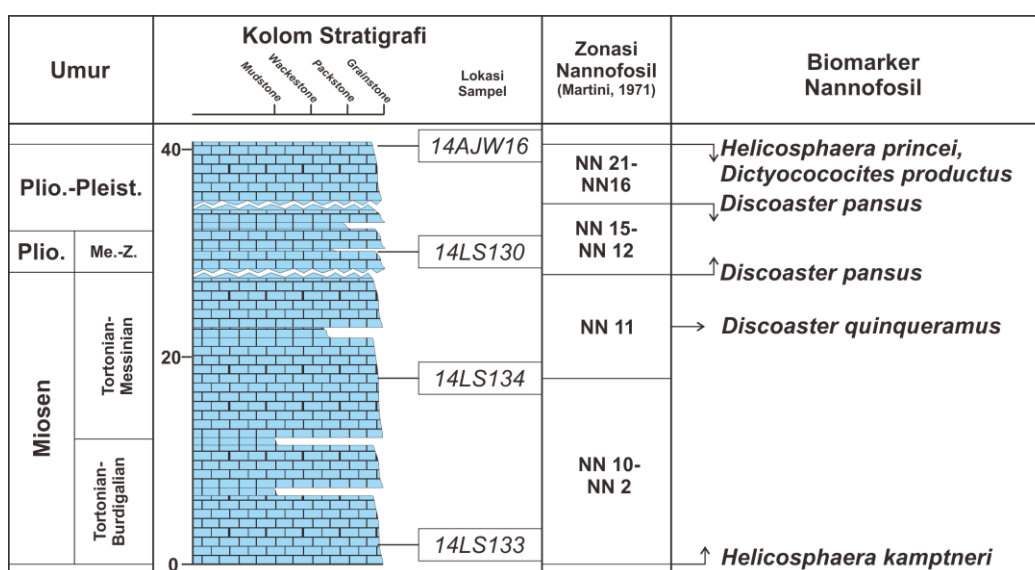
Tabel 1. Diversitas nanofosil gampingan umur Neogen-Kuarter Pulau Rote

No	Nanofosil	No	Nanofosil
<i>Family Discoasteraceae</i>		<i>Family Coccolithaceae</i>	
1	<i>Discoaster berggrenii</i>	12	<i>Ericsonia cava</i>
2	<i>Discoaster broweri</i>	<i>Family Noelaerhabdaceae</i>	
3	<i>Discoaster challengerii</i>	13	<i>Dictyococcites productus</i>
4	<i>Discoaster asymmetricus</i>	14	<i>Dictyococcites antarcticus</i>
5	<i>Discoaster quinquaramus</i>	15	<i>Reticulofenestra pseudoumbilicus</i>
6	<i>Discoaster variabilis</i>	16	<i>Reticulofenestra minuta</i>
7	<i>Discoaster pentaradiatus</i>	<i>Nannolith families inc sed</i>	
8	<i>Discoaster pansus</i>	17	<i>Florisphaera profunda</i>
<i>Family Sphenolithaceae</i>		<i>Family Helicosphaeraceae</i>	
9	<i>Sphenolithus abies</i>	18	<i>Helicosphaera kamptneri</i>
10	<i>Sphenolithus neoabies</i>	19	<i>Helicosphaera princei</i>
<i>Family Calcidiscaceae</i>			
11	<i>Calcidiscus leptoporus</i>		

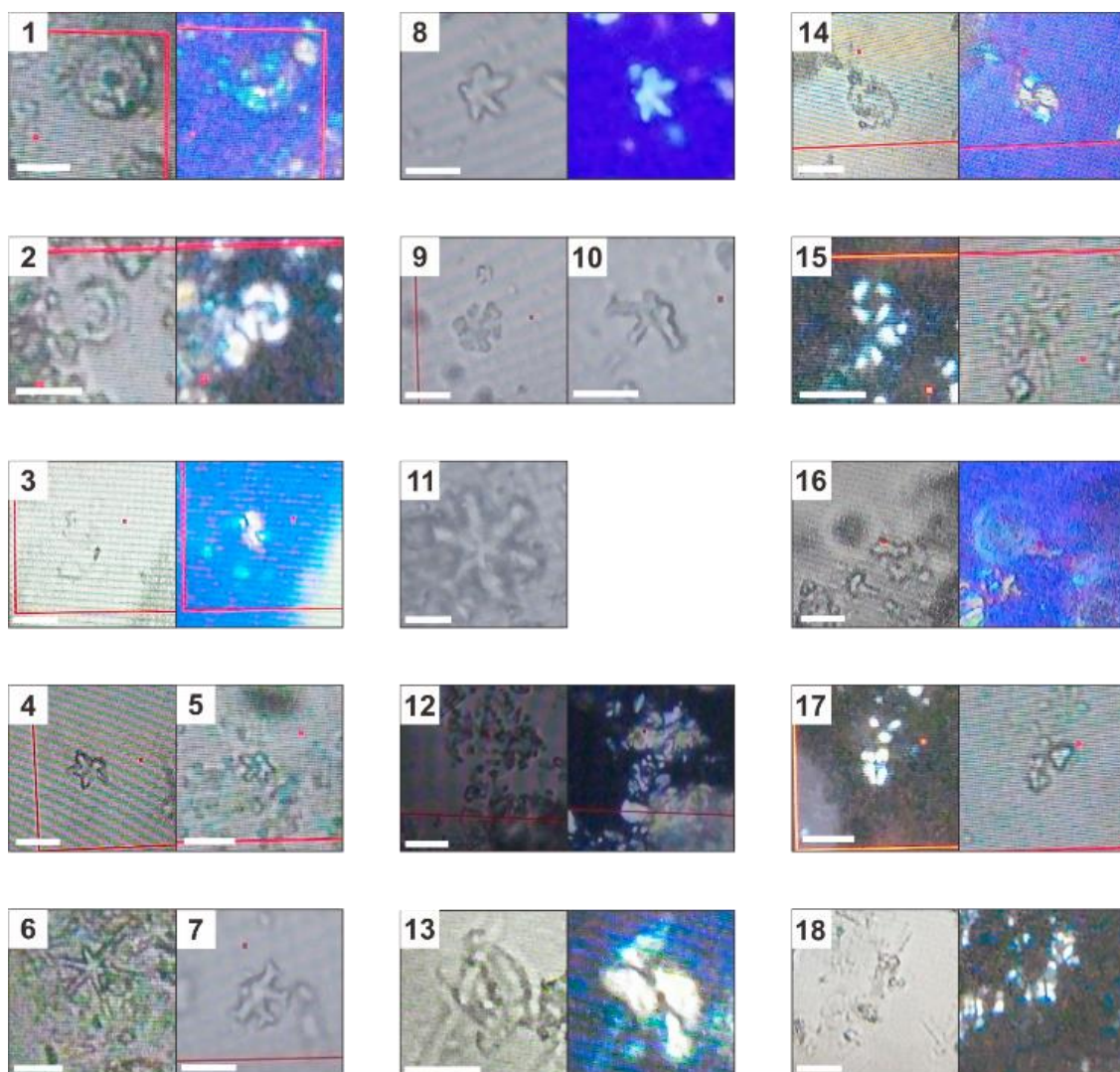
Tabel 2. Distribusi semi-kualitatif nanofosil Pulau Rote

Sampel	Biomarker	Biomarker																		
		<i>Helicosphaera kamptneri</i>	<i>Discoaster broweri</i>	<i>Ericsonia cava</i>	<i>Discoaster variabilis</i>	<i>Discoaster pentaradiatus</i>	<i>Calcidiscus leptoporus</i>	<i>Reticulofenestra minuta</i>	<i>Dictyococcites antarcticus</i>	<i>Reticulofenestra pseudoumbilicus</i>	<i>Sphenolithus abies</i>	<i>Discoaster challengerii</i>	<i>Helicosphaera princei</i>	<i>Sphenolithus neoabies</i>	<i>Florisphaera profunda</i>	<i>Discoaster berggrenii</i>	<i>Discoaster quinquaramus</i>	<i>Discoaster asymmetricus</i>	<i>Discoaster pansus</i>	<i>Dictyococcites productus</i>
14AJW16	<i>H. princei, Dictyococites productus</i> ↓	III	II	I	II	II	II	I				II	IV							I
14LS130	<i>Discoaster pansus</i> ↓	III	III	II	II	II	I	I			III	III	I	I				I	I	I
14LS134	<i>Discoaster pansus</i> ↑ <i>Discoaster quinquaramus</i> ←	III	IV	I	II	I	II	II	I	II	II	II	III	I	I	II	IV			
14LS133	<i>Helicosphaera kamptneri</i> ↑	I	II	I	I	II	I	I	I	III	I									

I=sangat sedikit (1-15); II=cukup banyak (15-30); III=sangat banyak (30-45); IV=melimpah (>45)



Gambar 3. Biostratigrafi nanofosil gampingan Formasi Ofu Pulau Rote.



Gambar 4. Foto nanofosil gampingan Formasi Ofu di Pulau Rote. (1) *Calcidiscus leptoporus*; (2) *Dictyococcites antarcticus*; (3) *Dy. productus*; (4) *Discoaster berggrenii*; (5) *D. asymmetricus*; (6) *D. brouweri*; (7) *D. challengeri*; (8) *D. pentaradiatus*; (9) *D. pansus*; (10) *D. quinquerramus*; (11) *D. variabilis*; (12) *Florisphaera profunda*; (13) *Helicosphaera princei*; (14) *H. kamptneri*; (15) *Reticulofenestra minuta*; (16) *R. pseudoumbilicus*; (17) *Sphenolithus abies*; (18) *S. neoabies*. Skala batang 5 μm .

KESIMPULAN

Kumpulan nanofosil gampingan di Pulau Rote berumur Neogen terdiri dari tujuh famili dan 19 spesies. Nanofosil gampingan berumur Neogen didominasi genus *Discoaster*, *Dictyococcites*, dan *Reticulofenestra* yang terdiri dari tiga zonasi, dan satu zona transisi Pliosen-Pleistosen. Permulaan Miosen (Burdigalian/zona NN 2-NN 10) ditandai dengan pemunculan awal *Helicosphaera kamptneri* hingga pemunculan awal dan *Discoaster quinquerramus*. Zona NN11 yang berumur Tortonian-Messinian ditandai dengan pemunculan awal hingga pemunculan akhir *Discoaster quinquerramus*. Zona NN12-NN15

(Messinian-Zanclean) ditandai dengan pemunculan awal hingga pemunculan akhir *Discoaster pansus*. Transisi Pliosen-Pleistosen (NN 16-NN 21) ditandai dengan pemunculan akhir dari *Discoaster pansus* hingga pemunculan akhir *Dictyococcites productus* dan *Helicosphaera princei*. Tingginya diversitas nanofosil mengindikasikan kondisi *upwelling* pada lingkungan Formasi Ofu terendapkan. Melimpahnya genus *Helicosphaera* serta genus *Calcidiscus* merupakan indikasi daerah *upwelling* yang juga dipengaruhi oleh pertemuan arus hangat dan arus dingin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada seluruh anggota Tim Cekungan Sawu 2014 yang telah membantu dalam pengambilan data, Prof. Dr. Ir. Roebiyanto Kapid yang telah membantu dalam pengambilan foto nanofosil gampingan, supervisi identifikasi nanofosil gampingan, dan semua pihak yang telah memberikan saran sehingga menjadikan tulisan ini lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Audley-Charles, M.G., 2011. Tectonic post-collision processes in Timor, 241-266 dalam Hall, R., Cottam, M. A., dan Wilson, M. E. J., ed., *The SE Asian gateway: History and tectonics of the Australia–Asia collision*, 382 hal., The Geological Society 355, London-UK.
- Cai, Y.F., Li, X., Pan, Y.G., dan Hu, X.M., 2008. The colour causing mechanism of Mn^{2+} and Fe^{3+} : Evidence from the Italian Cretaceous pelagic red limestones. *Acta Geologica Sinica*, 82(1), 133-138.
- Cai, Y.F., Li, X., Hu, X.M., Chen, X.M., dan Pan, Y. G., 2009. Paleoclimatic approach to the origin of the colouring of Turonian pelagic limestones from the Vispi Quarry section (Cretaceous, central Italy). *Cretaceous Research*, 30(5), 1205-1216. DOI: 10.1016/j.cretres.2009.06.002.
- Cai, Y., Hu, X., Li, X., dan Pan, Y., 2012. Origin of the red colour in a red limestone from the Vispi Quarry section (central Italy): A high-resolution transmission electron microscopy analysis. *Cretaceous Research*, 28, 97-102. DOI: doi.org/10.1016/j.cretres.2011.11.016.
- Chira, C. Dan Malacu, A., 2008. Biodiversity and paleoecology of the Miocene calcareous nannoplankton from Sibiu area (Transylvania, Romania). *Acta Palaeontologica Romaniaae*, 6, 17-28.
- De Wever, P., O'Dogherty, L., dan Gorican, S., 2014. Monsoon as a cause of radiolarite in the Tethyan realm. *Geoscience*, 346, 287-297. DOI: 10.1016/j.crte.2014.10.001.
- Hu, X.M., Jansa, L., Wang, C.S., Sarti, M., Bak, K., Wagreich, M., Michalik, J., dan Sotak, J., 2005. Upper cretaceous oceanic red beds (CORBs) in the Tethys: Occurrences, lithofacies, age, and environments. *Cretaceous Research*, 26(1), 3-20. DOI: doi.org/10.1016/j.cretres.2004.11.011.
- Hu, X., Hu, X., Wagreich, M., dan Yilmaz, I.O., 2012. Marine rapid environmental/climatic change in the cretaceous greenhouse world. *Cretaceous Research*, 38, 40-51. DOI: doi.org/10.1016/j.cretres.2012.04.012.
- Ines, G., 2017 Sarmatian calcareous nannofossil assemblages in the SW Paratethyan marginal marine environments: implications for palaeoceanography and the palaeoclimate. *Progress in Oceanography*, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2017.05.011
- Martini, E., 1971. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. *Proceedings, 2nd Planktonic Conference*, Roma, 739-784.
- Perch-Nielsen, K., 1985. Cenozoic Calcareous nannofossils, dalam H. Bolli, J.B. Saunders and K. Perch-Nielsen, ed., *Plankton stratigraphy*, 427-554 hal., Cambridge Earth Sci. Ser., London-UK.
- Rahman, A. dan Roth, P.H., 1990. Late Neogene paleoceanography and paleoclimatology of the Gulf of Aden region based on calcareous nannofossils. *Paleoceanography*, 5, 91-107. DOI: doi.org/10.1029/PA005i001p00091.
- Rosidi H.M.D., Tjokrosapoetro, S., dan Gafoer, S., 1979. *Peta Geologi Lembar Kupang, Timor*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Rosidi H.M.D., Tjokrosapoetro, S., dan Gafoer, S., 1996. *Peta Geologi Lembar Kupang-Atambua, Timor*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Roosmawati, N. dan Harris, R., 2009. Long-term surface uplift history of the active Banda arc-continent collision: Depth and age analysis of foraminifera from Rote and Savu Islands, Indonesia. *Tectonophysics*, 479, 95-110. DOI: doi.org/10.1016/j.tecto.2009.04.009.
- Sawyer, R. K., Sani, K., dan Brown, S., 1993. The stratigraphy and sedimentology of West Timor, Indonesia. *Proceedings of Indonesian Petroleum Association 22nd Annual Convention*, Jakarta, Indonesia, 533-574.
- Silva, A., Palma, S., dan Moita, M.T., 2008. Coccolithophores in the upwelling waters of Portugal: Four years of weekly distribution in Lisbon bay. *Continental Shelf Research*, 28, 2601–2613. DOI: 10.1016/j.csr.2008.07.009.
- Villeneuve, M., Bellon, H., Martini, R., Harsolumakso, A., Cornée, J. J., 2013. West Timor: a key for the eastern Indonesian

- geodynamic evolution. *Bull. Soc. géol. France*, 184(6), 569-354.
- Wang, C., Hu, X., Huang, Y., Scott, R., dan Wagreich, M., 2009. Cretaceous oceanic red beds (CORB): A window on global oceanic/climatic change, 13-33 *dalam* Hu, X., Wang, C., Scott, R.W., Wagreich, M., dan Jansa, L., (Ed.), *Cretaceous oceanic red beds: Stratigraphy, composition, origins and paleoceanographic/paleoclimatic significance*, 276 hal., SEPM Special Publication 91, Tulsa, OK-USA.