



Distribusi Foraminifera Bentonik Besar sebagai Penentu Lingkungan Pengendapan Karbonat Pliosen dari Formasi Paciran Bagian Bawah

Distribution of the Large Benthic Foraminifera as Determinants of the Pliocene Carbonate Depositional Environment from the Lower Paciran Formation

Dian Novita ^{1,2}, Budi Muljana ¹, Moh. Heri Hermiyanto Zajuli ²

¹ Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjajaran. Jalan Raya Bandung – Sumedang Km 21 Jawa Barat.

² Pusat Survei Geologi. Jalan Diponegoro No. 57 Bandung, Jawa Barat

e-mail : dn.diannovita@gmail.com

Naskah diterima: 01 Januari 2023, Revisi terakhir: 19 September 2023, Disetujui: 19 September 2023 Online: 01 November 2023

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v24i4.748>

Abstrak - Batugamping berumur Pliosen dari Formasi Paciran bagian bawah yang tersingkap di wilayah Rembang Tengah sangat menarik untuk dikaji. Terdapat perubahan suhu pada Pliosen Awal yang hangat menuju pendinginan global pada Pliosen Akhir akan mempengaruhi kumpulan foraminifera benthik besar yang sangat responsif terhadap perubahan lingkungan. Ditemukan 6 spesies foraminifera benthik besar yaitu *Amphistegina sp.*, *Alveolina sp.*, *Cycloclypeus sp.*, *Heterostegina sp.*, *Lepidocyclina sp.*, dan *Operculina sp.* Kemunculan akhir dari *Lepidocyclina sp.* mengindikasikan batugamping terbentuk pada Pliosen Awal. Pengeplotan persentase kumpulan foraminifera pada Diagram *Hallock* mendapatkan hasil batugamping Formasi Paciran terendapkan pada lingkungan open platform, kemudian mengalami perubahan pendangkalan kearah *sand shelf*. Cekungan kembali mendalam diikuti dengan kembalinya lingkungan pengendapan di *open platform*.

Katakunci: Batugamping, foraminifera benthik besar, lingkungan pengendapan, Pliosen.

Abstract - The Pliocene limestone from the lower Paciran Formation exposed in the Central Rembang area is very interesting to study. There was a temperature change in the Early Pliocene which was warm towards global cooling in the Late Pliocene which would affect large benthic foraminifera groups that were very responsive to environmental changes. Six species of large benthic foraminifera were found *Amphistegina sp.*, *Alveolina sp.*, *Cycloclypeus sp.*, *Heterostegina sp.*, *Lepidocyclina sp.*, and *Operculina sp.* The late emergence of *Lepidocyclina sp.* indicates limestone formed in the Early Pliocene. Plotting the percentage of foraminifera assemblages on the *Hallock* Diagram results in the limestone of the Paciran Formation being deposited in an open platform environment, then experiencing a change in shallowing towards the sand shelf. The basin deepened again followed by the return of the depositional environment on the open platform.

Keywords: Limestone, large benthic foraminifera, depositional environment, Pliocene.

PENDAHULUAN

Foraminifera besar merupakan biota laut kelompok bentik yang memiliki keragaman tinggi dan tersebar luas di daerah laut dangkal. Sifat dari foraminifera besar sangat responsif terhadap perubahan lingkungan seperti suhu, salinitas, oksigen terlarut, dan kedalaman menjadikan biota ini sebagai alat yang sangat baik dalam studi biostratigrafi dan rekonstruksi lingkungan purba (Sarkar, 2019).

Hallock & Glenn (1986) membagi kelompok foraminifera bentik berdasarkan Standar Fasies Wilson (1975), menjadi 8 lingkungan pengendapan, yaitu: *basin, open shelf, toe of slope, fore slope, ecological reef, shelf sand, open platform, dan restricted platform & lagoon* (Gambar 1). Variasi kumpulan foraminifera bentik dapat menggambarkan kondisi lingkungan pengendapan. Terdapat 3 kelompok foraminifera (Gambar 2) yang dikenalkan oleh Hallock & Glenn (1986), yaitu:

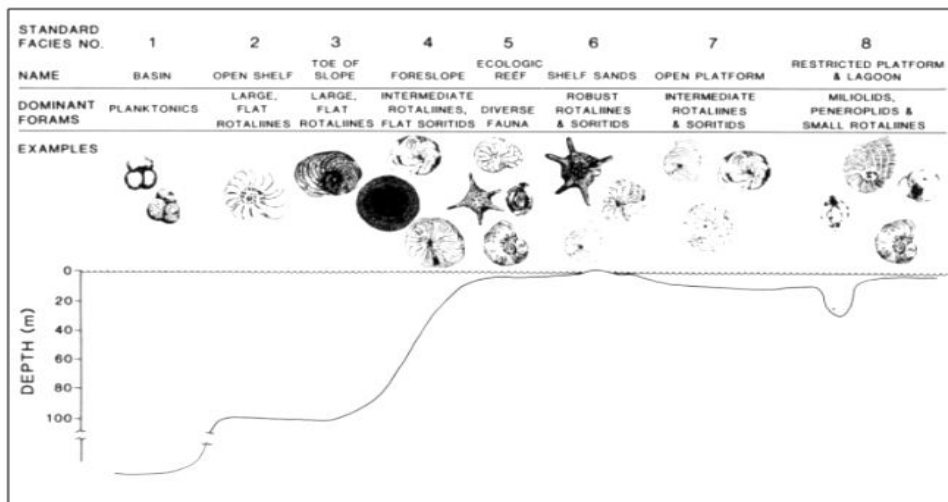
1. P&L (*Planktonik & Lenticular*). Foraminifera planktonik dan rotaliina pipih seperti *Cycloclipeus, Operculina, Lepidocyclina, dan Heterostegina*. Kumpulan biota ini hidup pada lingkungan dengan intensitas cahaya rendah dan berarus tenang yang mengindikasikan lingkungan pengendapan laut terbuka.
2. L&S (*Lenticular & Subspheroid*). Foraminifera berbentuk lentikuler dan *subspheroid* rotaliina seperti *Amphistegina, Nummulitids, Miogypsina*. Kumpulan biota ini berada pada lingkungan arus turbulen dengan intensitas cahaya yang cukup.

3. M&R (*Milliolids & Rotaliina*). Merupakan kelompok *Milliolids* dan *Rotaliina* kecil seperti *Sorotids, Peneroplids, Alveolinids*. Kehadiran biota ini mengindikasikan lingkungan pengendapan *backreef*.

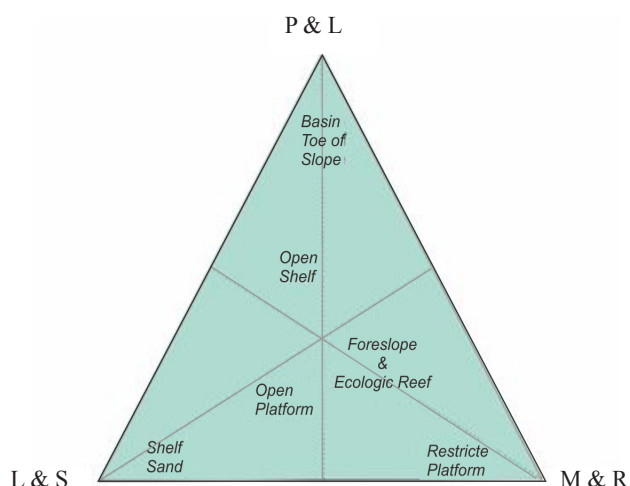
Penelitian ini bertujuan untuk identifikasi lingkungan pengendapan batugamping berumur Pliosen dari Formasi Paciran bagian bawah. Pada umur Pliosen di Indonesia terjadi peristiwa penutupan Laut Indonesia atau disebut sebagai *Closeure Indonesia Seaway*, serta terjadinya pendinginan global pada akhir Pliosen sehingga tinggi muka air laut mengalami penurunan secara drastis (Srinivasan & Sinha, 1998). Novita dkk. (2022) melakukan penelitian pada Formasi Sentolo di Yogyakarta yang memiliki umur Pliosen Awal menunjukkan adanya perubahan fase mendingin pada Pliosen Awal dan mulai menghangat pada Pliosen Tengah.

Penelitian terdahulu pada Formasi Paciran oleh Novita dkk. (2023) dengan menggunakan pendekatan geokimia menyebutkan Formasi Paciran bagian bawah terbentuk pada cekungan yang jauh dari garis pantai pada lingkungan pengendapan laguna dengan sirulasi terbuka.

Penelitian ini bertujuan untuk identifikasi foraminifera besar yang berkembang pada Batugamping Formasi Paciran bagian bawah. Adanya perubahan suhu global akan menjadi keunikan tersendiri terhadap perkembangan foraminifera besar di daerah penelitian. Sebagai organisme yang sensitif terhadap perubahan, menjadikan foraminifera bentik besar sebagai alat yang baik untuk mengetahui lingkungan pengendapan dari Formasi Paciran pada umur Pliosen.



Gambar 1. Distribusi ideal grup foraminifera besar pada daerah dengan asosiasi lingkungan terumbu (Hallock, 1986).



Gambar 2. Diagram penentuan lingkungan pengendapan terumbu Hallock & Glenn (1986). P&L (*Planktonic & Lenticular*), L&S (*Lenticular & Subspheroid*), M&R (*Milliolid & Rotaliina*).

GEOLOGI REGIONAL

Penelitian dilakukan di area Watuputih, Rembang, Jawa Tengah. Daerah ini tersusun oleh perselingan batugamping *packstone* – *wackestone* - *rudstone* dan setempat berkembang terumbu. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Blora (Novita dkk., 2017) dan Lembar Jatirogo (Faturakhman & Kusumah, 2017), persebaran batugamping di daerah Watuputih terbagi menjadi 2 formasi, yaitu Formasi Bulu berumur Miosen yang ditumpanginya secara tidak selaras oleh Formasi Paciran. Struktur geologi yang utama di area tersebut adalah dua patahan geser dekstral sejarar di bagian barat dan timur area penelitian. Tektonik aktif pada Neogen akhir mengakibatkan jalur patahan di utara Jawa menjadikan pembentukan cekungan lokal dimana karbonat dapat berkembang (Maryanto, 2017).

Formasi Paciran dikenalkan oleh Situmorang dkk. (1992) melalui Peta Geologi lembar Jatirogo skala 1:100.000 (1992). Disebutkan bahwa Formasi Paciran tersusun oleh batugamping pejal dan batugamping dolomitan. Secara umum batugamping Formasi Paciran banyak tersingkap di pesisir utara Pulau Jawa meliputi daerah Tuban dan Lamongan. Sebagian kecil batuan tersingkap berupa perbukitan terisolir seperti halnya di wilayah Watuputih, Rembang. Premonowati dkk. (2004) melakukan pengukuran isotop karbon pada sampel batugamping Formasi Paciran yang tersingkap di Tuban berumur 4 juta – 6 ribu tahun yang lalu.

METODE PENELITIAN

Pengukuran jalur stratigrafi difokuskan pada batugamping Formasi Paciran bagian bawah.

Penggambaran menggunakan skala 1:100 dengan total ketebalan 58 m. Diperoleh 10 sampel sayatan tipis untuk analisis petrografi dan analisis fosil foraminifera bentonik besar.

Pengamatan sayatan tipis menggunakan mikroskop polarisasi. Penamaan batugamping menggunakan klasifikasi Dunham (1962). Identifikasi foraminifera besar bentonik berdasarkan Adisaputra (1992), Adams (1970) dan BouDagher-Fadel (2008). Determinasi umur menggunakan klasifikasi Adams (1970) dan Lunt (2013).

HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

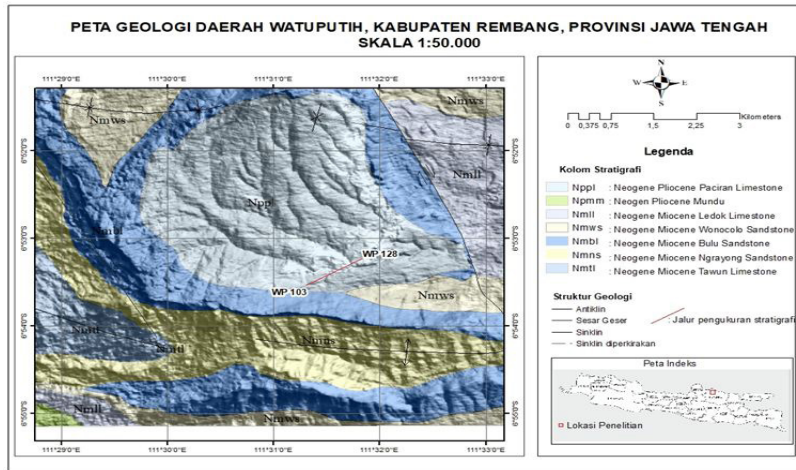
Petrografi dan Biostratigrafi

Pengukuran stratigrafi setebal 58 m diperoleh 10 sampel petrografi untuk analisis fasies batuan menggunakan klasifikasi Dunham (1962), dan diperoleh tiga fasies batuan yang berbeda. Bagian terbawah Formasi Paciran tersusun oleh batugamping *packstone*. Batuan tersusun oleh mikrit yang mengelilingi bioklas berupa foraminifera besar dan cangkang moluska serta berasosiasi dengan alga. Antar butir komponen bersentuhan *point contact*, masih terpisahkan oleh matriks halus.

Secara gradual batugamping tersusun oleh komponen yang lebih kasar dan bebas matriks, sehingga terbentuk batugamping *grainstone*. Komponen utama penyusun batuan ini adalah bioklas berupa foraminifera besar dan beberapa pecahan cangkang moluska dan briozoa. Dijumpai asosiasi alga merah. Antar butir komponen bersentuhan.

Bagian atas dari jalur stratigrafi Formasi Paciran bagian bawah didominasi oleh batugamping fraksi halus berupa fasies batugamping *wackestone*. Komponen bioklas berukuran kecil yang tersusun foraminifera besar Butir komponen mengambang dalam matriks. Dominan tersusun oleh mikrit serta beberapa tempat telah berubah menjadi mikrosparit.

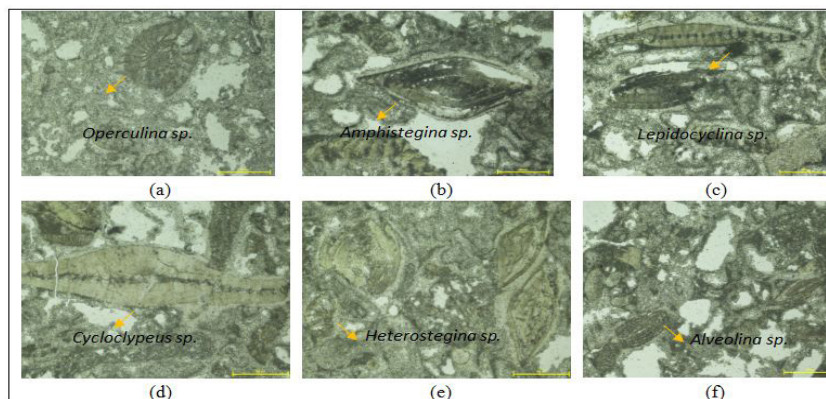
Pengamatan kelimpahan foraminifera bervariasi, dijumpai 6 genus berbeda yang tersebar pada 10 sampel batuan. Sebaran foraminifera benthik besar pada tiap sampel batuan dapat dilihat pada Gambar 4. Genus yang teridentifikasi adalah *Amphistegina sp.*, *Alveolina sp.*, *Cycloclypeus sp.*, *Heterostegina sp.*, *Lepidocyclina sp.* dan *Operculina sp.* (Gambar 5). Kemunculan *Amphistegina sp.* dijumpai di seluruh sampel batuan, sedangkan *Alveolina sp.* hanya dijumpai pada sampel WP 128 C. Kemunculan awal *Lepidocyclina sp.* pada sampel WP 103 A dan akhir kemunculan pada sampel WP 103 B. *Heterostegina sp.* dijumpai pada bagian tengah dan atas dari jalur pengukuran stratigrafi, yaitu pada sampel WP 128 A dan WP 128 F.



Gambar 3. Peta geologi daerah Watuputih (Novita dkk., 2017; Faturrahman & Kusumah, 2017). Garis merah merupakan jalur pengukuran stratigrafi.

Kode Sampel	Genus	Late Paleocene		Eocene				Oligocene		Miocene			Pliocene	Kuartar
		Ta1	Ta2	Middle	Late	Early	Late	Early	Middle	Late				
		Ta1	Ta2	Ta3	Tb	Tc-Td	Te1-4	Te5-T11	T2	T3	Th			
WP 128 G	<i>Amphistegina</i>													
	<i>Operculina</i>													
WP 128 F	<i>Heterostegina</i>													
	<i>Cycloclipeus</i>													
WP 128 D	<i>Amphistegina</i>													
	<i>Cycloclipeus</i>													
WP 128 C	<i>Alveolina</i>													
	<i>Amphistegina</i>													
WP 128 B	<i>Cycloclipeus</i>													
	<i>Amphistegina</i>													
WP 128 A	<i>Heterostegina</i>													
	<i>Operculina</i>													
WP 103 E	<i>Amphistegina</i>													
	<i>Operculina</i>													
WP 103 D	<i>Amphistegina</i>													
	<i>Operculina</i>													
WP 103 B	<i>Lepidocyclina</i>													
	<i>Cycloclipeus</i>													
WP 103 A	<i>Amphistegina</i>													
	<i>Operculina</i>													
WP 103 A	<i>Lepidocyclina</i>													

Gambar 4. Kolom stratigrafi Formasi Paciran bagian bawah dengan ketebalan 58,5 m serta sebaran kandungan fosil bentonik foraminifera besar pada 10 sampel batuan. Terdapat 6 spesies foraminifera besar yang dapat dilakukan determinasi. Kolom umur menurut Adams (1970 dan Lunt (2013).

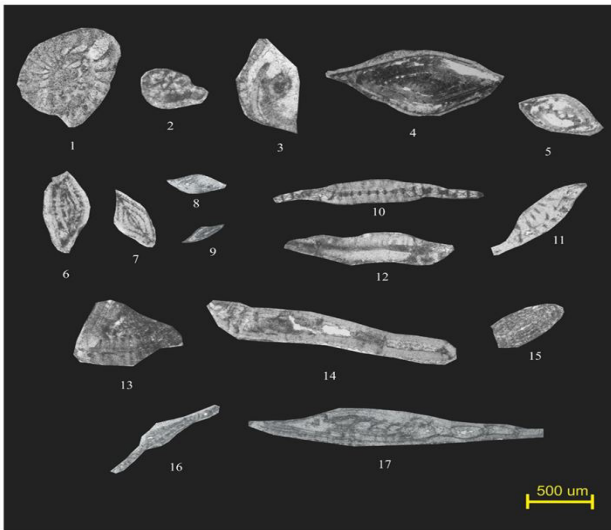


Gambar 5. Foto sayatan tipis pada sampel batugamping Formasi Paciran, menunjukkan kandungan fosil foraminifera bentik besar. (a). *Operculina sp* pada sampel WP 103 B. (b) *Amphistegina sp* pada sampel WP 103 B. (c) *Lepidocyclina sp* pada sampel WP 103 C. (d) *Cycloclipeus sp* pada sampel WP 128 F. (e) *Heterostegina sp.* pada sampel WP 128 F. (f) *Alveolina sp.* pada sampel WP 128 C.

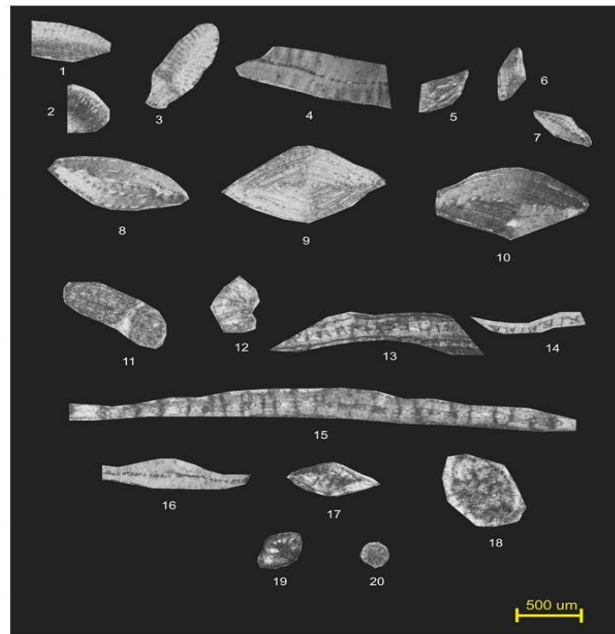
Cycloclipeus sp. dijumpai dari bagian bawah jalur pengukuran yaitu WP 103 A dan muncul kembali pada WP 128 B, WP 128 D, dan WP 128 F. *Operculina sp.* cukup dominan ditemukan pada sampel batuan, yaitu pada sampel WP 103 A, WP 103 B, WP 103 D, WP 103 E, WP 128 A, dan WP 128 G. Fotometri detail kandungan foraminifera benthik pada sampel batuan dapat dilihat pada piringan fosil A (Gambar 6) dan piringan fosil B (Gambar 7). Berdasarkan kumpulan fosil tersebut di simpulkan bahwa batugamping Formasi Paciran bagian bawah terbentuk pada kisaran umur Pliosen Awal.

Lingkungan Pengendapan

Penentuan lingkungan pengendapan pada penelitian kali ini menggunakan proksi foraminifera benthik dengan menggunakan Diagram Hallock (1986) berdasarkan persentase foraminifera pada setiap sampel batuan. Novita dkk. (2003) menggunakan pendekatan mikrofases dan geokimia batuan untuk menentukan lingkungan pengendapan, menyimpulkan bahwa batugamping Formasi Paciran bagian bawah terbentuk pada lingkungan laguna yang memiliki sirkulasi terbuka dan terletak jauh dari garis pantai sehingga influks material terigen sangat minim. Hal tersebut akan dibandingkan dengan penentuan lingkungan pengendapan menggunakan distribusi foraminifera benthik besar pada sampel batuan.



Gambar 6. Piringan fosil A (1,2) *Operculina sp.* Sayatan vertikal; (3) *Operculina sp.* Sayatan equatorial miring. (4-9) *Amphistegina sp.* Sayatan vertikal; (10-11) *Lepidocyclina sp.* Sayatan vertikal. (12) *Lepidocyclina sp.* Sayatan equatorial miring. (13) *Heterostegina sp.* Sayatan vertikal sebagian. (14) *Heterostegina sp.* Sayatan horizontal. (15) *Alveolina sp.* Sayatan vertikal. (16) *Cycloclipeus sp.* Sayatan vertikal (17) *Cycloclipeus sp.* Sayatan horizontal. Keterangan nomor sampel sayatan foraminifera : (1,4,5,10,16,17) WP 103 B; (2,6,7,14) WP 128 A; (3,11-13) WP 103 D; (8,9,15) WP 128 C; (16,17) WP 128 B.



Gambar 7. Piringan fosil B. (1-3) *Amphistegina sp.* Sayatan horizontal; (4) *Amphistegina sp.* Sayatan horizontal terpotong sebagian. (5-10) *Amphistegina sp.* Sayatan vertikal; (11) *Heterostegina sp.* Sayatan equatorial miring; (12) *Heterostegina sp.* Sayatan horizontal. (13-15) *Cycloclipeus sp.* Sayatan vertikal terpotong sebagian; (16) *Cycloclipeus sp.* Sayatan vertikal; (17) *Lepidocyclina sp.* Sayatan vertikal. (18-20) *Operculina sp.* Sayatan equatorial. Keterangan nomor sampel sayatan foraminifera : (1-3,5-8, 15) WP 123 D, (4, 19) WP 128 G, (9-12, 14, 16) WP 128 F, (13, 17,18,20) WP 103 A.

Perhitungan kelimpahan fosil foraminifera benthik dapat dilihat pada Tabel 1. Perhitungan persentase dari masing-masing spesies akan dikelompokkan berdasarkan kelompok foraminifera benthik dari Hallock (1986) meliputi kelompok P&F, L&S dan M&R (Tabel 2).

Masing-masing dari sampel dibuatkan persentase tiap kelompok foraminifera, kemudian di-plotkan pada diagram lingkungan pengendapan menurut Hallock (1986) yang dapat dilihat pada Gambar 8. Secara umum lingkungan pengendapan berada di lingkungan *open platform* dan satu sampel, yaitu WP 128 D yang menunjukkan lingkungan *shelf sand*. Hallock (1986) menyebutkan bahwa lingkungan *open platform* merupakan paparan laut terbuka yang luas dan memiliki kedalaman kurang dari 20 meter.

Perubahan lingkungan pengendapan dimulai dari pengendapan di lingkungan *open platform* dengan diendapkannya batugamping *packstone-grainstone* dengan sedikit sisipan *wackestone*. Cekungan pengendapan semakin mendangkal diikuti dengan pola progradasi dimana batugamping yang terendapkan semakin di dominasi oleh fraksi kasar

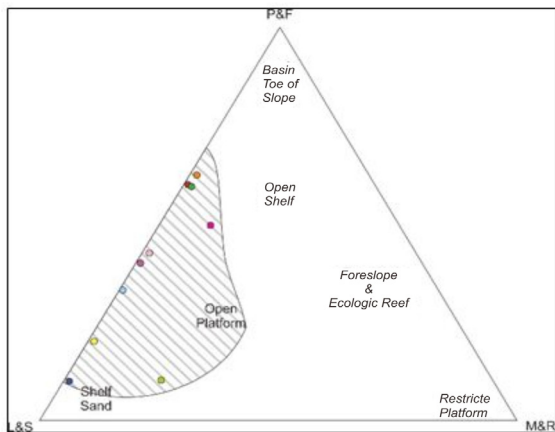
(*grainstone*). Lingkungan pengendapan dari *open platform* berubah menjadi *shelf sand* yang oleh Hallock (1986) dideskripsikan sebagai beting pasir. Secara gradual lingkungan kembali mendalam diikuti dengan perubahan lingkungan menjadi *open platform* yang ditunjukkan oleh sampel WP 128 F dan WP 128 G.

Tabel 1. Perhitungan kelimpahan fosil foraminifera besar tiap sampel

Spesies Foraminifera Besar	KODE SAMPEL									
	WP 103 A	WP 103 B	WP 103 D	WP 103 E	WP 128 A	WP 128 B	WP 128 C	WP 128 D	WP 128 F	WP 128 G
<i>Amphistegina sp.</i>	3	3	1	2	2	4	4	9	6	2
<i>Heterostegina sp.</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0
<i>Operculina sp.</i>	2	2	1	2	1	0	0	0	0	1
<i>Cycloclypeus sp.</i>	2	0	0	0	0	3	0	1	2	0
<i>Lepidocyclina sp.</i>	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Alveolina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
JUMLAH	8	6	5	4	5	7	5	10	10	3

Tabel 2. Persentase kelompok foraminifera penciri lingkungan pengendapan berdasarkan Hallock (1986)

Kode Sampel	Fosil	Jumlah	Persentase	Kelompok	Lingkungan
17 KD 128 G	<i>Amphistegina sp.</i>	2	66,6%	L&S	<i>Open platform</i>
	<i>Operculina sp.</i>	1	33,4%	P&F	
17 KD 128 F	<i>Cycloclypeus sp.</i>	2	20%	P&F	<i>Open shelf</i>
	<i>Amphistegina sp.</i>	6	60%	L&S	
	<i>Heterostegina sp.</i>	2	20%	P&F	
17 KD 128 D	<i>Amphistegina sp.</i>	9	90%	L&S	<i>Shelf sand</i>
	<i>Cycloclypeus sp.</i>	1	10%	P&F	
17 KD 128 C	<i>Amphistegina sp.</i>	4	80%	L&S	<i>Open shelf</i>
	<i>Alveolina sp.</i>	1	20%	M&R	
17 KD 128 B	<i>Cycloclypeus sp.</i>	3	42,85%	P&F	<i>Open shelf</i>
	<i>Amphistegina sp.</i>	4	57,15%	L&S	
17 KD 128 A	<i>Amphistegina sp.</i>	2	40%	L&S	<i>Open shelf</i>
	<i>Heterostegina sp.</i>	2	40%	P&F	
	<i>Operculina sp.</i>	1	20%	P&F	
17 KD 103 E	<i>Amphistegina sp.</i>	2	50%	L&S	<i>Open shelf</i>
	<i>Operculina sp.</i>	2	50%	P&F	
17 KD 103 D	<i>Amphistegina sp.</i>	1	20%	L&S	<i>Open shelf</i>
	<i>Lepidocyclina sp.</i>	3	60%	P&F	
	<i>Operculina sp.</i>	1	20%	P&F	
17 KD 103 B	<i>Operculina sp.</i>	2	33,3%	P&F	<i>Open shelf</i>
	<i>Amphistegina sp.</i>	3	40%	L&S	
	<i>Lepidocyclina sp.</i>	1	16,7%	P&F	
17 KD 103 A	<i>Lepidocyclina sp.</i>	1	12,5%	P&F	<i>Open shelf</i>
	<i>Amphistegina sp.</i>	3	37,5%	L&S	
	<i>Operculina sp.</i>	2	25%	P&F	
	<i>Cycloclypeus sp.</i>	2	25%	P&F	



Gambar 8. Pengeplotan persentase kelompok foraminifera besar berdasarkan Diagram Hallock & Glenn (1986).

Hasil tersebut dibandingkan dengan penelitian oleh Novita dkk. (2023) pada lokasi yang sama memiliki keterkaitan yang saling melengkapi. Asosiasi distribusi foraminifera benthik besar menunjukkan lingkungan pengendapan batuan berada di *open platform* sejalan dengan interpretasi Novita dkk. (2023) yang menyebutkan batuan terbentuk pada lingkungan laguna dengan sirkulasi terbuka. Pola cekungan mendangkal berdasarkan analisis mikrofases oleh Novita dkk. (2023) juga tercermin dari perubahan distribusi foraminifera benthik besar yang bergeser ke arah *shelf sand* sebelum kembali mengarah ke lingkungan *open platform*. Dijumpainya kumpulan genus foraminifera yang tidak seideal pola distribusi foraminifera besar Hallock (1986) diinterpretasikan paparan karbonat pada pembentukan batugamping Formasi Paciran merupakan sebuah paparan terbatas (*isolated platform*) yang terpisah cukup jauh dari garis pantai. Tidak terbentuk lingkungan *back reef* ideal seperti penggambaran oleh Hallock (1986). Sirkulasi terbuka menyebabkan kumpulan foraminifera dari lingkungan *back reef* dan *fore reef* dapat dijumpai pada satu lokasi yang sama.

Perubahan lingkungan pengendapan batugamping umumnya terkontrol oleh 2 faktor, yaitu naik turun muka air laut dan tektonik aktif. Menurut Haywood dkk. (2008) Pliosen Awal memiliki karakteristik periode hangat hingga Pliosen tengah dimana temperature lebih hangat 2-3⁰C daripada suhu saat ini. Suhu hangat akan diikuti dengan kenaikan muka air laut secara global karena pencairan lapisan es di wilayah kutub. Di daerah penelitian dijumpai ada pola mendangkal dari *open platform* ke arah *shelf sand* dicirikan dengan pola progradasi pada stratigrafi batugamping. Hal ini diinterpretasikan ada kontrol struktur local, dimana cekungan terangkat sehingga mendangkal. Suhu semakin memanas pada periode Pliosen Tengah menyebabkan air laut kembali naik sehingga cekungan mengalami pendalaman, dibuktikan dengan kembalinya lingkungan pengendapan ke arah *open platform*.

KESIMPULAN

Berdasarkan kandungan foraminifera benthik besar pada sampel batuan, daerah penelitian terbentuk pada umur Pliosen Awal di lingkungan *open platform* dengan perubahan ke arah *shelf sand*, sebelum kembali berubah kembali ke arah *open platform*. Terdapat kontrol tektonik lokal pada perubahan lingkungan pengendapan. Untuk pembuktian lebih lanjut perlu penelitian lebih detail dengan disiplin ilmu lainnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada staf Laboratorium Pusat Survei Geologi dalam proses pembuatan sayatan tipis untuk pengamatan petrografi. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada rekan-rekan Kelompok Kerja Pemetaan Pusat Survei Geologi atas bantuannya dalam pengambilan data di lapangan.

ACUAN

- Adams, C.G., 1970. A Reconsideration of the Indian Letter Classification of the Tertiary. *Bulletin of the British Museum (natural History) Geology*, 19: 85-137.
- Adisaputra, M.K., 1992. Penentuan Umur Berdasarkan Biometri dan Lingkungan Pengendapan Foraminifera Besar Tersier-Kuarter. *Pusat Pengembangan Geologi Kelautan*, Bandung.
- BouDagjer-Fadhel, M.K., 2008. *Evaluation and Geological Significance of Large Benthic Foraminifera*. Elsevier Publ. Co.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of Carbonat Rocks According to Depositional Txture; In 'W.E. Ham (ed): *Classification of Carbonate Rocks*. Am.Assoc. Petrol. Geol. Mem. 1: 108-121.
- Faturrahman, M.L. dan Kusumah, K.D., 2017. *Peta Geologi Inderaan Jauh Lembar Jatirogo Skala 1:50.000*. Pusat Survei Geologi, Bandung.
- Hallock, P. and Glenn, E.C., 1986. Large Benthic Foraminifera : A Tool for Paleoenvironment Analysis of Cenozoic Carbonate Depositional Facies. *Palaios*. 1(1): 55-64.

- Lunt, P., 2013. Foraminifera Micropaleontology in SE Asia In: AJ Bowden et. Al. (eds): *Landmarks in Foraminifera Micropaleontology: History and Development*. The Micropaleontological Society Spec Publ. 6: 193-206. Geol. Soc. London.
- Maryanto, S., 2017. Geologi Daerah Watuputih dan Sekitarnya. Laporan Internal Pusat Survei Geologi. Tidak terbit.
- Novita, D., Sanjaya, I., Margono U., Rijani, S., Mawardi, S., 2017. *Peta Geologi Inderaan Jauh Lembar Blora Skala 1:50.000*. Pusat Survei Geologi, Bandung.
- Novita, D., Darmawan, D.R., Rijani, S. dan Hernawan, U., 2022. Pola Perubahan Iklim Purba Pliosen dengan Proksi Foraminifera: Studi Kasus Formasi Sentolo, Yogyakarta. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 23(3): 133-140.
- Premonowati, Koesoemadinata, R.P., dan Pringgoprawiro, H., 2004. Stratigrafi Isotop Oksigen dan Karbon dari Formasi Paciran Jawa Timur. *Seminar Geologi Nuklir dan Sumberdaya Tambang Tahun 2004*.
- Sarkar, S., 2019. Alveolina-Dominated Assemblages in the Early Eocene Carbonates of Jaintia Hills, NE India: Biostratigraphic and Palaeoenvironmental Implications. *Comptes Rendus Palevol*, 18: 949-966.
- Srinivasan, M.S. and Sinha, D.K., 1998. Early Pliocene Closing of the Indonesian Seaway: Evidence From North-East Indian Ocean and Tropical Pacific Deep Sea Cores. *Journal of Asian Earth Science*, 16: 29-44.
- Situmorang, Z.I., Smith, R., dan van Vessel, E.J., 1992. *Peta Geologi Lembar Jatirogo, Jawa, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Wilson, J.L., 1975. Carbonate Facies in Geological History. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin.