

Analisis Fosil Foraminifera Formasi Wonosari dan Formasi Oyo Pembentuk Morfologi Karst Gunung Sewu Bagian Timur

Silmi Afina Aliyan^{1*}, Vera Christanti Agusta², Ayi Syaeful Bahri³

¹Sains Informasi Geografi, FPIPS, UPI, Bandung, Indonesia

²Pusat Riset Iklim dan Atmosfer, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Indonesia

³Teknik Geofisika, FTSPK, ITS, Surabaya, Indonesia

Email: [*aliyan.silmi@upi.edu](mailto:aliyan.silmi@upi.edu)

(* : coressponding author)

Abstrak– Gunungsewu merupakan salahsatu wilayah yang memiliki landscape karst terluas kedua di Indonesia. Keberagaman morfologi di wilayah perbukitan karst menjadikan wilayah ini menarik untuk diteliti terutama oleh para peneliti di bidang kebumian. Di wilayah barat ke arah Gunung Kidul pembentukan karst menghasilkan morfologi berupa bukit-bukit kerucut dan di wilayah timur ke arah Pacitan menghasilkan morfologi didominasi oleh pembentukan gua-gua vertical. Wilayah Pacitan masih terbatas mengenai informasi karakteristik batugamping yang menyusunnya termasuk juga mengenai fosil yang menyusun batugamping di wilayah ini, Makalah ini memaparkan mengenai keberagaman fosil foraminifera yang menyusun formasi Wonosari dan formasi Oyo. Perbandingan sampel dari dua formasi baik fosil planktonik maupun bentonik menunjukkan umur maupun lingkungan pengendapan pada kedua formasi ini, Keragaman fosil foraminifera yang terdapat pada dua formasi ini menginformasikan tentang tatanan umur di daerah karst Gunungsewu. Keberadaan fosil *Groborotalia mayeri* yang melimpah pada kedua formasi, terawetkan dengan baik menunjukkan bahwa karst daerah Pacitan ini terbentuk pada Miosen Tengah. Sementara itu, kehadiran fosil bentonik menunjukkan lingkungan pengendapan litoral hingga neritic dalam dari Formasi Wonosari dan Formasi Oyo.

Kata Kunci: fosil, foraminifera, batugamping, Formasi Wonosari, Formasi Oyo

Abstract – *Gunungsewu is one of the areas that has the second largest karst landscape in Indonesia. The diversity of morphology in the karst hill area makes this area interesting for research, especially by researchers in the field of geology. In the western region towards Gunung Kidul the formation of karst produces a morphology in the form of conical hills and in the eastern region towards Pacitan produces a morphology dominated by the formation of vertical caves. The Pacitan area is still limited in terms of information on the characteristics of the limestones that make it up, including the fossils that make up the limestones in this area. This paper describes the diversity of foraminifera fossils that make up the Wonosari and Oyo formations. Comparison of samples from the two formations, both planktonic and benthic fossils, shows the age and depositional environment of these two formations. The diversity of foraminifera fossils found in these two formations provides a new perspective on the age order in the Gunungsewu karst area. The presence of abundant *Groborotalia mayeri* fossils in both formations, which are well preserved, indicates that the Pacitan karst area was formed in the Middle Miocene. Meanwhile, the presence of benthic fossils indicates a deep littoral to neritic depositional environment from the Wonosari Formation and the Oyo Formation.*

Keywords: *fossil, foraminifera, limestobe, Wonosari Formation, Oyo Formation*

1. PENDAHULUAN

Batuan penyusun morfologi karst memiliki komposisi yang menarik untuk dipelajari. Perbedaan komposisi kimia dan material penyusun akan menghasilkan pembentukan maupun pelarutan yang berbeda sehingga membentuk karakteristik karst yang khas di setiap jenis batugamping (Surono, 2009; Kurniandi, et al., 2017; Almuzzaki, et al., 2020; Bahri, et al., 2020). Wilayah Pringkuku, Kabupaten Pacitan masih merupakan bagian dari subzona Gunung Sewu dimana banyak ditemukan gua-gua vertical yang terbentuk akibat proses pelarutan batugamping (Bemmelen, 1949). Bagian utara perbukitan karst Gunung Sewu berbatasan dengan fisiografi yang bervariasi dengan. Sedangkan pada bagian selatan berbatasan langsung dengan samudera Hindia dibatasi dengan morfologi gawir-gawir erosi di pesisirnya. Gunung Sewu dibatasi oleh Cekungan Baturetno dengan adanya *lineament* semisirkuler dengan arah umum barat laut-tenggara (Husein, 2007).

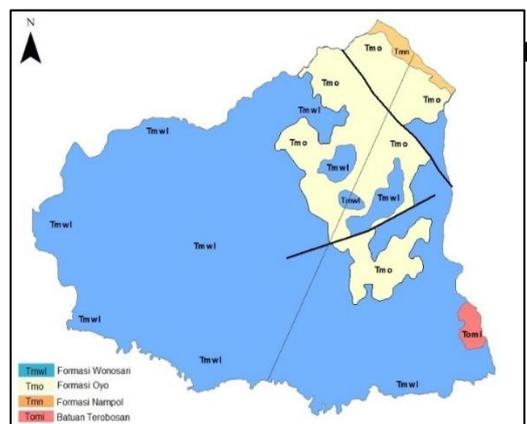
Foraminifera merupakan jenis organisme bersel tunggal bercangkang yang sebagian besar hidup di laut. Berdasarkan cara hidupnya foraminifera terbagi menjadi dua kelompok, yaitu; foraminifera planktonik yang hidup terapung di kolom air dan foraminifera bentik yang hidup menempel di dasar laut (Jurnaliah, et al., 2019). Foraminifera merupakan material yang penting bagi mereka yang ingin memahami perubahan lingkungan masa lampau. Studi paleoceanografi dapat memberikan informasi tentang parameter fisik, kimia, dan biologi yang pada gilirannya menjelaskan perubahan sirkulasi laut, sifat massa air, produktivitas laut, stratifikasi, dan kimia laut. Aplikasi terbaru termasuk penggunaannya sebagai indikator fenomena lain seperti pencemaran laut, kondisi lingkungan, atau perubahan permukaan laut di masa lalu (Kusuma, et al., 2019; Salindeho, et al., 2020; Avong, et al., 2022; Morard, et al., 2022; Dong, et al., 2023; Hendrizan, et al., 2020). Foraminifera bentik merupakan salah satu indikator yang dapat dinilai dan digunakan untuk menentukan paleoenvironment. Hal ini karena hewan bentik hidup di dasar laut dan berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya. Foraminifera bentik terdistribusi secara luas dalam ruang dan waktu geologi serta merespon dengan cepat perubahan ekologi, sehingga sangat baik digunakan untuk menentukan lingkungan. Setiap famili bentik memiliki karakteristiknya masing-masing, meliputi habitat, jenis substrat, pola makan, suhu, kedalaman, dan lingkungan (Murray, 2006).

Studi ini di titik beratkan pada bagian timur perbukitan karst Formasi Oyo dan Formasi Wonosari Gunung Sewu, Pringkuku, Pacitan dimana kedua formasi batuan tersebut merupakan dua formasi yang tersingkap dengan cukup baik sehingga menarik untuk diteliti. Peneliti terdahulu mengungkapkan bahwa Formasi Oyo berumur akhir Miosen Awal – Miosen Tengah tersusun oleh napal dan batupasir, sedangkan Formasi Wonosari memiliki umur Miosen Tengah - Miosen Akhir dan tersusun oleh berbagai jenis litologi batugamping seperti batugamping-terumbu, batugamping lempungan, batugamping tufan, batugamping pasiran, napal, batulempung hitam bergambut dan kalsirudit (Sjarifudin dan Hamidi, 1992 dalam (Kurniandi, et al., 2017)). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi aspek paleontologi meliputi kandungan fosil, umur serta lingkungan pengendapan batugamping Formasi Oyo dan Formasi Wonosari di bagian timur perbukitan karst Gunung Sewu Pringkuku, Pacitan.

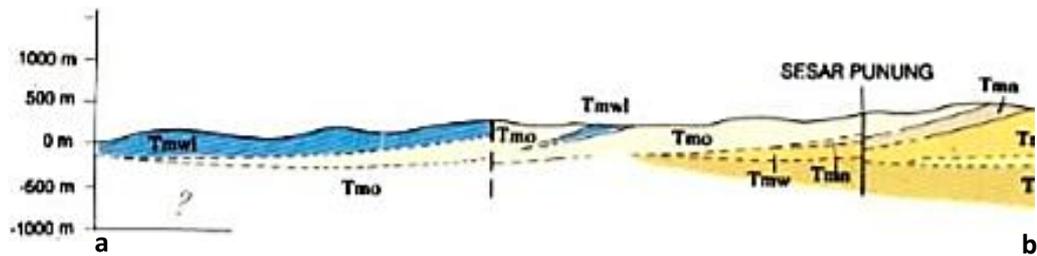
2. METODE

2.1 Lokasi dan Geologi Regional

Wilayah Pringkuku berada di Kabupaten Pacitan merupakan lokasi penelitian terletak pada koordinat 110°56'57.28" - 111° 4'36.63" BT dan 8° 9'6.35" - 8°15'25.35" LS. Pada peta geologi, wilayah ini termasuk dalam Peta Geologi Regional Lembar Pacitan (Samodra & Gafoer, 1990) dan Lembar Surakarta-Girintoro (Surono, 1992) dengan skala 1:100.000 (Gambar 1). Wilayah ini didominasi oleh perbukitan karst yang tersusun oleh batugamping Formasi Wonosari dan sebagian wilayah tersusun oleh batugamping Formasi Oyo. Pembentukan Karst di wilayah ini sangat dipengaruhi oleh kondisi litologi dan curah hujan yang tinggi dibandingkan dengan wilayah karst Gunung Sewu di bagian barat, sehingga membentuk banyak *luweng* atau gua-gua vertical yang menjadi daya tarik wisata di kawasan ini.



a



Gambar 1. Geologi regional daerah penelitian dan penampang a-b (modifikasi Surono dan Samodra)

Terdapat dua formasi batugamping yang menyusun daerah penelitian diuraikan di bawah ini secara berurutan dari satuan termuda sampai satuan tertua, yaitu:

a. Formasi Wonosari (Tmwl)

Formasi Wonosari terbentuk pada Miosen Tengah hingga Miosen akhir, terdiri dari batugamping terumbu, batugamping mengeping, batugamping laminasi/berlapis, batugamping pasir/berpasir, dan napal. Pembentukan Formasi Wonosari terjadi pada lingkungan laut dangkal menindih satuan konglomerat Formasi Nampol yang ada di bawahnya juga memiliki kontak menjemari dengan bagian atas dari batugamping Formasi Oyo. Ketebalannya diperkirakan lebih dari 800 m (Surono, 1992).

b. Formasi Oyo (Tmo)

Formasi Oyo terbentuk pada akhir Miosen Tengah, tersusun atas batulanau gampingan, batugamping tufan, batupasir gampingan, batupasir tufan, napal pasir dan napal tufan. Pembentukan Formasi Wonosari terjadi pada lingkungan laut dari zona neritik pinggir hingga tengah menutupi Formasi Nampol yang terdapat di bawahnya, sedangkan pada bagian atasnya menjemari dengan Formasi Wonosari. Ketebalan satuan ini lebih dari 200 m (Samodra & Gafoer, 1990)

Tabel 1. Stratigrafi barat dan timur Zona Pegunungan Selatan dari beberapa peneliti

Epoch	Author and area studied	Sarsono (1984)	Sumarmo and Ismoyowati (1975)	Rahardjo et al. (1995a&b)	Samodra et al. (1992a&b)	Surono (1992)	Surono et al. (1992a&b)	Yulianto et al. (1995)
0	Quaternary	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64
	Stage	Essex-Gungur	Jawa III	Nipponese	Petiole	Wungur and Wonosari area	Buraka and Golemo	White
	Pliocene							
	3-4							
	5-2							
	Messinian							
	6-7							
10	Late Miocene							
	Tortonian							
	10-4							
	Serravallian							
	14-2							
	Langhian							
	16-3							
	Burdigalian							
	21-5							
20	Early Miocene							
	Aquitanian							
	23-3							
	Chatthian							
	29-3							
30	Late Oligocene							
	Rupelian							
	35-4							
	Priabonian							
	38-6							
40	Middle Eocene							
	Bartonian							
	42-1							
50	Lutetian							

(sumber: <https://gprgindonesia.files.wordpress.com>)

2.2. Preparasi dan Analisis Sampel

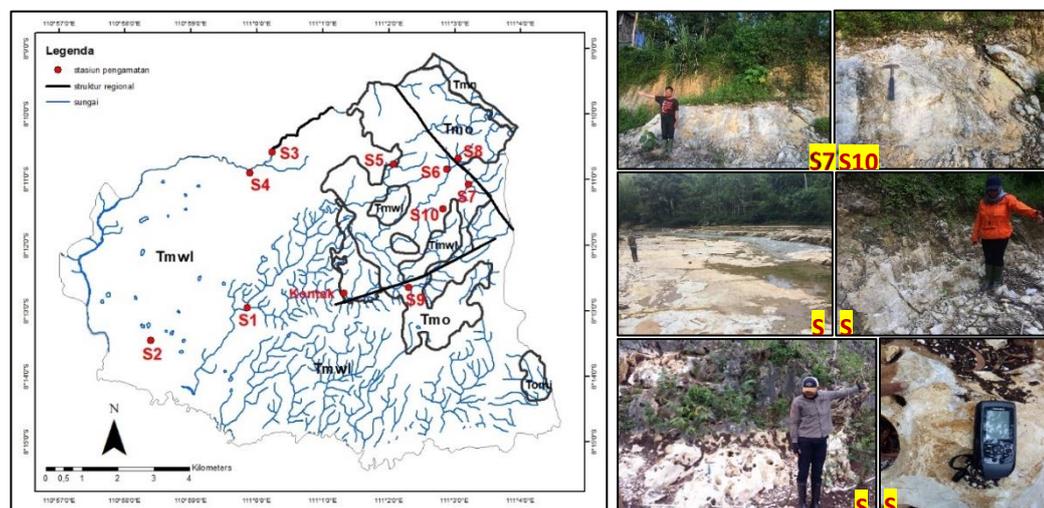
Pengambilan data lapangan dilakukan di daerah Pringkuku dan sekitarnya. Data yang diambil termasuk data singkapan, deskripsi megaskopis dan pengambilan *handsampling* batuan. Kemudian, pada data sampel dilakukan preparasi sampel batuan. Terdapat dua jenis metode preparasi, untuk sampel litologi yang keras dipreparasi menggunakan metode sayatan tipis untuk pembuatannya, yaitu dilakukan dengan cara memotong batu secara vertikal dan horizontal. Sampel batuan yang relatif lepas dipreparasi menggunakan metode residu, yaitu bila belum terurai sepenuhnya batuan ditumbuk perlahan, kemudian setelah lepas, sampel tersebut direndam kedalam larutan H_2O_2 yang memiliki konsentrasi 10%-15%, setelah itu dibilas, kemudian residu ditampung dalam saringan dengan ukuran 115, 60 dan 40 mesh. Kemudian, material residu yang tersisa dimasukkan ke dalam oven bersuhu $\pm 40^\circ C$ untuk dikeringkan. Analisis umur batuan dilakukan dengan mengidentifikasi fosil yang ditemukan kemudian penentuan umur kisaran menggunakan Zonasi Blow (1969) untuk foraminifera planktonik dan Zonasi Adam (1970) untuk foraminifera bentonik bentonik besar (Patriani, et al., 2021).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Wilayah Pringkuku didominasi oleh batugamping yang telah mengalami karstifikasi dan membentuk gua-gua vertikal. Batugamping tersebar di seluruh wilayah Pringkuku kecuali pada bagian ujung utara dan bagian tenggara wilayah kajian (Gambar 1).

3.1 Hasil Survey Lapangan

Terdapat sepuluh daerah pengamatan dan dari keseluruhan lokasi pengamatan hanya lima sampel yang digunakan untuk dilakukan analisis fosil. Masing- masing dua sampel untuk batugamping tipe *Packstone* Formasi Oyo (S7 dan S10), *Wackestone* Formasi Wonosari (S3 dan S4) dan *Boundstone* Formasi Wonosari (S2 dan S9). Pada singkapan batugamping Formasi Wonosari didominasi oleh batugamping terumbu, sehingga sampel yang didapatkan tidak banyak mengandung fosil foraminifera, baik planktonik maupun bentonik.



Gambar 2. Lokasi pengamatan dan pengambilan sampel batuan.

Keterdapatan litologi *packstone* Formasi Oyo (S7 dan S10) di lapangan tersingkap pada topografi yang cenderung datar di Desa Ngadirejan, bagian timur laut daerah penelitian, pada wilayah ini morfologi karst tidak berkembang seperti wilayah lainnya di Pringkuku. Kenampakan *packstone* di lapangan memiliki warna putih kuning keabuan dengan tekstur halus dan tidak sekeras batugamping lain di wilayah Pringkuku. Litologi *wackestone* Formasi Wonosari (S3 dan S4) tersingkap sepanjang sungai Kali Klanden, Ds. Sugihwaras. Singkapan *wackestone* tersingkap dengan baik, terdapat banyak kekar yang membentuk *fracture* di lantai sungai. Kenampakan *wackstone* di lapangan memiliki warna putih kekuningan tekstur halus dan keras di lantai sungai,

juga memiliki tekstur yang lebih *loose* pada dinding sungai, cermin sesar sebagian tersingkap pada dinding sungai. Litologi *boundstone* mendominasi morfologi daerah penelitian, membentuk perbukitan kerucut dan tersebar hampir di seluruh wilayah Pringkuku, dari bagian selatan (S2) sampai timur (S9). Kenampakan *boundstone* di lapangan memiliki warna putih kekuningan, berongga, sangat keras dan banyak ditemukan fosil terumbu karang dan moluska. Batugamping penyusun wilayah Pringkuku menghasilkan morfologi karst dengan banyak gua vertical, juga pola aliran sungai multibasinal, sehingga banyak sungai-sungai yang hilang dan muncul pada lembahan maupun *doline* di wilayah penelitian.

3.2 Hasil Analisis Laboratorium

Hasil pengamatan dilakukan pada sepuluh sampel sayatan batuan dan residu. Empat sampel tidak mengandung fosil foraminifera namun mengandung sayatan fosil terumbu karang maupun moluska, yaitu kode sampel S1, S2, S5, S6 dan S8. Kelima sampel lainnya diidentifikasi untuk mendapatkan fosil penunjuk umur, yaitu foraminifera planktonik dan penunjuk lingkungan pengendapan yaitu bentik dan bentonik besar. Berikut merupakan hasil pengamatan dari setiap sampel:

Sampel *Lime-Packstone* Formasi Oyo (S7 dan S10)

Sampel batugamping Formasi Oyo menggunakan dua metode preparasi, yaitu sayatan tipis (S7) dan residu (S10). Hasil residu tersusun oleh fragmen batuan, mineral dan fosil foraminifera planktonik dan bentonik kecil yang. Fosil planktoniknya terdiri dari: *Globorotalia mayeri* yang melimpah dan terawatkan dengan baik. Fosil bentiknya terdiri dari: *Quinqueloculina pygmaea*, *Quinqueloculina seminulum*, *Amphistegina quoyii*, *Pleurostomella* sp. dan *Anomalinoidea globolus*. Hasil sayatan tipis menunjukkan hanya adanya pecahan moluska dan pecahan karang sehingga tidak dapat diidentifikasi lebih lanjut.

Foraminifera Bentonik



Quinqueloculina pygmaea Reuss



Quinqueloculina seminulum Linne



Amphistegina quoyii d'Orbigny



Pleurostomella sp. Nov



Anomalinoidea globolus CHAPMAN and PARR

Foraminifera Planktonik



Globorotalia mayeri (CUSHMAN & ELLISOR)

Gambar 3. Fosil Foraminifera pada sampel *Lime-Packstone* Formasi Oyo (S7 dan S10). Klasifikasi dan determinasi berdasarkan: (Bolli, et al., 1989) (Loeblich & Tappan, 1988).

Sampel *Lime-Wackestone* Formasi Wonosari (S3 dan S4)

Sampel batugamping Formasi Wonosari menggunakan dua metode preparasi, yaitu sayatan tipis (S3) dan residu (S4). Hasil residu tersusun oleh fragmen batuan, mineral dan fosil foraminifera planktonik dan bentonik kecil yang. Fosil planktoniknya terdiri dari: *Globorotalia obesa* dan

Globorotalia mayeri yang melimpah dan terawetkan dengan baik. Fosil bentiknya terdiri dari: *Nonion subturgidum*, *Lenticulina suborbicularis*, *Amphistegina quoyii*, *Oolina globosa*, *Quinqueloculina seminulum* dan *Elphidium craticulatum*. Hasil sayatan tipis menunjukkan adanya pecahan moluska dan fosil foraminifera bentonik yaitu *Flosculinella sp.*

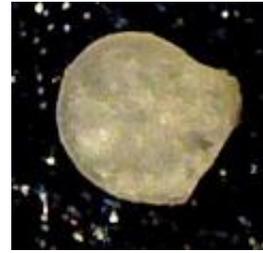
Foraminifera Bentonik



Nonion subturgidum
(CUSHMAN)



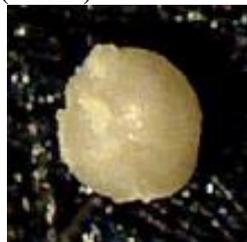
Lenticulina suborbicularis
(PARR)



Amphistegina quoyii
(d'Orbigny)



Oolina globosa
(Montagu)



Quinqueloculina seminulum (Linne)



Elphidium craticulatum (Fichtel & Moll)

Foraminifera Planktonik

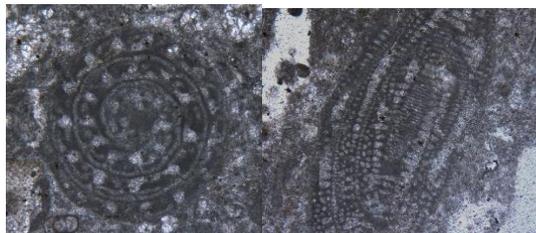


Globorotalia obesa Bolli



Globorotalia mayeri (Cushman & Ellisor)

Foraminifera Bentonik Besar



Flosculinella sp.

Gambar 4. Fosil foraminifera pada sampel *Lime-Wackestone* Formasi Wonosari (S3 dan S4). Klasifikasi dan determinasi berdasarkan: (Bolli, et al., 1989) (Loeblich & Tappan, 1988).

Sampel Lime-Boundtone Formasi Wonosari (S9)

Sampel batugamping Formasi Oyo menggunakan metode preparasi sayatan tipis. Hasil sayatan tipis menunjukkan adanya pecahan coral dan fosil foraminifera bentonik besar yaitu *Flosculinella sp.* yang melimpah.



Gambar 5. Fosil *Flosculinella sp.* pada sampel Formasi Wonosari di titik pengamatan S9

Deskripsi Fosil

Dari lima sampel batugamping yang mengandung fosil terdapat sembilan keluarga foraminifera bentonik, dua keluarga foraminifera planktonic dan satu keluarga foraminifera bentonik besar yang melimpah. Berikut ini adalah deskripsi dari fosil foraminifera yang terdapat pada batugamping Formasi Oyo dan Formasi Wonosari di wilayah Pringkuku berdasarkan klasifikasi Loeblich & Tappan (1988). Untuk analisis umur dan distribusi stratigrafi berdasarkan klasifikasi Harsono dkk (1998).

Foraminifera Bentonik

1. *Amphistegina quoyii* d'Orbigny

Spesies ini ditemukan pada sampel batugamping Formasi Oyo maupun Formasi Wonosari dengan kode sampel S10 dan S4. Keterdapatannya fosil relatif melimpah dan terawetkan dengan baik dari kedua sampel. Deskripsi fosil: Bentuk cangkang *lenticular*, memiliki kamar yang terputar ke arah dalam (*enrolled*), komposisi dinding cangkang *calcareous*. Lingkungan pengendapan: Litoral.

2. *Anomalinoidea globolus* CHAPMAN and PARR

Spesies ini ditemukan pada sampel batugamping Formasi Oyo dengan kode sampel S10. Keterdapatannya fosil relatif melimpah dan terawetkan dengan baik dari sampel tersebut. Deskripsi fosil: bentuk cangkang *polythalamus*, komposisi dinding cangkang *calcareous hyaline*, cangkang *trochospiral*, sutura melengkung, aperture *crecentice* pada *apertural face*, ornamentasi *smooth*. Lingkungan pengendapan: Litoral.

3. *Elphidium craticulatum* (Fichtel & Moll)

Spesies ini ditemukan pada sampel batugamping Formasi Wonosari dengan kode sampel S4. Keterdapatannya fosil relatif melimpah dan terawetkan dengan baik dari sampel tersebut. Deskripsi fosil: bentuk cangkang *polythalamus*, komposisi dinding cangkang *calcareous*, cangkang *planispiral involute*, sutura melengkung, aperture *cribrate* pada *peripheral*, ornamentasi *limbate suture* dan *inflated*. Lingkungan pengendapan: Litoral.

4. *Lenticulina suborbicularis* (PARR)

Spesies ini ditemukan pada sampel batugamping Formasi Wonosari dengan kode sampel S4. Keterdapatannya fosil terawetkan dengan baik dan tidak hadir terlalu banyak dari sampel tersebut. Deskripsi fosil: Cangkang berbentuk cakram, bikonveks, kedua sisi simetris, *peripheri* menyudut dan dilengkapi dengan *kell* tipis, tersusun atas kamar-kamar yang tersusun *planispiral involute*, putaran agak menutup; sutura menonjol, melengkung; apertur berbentuk celah terletak *peripheral* dengan hiasan *radiate*. Lingkungan pengendapan: Neritik luar.

5. *Nonion subturgidum* (CUSHMAN)

Spesies ini ditemukan pada sampel batugamping Formasi Wonosari dengan kode sampel S4. Keterdapatannya fosil terawetkan dengan baik dan tidak hadir terlalu banyak dari sampel tersebut. Deskripsi fosil: Cangkang *polythalamus*, komposisi dinding cangkang *calcareous*, cangkang *planispiral involute*, sutura melengkung, tersusun atas dua putaran, dengan banyak kamar pada putaran terakhir, membesar dengan cepat, aperture *crecentic* pada *apertural face*, ornamentasi *smooth* dan berpori halus. Lingkungan pengendapan: Neritik tengah.

6. *Oolina globosa* (Montagu)

Spesies ini ditemukan pada sampel batugamping Formasi Wonosari dengan kode sampel S4. Keterdapatan fosil relatif melimpah dan terawetkan dengan baik dari sampel tersebut. Deskripsi fosil: Cangkang *monothalamus*, komposisi dinding cangkang *calcareous hyaline*, cangkang berbentuk botol (*falk-shaped*), terminal aperture berbentuk bulat sederhana, ornamentasi *smooth*. Lingkungan pengendapan: Neritik dalam.

7. *Pleurostomella sp.* **Nov**

Spesies ini ditemukan pada sampel batugamping Formasi Oyo dengan kode sampel S10. Keterdapatan fosil terawetkan dengan baik dan namun tidak banyak dari sampel tersebut. Deskripsi fosil: Cangkang *polythalamus*. Komposisi dinding cangkang *calcareous hyaline*, cangkang *elongate*, uniserial, kamar mengembung. *Aperture* berbentuk tapal kaki kuda atau busur panah. Lingkungan pengendapan: Neritik luar.

8. *Quinqueloculina pygmaea* **Reuss**

Spesies ini ditemukan pada sampel batugamping Formasi Oyo dengan kode sampel S10. Keterdapatan fosil relatif melimpah dan terawetkan dengan baik dari sampel tersebut. Deskripsi fosil: Cangkang *polythalamus*, komposisi dinding cangkang *calcareous porselein*, cangkang *quinqueloculine*, aperture terminal berbentuk *single tooth*, ornamentasi *smooth*. Lingkungan pengendapan: litoral.

9. *Quinqueloculina seminulum* **Linne**

Spesies ini ditemukan pada sampel batugamping Formasi Oyo maupun Formasi Wonosari dengan kode sampel S10 dan S4. Pada kedua sampel tersebut fosil hadir dalam jumlah yang relatif melimpah dan terawetkan dengan baik. Deskripsi fosil: Cangkang *polythalamus*, komposisi dinding cangkang *calcareous porselein*, cangkang *quinqueloculine*, aperture terminal berbentuk *single tooth*, ornamentasi *smooth*. Lingkungan pengendapan: neritik dalam.

Foraminifera Planktonik

10. *Globorotalia mayeri* **Cushman & Ellis**

Spesies ini ditemukan pada sampel batugamping Formasi Oyo maupun Formasi Wonosari dengan kode sampel S10 dan S4. Keterdapatan fosil relatif melimpah dan terawetkan dengan baik dari kedua sampel. Deskripsi fosil: Cangkang *trochospiral* sangat rendah, *equator periphery lobulate*, bagian tepi membundar, dinding cangkang berpori kasar, permukaan halus, kamar membundar, *subglobular*, terdiri dari tiga putaran, terdiri dari 5 putaran, pada putaran terakhir ukurannya bertambah. Sutura pada sisi spiral berbentuk melengkung hingga radial, *umbilicus* agak sempit. *Aperture interiomarginal*, umbilical, komposisi dinding cangkang *calcareous*. Umur: N9-N13.

11. *Globorotalia obesa* **Bolli**

Spesies ini ditemukan pada sampel batugamping Formasi Wonosari dengan kode sampel S4. Pada sampel tersebut fosil hadir dalam jumlah yang cukup melimpah dan terawetkan dengan baik. Deskripsi fosil: Cangkang *trochospiral*, berpori kasar, dengan permukaan belubang, pada kamar awal mungkin sedikit berkerut kasar. Cangkang sangat tebal, terputar, berkisar dua hingga tiga putaran, secara umum terdapat empat kamar pada putaran terakhir, membesar sangat cepat. Sutura pada sisi spiral dan *umbilicus* berbentuk radial, tertekan. *Umbilicus* cukup lebar dan dalam. *Aperture interiomarginal*, *extraumbilical-umbilical*, dengan sudut menengah hingga tinggi, dibatasi oleh bibir yang ramping. Umur: N7-N18.

Foraminifera Bentonik Besar

12. *Flosculinella sp*

Spesies ini ditemukan pada sampel batugamping Formasi Oyo maupun Formasi Wonosari dengan kode sampel S3, S7 dan S9. Pada ketiga sampel tersebut fosil hadir dalam jumlah yang relatif melimpah dan terawetkan dengan baik. Deskripsi fosil: Cangkang berbentuk cerutu, memiliki 2 baris *chamberlet* per kamar, hanya ada satu saluran yaitu *preseptal canal*, aperture tersusun dari 1 baris, septula tersusun secara bergantian, *chamberlet* sekunder terletak diatas *chamberlet* pertama. Umur: *Upper* (Te) (Miosen Awal) – *Lower* (Tf) Miosen Tengah. Lingkungan : Laut Dangkal.

Umur Miosen Tengah

Umur Miosen Tengah atau pada Te5-Tf2 (Adam,1970) ditunjukkan dengan kehadiran *Globorotalia mayeri* dan *Flosculinella sp.* Fosil yang menunjukkan umur tersebut terdapat pada kode sampel S3, S4, S7 dan S9. Pada kode sampel S4 ditemukan fosil foraminifera planktonik *Globorotalia mayeri* yang melimpah, fosil ini menunjukkan bahwa sampel berumur tidak lebih tua dari N13 atau Miosen Tengah. Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa Formasi Oyo memiliki umur Miosen Awal-Miosen Tengah dan Formasi Wonosari memiliki umur Miosen Tengah-Akhir. Hal ini ditegaskan dengan keberadaan fosil foraminifera planktonic pada sampel *packstone* Formasi Oyo (S7) yang diamati berumur Miosen Tengah dengan kelimpahan fosil *Globorotalia mayeri*. Pada sampel Wonosari juga menunjukkan umur yang sama dengan Formasi Oyo, melimpahnya keterdapatannya fosil *Globorotalia mayeri* dan *Flosculinella sp.* menegaskan bahwa litologi penyusunnya baik *wackstone* maupun *boundstone* menunjukkan umur yang sama yaitu Miosen tengah

Tabel 2. Umur batugamping Formasi Oyo dan Formasi Wonosari

Formasi Batuan	Foraminifera Planktonik	Oligosen					Miosen												
		Awal		Tengah		Akhir	Awal			Tengah					Akhir				
		Awal	N	N	N3	N	N	N	N	N	N	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1
Formasi Oyo	<i>Globorotalia mayeri</i>																		
Formasi Wonosari	<i>Globorotalia obesa</i>																		
	<i>Globorotalia mayeri</i>																		
	<i>Flosculinella sp.</i>																		

Lingkungan Pengendapan

Dari hasil pengamatan pada sampel batugamping Formasi Oyo menunjukkan bahwa fosil-fosil yang melimpah merupakan spesies yang hidup di zona litoral seperti *Quinqueloculina pygmaea*, *Amphistegina quoyii*, *Anomalinoidea globolus*. Sedangkan pada sampel batugamping Formasi Wonosari menunjukkan keberagaman fosil dari spesies dengan lingkungan litoral hingga neritik dalam seperti *Amphistegina quoyii*, *Elphidium craticulatum*, *Oolina globosa* dan *Quinqueloculina seminulum*, beberapa sampel sayatan yang digunakan pengamatan juga mengandung fosil terumbu karang dan koral. Menurut Boltovskoy & Wright (1976) dalam (Jurnaliah, et al., 2019).

Tabel 3. Lingkungan Pengendapan Formasi Oyo dan Formasi Wonosari

Formasi Batuan	Foraminifera Bentonik	Litoral	Neritik		Bathyal			Abysal	
		<50m	Dalam (50m)	Tengah (100m)	Luar (200m)	Dalam (600m)	Tengah (1000m)	Luar (2000m)	>2000m
Formasi Oyo	<i>Quinqueloculina pygmaea</i>								
	<i>Quinqueloculina seminulum</i>								
	<i>Amphistegina quoyii</i>								
	<i>Pleurostomella sp.</i>								
	<i>Anomalinoidea globolus</i>								
Formasi Wonosari	<i>Nonion suburgidum</i>								
	<i>Lenticulina suborbicularis</i>								
	<i>Amphistegina quoyii</i>								
	<i>Oolina globosa</i>								
	<i>Quinqueloculina seminulum</i>								
	<i>Elphidium craticulatum</i>								

Zona litoral terletak di daerah intertidal yang memiliki kondisi lingkungan yang dipengaruhi pasang surut sehingga sangat dinamis. Perubahan lingkungan yang sangat cepat berarti bahwa hanya jenis foraminifera tertentu yang dapat bertahan hidup di zona tersebut, yaitu jenis foraminifera yang dapat bertahan terhadap perubahan kedalaman, suhu, dan faktor ekologis lainnya yang signifikan. Lingkungan ini ditandai dengan hadirnya jenis foraminifera seperti *Quinqueloculina pygmaea*, *Amphistegina quoyii*, *Anomalinoidea globolus* dan *Elphidium craticulatum*.

4. KESIMPULAN

Keterdapatan dan kelimpahan fosil foraminifera planktonik *Globorotalia mayeri* dan *Flosculinella sp* menunjukkan bahwa fase pembentukan batuan karbonat di wilayah Pringkuku berumur Miosen Tengah. Hasil penemuan dari dua formasi batuan masing-masing menunjukkan kelimpahan fosil foraminifera planktonik *Globorotalia mayeri* pada Formasi Oyo dan Formasi Wonosari. Selain itu keterdapatan dan kelimpahan fosil foraminifera bentonik besar di Formasi Wonosari yaitu fosil *Flosculinella sp* menegaskan umur dan asosiasinya dengan keberadaan terumbu karang pada kawasan Karst Pringkuku. Berdasarkan keterdapatan beberapa fosil foraminifera bentonik dapat disimpulkan bahwa pada Formasi Oyo terjadi sedimentasi pada lingkungan lingkungan pengendapan paparan karbonat tertutup dengan kondisi air laut tenang sehingga terendapkan *packstone* dengan ditemukannya kelimpahan fosil bentonik yaitu *Quinqueloculina pygmaea*, *Amphistegina quoyii*, dan *Anomalinoidea globolus*. Pada Formasi Wonosari lingkungan pengendapannya adalah *open marine platform*. Pada kondisi ini terendapkan batugamping berjenis *wackestone* and *boundstone* yang di tegaskan dengan keberadaan fosil foraminifera bentonik yang melimpah pada sampel *wackestone* seperti *Amphistegina quoyii*, *Elphidium craticulatum*, *Oolina globosa* dan *Quinqueloculina seminulum*, juga keberadaan fosil foraminifera besar yang melimpah seperti *Flosculinella sp*.

REFERENCES

- ADAMS , C. G., 1970. A RECONSIDERATION OF THE EAST INDIAN LETTER CLASSIFICATION OF THE TERTIARY. Dalam: *BULLETIN OF THE BRITISH MUSEUM (NATURAL HISTORY) GEOLOGY Vol. 19 No. 3*. LONDON: Trustees of the British Museum (Natural History), pp. Pp. 85-137; 3 Text-figures .
- Almuzzaki, M. I., Nur'aini, S. & Rizqi, A. H. F., 2020. KARAKTERISTIK BATUGAMPING FORMASI OYO BERDASARKAN ANALISIS PETROGRAFI PADA JALAN SAMBIPITU – GADING. KECAMATAN GEDANGSARI – PLAYEN, GUNUNG KIDUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA. *GEODA*, pp. Vol. 01, No. 02, SEPTEMBER 2020, pp. 53-66.
- Avong, S. J. et al., 2022. *BENTHIC FORAMINIFERA BIOSTRATIGRAPHY AND PALEOBATHYMETRY OF SEDIMENTS, NORTHWEST NIGER DELTA*. s.l., s.n.
- Bahri, A. S. et al., 2020. Petrography and geochemistry of structural limestones in the Pringkuku Karst area, Pacitan, East Java. *AIP Conference Proceedings 2251(1):040002*, Issue DOI: 10.1063/5.0015772, pp. INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTROMAGNETISM, ROCK MAGNETISM AND MAGNETIC MATERIAL (ICE-R3M) 2019.
- Bemmelen, R. V., 1949. *The Geology of Indonesia Vol IA, General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*, 2nd. Netherland: s.n.
- Blow, W., 1969. Late Middle Eocene to Recent Planctonic Foraminifera Biostratigraphy, Proc. First Int.. *Proc. First Int. Conf. Planktonic Micro Fossils, E.J. Brill-Leiden. Vol. I*, p. p. 199 – 422..
- Bolli, H., Saunders, J., Perch & K-Nielsen, 1989. *Plankton Stratigraphy, Vol. 1*. s.l.:Cambridge University Press, pp.155 – 328..
- Dong, S., Lei, Y., Wu, T. & Li, M., 2023. New evidence for coiling direction of benthic foraminifera as a temperature proxy. *Frontiers in Marine Science 10:1122189*, p. DOI: 10.3389/fmars.2023.1122189.
- Harsono, P., Kadar, D. & Skwarko, S., 1998. *Biostratigraphy Cenozoic Planktonic Foraminifera. Foraminifera in Indonesian Stratigraphy Vol. 1. P. 283*. s.l.:unpublished.
- Hendrizan, M. et al., 2020. Centennial-Millennial Climate Variability in the Makassar Strait during Early Holocene until the End of the Last Deglaciation. *International Journal of Oceans and Oceanography*, Volume Volume 14, Number 2, pp. pp. 197-220.
- Husein, S., 2007. *Tinjauan Geomorfologi Pegunungan Selatan DIY/Jawa Tengah: telaah peran faktor endogenik dan eksogenik dalam proses pembentukan pegunungan*. Yogyakarta, Seminar Potensi Geologi Pegunungan Selatan dalam Pengembangan Wilayah.
- Jurnaliah, L., Syafri, I., Adjat, S. & Kapid, R., 2019. BIOFASIES DAN EKOLOGI PERAIRAN JAWA TENGAH BAGIAN UTARA BERDASARKAN KUMPULAN FORAMINIFERA BENTIK KECIL. *JURNAL GEOLOGI KELAUTAN*, Volume 17(2), p. DOI: 10.32693/jgk.17.2.2019.614.
- Kurniandi, M. R., Ediyanto & Nugroho, . A. R. B., 2017. GEOLOGI DAN STUDI FASIES BATUGAMPING FORMASI WONOSARI DAERAH BATURETNO DAN SEKITARNYA KECAMATAN DAMPI, KABUPATEN MALANG, PROVINSI JAWA TIMUR. *Jurnal Ilmiah Geologi Pangea*, pp. Vol. 4, No. 1, Juni .
- Kusuma, D. N. W. et al., 2019. Diversity Of Benthic Foraminifera Of Core 'A' As A Marine Environment Indicator In The Waters Of Jepara, Central Java. *Journal of Physics Conference Series*, Volume 1363(1):012024, pp. DOI: 10.1088/1742-6596/1363/1/012024.
- Loeblich, . A. & Tappan, . H., 1988. *Foraminiferal Genera and Their Classification*. New York. 970p: Van Nostrand Reinhold Company.
- Morard, R. et al., 2022. Renewal of planktonic foraminifera diversity after the Cretaceous Paleogene mass extinction by benthic colonizers. *Nature Communications*, pp. 13(1):7135 DOI: 10.1038/s41467-022-34794-5.

- Murray, . J. W., 2006. *Ecology and applications of benthic foraminifera*. s.l.:Cambridge university press.
- Patriani, E. Y., Yurnaldi, D. & Setyawan, R., 2021. Peninjauan Kembali Keragaman Fosil Foraminifera untuk Penentuan Umur Batugamping Formasi Karangbolong. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral* , 22(DOI: 10.33332/jgsm.geologi.v22i2.555), pp. 67-79.
- Salindeho, L. M., Agustine, W., Saputro, S. P. & Naufal, Z., 2020. *NALISIS MIKROFOSIL DESA DAGANGAN DAN WUKIRHARJOKABUPATEN TUBAN CEKUNGAN JAWA TIMUR UTARA*. Surabaya, ITATS.
- Samodra, H. & Gafoer, S., 1990. *Laporan Geologi Lembar Pacitan, skala 1:100.000*, Bandung: Puslitbang Geologi. Laporan Terbuka.
- Surono, 1992. *Laporan Geologi Lembar Surakarta-Giritontro, skala 1:100.000*. Laporan Terbuka penyunt. Bandung: Puslitbang Geologi.
- Surono, 2009. Litostratigrafi Pegunungan Selatan Bagian Timur Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. *JURNAL GEOLOGI DAN SUMBERDAYA MINERAL*.