e-ISSN 2580 – 0752

Bulletin of Geology

e-ISSN 2580-0752

Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Institut Teknologi Bandung
www.buletingeologi.com

BIOSTRATIGRAFI DAN ANALISIS PALEOBATIMETRI BERDASARKAN KUMPULAN FORAMINIFERA DI DAERAH CIRAHAB, KABUPATEN BANYUMAS, JAWA TENGAH

NADILA NOVANDARU[1], KHOIRIL ANWAR MARYUNANI[2], RYAN DWI WAHYU ARDI[3*], EFRILIA MAHDILAH NURHIDAYAH[3].

1. Program Doktor Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No.10, Bandung 40132, Jawa Barat, Indonesia
2. Kelompok Keahlian Paleontologi dan Geologi Kuarter, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No.10, Bandung 40132, Jawa Barat, Indonesia
3. Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Mayjen Sungkono km 5 Blater, Kalimanah, Purbalingga 53371, Jawa Tengah, Indonesia

*Email: ryan.ardi@unsoed.ac.id

Sari – Studi biostratigrafi dan paleobatimetri dilakukan pada daerah Cirahab, Kecamatan Wangon, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah berdasarkan kumpulan foraminifera. Secara regional, pada daerah penelitian tersingkap Formasi Halang, Formasi Kumbang, dan Formasi Tapak. Pengukuran penampang stratigrafi dilakukan di Kali Karangtengah pada lintasan sepanjang 110 m, serta pengambilan sampel secara sistematis pada interval ketebalan 5 meter. Selain itu, pengambilan sampel untuk analisis foraminifera juga pada bagian atas Formasi Halang di daerah penelitian. Dari determinasi kuantitatif diperoleh 23 taksa foraminifera planktonik dan 32 taksa foraminifera bentik. Analisis data distribusi foraminifera menunjukkan daerah penelitian dapat dibagi menjadi 4 zona biostratigrafi, yaitu zona selang parsial *Globigerina praebulloides*, zona selang *Globigerina praebulloides–Globigerina venezuelana*, zona selang *Globigerina venezuelana–Sphaeroidinellopsis seminulina*, dan zona selang parsial *Sphaeroidinellopsis seminulina*. Perubahan paleobatimetri yang terjadi pada daerah penelitian juga diamati berdasarkan asosiasi foraminifera bentik dan rasio Planktonik/Bentik (rasio P/B). Analisis paleobatimetri mengindikasikan bahwa pada daerah penelitian terjadi satu kali transgresi pada Kala Miosen Akhir–Pliosen Awal dan satu kali regresi pada Kala Pliosen hingga menuju Kala Pleistosen.

Kata kunci: biostratigrafi; Cekungan Banyumas; foraminifera; Formasi Tapak, paleobatimetri

Abstract – *Based on foraminiferal assemblages, biostratigraphic and paleobathymetry studies were conducted in the Cirahab area, Wangon District, Banyumas Regency, Central Java. Regionally, the lithological formation in the research area consists of the Halang Formation, Kumbang Formation, and Tapak Formation. Stratigraphic cross-section measurements were carried out in Kali Karangtengah on a 110 m long section, with systematic sampling in 5 m intervals. In addition, sampling for foraminifera analysis was also carried out in the upper part of the Halang Formation in the research area. From quantitative determination, 23 taxa of planktonic foraminifera and 32 taxa of benthic foraminifera were obtained. Analysis of foraminifera distribution data shows that the research area can be divided into 4 biostratigraphic zones, namely the Globigerina praebulloides partial interval zone, the Globigerina praebulloides–Globigerina venezuelana interval zone, the Globigerina venezuelana–Sphaeroidinellopsis seminulina interval zone, and the Sphaeroidinellopsis seminulina partial interval zone. Paleobathymetric changes that occurred in the research area were also observed based on the association of benthic foraminifera, and the Planktonic/Benthic ratio (P/B ratio). Paleobathymetric analysis indicates that in the research area there was one transgression in the Late Miocene-Early Pliocene and one regression in the Pliocene to the Pleistocene.*

Key words*: Banyumas Basin; biostratigraphy; foraminifera; Tapak Formation; paleobathymetry*

1. PENDAHULUAN

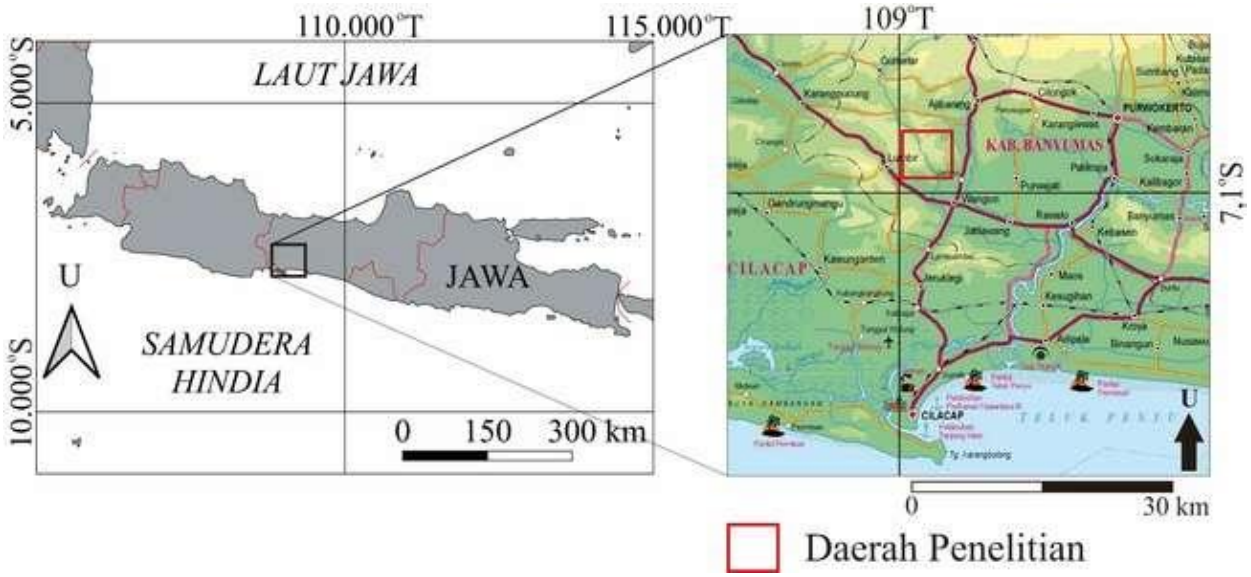
Biostratigrafi adalah cabang dari stratigrafi yang fokus pada pengelompokan dan deskripsi strata batuan berdasarkan kandungan fosil di dalamnya (Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996), yang menjadi dasar dalam penentuan umur relatif dan lingkungan pengendapan suatu batuan. Berdasarkan habitatnya, foraminifera dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu foraminifera planktonik yang hidup melayang di kolom air dan foraminifera bentik yang hidup di dasar laut atau permukaan sedimen (Murray, 2006; du Châtelet dan Debenay, 2010). Salah satu kelompok mikrofosil yang memiliki nilai signifikan dalam studi biostratigrafi adalah foraminifera. Foraminifera planktonik adalah eukariota uniseluler yang hidup mengambang di kolom air laut (Del Gaudio dkk., 2024). Catatan fosil mereka yang panjang, kelimpahan morfologi khas, dan distribusi global menjadikan mereka indikator yang sangat andal

untuk analisis biostratigrafi dan rekonstruksi perubahan lingkungan (Wade dkk., 2011). Secara global, zonasi foraminifera planktonik telah digunakan secara luas di daerah tropis dan subtropis, termasuk Indonesia, untuk menentukan umur relatif batuan. Namun, adaptasi zonasi standar seringkali diperlukan pada kondisi lokal akibat pengaruh lingkungan setempat, seperti kemunculan taksa indeks yang terbatas atau variasi distribusi takson regional (Coccioni dan Silva, 2015).

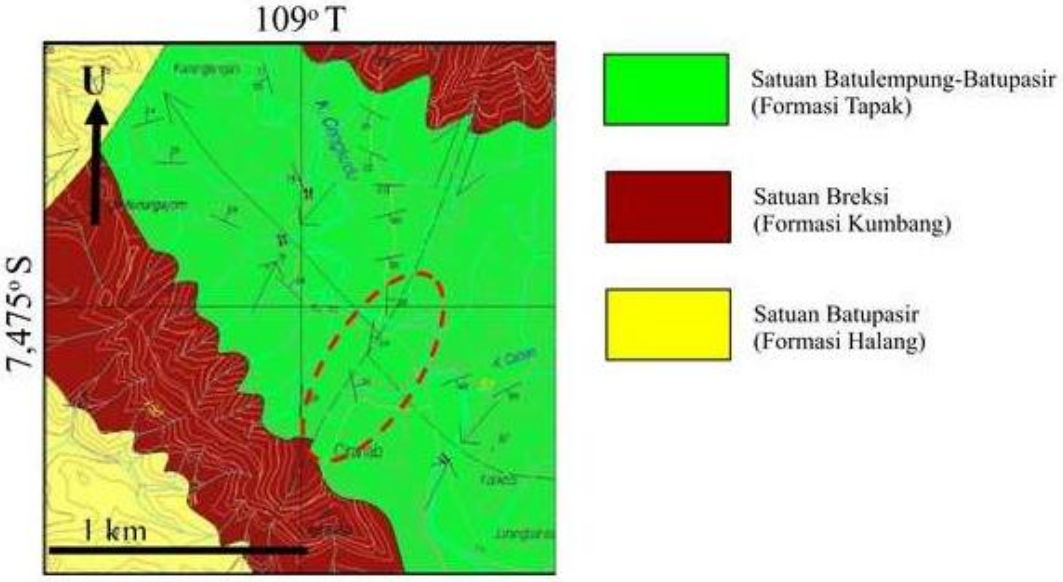
Paleobatimetri adalah ilmu yang mempelajari kedalaman lingkungan pengendapan batuan sedimen pada masa lampau, umumnya dengan menggunakan fosil sebagai indikator (Fitriana dkk., 2023). Salah satu fosil yang umum digunakan untuk analisis paleobatimetri adalah foraminifera bentik. Foraminifera bentik adalah organisme mikroskopis yang hidup di dasar laut dan memiliki distribusi yang dipengaruhi oleh kedalaman serta kondisi lingkungan seperti oksigenasi dan substrat dasar (Hayward, 2004). Dalam hal ini masing-masing batimetri dapat dicirikan oleh asosiasi taksa foraminifera bentik tertentu (Tipsword dkk., 1966; Hayward, 2004). Selain asosiasi foraminifera bentik, rasio P/B juga umum digunakan sebagai proksi paleobatimetri (Grimsdale dan van Morkhoven, 1955; Budiarto dkk., 2023). Rasio P/B (planktonik/bentik) juga umum digunakan sebagai proksi paleobatimetri (Grimsdale dan van Morkhoven, 1955; Budiarto dkk., 2023). Rasio ini merupakan perbandingan antara jumlah individu foraminifera planktonik dan bentik dalam suatu sampel sedimen, yang mencerminkan kedalaman dan kondisi lingkungan pengendapan (Murray, 2006; Kaiho, 1994).

Formasi Tapak, yang berada di daerah Banyumas, Jawa Tengah, merupakan salah satu kelompok batuan yang mengandung batuan sedimen klastik karbonatan (Altuway dan Djohor, 2020). Karakteristik karbonatan pada formasi ini membuatnya ideal untuk analisis biostratigrafi dan paleobatimetri berbasis foraminifera dan akan memberikan peluang besar untuk memahami sejarah geologi pada formasi ini, baik dari segi umur batuan maupun dinamika lingkungan pengendapannya (Amin dan Susilo, 2019). Analisis biostratigrafi berdasarkan fosil foraminifera planktonik dapat memberikan gambaran tentang potensi korelasi dengan satuan batuan lain di Jawa Tengah maupun wilayah Indonesia lainnya. Selain itu, kombinasi analisis biostratigrafi dan paleobatimetri di daerah Cirahab yang termasuk dalam Cekungan Banyumas, dapat menjadi langkah awal untuk mengidentifikasi stratigrafi sikuen di wilayah cekungan tersebut yang belum pernah dilakukan.

Daerah penelitian mencakup Desa Cirahab, Desa Karanggayam, Desa Canduk, Desa Cikakak, Kecamatan Wangon dan Kecamatan Lumbir, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah (**Gambar 1**). Secara regional daerah penelitian berada pada Zona Pegunungan Serayu Selatan yang terletak di antara Zona Depresi Jawa Tengah yang membentuk kubah dan punggungan. Daerah ini terdiri dari perbukitan terjal yang memanjang dengan arah baratlaut-tenggara. Daerah penelitian juga termasuk ke dalam Peta Geologi Regional Lembar Purwokerto–Tegal dengan skala 1:100.000. Secara sratigrafi regional, lokasi penelitian berada di Cekungan Banyumas, didominasi oleh Formasi Tapak berumur Pliosen yang diendapkan secara selaras di atas Formasi Kumbang pada lingkungan laut dangkal serta terdapat pula Formasi Kumbang dan Formasi Halang di daerah penelitian (**Gambar 2**). Formasi Tapak terdiri dari batupasir kasar berwarna kehijauan dan konglomerat, setempat dijumpai breksi. Bagian atas Formasi Tapak terdiri dari batupasir gampingan dan napal berwarna hijau yang mengandung pecahan moluska sebagai ciri formasi ini (**Gambar 3**) (Djuri dkk., 1992).



Gambar 1 Daerah penelitian yang mencakup Desa Cirahab, Desa Karanggayam, Desa Canduk, Desa Cikakak, Kecamatan Wangon dan Kecamatan Lumbir, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah (Novandaru, 2015).

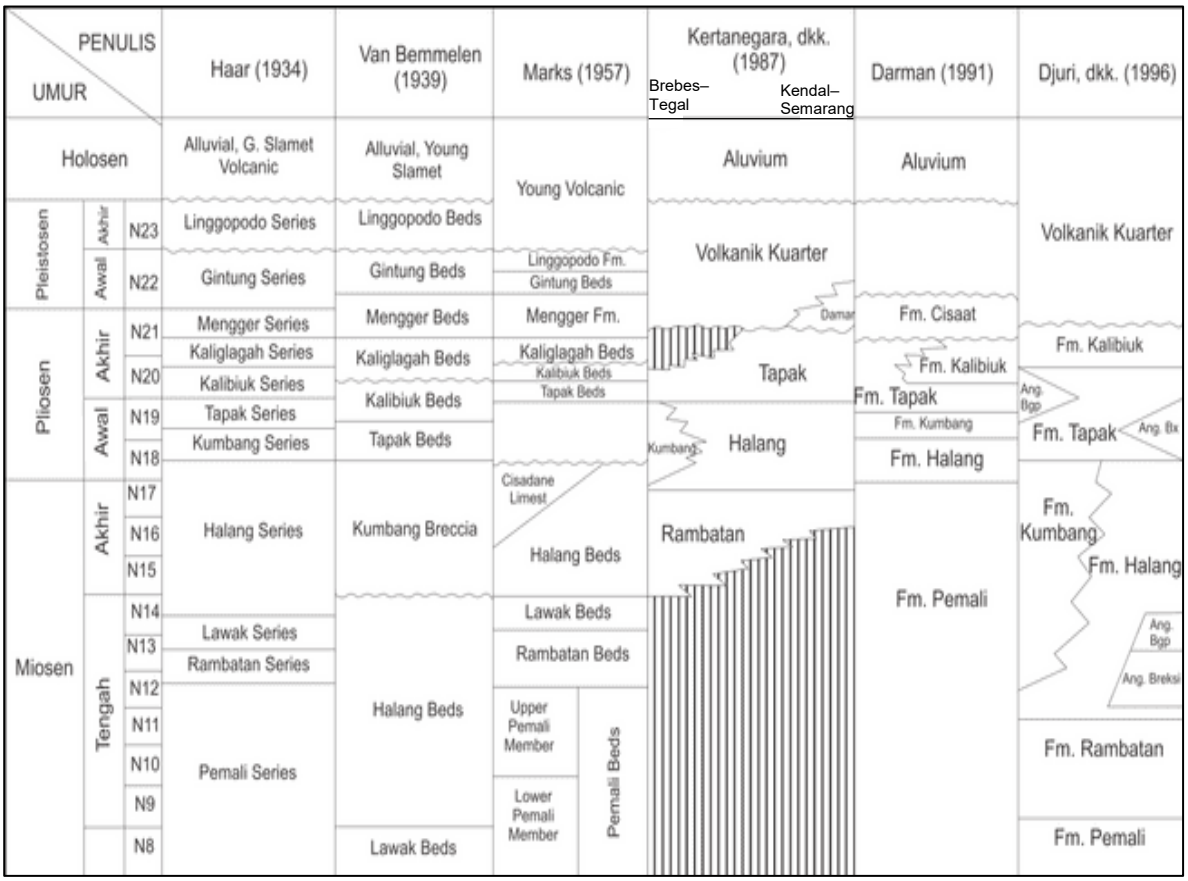


Gambar 2 Peta geologi Daerah Cirahab dan sekitarnya (Novandaru, 2015).

2. DATA DAN METODE PENELITIAN

2.1 Data

Pengambilan data dilakukan dengan pengukuran penampang stratigrafi (PPS), serta dilakukan pengambilan sampel batuan secara sistematik di setiap ketebalan tertentu. Dalam penelitian ini, diperoleh penampang stratigrafi setebal 110 m yang telah dilakukan pengambilan 20 sampel batuan pada setiap 5 meter ketebalan pada PPS yang dilakukan di Sungai Karangtengah, Desa Cirahab, Kecamatan Lumbir, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah (**Gambar 4**). Sampel ini mewakili bagian bawah, tengah, dan atas Formasi Tapak di daerah penelitian. Satu sampel diambil dari bagian atas Formasi Halang di daerah penelitian.



Gambar 3 Stratigrafi regional daerah penelitian berdasarkan peneliti-peneliti terdahulu (Novandaru, 2015).

2.2 Metode Penelitian

2.2.1 Preparasi

Pertama-tama sebanyak ~25 g dari masing-masing sampel batuan ditimbang. Kemudian dilakukan perendaman masing-masing sampel pada bejana berisi larutan H_2O_2 5% selama kurang lebih 24 jam. Setelah itu, masing-masing sampel dicuci dan disaring di atas ayakan berukuran 80 dan 100 *mesh* (0,177 dan 0,149 μm). Residu pada saringan berukuran 80 dan 100 *mesh* lalu dipanaskan dengan oven pada suhu 60ºC hingga kering. Sampel yang telah dikeringkan kemudian siap untuk dideterminasi. Preparasi dilakukan di laboratorium mikropaleontologi, Teknik Geologi, ITB.

2.2.2 Determinasi Kuantitatif

Determinasi fosil foraminifera dilakukan secara kuantitatif dengan terlebih dahulu membagi (*splitting*) sampel hingga pada satu bagian diperkirakan terdapat 300 spesimen foraminifera (Dennison dan Hay, 1967). Kemudian pada bagian tersebut masing-masing takson yang teridentifikasi dihitung jumlahnya. Selain itu, dilakukan pengamatan pada bagian-bagian lain untuk mencari taksa yang belum hadir dan kemudian dihitung berjumlah satu spesimen.

Setelah itu dilakukan normalisasi terhadap jumlah pembagian dan berat sampel dengan persamaan sebagai berikut:

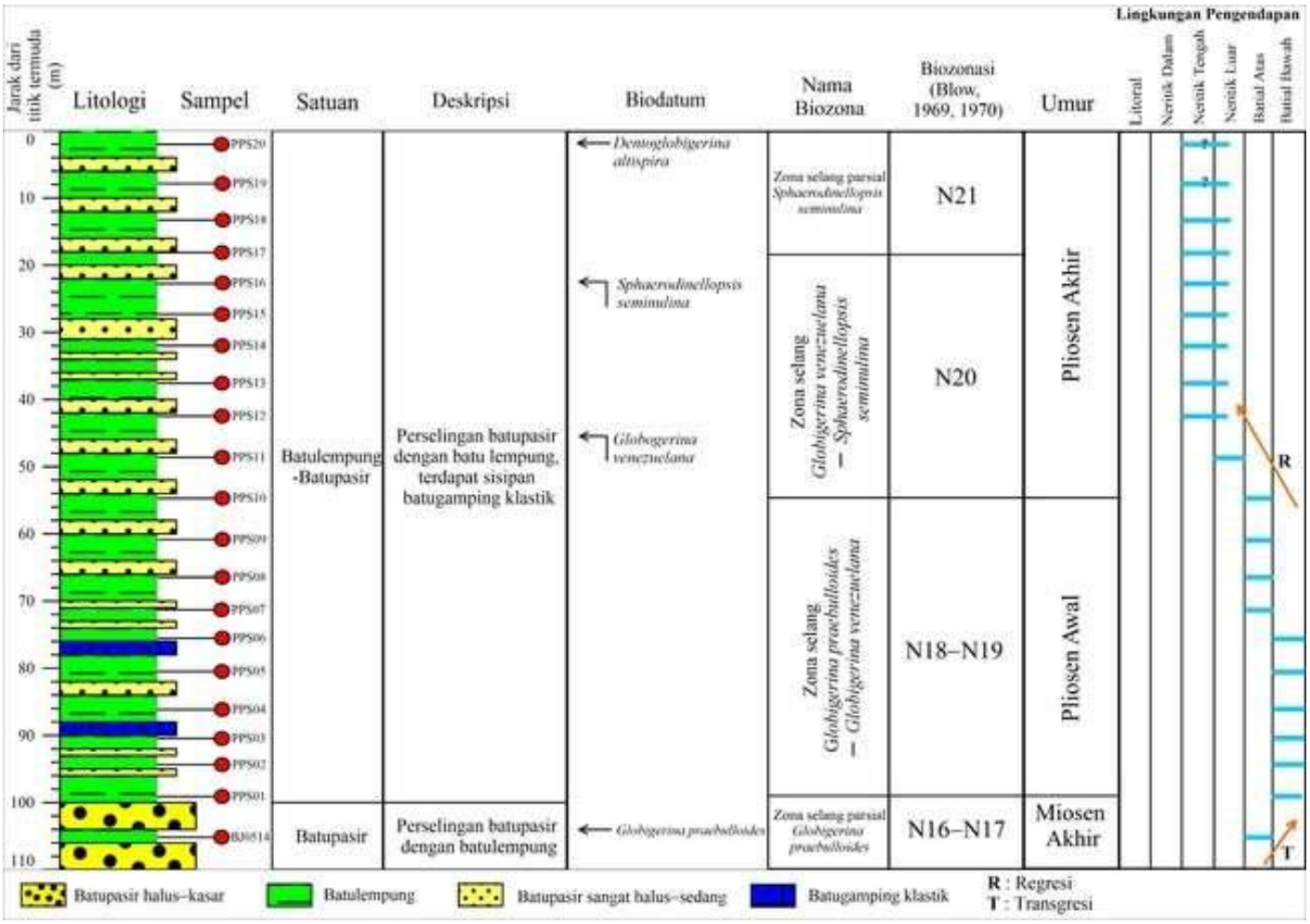
a. Normalisasi jumlah pembagian (*split*)

$$N = 2^n \times A \quad (1)$$

dengan:
A= jumlah spesimen spesies X pada satu bagian yang dianalisis
n = jumlah *split*
N = jumlah spesimen spesies X pada satu sampel utuh

b. Normalisasi berat

$$\text{Jumlah akhir spesimen spesies X} = \frac{\text{Berat ditimbang}}{\text{Berat diharapkan}} \, x \, \text{N} \quad (2)$$



Gambar 4 Biozonasi dan paleobatimetri Daerah Cirahab berdasarkan distribusi foraminifera planktonik dan bentik.

Determinasi kuantitatif yang dilakukan mengacu pada deskripsi foraminifera Kenneth dan Srinivasan (1983) serta Spezzaferri dkk. (2015, 2018). Penentuan umur relatif menggunakan Zonasi foraminifera planktonik Blow (Blow, 1969, 1970), sedangkan analisis paleobatimetri dilakukan dengan rasio planktonik/bentik (rasio P/B) berdasarkan Grimsdale and van Morkhoven (1955) (Tabel 1) dan asosiasi foramifera bentik berdasarkan (Rauwenda dkk., 1984). Penghitungan rasio P/B dilakukan dengan persamaan berikut:

$$\text{Rasio P/B} = P / (P+B) \times 100\% \quad (3)$$

dengan:
P = jumlah individu foraminifera planktonik
B = jumlah individu foraminifera bentik

Tabel 1 Klasifikasi paleobatimetri berdasarkan rasio P/B (Grimsdale dan van Morkhoven, 1955).

No.	Rasio P/B (%)	Paleobatimetri
1	<20	Neritik dalam
2	20–60	Neritik tengah
3	40–70	Neritik luar
4	70–95	Batial atas
5	>95	Batial bawah

3. HASIL

Dari 20 sampel yang dianalisis, teridentifikasi 23 taksa foraminifera planktonik dan 34 taksa foraminifera bentik (**Lampiran 1** dan **Lampiran 2**). Dari taksa foraminifera planktonik tersebut terdapat 4 spesies yang kehadirannya dapat digunakan sebagai biodatum, yaitu: *Globigerina praebulloides, Globigerina venezuelana, Sphaeroidinellopsis seminulina,* dan *Globoquadrina altispira* (**Gambar 5**).

BULLETIN OF GEOLOGY, VOL. 9 NO. 1,
DOI: 10.5614/bull.geol.2025.9.1.3.

3.1 Biostratigrafi

Berdasarkan kemunculan awal dan kemunculan akhir masing-masing datum tersebut, daerah penelitian dapat dibagi menjadi 4 zona selang, dari tua ke muda yaitu:

Zona Selang Parsial *Globigerina praebulloides*

Zona ini ditandai dengan kehadiran *Globigerina praebulloides* di bagian bawah, sedangkan batas atasnya ditandai dengan kemunculan akhir *Globigerina praebulloides* (BJ0514) (**Gambar 4**). Asosiasi foraminifera planktonik yang hadir diantaranya kelompok *Trilobatius trilobus, Globorotalia menardii, Globigerina venezuelana, Orbulina suturalis.* Zona ini setara dengan Zona N17 berdasarkan Zonasi Blow (1969, 1970). Pada daerah penelitian, zona ini berkorelasi dengan Satuan Batupasir.

Zona Selang *Globigerina venezuelana–Sphaeroidinellopsis seminulina*

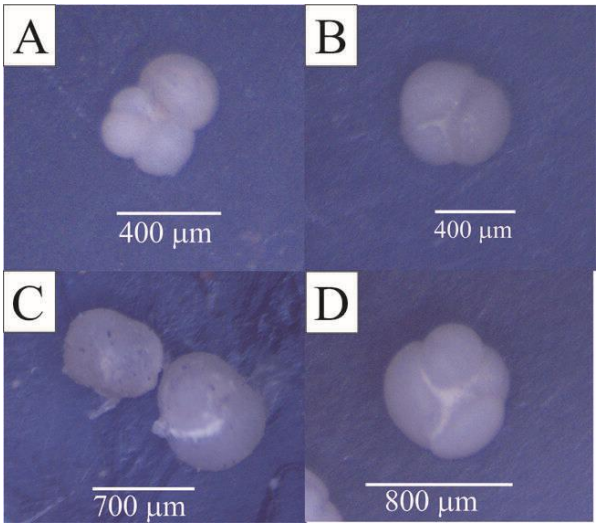
Zona ini ditandai degan kemunculan akhir *Globigerina venezuelana* di bagian bawah (PPS09) dan kemunculan akhir *Sphaeroidinellopsis seminulina* di bagian atas (PPS16) (**Gambar 4**). Asosiasi planktonik yang hadir yaitu kelompok *Trilobatus trilobus*, *Neogloboquadrina acostaensis*, *Globigerinoides obliquus obliiquus* dan *Globorotalia scitula*. Zona ini setara dengan Zona N20 berdasarkan Zonasi Blow (1969, 1970). Pada daerah penelitian, zona ini berkorelasi dengan Satuan Batulempung-Batupasir bagian tengah.

Zona Selang *Globigerina praebulloides–Globigerina venezuelana*

Zona ini ditandai dengan kemunculan akhir *Globigerina praebulloides* di bagian bawah (BJ0514) dan kemunculan akhir *Globigerina venezuelana* di bagian atas (PPS09) (**Gambar 4**). Asosiasi foraminifera planktonik yang hadir yaitu *Orbulina universa*, *Trilobatus sacculiferus*, *Neogloboquadrina acostaensis*, *Sphaeroidinellopsis seminulina*, dan *Globigerinoides obliquus obliquus*. Zona ini setara dengan Zona N18–N19 berdasarkan Zonasi Blow (1969, 1979). Pada daerah penelitian, zona ini berkorelasi dengan Satuan Breksi dan Satuan Batulempung-Batupasir bagian bawah.

Zona Selang Parsial Globoquadrina altispira

Zona ini ditandai dengan kemunculan akhir *Sphaeroidinellopsis seminulina* di bagian bawah (PPS16) dan kehadiran *Globoquadrina altispira* hingga PPS20 (**Gambar 4**). Asosiasi planktonik yang hadir yaitu kelompok *Trilobatus trilobus, Orbulina universa*, dan *Globigerinoides obliquus obliquus.* Zona ini setara dengan Zona N21 berdasarkan Zonasi Blow (1969, 1970). Pada daerah penelitian, zona ini berkorelasi dengan Satuan Batulempung-Batupasir bagian atas.



Gambar 5 Taksa foraminifera planktonik yang digunakan sebagai biodatum: (A) *Globigerina praebulloides*, (B) *Globigerina venezuelana*, (C) *Sphaerodinellopsis seminulina*, dan (D) *Globoquadrina altispira.*

3.2 Paleobatimetri

Pada sampel BJ0514, asosiasi foraminifera bentik yang hadir yaitu *Uvigerina* sp., *Chilostomella* sp., *Bolivina* sp., *Brizalina* sp., *Gyroidina* sp., dan *Cassidulina* sp. (**Lampiran 2**). Kehadiran foraminifera laut dangkal seperti *Elphidium* sp. dapat diakibatkan oleh pengaruh arus turbidit. Rasio P/B sampel tersebut sekitar 54% (**Tabel 2**). Berdasarkan data-data tersebut, dapat diinterpretasikan bahwa lingkungan pengendapan BJ0514 berada di batial atas (**Gambar 4** dan **Tabel 2**).

Tabel 2 Rasio P/B dan paleobatimetri daerah penelitian.

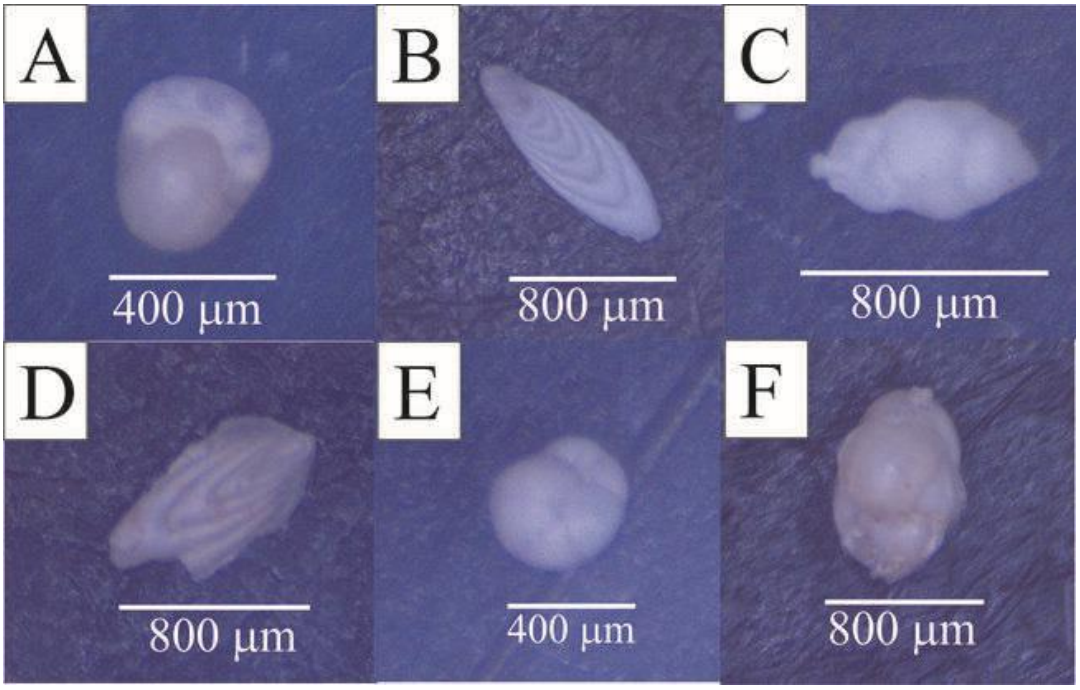
No.	Sampel	Rasio P/B (%)	Batimetri menurut Grimmsdale dan Morkhoven (1955)	Batimetri menurut Rauwenda (1984) (asosiasi foram bentik)
1	PPS20	90	Batial Atas	Neritik Luar–Tengah
2	PPS19	100	Batial Bawah	Neritik Luar–Tengah
3	PPS18	94	Batial Atas	Neritik Luar–Tengah
4	PPS17	88	Batial Atas	Neritik Luar–Tengah
5	PPS16	100	Batial Bawah	Neritik Luar–Tengah
6	PPS15	88	Batial Atas	Neritik Luar–Tengah
7	PPS14	83	Batial Atas	Neritik Luar–Tengah
8	PPS13	60	Neritik Luar	Neritik Luar–Tengah
9	PPS12	62	Neritik Luar	Neritik Luar–Tengah
10	PPS11	94	Batial Atas	Neritik Luar–Tengah
11	PPS10	82	Batial Atas	Batial Atas
12	PPS09	92	Batial Atas	Batial Atas
13	PPS08	92	Batial Atas	Batial Atas
14	PPS07	93	Batial Atas	Batial Atas
15	PPS06	93	Batial Atas	Batial Bawah
16	PPS05	83	Batial Atas	Batial Bawah
17	PPS04	83	Batial Atas	Batial Bawah
18	PPS03	88	Batial Atas	Batial Bawah
19	PPS02	89	Batial Atas	Batial Bawah
20	PPS01	82	Batial Atas	Batial Bawah
21	BJ0514	54	Neritik Luar	Batial Atas

Lingkungan pengendapan kemudian berubah menjadi lebih dalam pada sampel PPS01–PPS06, yaitu pada batial bawah (**Gambar 4** dan **Tabel 2**), dilihat dari kehadiran asosiasi foraminifera bentik penciri laut dalam seperti *Melonis pompilioides*, *Planulina wuellerstorfi*, *Oridorsalis* sp., *Eggerella bradyii*, dan *Anomalina coligera* (**Lampiran 2**). Rasio P/B berkisar antara 82–93 % (**Tabel 2**). Dalam hal ini, diperkirakan terjadi transgresi pada interval pengendapan BJ0514 menuju PPS01.

Kemudian saat pengendapan PPS06 menuju PPS07, diperkirakan terjadi regresi. Dari Batial Bawah, lingkungan pengendapan kembali mendangkal, menjadi batial atas (**Gambar 4** dan **Tabel 2**), dilihat dari asosiasi foraminifera bentik yang hadir, antara lain *Bolivina* sp., *Brizalina* sp., *Cibicides* sp., *Nodosaria* sp., *Gyroidina* sp., *Quinquelocullina* sp., dan *Pyrgo* sp. (**Lampiran 2**). *Melonis pompillioides* dan *Eggerella bradyii* yang sebelumnya muncul secara menerus, menjadi tidak hadir pada interval sampel PPS07–PPS10. Rasio P/B berkisar antara 81–92 % (**Tabel 2**).

Interval sampel PPS11–PPS18 menunjukkan perubahan lingkungan pengendapan yang terus mendangkal hingga ke Neritik Luar–Neritik Tengah (**Gambar 4** dan **Tabel 2**). Pada sampel-sampel tersebut, kelimpahan foraminifera planktonik semakin berkurang dengan rasio P/B berkisar antara

60–80 % (**Tabel 2**), sedangkan taksa foraminifera bentik seperti *Quinqueloculina* sp., *Cibicides* sp., dan *Pyrgo* sp., hadir secara menerus (**Lampiran 2**). Kehadiran *Globorotalia* yang mempunyai *keel* dan pipih berkurang (**Lampiran 1**), merupakan indikasi perubahan lingkungan yang mendangkal. Pada sampel PPS19 dan PPS20 yang mewakili interval paling atas dari daerah penelitian, memperlihatkan kelimpahan foraminifera planktonik dan bentik yang sangat sedikit hingga kosong (**Lampiran 1** dan **Lampiran 2**). Taksa foraminifera bentik *Quinqueloculina* sp. dan *Pyrgo* sp. hadir secara kontinu. Lingkungan pengendapan PPS19 dan PPS20 diinterpretasikan masih pada Neritik Tengah, namun batasnya tidak dapat ditentukan dengan baik (**Gambar 4**). Dalam hal ini, secara umum sampel PPS01–PPS20 menunjukkan lingkungan pengendapan yang cenderung mendangkal yang mengindikasikan adanya regresi. Foto beberapa taksa foraminifera bentik yang ditemukan di daerah penelitian ditampilkam pada **Gambar 6**.



Gambar 6 Beberapa taksa foraminifera bentik yang ditemukan di daerah penelitian: (A) *Melonis pompilideus*, (B) *Frondicularia* sp., (C) *Uvigerina* sp., (D) *Frondicularia* sp., (E) *Cassidulina* sp., dan (F) *Uvigerina* sp.

4. DISKUSI

Interpretasi paleobatimetri pada penelitian ini lebih ditekankan pada asosiasi foraminifera bentik dibandingkan rasio planktonik/bentik (P/B) semata. Pendekatan ini dipilih karena litologi Formasi Tapak di daerah Cirahab memperlihatkan ciri khas endapan turbidit, seperti adanya perlapisan bergradasi, fragmen breksi, serta batupasir berbutir kasar yang menandakan aktivitas arus gravitasi bawah laut (Novandaru, 2015). Dalam kondisi semacam ini, proses transportasi lateral dan *reworking* sedimen dapat mencampurkan foraminifera dari berbagai zona kedalaman, sehingga nilai rasio P/B sering kali tidak lagi merepresentasikan kondisi *in situ* dari kolom air tempat sedimen diendapkan (Rauwenda dkk., 1984; Jorissen dkk., 1995). Beberapa studi juga menunjukkan bahwa di lingkungan turbiditik, rasio P/B menjadi tidak stabil akibat pengaruh redeposisi dan perbedaan ketahanan cangkang foraminifera terhadap pelapukan (Tapia dkk., 2022). Oleh karena itu, dalam penelitian ini rasio P/B hanya digunakan sebagai parameter pelengkap, sedangkan interpretasi utama paleobatimetri didasarkan pada asosiasi taksa foraminifera bentik.

Keberadaan dan dominasi spesies bentik tertentu dianggap lebih representatif dalam menggambarkan

variasi batimetri dan kondisi dasar laut Formasi Tapak. Setiap takson memiliki preferensi ekologis spesifik terhadap kedalaman, oksigenasi dasar laut, jenis substrat, dan suplai bahan organik, sehingga pola kemunculannya dapat mencerminkan perubahan energi dan kedalaman lingkungan pengendapan (van der Zwaan dkk., 1990; Hayward, 2004). Misalnya, kelimpahan *Uvigerina*, *Melonis pompilioides*, dan *Planulina wuellerstorfi* menunjukkan kondisi batial bawah dengan suplai bahan organik tinggi dan oksigen rendah, sedangkan dominasi *Cibicides* dan *Quinqueloculina* menandakan lingkungan neritik atas yang lebih dangkal dan teroksigenasi baik. Dengan demikian, analisis asosiasi foraminifera bentik tidak hanya lebih reliabel dalam menentukan paleobatimetri, tetapi juga mampu memperkuat interpretasi terhadap perubahan fasies vertikal yang berkaitan dengan siklus transgresi–regresi dan dinamika suplai sedimen klastik pada sistem turbidit Formasi Tapak.

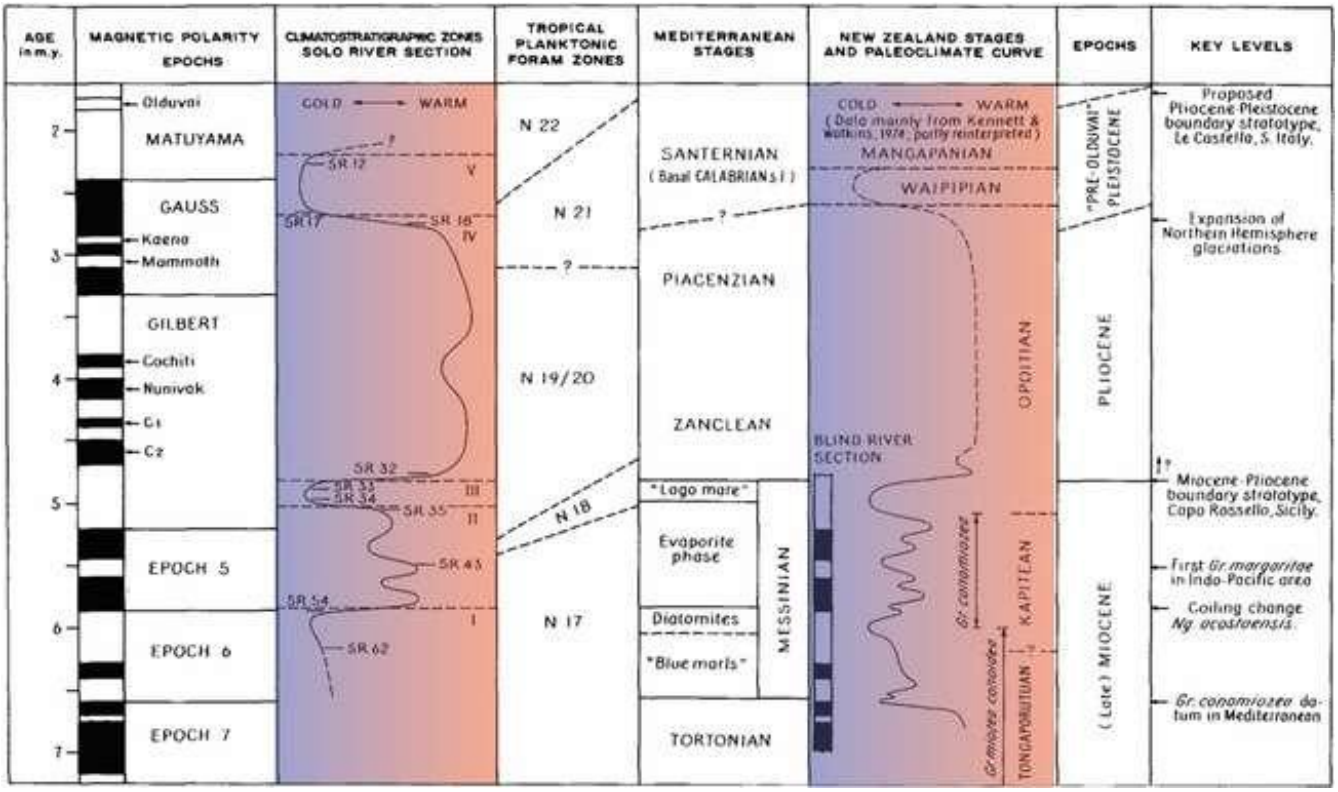
Berdasarkan perubahan paleobatimetri di daerah penelitian, pada saat pengendapan sampel BJ0514–PPS20 terjadi satu kali transgresi dan satu kali regresi (**Gambar 4**). Fase transgresi terjadi pada interval pengendapan BJ0514–PPS01 yang diinterpretasikan berlangsung pada Kala Miosen Akhir–Pliosen Awal, sedangkan fase regresi terjadi pada interval pengendapan PPS01 hingga PPS20. Perubahan muka laut ini dapat terdeteksi dari pergeseran paleobatimetri, dengan kenaikan muka laut (transgresi) diindikasikan oleh dominasi foraminifera bentik laut dalam dan litofasies halus, sementara penurunan muka laut (regresi) ditunjukkan oleh munculnya taksa foraminifera dangkal serta pengendapan sedimen berbutir lebih kasar. Penelitian sebelumnya oleh van Gorsel dan Troelstra (1981) pada lintasan Bengawan Solo yang juga menggunakan data foraminifera menunjukkan bahwa pada Kala Miosen Akhir menuju Pliosen Awal terjadi perubahan iklim yang semakin memanas, cukup stabil pada Pliosen, kemudian mendingin pada Pliosen menuju Pleistosen. Perubahan iklim ini memengaruhi fluktuasi muka laut global (eustatik) yang terekam dalam urutan sedimen di berbagai lokasi, termasuk di daerah penelitian. Hasil penelitian paleoklimat oleh van Gorsel dan Troelstra (1981) tersebut juga sesuai dengan data paleoklimat dari wilayah Selandia Baru (**Gambar 7**). Dengan demikian, dapat diinterpretasikan bahwa perubahan paleobatimetri yang teramati di Formasi Tapak, Wangon, merupakan respons lokal terhadap dinamika iklim dan muka laut global pada Kala Miosen Akhir hingga Pliosen Awal.

5. KESIMPULAN

Daerah penelitian dapat dibagi menjadi empat biozonasi foraminifera planktonik, yaitu:

- Zona Selang Parsial *Globigerina praebulloides*, setara dengan Zona N16-N17 (Blow, 1969, 1970) pada Miosen Akhir.
- Zona Selang *Globigerina praebuloides-Globigerina venzuelana*, setara dengan Zona N18-N19 (Blow, 1969, 1970) pada Pliosen Awal.
- Zona Selang *Globigerina venezuelana-Sphaeroidinellopsis seminulina*, setara dengan Zona N20 (Blow, 1969, 1970) pada awal Pliosen Akhir.
- Zona Selang Parsial *Sphaeroidinellop-sis seminulina*, setara dengan Zona N21 (Blow, 1969, 1970) pada Pliosen Akhir.

Analisis lingkungan pengendapan menunjukkan pada daerah penelitian terjadi satu kali transgresi pada Kala Miosen Akhir–Pliosen Awal dan satu kali regresi pada Kala Pliosen hingga menuju Kala Pleistosen.



Gambar 7 Kurva paleoklimat pada lintasan Bengawan Solo dan korelasinya pada paleoklimat Selandia Baru (modifikasi dari van Gorsel dan Troelstra, 1981).

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterimakasih kepada warga Desa Tipar Kidul dan Cirahab, terutama Ibu Mami, Mas Fadli, Mas Pram, dan Mas Angka atas bantuannya selama penelitian lapangan, serta seluruh jajaran dosen dan staf Teknik Geologi ITB atas izin penggunaan fasilitas laboratorium.

REFERENSI

Altuway, A. L., dan Djohor, D. S. (2020): Analisis Litofasies dan Provenance FDI Gumelar, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah, *Journal of Geoscience Engineering & Energy*, 31–39. https://doi.org/10.25105/jogee.v1i01.6693

Amin, M. H. A., dan Susilo, B. K. (2019): Lingkungan Pengendapan Formasi Tapak Daerah Samudra, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah, *Seminar Nasional AVoER XI*.

Blow, W. H. (1969): Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal Biostratigraphy, R. Bronniman dan H. H. Renz, ed., *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils 1*, Geneva, 199–421.

Blow, W. H. (1970): Validity of Biostratigraphic Correlations Based on the Globigerinacea, *Micropaleontology*, **16**(3), 257. https://doi.org/10.2307/1485078

Budiarto, E. Y., Maryunani, K. A., dan Gustiantini, L. (2023): Pengaruh Fenomena Indian Ocean Dipole Terhadap Paleoekologi dan Paleoproduktivitas Foraminifera di Perairan Selat Sunda pada Waktu Pleistosen-Holosen, *Bulletin of Geology*, **7**(2), 1184–1201. https://doi.org/10.5614/bull.geol.2023.7.2.5

Coccioni, R. dan Premoli Silva, I. (2015): Revised Upper Albian–Maastrichtian planktonic foraminiferal biostratigraphy and magnetostratigraphy of the classical Tethyan Gubbio section (Italy), *Newsletters on Stratigraphy*, *48*(1), 47-90. https://doi.org/10.1127/nos/2015/0055

Del Gaudio, A. V., Avery, A., Auer, G., Piller, W. E., dan Kurz, W. (2024): Planktonic foraminiferal assemblages as tracers of paleoceanographic changes within the northern Benguela current system since the Early Pleistocene, *Climate of the Past*, **20**(10), 2237–2266. https://doi.org/10.5194/cp-20-

2237-2024

Dennison, J. M., dan Hay, W. W. (1967): Estimating the Needed Sampling Area for Subaquatic Ecologic Studies, *Journal of Paleontology*, diperoleh melalui situs internet: https://www.jstor.org/stable/1302052, **41**(3), 706–708.

Djuri, M., Samodra, H., Amin, T. C., dan Gafoer, S. (1992): *Geological Map, Scale 1:100,000, Purwokerto-Tegal Sheet, Java*.

du Châtelet, É.A. and Debenay, J.P. (2010). The anthropogenic impact on the western French coasts as revealed by foraminifera: a review, *Revue de micropaléontologie*, *53*(3), pp.129-137. https://doi.org/10.1016/j.revmic.2009.11.002

Fitriana, T., Aznal, M., Supardi, N., dan Janat, N. R. (2023): Paleobatimetri Satuan Batupasir Formasi Pasangkayu Berdasarkan Kandungan Foraminifera Bentonik Daerah Ako Kabupaten Pasangkayu Provinsi Sulawesi Barat, *JURNAL GEOMining*, **4**(2), 32–39. https://doi.org/10.33387/geomining.v4i2.6874.g4365

Grimsdale, T. F., dan van Morkhoven, F. P. C. M. (1955): The Ratio between Pelagic and Benthonic Foraminifera as a Means of Estimating Depth of Deposition of Sedimentary Rocks, *Proceedings of the 4th World Petroleum Congress (Rome) Section 1/D4*, 473–491. OnePetro, diperoleh 25 Oktober 2022 melalui situs internet: https://onepetro.org/WPCONGRESS/proceedings/WPC04/WPC04/WPC-6028/203780,.

Hayward, B. W. (2004): Foraminifera-based estimates of paleobathymetry using Modern Analogue Technique, and the subsidence history of the early Miocene Waitemata Basin, *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, **47**(4), 749–767. https://doi.org/10.1080/00288306.2004.9515087

Jorissen, F. J., de Stigter, H. C., dan Widmark, J. G. V. (1995): A conceptual model explaining benthic foraminiferal microhabitats, *Marine Micropaleontology*, **26**(1–4), 3–15. https://doi.org/10.1016/0377-8398(95)00047-X

Kaiho, K., 1994. Benthic foraminiferal dissolved-oxygen index and dissolved-oxygen levels in the modern ocean. *Geology*, *22*(8), 719-722. https://doi.org/10.1130/0091-7613(1994)022<0719:BFDOIA>2.3.CO;2

Kenneth, J. P., dan Srinivasan, M. S. (1983): *Neogene planktonic foraminifera: A phylogenetic atlas*, Hutchinson and Ross, Stroudburg, Pennsylvania, 125–160.

Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia (1996): *Sandi Stratigrafi*, 23–27.

Murray, J.W. (2006): *Ecology and Applications of Benthic Foraminifera*. Cambridge University Press.

Novandaru, N. (2015): *Geologi Daerah Cirahab dan Sekitarnya, Kecamatan Wangon, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah*, Tugas Akhir Sarjana, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 1–71.

Rauwenda, P. J., Morley, R. J., dan Toelstra, T. R. (1984): *Assesment of Depositional Environment and Stratigraphy on the Basic of Foraminifera Paleoecology*, Singapore.

Spezzaferri, S., Kucera, M., Pearson, P. N., Wade, B. S., Rappo, S., Poole, C. R., Morard, R., dan Stalder, C. (2015): Fossil and Genetic Evidence for the Polyphyletic Nature of the Planktonic Foraminifera "Globigerinoides", and Description of the New Genus Trilobatus, *PLOS ONE*, **10**(5), e0128108. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128108

Spezzaferri, S., Olsson, R. K., dan Hemleben, C. (2018): Taxonomy, Biostratigraphy, and Phylogeny of Oligocene to Lower Miocene Globigerinoides and Trilobatus, 269–306 *dalam Cushman Foundation Special Publication*.

Tapia, R., Ho, S. L., Wang, H. Y., Groeneveld, J., dan Mohtadi, M. (2022): Contrasting vertical distributions of recent planktic foraminifera off Indonesia during the southeast monsoon: implications for paleoceanographic reconstructions, *Biogeosciences*, **19**(13), 3185–3208. https://doi.org/10.5194/bg-19-3185-2022

Tipsword, H. L., Setzer, F., dan Smith, F. (1966): Interpretation of Depositional Environment in Gulf Coast Petroleum Exploration from Paleoecology and Related Stratigraphy, *AAPG Bulletin*, **50**(10), 2321–2321.

https://doi.org/10.1306/5D25B733-16C1-11D7-8645000102C1865D

van der Zwaan, G. J., Jorissen, F. J., dan de Stigter, H. C. (1990): The depth dependency of planktonic/benthic foraminiferal ratios: Constraints and applications, *Marine Geology*, **95**(1), 1–16. https://doi.org/10.1016/0025-3227(90)90016-D

van Gorsel, J. T., dan Troelstra, S. R. (1981): Late Neogene planktonic foraminiferal biostratigraphy and climatostratigraphy of the Solo River section (Java, Indonesia), *Marine Micropaleontology*, **6**(2), 183–209. https://doi.org/10.1016/0377-8398(81)90005-0

Wade, B.S., Pearson, P.N., Berggren, W.A. and Pälike, H., 2011. Review and revision of Cenozoic tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and calibration to the geomagnetic polarity and astronomical time scale, *Earth-Science Reviews*, *104*(1-3), 111-142. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2010.09.003

Lampiran 1. Distribusi foraminifera planktonik.

Umur	Zonasi Planktonik (Blow, 1969, 1970)	Formasi	Satuan	Komentar Biostratigrafi	No.	Sampel	Kelimpahan Planktonik	Kelimpahan Total	Foraminifera Planktonik																							
									Hastigerina siphonifera	*Trilobatus trilobus*	*Trilobatus immaturus*	*Orbulina universa*	*Globigerinoides obliquus*	*Globoquadrina altispira*	*Globigerinoides* spp.	*Globorotalia menardii*	*Globorotalia* spp.	*Trilobatus sacculiferus*	*Neogloboquadrina*	*Sphaeroidinellopsis seminulina*	*Globorotalia scitula*	*Globigerinita* sp.	*Globigerina* sp.	*Globigerinoides obliquus*	*Globorotalia tumida*	*Sphaeroidenalla dehiscens*	*Globigenina venezuelana*	*Orbulina suturalis*	*Globorotalia humerosa*	*Candeina nitida*	*Globigerina praebulooides*	*Unidentified planktonic*
Pliosen Akhir	N21	Tapak	Batulempung-Batupasir	*Globoquadrina altispira*	1	PPS20	62	69	1	13	7	3	10	8	5																	15
					2	PPS19	81	81	1	13	5	11	7	17		5	5															17
					3	PPS18	78	83	3	11	5	5	9	7	11		7	1														19
					4	PPS17	52	59		17	4	6				2																23
	N20			*Sphaerodinellopsis seminulina*	5	PPS16	110	110	7	11	13			11		3	9	3	3	19												31
					6	PPS15	159	181	5	23	11	7		19	21	21		5		13	7											27
					7	PPS14	114	138		15	7	5	19	11	5	3	7	2		25												15
					8	PPS13	32	53		3	2	3				6	3			5		2	3									5
					9	PPS12	415	668		41	33		81		47	9	41	25		9												129
					10	PPS11	798	851	17	41	41		25	17	202	41	154			17	17											226
					11	PPS10	1683	2060		49	33	17	17		1094	33	33	33			33			49	33	17						242
Pliosen Awal	N18–N19			*Globigerina venezuelana*	12	PPS09	985	1067	25	132	132	50				157				58	9	9		190			25					198
					13	PPS08	931	1007	17	149	83	34	67	42	108	25	124			25												257
					14	PPS07	712	762		118	41	53	114	45		82		57	29	45	13			21								94
					15	PPS06	547	586		33	57	129	49		9	41			25	41		25						17				121
					16	PPS05	281	340		25	5	13	122			9		17	5													85
					17	PPS04	592	712		21	66		21	41		41				41		29					9	119				204
					18	PPS03	309	352		2	14	8	13			11			3	10							3					245
					19	PPS02	1163	1302		106	114	98	89	81		130		25		57		25					41		17			380
					20	PPS01	1522	1859	65	81	81	81	211	65		179		83	65	114		49	114	49				33		9		243
Miosen Akhir	N16-N17	Halang	Batupasir	*Globigerina praebulloides*	21	BJ0514	11598	21379	261	391	522					652	391											131	782		1564	6904

Lampiran 2. Distribusi foraminifera bentik.

Formasi	Satuan	Lingkungan						No.	Sampel	Kelimpahan Benthonik	Kelimpahan Total	Foraminifera Benthonik																														
												Hyalin																											Miliolid		Arenaceous		
		Litoral	Neritik Dalam	Neritik Tengah	Neritik Luar	Batial Atas	Batial Bawah					*Siphoninan* sp.	*Pullenia* sp.	*Virgulina* sp.	*Planulina*	*Brizalina* spp.	*Melonis* sp.	*Cibicides* spp.	*Cassidulina* spp.	*Lagena* sp.	*Bolivina* spp.	*Gyroidina* sp.	*Anomalina coligera*	*Chilostomella* sp.	*Oridorsalis* sp.	*Ammonia* sp.	*Nodosaria* sp.	*Melonis pompilideus*	*Uvigerina* sp.	*Osangularia* sp.	*Globobullimina* sp.	*Bullimina* sp.	*Elphidium* sp.	*Cyclammina* sp.	*Trifarina* isp.	*Lagenodosaria* sp.	*Gavelinella* sp.	*Dentalina* isp.	*Quinqueloculina* sp.	*Pyrgo* sp.	*Eggerella bradyii*	*Textularia* sp.	*Glomospira* sp.
Tapak	Batulempung-Batupasir			?				1	PPS20	7	69																													2	3			
				?				2	PPS19	0	81																																	
								3	PPS18	5	83	5	3	3																										1	1	3		
								4	PPS17	7	59																													2	5			
								5	PPS16	0	110				3																													
								6	PPS15	22	181					7	3	3																				3	3	3			
								7	PPS14	24	138						3		7																				5	9			
								8	PPS13	21	53			3			3	5		2		2	4																3	2			
								9	PPS12	253	668					226		9			9		9																				
								10	PPS11	53	851						9		9					9	17														9				
								11	PPS10	377	2060		17		17		17	17	17	33	210	33				17													33				
								12	PPS09	82	1067		25					5									9	9											17	33	9		
								13	PPS08	76	1007				9		17					25				17	17																
								14	PPS07	50	762				13		5					9							9	5									13	9			
								15	PPS06	39	586							5	5		5	5						5	5												9		
								16	PPS05	59	340	5							9		21	5					9	5												5		5	
								17	PPS04	120	712							5		9		13	5		33		9	17			9								5	5	9		1
								18	PPS03	43	352												3					17			9									5	9		
								19	PPS02	139	1302		9		25			9	17	9		25			9		9	9	9	9		9								25		
								20	PPS01	337	1859		49							49	154		17				25							9	25				25	33			
Halang	Batupasir							21	BJ0514	9781	21379	131				2085	261	1433	652	131	3258	131		131			131		652				392		261	131	1					131	

R

T

Ket: **R** Regresi
T Transgresi