

STUDI IKLIM PURBA PADA FORMASI TONASA BERDASARKAN FORAMINIFERA PLANKTONIK LINTASAN SUNGAI PALAKKA DAN KARAMA B, SULAWESI SELATAN

PALEOCLIMATE STUDY OF TONASA FORMATION BASED ON PLANKTONIC FORAMINIFERA AT PALAKKA RIVER AND KARAMA B TRAVERSES, SOUTH SULAWESI

Meutia Farida¹, Asri Jaya¹, Ilham Alimuddin¹, Safruddin¹, Asmita Ahmad²

¹Teknik Geologi Universitas Hasanuddin, Jl. Poros Malino Km. 6 Gowa,

²Departemen Ilmu Tanah Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan KM. 10 Makassar

*E-mail: meutia.farida@unhas.ac.id

Naskah masuk: 9 November 2021

Naskah diperbaiki: 20 Juni 2022

Naskah diterima: 20 Juni 2022

ABSTRAK

Foraminifera planktonik adalah salah satu proxy dalam penentuan iklim, termasuk iklim purba. Organisme ini memiliki sebaran geografi yang luas, dan beberapa spesies hidup pada kondisi iklim tertentu, sehingga keberadaan fosil ini sangat baik digunakan untuk interpretasi perubahan iklim dari masa ke masa. Formasi Tonasa memiliki sebaran yang luas di Sulawesi Selatan. Formasi ini disusun oleh batuan karbonat yang terbentuk dari mineral karbonat dan organisme laut diantaranya adalah foraminifera, yang dapat merekam kondisi iklim ketika batuan ini terendapkan. Pengambilan data singkapan menggunakan metode Stratigrafi Terukur pada perselingan napal dan batugamping di Barru (Lintasan Sungai Palakka) dan Jeneponto (Lintasan Karama B). Aktivitas selanjutnya adalah preparasi sampel, observasi, identifikasi dan determinasi umur berdasarkan pemunculan awal dan kemunculan akhir spesies. Hasil identifikasi foraminifera planktonik di daerah Barru diperoleh sebanyak 12 spesies: *Globigerina senni*, *Globigerina ampliapertura*, *Globigerina soldadoensis*, *Globigerina yeguaensis*, *Globorotalia centralis*, *Globorotalia aragonensis*, *Globorotalia aspensis*, *Globorotalia bolivariana*, *Globigerina collactea*, *Hantkenina dumblei*, dan *Hantkenina brevispina*, *Globigerapsis index*. Di Karama B sebanyak 6 (enam) spesies: *Globigerina ampliapertura*, *Globigerina yeguaensis*, *Globorotalia kugleri*, *Catapsydrax dissimilis*, *Globorotalia siakensis*, *Globigerinoides immaturus*, dan 1 sub-spesies *Globorotalia opima opima*. Analisis biostratigrafi Lintasan Sungai Palakka berumur P.9 – P.16 (Eosen Awal – Eosen Akhir), sedangkan Lintasan Karama B, berumur N.1 – N.7 (Oligosen Tengah – Miosen Awal). Hasil studi awal iklim purba menunjukkan bahwa beberapa genus/spesies di daerah Palakka dan Karama B hidup pada kondisi iklim Tropis – Subtropis, Sungai Palakka hangat (*warm*), sedangkan Karama B (*cooling – warm*). Berkurangnya variasi genus/spesies pada transisi umur Eosen ke Oligosen diakibatkan oleh perubahan iklim yang signifikan dari hangat ke dingin (*cooling*).

Kata kunci: Batuan karbonat, Formasi Tonasa, Stratigrafi terukur, Foraminifera planktonik, Iklim purba.

ABSTRACT

Planktonic foraminifera are good proxies to determine climate as well as paleoclimate. These organisms have wide geographic distribution, and some species live in typical climatic conditions, therefore the presence of these fossils is very good for understanding climatic change throughout the time. The Tonasa Formation has a wide geographic distribution in South Sulawesi. This formation consists of carbonate rocks formed by carbonate minerals and marine organisms including foraminifera, that was recorded climatic conditions when these rocks were deposited. Data were collected using the Measured Stratigraphy method on the marl and limestone interbedded in Barru (Palakka River Traverse) and Jeneponto (Karama B Traverse). The next activities are sample preparation, observation, identification, and age determination based on First Appearance (FA) and Last Appearance (LA) of species. The results of planktonic foraminifera identification in the Barru area showed as many as 12 species: *Globigerina senni*, *Globigerina ampliapertura*, *Globigerina soldadoensis*, *Globigerina yeguaensis*, *Globorotalia centralis*, *Globorotalia aragonensis*, *Globorotalia aspensis*, *Globorotalia bolivariana*, *Globigerina collactea*, *Hantkenina dumblei*, dan *Hantkenina brevispina*, *Globigerapsis index*, and in Karama B a total 6 (six) species: *Globigerina ampliapertura*, *Globorotalia kugleri*, *Catapsydrax dissimilis*, *Globorotalia siakensis*, *Globigerina yeguaensis*, *Globigerinoides immaturus*, and 1 sub-species *Globorotalia opima opima*. Biostratigraphic analysis of the Palakka River is P.9 – P.16 (Early Eocene – Late Eocene), however in the Karama B is N.1 – N.7 (Middle Oligocene – Early Miocene). Based on the preliminary studies in both regions, the paleoclimate from genus/species that lived in typical climate indicated Tropical – Subtropical. Palakka River

(warm), however Karama B (cooling – warm). The climate change occurred in transition between Eocene to Oligocene was indicated by the reduced variation of genus/species due to cooling process.

Keywords: Carbonate rock, Tonasa Formation, Measured stratigraphy, Plankton foraminifera, Paleoclimate.

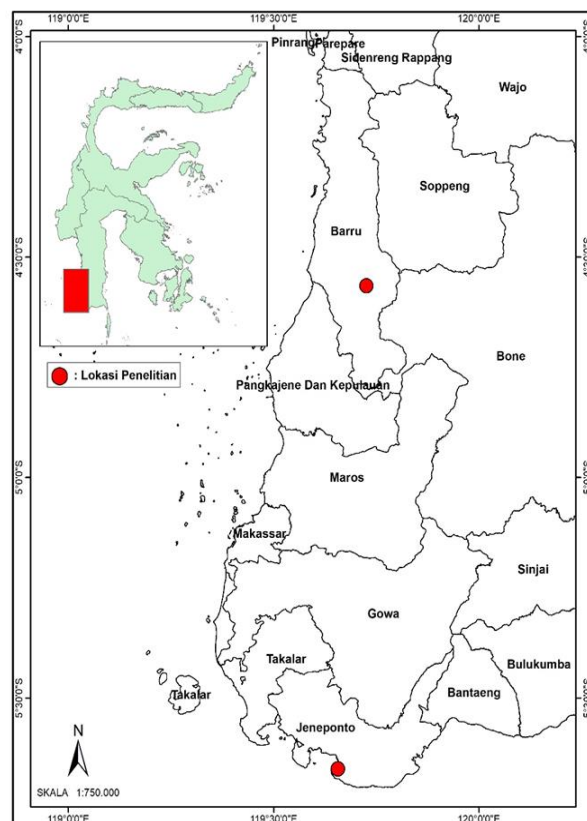
1. Pendahuluan

Studi mengenai iklim hingga saat ini semakin maju dan dikembangkan di berbagai bidang ilmu. Riset yang dilakukan tidak hanya terkait dengan perubahan iklim yang terjadi saat ini, namun dengan mempelajari pola iklim masa lalu dapat memberikan kontribusi dalam menganalisis iklim di masa depan. Aplikasi ilmu geologi berperan dalam menganalisis perubahan iklim dari masa ke masa, diantaranya adalah studi mengenai iklim purba (*paleoclimate*). Berbagai fenomena alam yang disebabkan oleh perubahan iklim sangat mempengaruhi kelangsungan hidup manusia dan lingkungan. Ungkapan *The Present is the Key to the Past* menjawab bahwa peristiwa alam atau proses geologi yang terjadi saat ini merupakan gambaran kejadian masa lampau. Konsep ini telah dibuktikan oleh banyak ahli, dan dapat disaksikan dari berbagai peristiwa alam seperti letusan gunungapi, banjir, gempa bumi dan lain-lain, di mana jejak-jejak dari peristiwa tersebut terekam dalam batuan yang menyusun bumi ini.

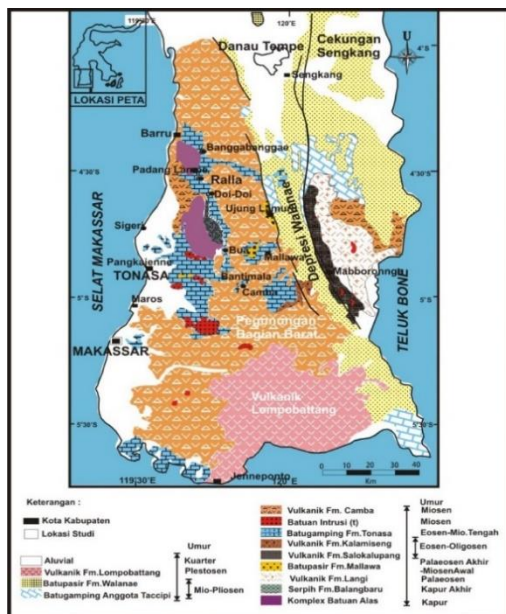
Salah satu studi geologi untuk mengungkap iklim masa lampau adalah dengan menggunakan data fosil sebagai salah satu proxy, dan fosil mikro sangat baik dalam membantu merekonstruksi kondisi lingkungan pengendapan (*paleoenvironment*), *paleoceanography* / *paleogeography*, *paleoclimate* dan lain-lain. Foraminifera planktonik adalah fosil mikro yang sangat berguna dalam menafsirkan perubahan iklim pada permukaan laut masa lampau [1,2,3].

Sebaran genus foraminifera salah satunya dikontrol oleh letak geografis [4], sehingga keterdapatannya tertentu mencirikan iklim di daerah tersebut. Namun demikian stratifikasi massa air laut juga menggambarkan kedalaman spesies tersebut dapat hidup, dan dikelompokkan menjadi permukaan (*warm*), *intermediet* (*cool*), dan dalam (*cold*), pembagian ini didasarkan pada asumsi bahwa (a) setiap kelompok spesies mempertahankan afinitas untuk karakteristik massa air tertentu, dan (b) variasi masing-masing kelompok spesies mencerminkan perubahan dalam stratifikasi massa air [5].

Berdasarkan kajian peneliti terdahulu, kami tertarik untuk menganalisis kondisi iklim masa lampau di daerah Barru dan Jeneponto Sulawesi Selatan (Gambar 1), di mana di kedua daerah ini tersingkap dengan baik batuan karbonat Formasi Tonasa. Formasi ini tersingkap luas di Sulawesi Selatan, dari utara di daerah Barru hingga ke selatan di daerah Jeneponto (Gambar 2). Sebagaimana diketahui bahwa batuan karbonat terendapkan di lingkungan laut, terutama di laut dangkal. Batuan karbonat disusun oleh mineral hasil presipitasi air laut dan dari organisme yang mengeluarkan senyawa CaCO_3 (kalsium karbonat). Organisme laut ini membutuhkan parameter tertentu diantaranya adalah suhu air laut (temperatur), air jernih, cahaya matahari, nutrisi, salinitas, batimetri atau kedalaman air dan beberapa kondisi lain sehingga dapat berkembang dengan baik. Temperatur permukaan air dikontrol oleh iklim di suatu daerah, dan mempengaruhi tingkat produktivitas organisme laut, termasuk foraminifera.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian Sungai Palakka Kabupaten Barru dan Karama B Kabupaten Jeneponto, Sulawesi Selatan



Gambar 2. Peta geologi dan sebaran formasi batuan pada lengan selatan Sulawesi Selatan, Formasi Tonasa dengan sebaran luas dari utara hingga selatan Sulawesi Selatan, dimodifikasi oleh [7].

Formasi Tonasa disusun oleh batugamping koral pejal, sebagian terhablurkan, batugamping bioklastika dan kalkarenit. Batugamping berlapis sebagian mengandung banyak foraminifera besar, napalnya banyak mengandung foraminifera kecil dan beberapa lapisan napal pasiran mengandung banyak kerang (*pelecypoda*) dan siput (*gastropoda*) besar [6,7].

Formasi Tonasa berumur Eosen Awal (Ta.2) sampai Miosen Tengah (Tf) berdasarkan gabungan fosil [6], formasi ini terendapkan selaras di atas Formasi Mallawa yang merupakan endapan sedimen di lingkungan transisi dan tertindih tidak selaras oleh Formasi Camba yang terdiri dari endapan vulkanik dan vulkanik klastik. Tebal formasi ini diperkirakan tidak kurang dari 3000 m [2].

Penelitian detail mengenai endapan karbonat batugamping Formasi Tonasa terutama hasil “redeposit” di daerah Ralla, Kabupaten Barru telah dilakukan [8], dan selanjutnya dijelaskan bahwa paparan karbonat di Barru dan Jeneponto (daerah Nasara) adalah sebuah platform-top dan ramp [9]. Rekonstruksi batimetri dan iklim purba juga telah dilakukan di daerah Ralla Kabupaten Barru dengan menggunakan foraminifera bentonik [10], dan distribusi nanofosil serta aplikasinya sebagai data awal telah dilakukan di daerah ini [11].

Studi di daerah ini bertujuan melakukan studi awal mengenai iklim purba pada lingkungan pengendapan (cekungan) ketika batuan karbonat Formasi Tonasa

terendapkan. Sebagaimana dijelaskan sebelumnya bahwa batuan karbonat daerah Barru terletak pada Lembar Geologi Regional Pangkajene dan Watampone bagian Barat, sedangkan daerah Jeneponto berada pada Lembar Peta Geologi Regional Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai. Litologi di kedua daerah ini memiliki karakteristik berbeda diantaranya adalah variasi litologi, hal tersebut boleh jadi disebabkan perbedaan faktor kontrol, baik yang terjadi selama proses sedimentasi maupun setelah sedimentasi (akibat diagenesis). Kondisi lingkungan termasuk iklim merupakan salah satu pengontrol perbedaan ciri litologi tersebut.

2. Metode Penelitian

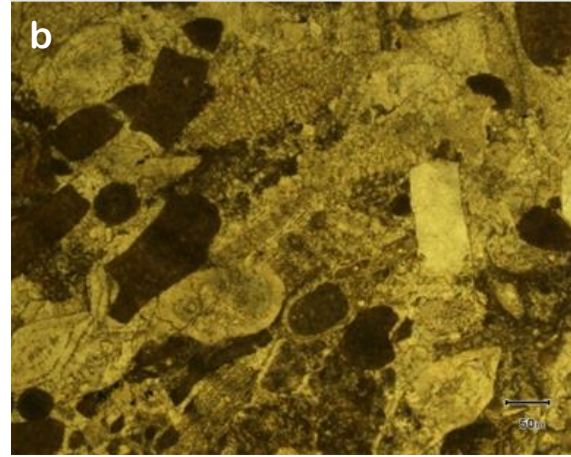
Pengumpulan data dilakukan di 2 (dua) lokasi yaitu di Sungai Palakka Kabupaten Barru dan daerah Karama Kabupaten Jeneponto. Terdapat 2 (dua) lintasan pengukuran di daerah Karama yaitu Karama A dan B, untuk studi awal ini kami menggunakan data lintasan Karama B. Pengambilan data dengan metode Stratigrafi Terukur, deskripsi singkapan (pencatatan), pengukuran perlapisan, serta pengambilan sampel dan sketsa (foto). Pengolahan sampel pada setiap lapisan dengan tahapan pemilahan, kemudian dilakukan preparasi sampel sebanyak 100 – 300 gr, sampel ditumbuk kemudian direndam dengan HCl untuk batuan keras dan H₂O₂ untuk batuan yang lebih lunak, bertujuan untuk memisahkan fosil dari mineral karbonat atau material lainnya yang menempel pada fosil [12].

Hasil residu dikeringkan lalu sampel siap untuk dilakukan *picking* pada 1 gr sampel. Selanjutnya identifikasi spesies menggunakan mikroskop binokuler dengan perbesaran 50x, penentuan nama spesies menggunakan katalog manual foraminifera [13]. Analisis umur dan perkiraan iklim purba menggunakan analisis kuantitatif dari setiap spesies. Determinasi umur berdasarkan pada zonasi kemunculan awal dan kemunculan akhir [14]. Interpretasi mengenai iklim purba didasarkan pada genus/spesies pada posisi latitud masing-masing taxon [4], dengan mempertimbangkan kedalaman atau kondisi stratifikasi massa air [5].

3. Hasil dan Pembahasan

Pembahasan hasil penelitian dari dua lokasi lintasan stratigrafi terukur di Sungai Palakka, Barru (Gambar 5) dan Lintasan Karama B, Jeneponto (Gambar 8) adalah sebagai berikut:

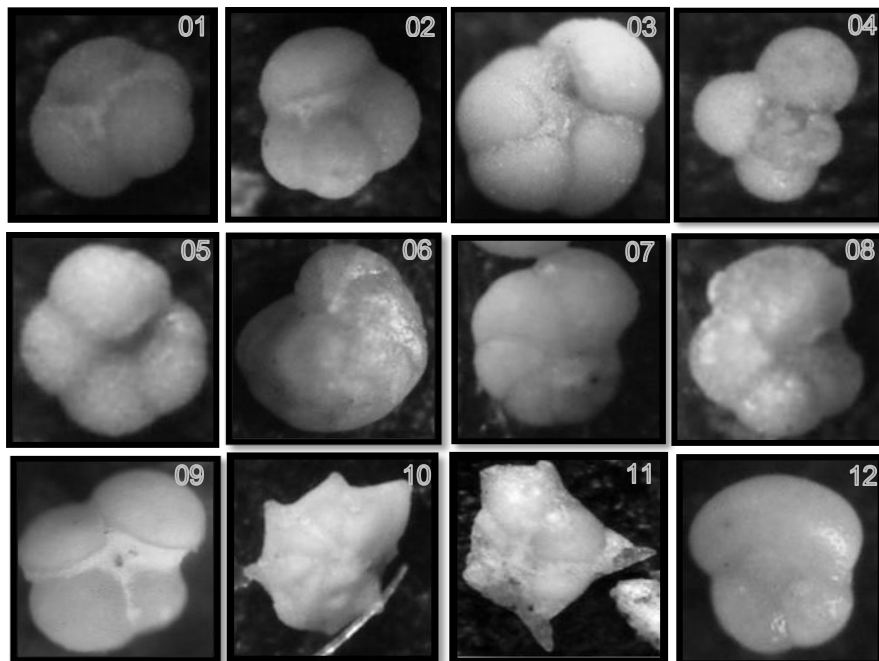
Lintasan Sungai Palakka. Lokasi lintasan pertama di daerah Barru terletak di sepanjang Sungai Palakka (Gambar 3a), diperoleh perselingan antara batugamping (*packstone*) dan batulempung karbonatan. Hasil sayatan tipis batugamping seperti terlihat pada Gambar 3b.



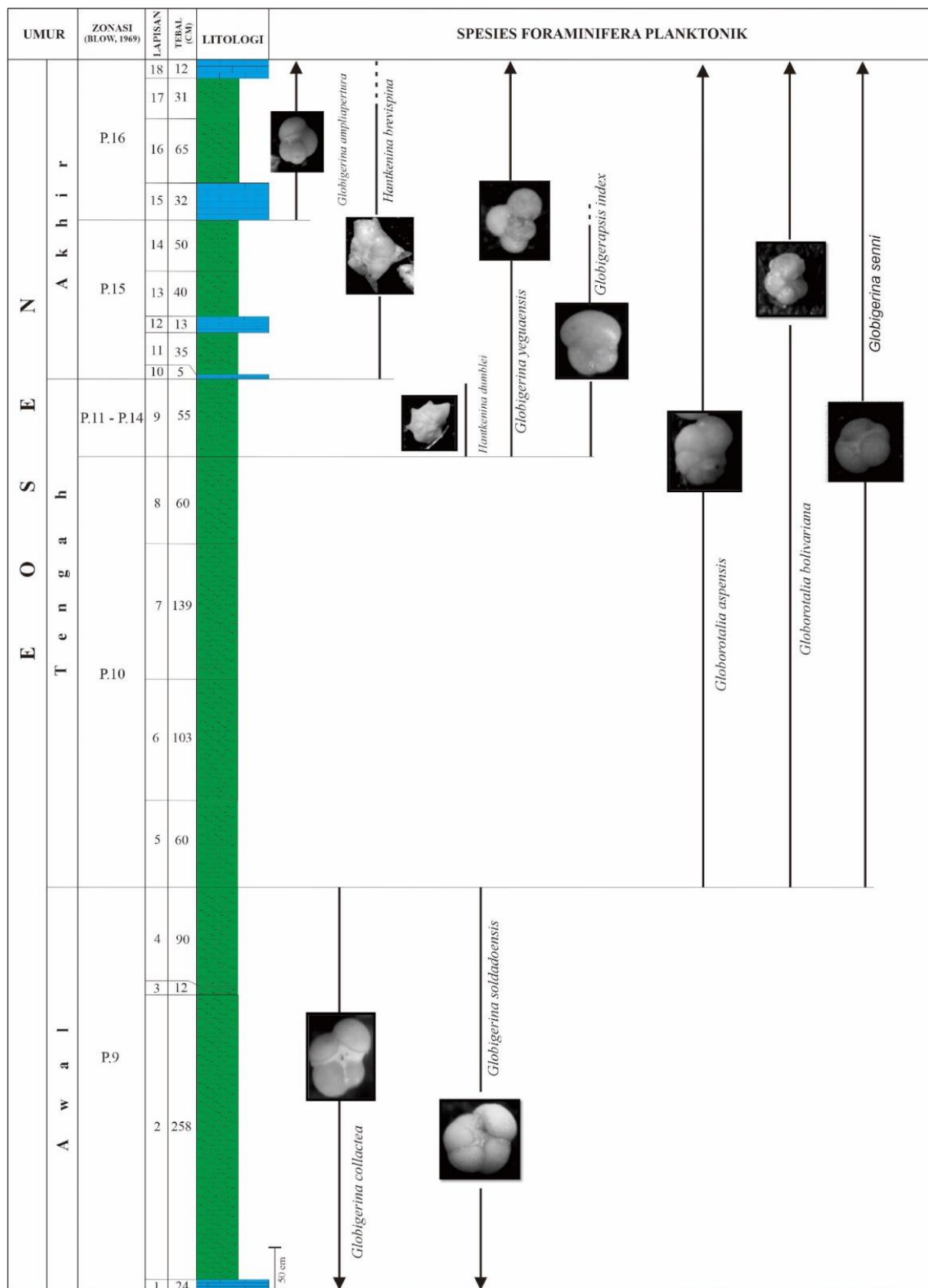
Gambar 3. a. Singkapan perselingan batugamping dan batulempung karbonatan di lintasan Sungai Palakka.
b. Foto sayatan tipis batugamping memperlihatkan foram besar, dan mineral kalsit sebagai penyusun utama batugamping.

Biostratigrafi. Hasil identifikasi dan determinasi spesies foraminifera planktonik di lintasan Sungai Palakka diperoleh foraminifera planktonik dari 18 lapisan batuan, dan sebanyak 12 spesies dengan mengacu pada manual foraminifera [13], seperti pada Gambar 4 yaitu: *Globigerina senni* (BECKMANN), *Globigerina ampliapertura* BOLLI, *Globigerina soldadoensis* BRONNIMANN, *Globigerina yeguaensis* WEIBZIERL and APPLIN,

Globorotalia centralis CUSHMAN dan BERMUDEZ, *Globorotalia aragonensis* NUTTALL, *Globorotalia aspensis* (COLOM), *Globorotalia bolivariana* (PETTERS), *Globigerina collactea* (FINLAY), *Hantkenina dumblei* WEINZIERL & APPLIN, dan *Hantkenina brevispina* CUSHMAN, dan *Globigerapsis index* (FINLAY). Berdasarkan hasil analisis kemunculan awal dan kemunculan akhir beberapa spesies foraminifera planktonik seperti pada Gambar 5.



Gambar 4. Foto mikrograf fosil foraminifera planktonik dengan perbesaran 50x: *Globigerina senni* (01), *Globigerina ampliapertura* (02), *Globigerina soldadoensis* (03), *Globigerina yeguaensis* (04), *Globorotalia centralis* (05), *Globorotalia aragonensis* (06), *Globorotalia aspensis* (07), *Globorotalia bolivariana* (08), *Globigerina collactea* (9), *Hantkenina dumblei* (10), *Hantkenina brevispina* (11), *Globigerapsis index* (12).



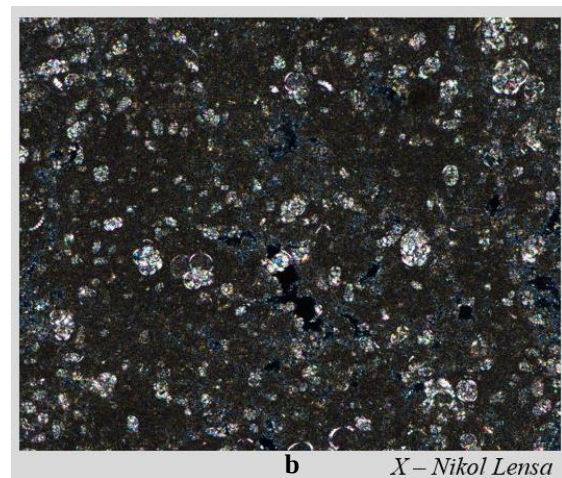
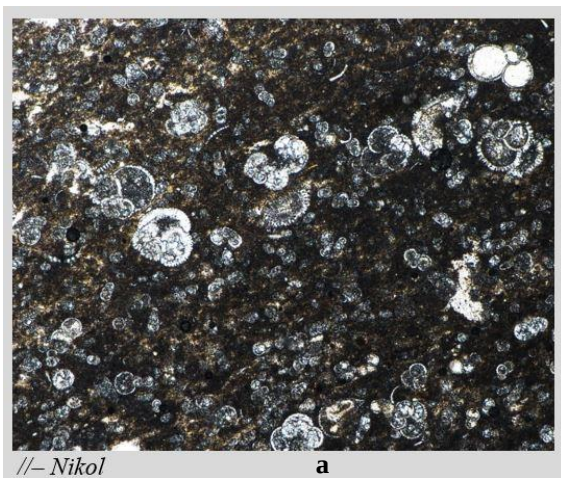
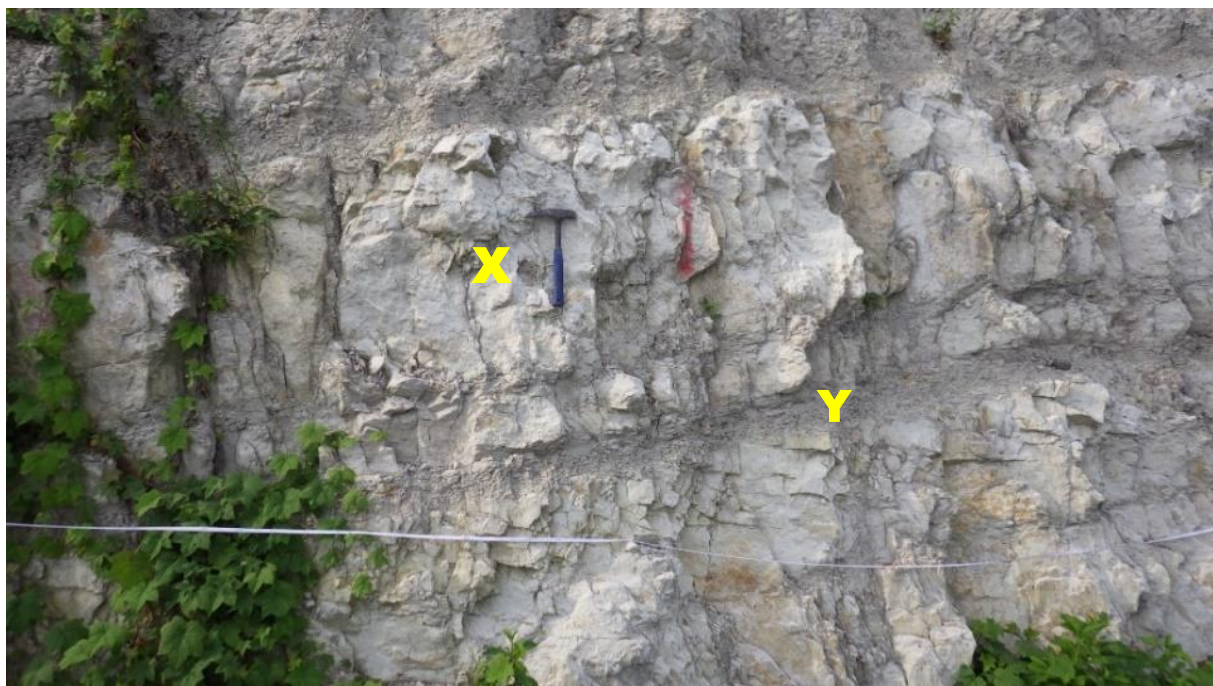
Gambar 5. Biostratigrafi foraminifera planktonik lintasan Sungai Palakka, Barru (berdasarkan pemunculan awal dan pemunculan akhir spesies).

Diperoleh umur relatif batuan Formasi Tonasa pada lintasan ini adalah P.9 – P.16 merujuk pada zonasi [14] atau dikorelasikan dengan umur Eosen Awal – Eosen Akhir.

Interpretasi Iklim Purba. Mengacu pada referensi [4, 5], maka dari hasil analisis dan interpretasi diperoleh genus yang umum dijumpai di lintasan ini mulai dari lapisan bawah hingga lapisan atas adalah *Globigerina*, *Globorotalia*, *Hantkenina*. Genus *Globigerina* hidup pada kondisi *cosmopolitan* atau dapat hidup diberbagai kondisi iklim, demikian pula *Globorotalia* hidup baik secara *cosmopolitan* maupun pada kondisi Tropis – Subtropis, *Hantkenina* pada kondisi tropis.

Dengan demikian, iklim purba pada lingkungan karbonat selama Eosen adalah diperkirakan pada iklim Tropis – Subtropis, dikategorikan dalam kondisi hangat (*warm condition*), Tabel 1.

Lintasan Karama B. Singkapan Formasi Tonasa di Lintasan Karama B dijumpai perselingan batugamping (*packstone*) dan batulempung karbonatan, dimana batulempung lebih dominan di daerah ini. Dari hasil pengumpulan data stratigrafi terukur, diperoleh sebanyak 16 lapisan dengan ketebalan terkoreksi sekitar 6,49 meter. Foto singkapan dan kenampakan foto mikrograf hasil analisis petrografi, dimana butiran batuan terutama disusun oleh foraminifera planktonik seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Singkapan perselingan batugamping (X) dan batulempung karbonatan (Y), kenampakan foto mikrograf batugamping (*packstone*) dengan kandungan foraminifera plankton (a), dan batulempung karbonatan komposisi terdiri atas *grain* dan *mud* (b).

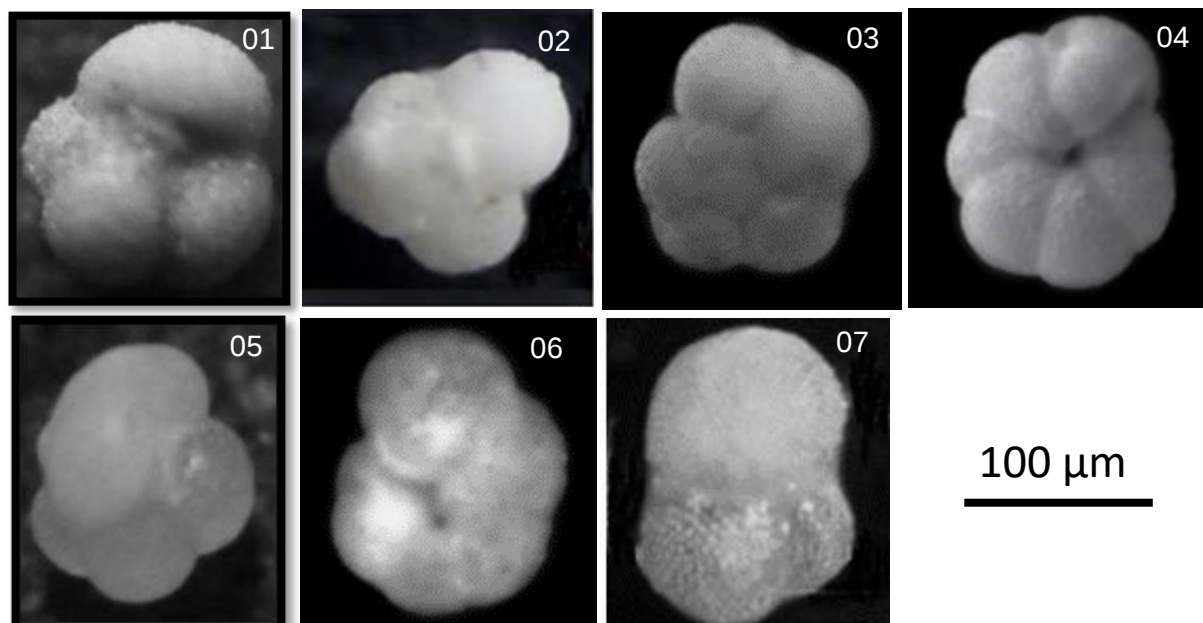
Biostratigrafi. Berdasarkan hasil identifikasi dan determinasi foraminifera planktonik dengan merujuk pada manual foraminifera [12], diperoleh 6 (enam) spesies dan 1 sub-spesies (Gambar 7) yaitu:

Globigerina ampliapertura BOLLI, *Globigerina yeguaensis* WEINZIERL & APPLIN, *Globorotalia kugleri* BOLLI, *Catapsydrax dissimilis* (CHUSMAN & BERMUDEZ), *Globorotalia siakensis* (LEROY), *Globigerinoides immaturus* LEROY, *Globorotalia opima opima* BOLLI. Berdasarkan analisis umur dari kemunculan awal dan kemunculan akhir spesies foraminifera planktonik, diperoleh umur batuan pada singkapan dari lapisan bawah ke lapisan atas adalah N.1 – N.7 merujuk pada zonasi umur [14], dikorelasikan dengan Oligosen Tengah – Miosen Awal (Gambar 8).

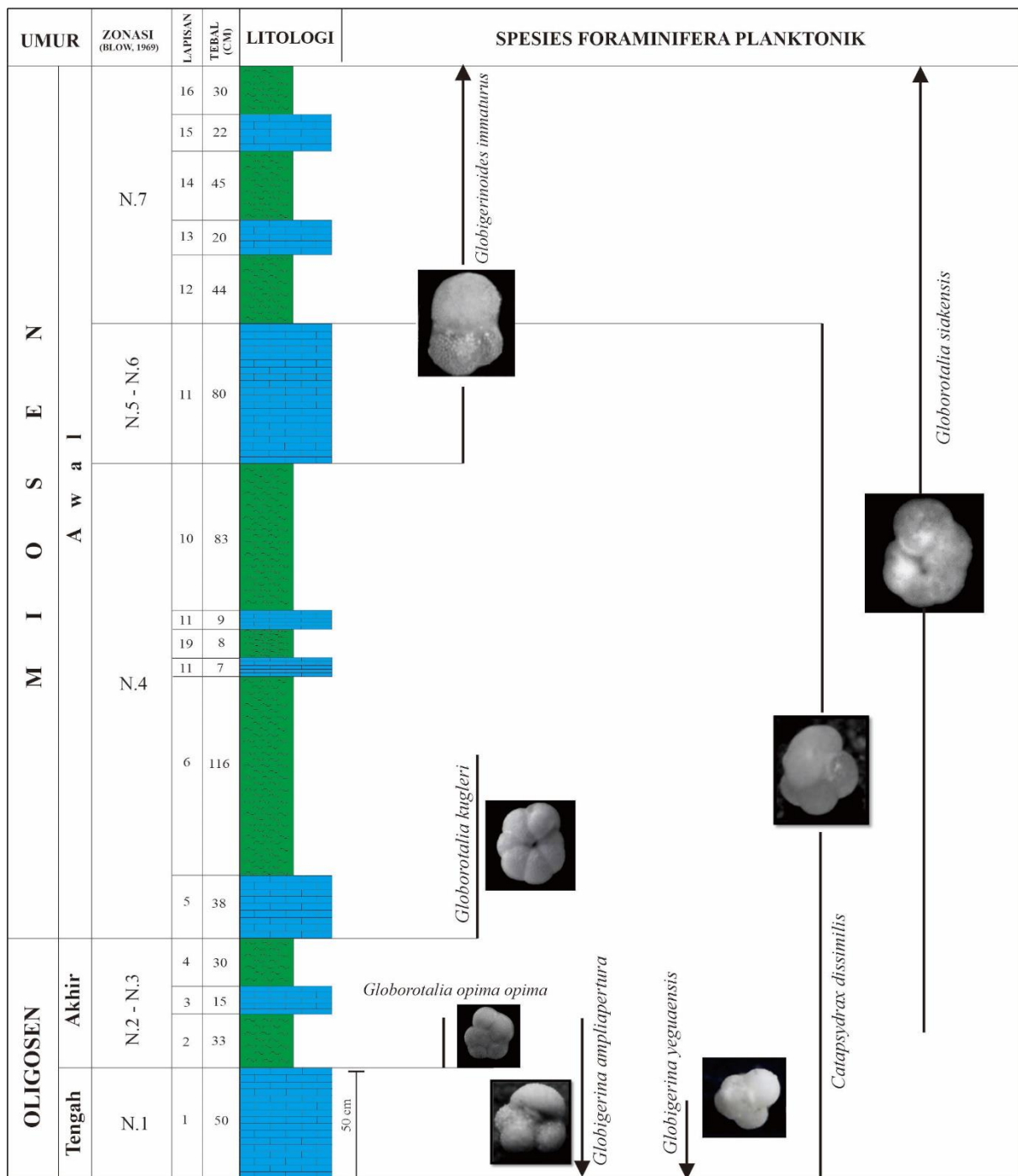
Interpretasi Iklim Purba. Mengacu pada hubungan antara genus/spesies dengan iklim [4, 5], maka dari hasil analisis dan interpretasi foraminifera planktonik diperoleh genus di lintasan Karama B mulai dari lapisan bawah hingga lapisan atas yaitu: *Globigerina*, *Globorotalia*, *Catapsydrax*. Genus *Globigerina* hidup pada kondisi *cosmopolitan* atau menyebar di semua iklim di belahan bumi ini, sementara itu *Globorotalia* hidup baik secara *cosmopolitan* dan juga pada kondisi Tropis – Subtropis [4], *Cooling – warm* [5]. *Catapsydrax* pada kondisi Tropis – Subtropis [4] dan *cooling – warm* [5]. Dengan demikian, iklim purba pada lingkungan karbonat di Karama B selama Oligosen Tengah hingga Miosen Awal adalah iklim Tropis-Subtropis atau berada pada kondisi *cooling – warm* (Tabel 1).

Berdasarkan hasil determinasi umur diperoleh umur batuan Formasi Tonasa di lintasan Sungai Palakka, Barru adalah Eosen, dengan kata lain pengendapan batuan di daerah ini berlangsung selama Eosen. Dengan demikian posisi stratigrafi batuan di Sungai Palakka berada pada bagian bawah dari Formasi Tonasa, dimana pengendapan awal dari Formasi Tonasa berlangsung pada Eosen awal, sedangkan di lintasan Karama B, Jeneponto berumur lebih muda (Oligosen Tengah – Miosen Awal) dibandingkan batuan karbonat di daerah Barru.

Keberagaman spesies foraminifera pada umur Eosen lebih banyak, sebagaimana spesies yang terdapat di Sungai Palakka dibandingkan di Karama B. Hal tersebut menunjukkan semakin berkurangnya variasi spesies pada umur Oligosen. Kemunculan *Hantkenina* berakhir pada Eosen dan tidak ditemukan lagi di umur Oligosen, Genus ini hanya dijumpai di daerah Barru dan tidak ditemukan di Karama B. *Hantkenina* dikenal sebagai spesies penciri yang hidup pada suhu yang relatif tinggi, dimana diketahui pada Paleosen - Eosen terjadi panas maksimum [15,16] yang menjelaskan tentang *Paleocene – Eocene Thermal Maximum* (PETM). Pada batas Eosen/Oligosen terjadi penurunan temperatur yang menyebabkan keragaman organisme berkurang [15]. Namun demikian genus *Globigerina* meningkat selama Oligosen, hal ini berkaitan dengan kemampuan *Globigerina* yang hidup secara *cosmopolitan*. Iklim global Eosen mungkin yang paling homogen di Kenozoikum dari khatulistiwa – kutub, dan arus-arus laut dalam adalah sangat hangat (*warm*).



Gambar 7. *Globigerina ampliapertura* (01), *Globigerina yeguaensis* (02), *Globorotalia opima opima* (03), *Globorotalia kugleri* (04), *Catapsydrax dissimilis* (05), *Globorotalia siakensis* (06), *Globigerinoides immaturus* (07).



Gambar 8. Biostratigrafi foraminifera planktonik Lintasan Karama B, Jeneponto (pemunculan awal dan pemunculan akhir spesies)

Hankenina termasuk genus *deep water* (Oligotropik) [5], meskipun dijelaskan sebelumnya bahwa genus/spesies ini pada stratifikasi massa air laut berada pada kondisi air dalam (*cold*) [5]. Berdasarkan keterdapatannya beberapa genus/spesies, maka pada Eosen – Oligosen terjadi penurunan temperatur air laut, khususnya temperatur permukaan sehingga terjadi pendinginan (*cooling*). Memasuki Miosen temperatur kembali meningkat (14)

Dengan demikian keragaman individu dikontrol oleh iklim. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya informasi khususnya mengenai biostratigrafi dan aplikasi foraminifera khususnya *paleoclimate*. Kegiatan penelitian dari berbagai belahan bumi dilakukan untuk mengungkap kondisi perubahan iklim purba terutama kepunahan organisme pada transisi umur Eosen ke Oligosen, hingga saat ini masih diteliti dan diperdebatkan.

Tabel 1. Genus – Spesies penciri iklim purba

Lokasi	Umur	Genus	Spesies	Iklim Purba	
				Genus (Boudagher-Fadel, 2015)	Spesies (Keller, 1983)
Karama B	Oligosen Tengah - Miosen Awal	<i>Globigerinoides</i>		Cosmopolitan	-
		<i>Globorotalia</i>	<i>Globorotalia kugleri</i>	Cosmopolitan	Warm
			<i>Globorotalia opima opima</i>		Cooling
		<i>Catapsydrax</i>		Tropis - Subtropis	Warm - Cooling
		<i>Globigerina</i>	<i>Globigerina ampliapertura</i>	Cosmopolitan	Warming
Sungai Palakka	Eosen	<i>Globigerina</i>	<i>Globigerina ampliapertura</i>	Cosmopolitan	Warming
		<i>Globorotalia</i>		Cosmopolitan	-
		<i>Hantkenina</i>		Tropis - Subtropis	-
		<i>Globigerapsis</i>		Cosmopolitan	-

4. Kesimpulan

Hasil studi awal foraminifera planktonik batuan karbonat Formasi Tonasa di lintasan Sungai Palakka, Barru diperoleh umur Eosen Awal – Eosen Akhir, dan lintasan Karama B, Jeneponto berumur Oligosen Tengah – Miosen Awal. Penurunan tingkat keragaman genus/spesies terjadi di kedua daerah ini, dimana pada umur Eosen variasi spesies lebih banyak dibandingkan yang hidup pada Oligosen hingga memasuki Miosen Awal (temperatur meningkat). Hal ini dipengaruhi oleh kondisi global dimana penurunan temperatur berlangsung terutama pada Eosen - Oligosen. Akibatnya beberapa spesies yang hidup pada Eosen tidak ditemukan lagi pada Oligosen terutama *Hantkenina* sebagai penciri spesies suhu tinggi. Berdasarkan kehadiran foraminifera planktonik maka iklim purba di lintasan Sungai Palakka, Tropis – Subtropis (Warm) dan Lintasan Karama B, Tropis – Subtropis (cooling-warm).

Ucapan Terimakasih

Penghargaan dan ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LP2M) Universitas Hasanuddin, melalui hibah Internal perguruan tinggi (Penelitian Dasar Unhas Tahun 2021), telah membantu dan mendukung penuh kegiatan penelitian, sehingga fakta-fakta mengenai kondisi geologi masa lampau dapat terungkap.

Terima kasih pula kami sampaikan kepada mahasiswa yang telah terlibat dalam penelitian ini, Laboratorium Paleontologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas izin menggunakan laboratorium, dan kepada Pemerintah Daerah Barru dan Jeneponto yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian di daerahnya masing-masing.

Daftar Pustaka

- [1] S. Barker, I. Cacho, H. Benway, K. Tachikawa, “Planktonic foraminiferal Mg/Ca as a proxy for past oceanic temperatures: a methodological overview and data compilation for the Last Glacial Maximum”, *Quaternary Science Reviews* 24, p. 821 – 834, 2005.
- [2] P.G. Mortyn and M.A. Martinez-Boti, “Planktonic foraminifera and their proxies for the reconstruction of surface-ocean climate parameters”, *Contributions to Science* 3, p. 371 – 383, 2007.
- [3] A. Antonarakou, H. Drinia, F. Lirer, L.M. Foresi, G. Kontakiotis, “Foraminiferal assemblages and paleoclimate changes in the Langhian Record of the Ionian Sea”, *International Conference EMMM 5th*, 2008.
- [4] M.K. BouDagher-Fadel, “Biostratigraphic and Geological Significance of Planktonic Foraminifera” University College London, 2015.
- [5] G. Keller, “Paleoclimatic analyses of Middle Eocene through Oligocene planktic foraminiferal faunas”, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 43, p. 73 – 94, 1983.
- [6] R. Sukanto, “Peta geologi Indonesia, Lembar Ujung Pandang, skala 1:1.000.000”, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.Bandung, 1975.
- [7] R. Sukanto dan Supriatna, “Geologi Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai, Sulawesi”, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung, 1982.
- [8] M.E.J. Wilson dan D.W.J. Bosence, “The Tertiary evolution of South Sulawesi: A record in redeposited carbonates of Tonasa Limestone Formation”, In: R. Hall, D.J. Blundell, eds. *Tectonic evolution of SE Asia: Geological Society of London, Special Publication* 106, pp. 365 – 389, 1996.
- [9] M.E.J. Wilson, dan D.W.J. Bosence, “Platform-top and ramp deposits of the Tonasa

- carbonate platform, Sulawesi, Indonesia” In: Petroleum Geology of SE Asia, edited by A. Fraser *et al.*, *Geological Society of London. Special Publication* 126, pp. 247 – 279, 1997.
- [10] M. Farida, T. Fitriana, dan J. Nugraha, “Rekonstruksi batimetri dan iklim purba berdasarkan foraminifera daerah Ralla Barru, Sulawesi Selatan Indonesia”, *Jurnal Meteorologi dan geofisika* Vol. 17, No. 2, p. 77 – 88, 2016.
- [11] M. Farida, A. Jaya, dan T. Sato, “Calcareous nannofossil assemblages of Tonasa Formation Palakka area, South Sulawesi: Implication of paleoenvironment application”, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 619, 2016.
- [12] H. Pringgoprawiro dan R. Kapid, “Pengenalan Mikrofosil dan Aplikasi Biostratigrafi”, ITB, Bandung, 2000.
- [13] J.A. Postuma, “Manual of Planktonic Foraminifera”, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, Netherlands, 1971.
- [14] W.H. Blow, “Late Middle Eocent to Recent Planktonic Foraminifera Biostratigraphy”, *Proceeding: First International Conference on Planktonic Microfossils*, Vol 1. Geneva, 1969.
- [15] J.C. Zachos, M. Pagani, L. Sloan, E. Thomas, K. Billups, “Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to Present”, *Science*, 292, p. 686–693, 2001
- [16] T.D. Jones, J.L. Daniel, N.S. Daniela, R. Andy, S. Appy, J.V. Paul, M. Mark, “Climate Model and proxy Data Constraints on Ocean Warming Across the Paleocene-Eocene Thermal Maximum”, *Earth-Science Reviews* 124, p. 123 – 145, 2013.