



Bulletin of Scientific Contribution
GEOLOGY
Fakultas Teknik Geologi UNIVERSITAS
PADJADJARAN

homepage: <http://jurnal.unpad.ac.id/bsc>
p-ISSN: 1693-4873; e-ISSN: 2541-514X



Volume 23, No.3
Desember 2025

PALEOTEMPERATUR KALA MIOSEN TENGAH BERDASARKAN ANALISIS KELIMPAHAN FORAMINIFERA PLANKTONIK DAERAH CISANGKAL PANGANDARAN, JAWA BARAT

Rayhan Fatih Pramudya^{1*}, Riza Rohmatul Haitami¹, Lia Jurnaliah², Lili Fauzielly², Winantris²

¹Program Studi Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

²Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

*Email : rayhan.fatih49@gmail.com

ABSTRACT

*Temperature fluctuations that have occurred from the past to the present continue to influence the existence of marine microorganisms, including foraminifera. The abundance of foraminifera found at the study site within the Pamutuan Formation can be utilized as an indicator for paleotemperature reconstruction. This research focuses on reconstructing regional paleotemperature conditions during the Middle Miocene and contributes to enriching planktonic foraminiferal paleontological data, which can serve as a basis for interpreting climate evolution, biogeographic distribution, and the dynamics of ancient marine environments in Indonesia. To achieve these objectives, an abundance analysis was conducted on the occurrence of planktonic foraminifera at the study site. The analysis revealed a total of 16,072 planktonic foraminiferal individuals comprising 60 species, obtained from 10 rock samples collected from the Tuff Napalan Member of the Pamutuan Formation (Tmpt). Among these, 8,672 individuals were identified as temperature-indicating species, consisting of 6,192 individuals representing warm-water species such as *Globigerinoides subquadratus* and *Globigerinoides trilobus*, 1,896 individuals as temperate-water species such as *Globigerinoides continuosa* and *Sphaerodinellopsis seminulina*, and 584 individuals as cold-water species such as *Globigerina venezuelana*. The dominance of warm-water indicator species, with percentages ranging from 57% to 80% in the study area, indicates that the paleotemperature in the region falls into the relatively warm category ($>20^{\circ}\text{C}$), with several points showing changes due to fluctuations in the percentages of temperate and cold-water species, which may be related to events such as the Middle Miocene Climate Optimum (MMCO) influenced by factors such as nutrient availability, sunlight, and other environmental components.*

Keywords: Planktic Foraminifera, Pamutuan Formation, Paleotemperature, MMCO.

ABSTRAK

Fluktuasi suhu yang terjadi sejak masa lampau hingga saat ini terus memengaruhi eksistensi mikroorganisme laut, termasuk foraminifera. Kelimpahan foraminifera yang ditemukan pada lokasi penelitian di dalam Formasi Pamutuan ini dapat dimanfaatkan sebagai indikator dalam rekonstruksi paleotemperatur. Penelitian ini memiliki fokus untuk merekonstruksi kondisi paleotemperatur regional pada Kala Miosen Tengah dan memberikan kontribusi bagi pengayaan data paleontologi foraminifera planktonik, yang dapat digunakan sebagai dasar interpretasi evolusi iklim, distribusi biogeografi, dan dinamika lingkungan laut purba di kawasan Indonesia. Untuk mencapai tujuan tersebut, dilakukan analisis kelimpahan terhadap keterdapatan foraminifera planktonik pada Lokasi penelitian. Melalui analisis kelimpahan diperoleh sebanyak 16.072 individu foraminifera planktonik dengan total 60 spesies yang didapatkan dari total 10 conto batuan yang ada dari Anggota Tuff Napalan Formasi Pamutuan (Tmpt). Terdapat sebanyak 8672 individu sebagai penciri temperatur dengan rincian 6192 individu sebagai spesies penciri temperatur hangat seperti *Globigerinoides subquadratus* dan *Globigerinoides trilobus*, 1896 individu sebagai penciri temperatur sedang seperti *Globigerinoides continuosa* dan *Sphaerodinellopsis seminulina*, serta 584 individu sebagai penciri temperatur dingin seperti *Globigerina venezuelana*. Melihat dari dominansi spesies penciri temperatur hangat dengan persentase berkisar antara 57% hingga 80% pada daerah penelitian mengindikasikan bahwa paleotemperatur pada daerah tersebut masuk ke dalam kategori temperatur yang relatif hangat ($>20^{\circ}\text{C}$) dengan adanya beberapa titik perubahan karena terjadinya fluktuasi persentase individu spesies penciri temperatur sedang maupun dingin sesuai dengan peristiwa MMCO dikarenakan faktor seperti

nutrisi, sinar matahari, dan komponen lain.

Kata Kunci : Foraminifera Planktonik, Formasi Pamutuan, Paleotemperatur, MMCO.

PENDAHULUAN

Paleotemperatur adalah cabang ilmu yang mempelajari bagaimana kondisi suhu pada masa lampau dengan memanfaatkan berbagai proxy geologi. Dinamika kondisi suhu yang selalu berubah-ubah terjadi dari masa lampau hingga saat ini mempengaruhi keberadaan mikroorganisme laut seperti foraminifera. Foraminifera merupakan organisme uniseluler yang hidup di permukaan laut dan memiliki kemampuan untuk membentuk cangkang dari kalsium karbonat, yang membuat struktur tubuh foraminifera responsif terhadap perubahan

kondisi lingkungan (Nurruhwati, 2012). Beberapa faktor ekologi dapat mengendalikan distribusi foraminifera, antara lain suhu, salinitas, intensitas cahaya, nutrisi, geografi, dan kedalaman perairan (Arnold dan Parker, 1999). Jenis dan kelimpahan foraminifera dalam sedimen laut dapat memberikan informasi penting mengenai kondisi lingkungan berupa suhu pada masa lampau sebagai bioindikator relatif. Oleh karena itu, analisis terhadap kelimpahan foraminifera menjadi metode yang efektif dalam merekonstruksi paleotemperatur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Rumsih, 2023)

Lokasi penelitian secara administratif terletak pada daerah Cisangkal, Kecamatan Langkaplancar, Kabupaten Pangandaran, Provinsi Jawa Barat, tepatnya dengan koordinat $108^{\circ}30'41,61''$ BT dan $7^{\circ}36'17,10''$ LS sampai $108^{\circ}30'40,48''$ BT dan $7^{\circ}36'19,78''$ LS (Gambar 1) termasuk dalam Formasi Pamutuan. Studi di Cekungan Bogor (Jawa Barat) khususnya pada Formasi Pamutuan menunjukkan fluktuasi iklim paleomiosen, di mana kelimpahan dan diversitas foraminifera serta nannofosil digunakan untuk merekonstruksi suhu permukaan laut dan dinamika iklim dari awal hingga pertengahan Miosen (Gasperz et al., 2020). Sehingga Formasi Pamutuan merupakan salah satu formasi dengan potensi informasi paleotemperatur. Studi terhadap formasi ini penting untuk memahami dinamika iklim purba yang terjadi di wilayah Indonesia, khususnya di Jawa Barat, yang selama sejarah geologinya

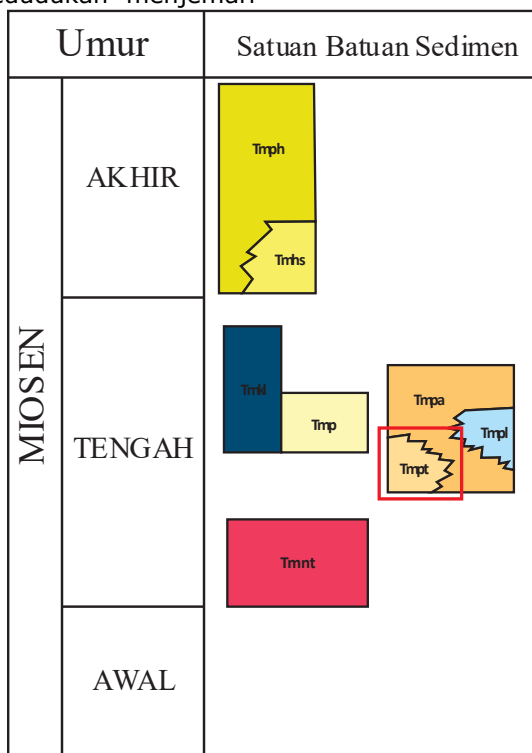
terpengaruh oleh perubahan iklim.

Menurut Suhartati (1988), distribusi foraminifera sangat dipengaruhi oleh kondisi ekologis seperti temperatur dan kemampuan adaptasinya terhadap lingkungan setempat yang mencerminkan hubungan antar spesiesnya. Penelitian ini bertujuan untuk merekonstruksi paleotemperatur Formasi Pamutuan dengan menggunakan analisis kelimpahan foraminifera planktonik. Dengan menganalisis hubungan antara kelimpahan foraminifera dan variasi suhu laut di masa lampau, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi penting terhadap pemahaman mengenai dinamika perubahan iklim purba dan menjelaskan peran iklim masa lalu dalam memengaruhi pembentukan dan perkembangan sistem ekologi laut serta kondisi geologi yang tersingkap pada masa kini, termasuk distribusi sedimen, pola fasies, dan evolusi lingkungan laut di kawasan penelitian.

TINAJUAN PUSTAKA

Daerah penelitian termasuk dalam Anggota Tuff Napalan Formasi Pamutuan (Tmpt) dengan komposisi batuan berupa tuf napalan berselingan dengan batupasir sela, batulempung, dan batugamping (Gambar 2). Satuan ini memiliki kedudukan menjemari

dengan dua satuan lain yaitu satuan batupasir Formasi Pamutuan (Tmpa) dan Anggota Kalkarenit Formasi Pamutuan (Tmpl) yang membuat ketiga satuan memiliki persamaan umur yaitu Miosen Tengah (Simandjuntak dan Surono, 1992)



Gambar 2. Kesebandingan Satuan Batuan Regional Pangandaran (Simandjuntak dan Surono, 1992). Kotak merah menandakan Anggota Tuff Napalan Formasi Pamutuan.

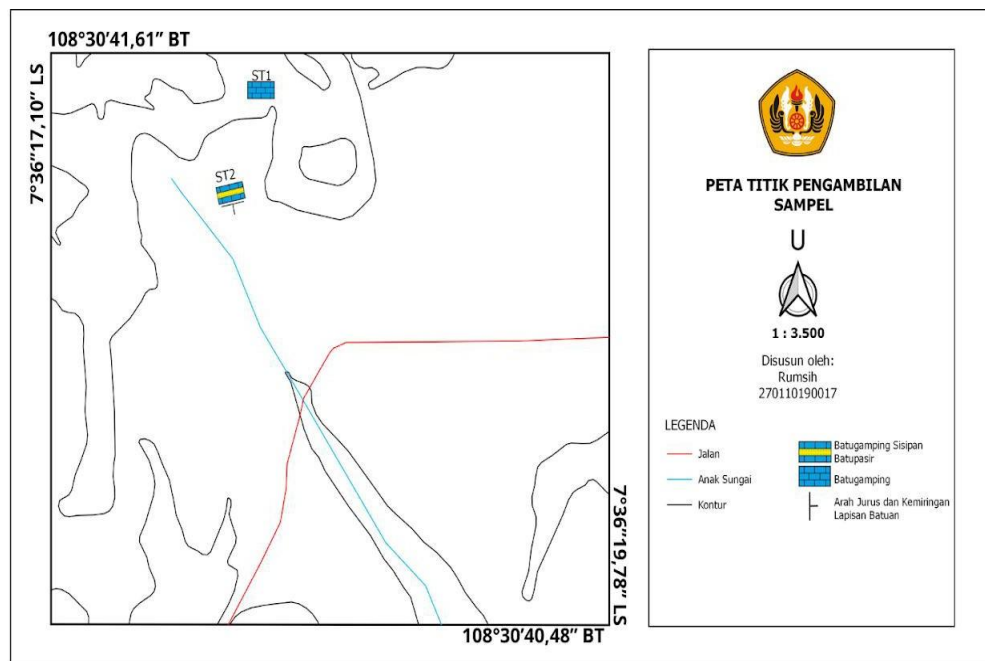
Foraminifera adalah mikroorganisme bersel satu yang termasuk dalam kelompok protozoa tersusun atas protoplasma dan inti dan mampu membentuk cangkang (Jurnaliah, 2013). Organisme dengan daur hidup yang sederhana memiliki populasi yang sangat melimpah dan persebaran yang sangat luas, sehingga banyak tercatat sebagai arsip kehidupan dalam bentuk fosil berupa cangkang. Sebaran foraminifera dipengaruhi oleh kondisi ekologi sehingga beberapa spesies mencerminkan kondisi ekologi tertentu, sehingga foraminifera baik digunakan untuk mengetahui kondisi ekologi masa lalu. Foraminifera dapat digunakan untuk korelasi, paleoklimatologi, paleoseanografi, paleoekologi, pemantauan polusi, dan lain-lain. (Armstrong and Brasier, 2004).

Menurut Haq & Boersma (1998), berdasarkan cara hidupnya, foraminifera terbagi menjadi dua kelompok yaitu, yang hidup melayang

pada kolom air dan menambat di dasar laut. Foraminifera planktonik hidup dengan cara mengambang pada kolom air (Bignot, 1982 dalam Pringgoprawiro dan Kapid, 2000). Foraminifera planktonik mengapung di kolom air laut pada kedalaman sekitar 1.000 meter, berukuran 50 hingga 100 mikrometer. Cangkang foraminifera planktonik memiliki bentuk yang relatif bulat dengan komposisi berupa kalsit atau aragonite dengan diameter antara 10 – 600 µm. Foraminifera planktonik banyak digunakan sebagai indikator penanda iklim atau suhu karena keberadaannya yang dikontrol oleh suhu itu sendiri. (Armstrong and Brasier, 2004).

METODE PENELITIAN

Tahap penelitian ini diawali dengan pengerjaan lapangan yang dilakukan oleh Rumsih (2023) dan menghasilkan 10 conto batuan satuan Anggota Tuff Napalan Formasi Pamutuan (Tmpt).



Gambar 3. Titik Pengambilan Sampel (Rumsih, 2023)

Pada penelitian ini digunakan conto batuan dari stasiun dua (ST2) yang berlitologi batugamping dengan urutan dari ST2 – H2 merupakan lapisan yang relatif tertua hingga ST2 – H13 merupakan lapisan yang relatif paling muda. (Gambar 3). Stasiun dua yang merupakan lapisan terdiri atas batugamping dengan karakteristik warna segar putih kekuningan, warna lapuk abu kehitaman, bersifat karbonatan, kekerasan keras, struktur sedimen laminasi, dan klastik. Lalu sisipan batupasir dengan karakteristik warna segar kuning kecoklatan, warna lapuk coklat terang, ukuran butir pasir halus, bentuk butir membundar tanggung, kemas terbuka, kekerasan getas, bersifat karbonat, dan struktur sedimen laminasi (Rumsih, 2023). Conto batuan sebanyak 50 gram dipreparasi dengan metode destruktif kimia untuk memisahkan material sedimen yang menempel dengan mikrofosil yang akan diamati. Tahapan selanjutnya, sedimen yang telah dipreparasi melalui proses *picking* atau penjentikan menggunakan jarum penjentik untuk mengambil mikrofosil yang ada pada sedimen, kemudian dipindahkan ke *microfossil plate* dan ditempel menggunakan campuran lem dan air yang dilakukan menggunakan bantuan mikroskop binokuler. Selanjutnya, fosil yang telah dipindahkan ke atas plate akan diidentifikasi hingga tingkat genus dan spesies berdasarkan karakter morfologi cangkang dan penampakan luarnya, dengan mengacu pada literatur Bolli & Saunders (1985) serta Postuma (1971). Hasil identifikasi tersebut kemudian dikompilasi secara kuantitatif, dengan jumlah individu yang dianalisis untuk setiap

genus ditargetkan minimal sebanyak 200 individu sebagai representasi yang memadai. Klasifikasi kelimpahan planktonik foraminifera dalam penelitian ini mengacu pada Murray (2006), yaitu *rare* (<1% total individu), *common* (1–10%), *abundant* (10–50%), dan *very abundant* (>50%). Klasifikasi ini digunakan untuk mempermudah interpretasi distribusi dan dominansi spesies terhadap kondisi lingkungan pada saat sedimentasi.

Data kelimpahan dan variasi genus dari foraminifera planktonik yang diperoleh selanjutnya akan dikelompokkan berdasarkan temperaturnya dan diperhitungkan melalui genus dominan pada setiap conto batuan dengan perhitungan persen kumulatif individu untuk setiap kelompok temperature sesuai dengan Keller (1985) (Tabel 1). Baru kemudian pada tahapan terakhir dilakukan rekonstruksi paleotemperatur dalam bentuk kurva untuk mengetahui adanya perubahan yang fluktuatif pada temperature berdasarkan nilai kumulatif individu di tiap kelompok.

Tabel 1. Tingkatan Temperatur pada Spesies Foraminifera Planktonik (Keller, 1985)

Kedalaman Air	Umur
	16 Juta tahun yang lalu
Permukaan (Surface)	Percampuran <i>Globigerinoides spp.</i>
	<i>Gs. trilobus</i> - <i>Gs. Sacculifer</i>
	<i>Gs. subquadratus</i>
	<i>Gl. siakensis</i> - <i>Gl. mayeri</i> <i>Gq. altispira</i>
Pertengahan Bagian Atas (Upper Intermediate)	<i>Gl. peripheronda</i>
	Kelompok <i>Gl. Fohsi</i>
	<i>Gl. continuosa (+)</i> <i>Gq. dehiscens (+)</i>
Pertengahan Bagian Bawah (Lower Intermediate)	<i>Gl. miozea</i>
	<i>G. woodi (+)</i>
	<i>G. bulloides</i>
Dalam (Deep)	<i>G. venezuelana</i>

Keterangan : * = Spesies dengan $\delta^{18}O$ yang bervariasi ; + = Spesies yang memerlukan studi lebih lanjut dalam pemeringkatan

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN Kelimpahan Foraminifera Planktonik

Conto batuan yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 10 buah, dari satu titik pengambilan stasiun, yaitu ST2-H2, ST2-H3, ST2-H5, ST2-H6, ST2-H7, ST2-H9, ST2-H10, ST2-H11, ST2-H12, ST2-H13. Litologi pada daerah penelitian tersusun atas batugamping dan batugamping sisipan dengan batupasir.

Berdasarkan hasil analisis kelimpahan dari total 10 conto batuan sedimen yang diteliti mengandung fosil foraminifera planktonik. Total individu yang didapatkan dari perhitungan berjumlah 16.072 individu, 8672 diantaranya digunakan sebagai spesies penciri temperatur dengan rincian 6192 merupakan spesies penciri temperatur hangat, 1896 spesies penciri temperatur sedang, dan 584 spesies penciri temperatur dingin dengan total spesies sebanyak 60 spesies. Spesies yang dominan adalah *Globigerinoides subquadratus*, *Globigerinoides trilobus*, *trilobus*, *Globoquadrina altispira*, dan *Globorotalia mayeri* (Gambar 4). Spesies-spesies tersebut menjadi salah satu bioindikator yang dapat digunakan untuk melakukan rekonstruksi paleotemperatur untuk mendapatkan kondisi temperatur di masa lampau.

Kelimpahan terbanyak terdapat pada conto batuan ST2-H3 dengan total individu sebanyak 1808 individu dan 35 spesies, sedangkan kelimpahan terendah terdapat pada conto batuan ST2-H10 dengan total individu sebanyak 1360 dan 32 spesies. Apabila dilihat dari keragaman spesiesnya,

maka ST2-H2 memiliki tingkat keragaman tertinggi dengan jumlah 45 spesies dan ST2-H9 memiliki tingkat keragaman terendah dengan jumlah 26 spesies (Tabel 2).

Umur Relatif

Penentuan umur relatif dibuktikan oleh metode biostratigrafi foraminifera planktonik, di mana spesies *Globorotalia fohsi fohsi*, *Globorotalia fohsi lobata*, *Globorotalia fohsi robusta*, *Globigerinoides ruber*, dan *Globorotalia mayeri* dikenal secara global sebagai fosil indeks khas Miosen Tengah yang tersebar luas di wilayah tropis hingga subtropis (Blow, 1969). Kehadiran kelima spesies tersebut pada seluruh conto batuan di daerah penelitian menjadi indikator kronostratigrafi yang valid untuk menafsirkan rentang umur N10 – N14 atau berkisar antara 15,1 hingga 11,6 juta tahun lalu. Dengan demikian, data paleontologi ini tidak hanya mendukung hasil interpretasi umur berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Pangandaran, tetapi juga memberikan validasi biostratigrafi yang kuat terhadap penentuan umur satuan batuan pada Formasi Pamutuan.



Gambar 4. Spesies dominan pada daerah penelitian; 1. *Globigerinoides subquadratus*, 2. *Globigerinoides trilobus trilobus*, 3. *Globoquadrina altispira*, 4. *Globorotalia mayeri*.

Tabel 2. Kelimpahan Fosil Foraminifera Planktonik pada Daerah Penelitian

Kode Sampel	esies Foraminifera Planktonik	Total Individu
ST 2 - H2	45	1656
ST 2 - H3	35	1808
ST 2 - H5	37	1768
ST 2 - H6	34	1528
ST 2 - H7	36	1808
ST 2 - H9	26	1448
ST 2 - H10	32	1360
ST 2 - H11	25	1544
ST 2 - H12	27	1520
ST 2 - H13	29	1632
Total Individu Foraminifera Planktonik		16072

Rekonstruksi Paleotemperatur

Tingginya proporsi spesies tropis seperti *Globigerinoides subquadratus*, *Globigerinoides trilobus*, *Globigerinoides sacculifer*, dan *Orbulina universa*, yang secara ekologis diketahui berasosiasi dengan perairan hangat dan memiliki kisaran suhu optimum di atas 20°C (Hemleben et al., 1989; Wade et al., 2011). Jumlah individu spesies penciri temperatur hangat tersebut mencapai lebih dari 50% dari total individu foraminifera pada setiap conto batuan, sedangkan jumlah spesiesnya berkisar

antara 18 hingga 34 spesies per conto batuan.

Menurut Hemleben et al. (1989) dan Kennett & Srinivasan (1983), dominansi spesies tropis dengan kelimpahan tinggi dan diversitas yang relatif banyak ini merupakan indikator kuat kondisi perairan hangat yang stabil pada saat pengendapan. Dengan demikian, temuan ini semakin memperkuat interpretasi paleotemperatur daerah penelitian yang berada pada kisaran suhu laut tropis hingga subtropis.

Tabel 3. Kelimpahan Foraminifera Planktonik sebagai Bioindikator Paleotemperatur

Kelompok Temperatur	Hangat (>20°C)										Sedang (10°C - 20°C)										Dingin (<10°C)		TOTAL INDIVIDU PER SAMPEL
Nama Spesies / No Stasiun	<i>Globigerinoides immaturus</i>	<i>Globigerinoides ruber</i>	<i>Globigerinoides subquadratus</i>	<i>Globigerinoides sacculifer</i>	<i>Globigerinoides trilobus</i>	<i>Globorotalia mayeri</i>	<i>Globoquadrina altispira</i>	<i>Orbulina universa</i>	<i>Pulleniatina obliquolucata</i>	<i>Globigerina nepenthes</i>	<i>Globorotalia continuosa</i>	<i>Globorotalia fohsi</i>	<i>Globorotalia fohsi lobata</i>	<i>Globorotalia fohsi praefohsi</i>	<i>Globorotalia fohsi robusta</i>	<i>Globorotalia menardii</i>	<i>Globorotalia menardii cultrata</i>	<i>Globoquadrina dehiscens</i>	<i>Sphaeroidinellapsis seminulina</i>	<i>Globigerina bulloides</i>	<i>Globigerina venezuelana</i>		
ST 2 - H2	32	40	232	0	48	112	24	0	8	24	0	8	8	16	8	24	0	16	184	0	24	808	
ST 2 - H3	48	32	288	0	112	120	48	8	0	0	0	16	0	8	0	0	32	0	104	0	80	896	
ST 2 - H5	32	16	264	0	232	112	64	8	0	16	16	8	8	0	8	0	0	8	152	0	72	1016	
ST 2 - H6	0	32	208	0	280	128	32	48	0	0	8	32	0	0	0	0	8	0	128	0	56	960	
ST 2 - H7	32	64	192	0	184	104	24	32	0	0	24	0	0	0	8	0	8	8	176	0	72	928	
ST2-H9	96	200	152	40	40	40	48	72	0	0	96	8	0	0	0	0	0	48	0	0	16	856	
ST2-H10	56	128	120	40	48	48	48	48	0	0	64	0	8	8	0	0	0	64	8	24	88	800	
ST2-H11	88	128	240	56	40	40	40	8	0	0	64	0	0	0	0	0	0	56	0	0	88	848	
ST2-H12	0	128	176	16	32	32	24	32	0	0	64	0	8	16	0	0	0	128	0	0	16	672	
ST2-H13	72	176	240	56	8	8	56	40	0	0	104	0	8	8	8	0	0	64	0	0	40	888	
TOTAL PER SPESIES	456	944	2112	208	1024	744	408	296	8	40	440	72	40	56	32	24	48	392	752	24	552	8672	

Dari total 10 conto batuan yang ada semuanya menunjukkan kondisi temperatur yang hangat (>20°C) dikarenakan dominansi fosil penciri temperatur hangat memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan fosil penciri kelompok temperatur lainnya. Terlihat dari banyaknya jumlah individu yang melimpah dari masing-masing spesies penciri temperatur hangat (Tabel 3).

Dapat dilihat bahwa fosil penciri temperatur hangat memiliki angka persentase yang cukup stabil antara 57 % hingga yang terbesar 75 %. Sedangkan fosil penciri temperatur sedang berada di angka 16 % hingga yang terbesar 39 %, dan fosil penciri temperatur dingin memiliki angka yang relatif kecil yang berada di angka 2 % hingga yang terbesar 16% (Tabel 4).

Tabel 4. Persentase Individu Foraminifera Planktonik sebagai Bioindikator Paleotemperatur

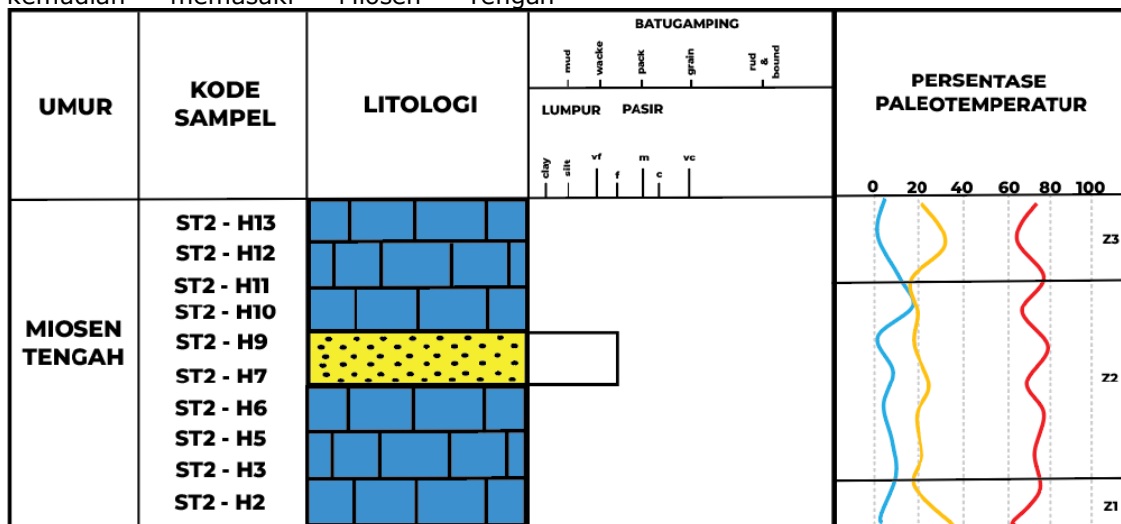
Umur	Kode Sampel	Total Individu	Persentase Jumlah Spesies per Kelompok Temperatur		
			Hangat (>20°C)	Sedang (10°C - 20°C)	Dingin (<10°C)
Miosen Tengah	ST 2 - H2	808	61.39%	35.64%	2.97%
	ST 2 - H3	896	73.21%	17.86%	8.93%
	ST 2 - H5	1016	71.65%	21.26%	7.09%
	ST 2 - H6	960	75.83%	18.33%	5.83%
	ST 2 - H7	928	68.10%	24.14%	7.76%
	ST 2 - H9	856	80.37%	17.76%	1.87%
	ST 2 - H10	800	67.00%	19.00%	14.00%
	ST 2 - H11	848	75.47%	14.15%	10.38%
	ST 2 - H12	672	65.48%	32.14%	2.38%
	ST 2 - H13	888	73.87%	21.62%	4.50%

Adanya perubahan yang cukup signifikan pada persentase per kelompok temperatur di

beberapa conto batuan menyebabkan perubahan keadaan paleotemperatur yang

dapat dibagi menjadi tiga zona utama. Pada zona satu (Z1), kondisi temperatur masih dalam kondisi yang cenderung hangat dan sedikit lebih sejuk melihat dominansi dari spesies hangat dan sedang yang hadir. Kemudian pada zona dua (Z2), temperatur berada pada kondisi yang optimal saat spesies temperatur hangat memuncak dan kemudian menjadi relatif lebih sejuk saat spesies temperatur dingin meningkat dan spesies temperatur hangat menurun. Hingga akhirnya pada zona tiga (Z3), temperatur berada kondisi yang cenderung hangat dan juga sedikit lebih sejuk sama dengan yang terjadi pada Z1 tetapi pada lapisan yang paling muda, kondisi temperatur kembali menjadi lebih hangat (Gambar 5). Selaras dengan peneliti sebelumnya, bahwa pada periode Miosen Awal Indonesia memiliki kondisi suhu yang relatif lebih hangat, kemudian memasuki Miosen Tengah

temperatur permukaan laut menjadi optimal (Akmaluddin et al., 2010). Selain itu juga, menurut Barrera (1985), wilayah ekuator memiliki kondisi temperatur tropis yang terbilang hangat dengan suhu yang lebih tinggi pada wilayah barat dan semakin menghangat memasuki Miosen Tengah. Berdasarkan Kapid et al. (2019) pada Miosen Tengah wilayah Indonesia yang berada pada wilayah lintang rendah mengalami peningkatan temperatur, berhubungan dengan salah satu peristiwa iklim global yaitu *Middle Miocene Climatic Optimum* (MMCO). Iklim optimal yang dimaksud merupakan wilayah yang berada pada daerah ekuator dinilai relatif ideal untuk keberlangsungan makhluk hidup, mulai dari kebutuhan nutrisi, sinar matahari, dan komponen lain yang berkaitan dengan makhluk hidup tersebut.



Gambar 5. Kurva Persentase Bioindikator Paleotemperatur dan Paleotemperatur. Garis biru menunjukkan spesies penciri temperatur dingin, oranye untuk spesies temperatur sedang dan merah untuk spesies temperatur hangat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data kelimpahan foraminifera planktonik yang terdapat pada daerah penelitian diperoleh total individu foraminifera planktonik sebanyak 16.072 dan total 60 spesies dengan 8672 individu yang digunakan sebagai penciri temperatur yang kurang lebih 71 persen diantaranya merupakan spesies penciri temperature hangat. *Globigerionoides trilobus* dan *Globigerinoides subquadratus* hadir sebagai spesies penciri dengan jumlah terbanyak pada temperatur hangat. Terjadi perubahan yang cukup signifikan pada persentase per kelompok temperatur di beberapa conto batuan menyebabkan perubahan keadaan paleotemperatur yang dapat dibagi menjadi tiga zona utama. Pada zona satu (Z1), kondisi temperatur cenderung hangat dan

sedikit lebih sejuk. Menuju zona dua (Z2), temperatur berada pada kondisi optimal atau cenderung lebih hangat dan pada zona tiga (Z3) kondisi temperatur kembali menurun seperti pada Z1. Kondisi serupa yang terjadi pada peristiwa global *Middle Miocene Climatic Optimum* (MMCO) menunjukkan kondisi pada saat itu relatif ideal untuk keberlangsungan makhluk hidup, mulai dari kebutuhan nutrisi, sinar matahari, dan komponen lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DRPMI-UNPAD atas pendanaan untuk riset *Academic Leadership Grant* (ALG) Fakultas Teknik Geologi Unpad yang mana publikasi ini termasuk ke dalam bagian riset tersebut. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Lia, Ibu Lily, dan Ibu Winantris

sebagai tim dosen Paleontologi atas saran dan diskusi selama penelitian berlangsung, dan juga seluruh staff maupun pengurus Laboratorium Paleontologi Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadajran.

REFERENSI

- Akmaluddin, K. W., Kano, A., and Rahardjo, W., 2010. Miocene warm tropical climate: evidence based on oxygen isotope in Central Java, Indonesia. *International Journal of Environmental and Earth Sciences* 1, 52-56.
- Armstrong, H., & Brasier, M., 2004. *Microfossils*. Wiley
- Arnold, A.J., Parker, W.C., 1999. Biogeography of planktonic Foraminifera, in: *Modern Foraminifera*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 103-122.
- Barrera, E., 1985. The evolution of Miocene surface and near-surface marine temperatures: Oxygen isotopic evidence, in: *The Miocene Ocean: Paleooceanography and Biogeography*. pp. 49-82.
- Blow, W.H., 1969. Late Miocene to Recent Planktonic Foraminifera Biostratigraphy, in : *Proceedings First Int. Conf. on Planktonic Microfossils* 1, 199-422
- Bolli, H.M., and Saunders, J.B., 1985. Oligocene to Holocene low latitude planktonic foraminifera, in: *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press. pp. 155-262
- Haq, B. U., & Boersma, A., 1998. *Introduction to marine micropaleontology*. Elsevier.
- Gasperz, G. dkk., 2020. Biostratigrafi Calcareous Nannofossil Miosen Pada Anggota Batugamping Formasi Pamutuan Pangandaran, Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution* 18, 229 - 236
- Jurnaliah, L., 2013. Variasi Komposisi Dinding Cangkang Foraminifera Bentonik Kecil Resen Perairan Semarang (Lembar 1409), Jawa Tengah. *Bulletin of Scientific Contribution* 11, 11-15
- Keller, G., 1985. Depth Stratification of planktonic Foraminifera in the Miocene Ocean, in: *Geological Society of America Memoir* 163, 177-196
- Nurruhwati, I., 2012. Evolusi perairan Teluk Jakarta berdasarkan sedimen dan foraminifera. Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Postuma, J. A., 1971. *Manual Planktonic Foraminifera*. Elsevier
- Pringgoprawiro, H., & Kapid, R., 2000. *Foraminifera: Pengenalan Mikrofosil dan Aplikasi Biostratigrafi*. ITB Press
- Rumseh., 2023. Kelimpahan Foraminifera Bentonik Kecil Daerah Cisangkal, Kecamatan Langkaplancar, Kabupaten Pangandaran, Provinsi Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution* 22, 15-22
- Suhartati, M., 1988. First Note of Brackish Water Agglutinated Foraminifera from Jawa. *Tropical Biodiv* 5, 57-63
- Simandjuntak, T. dan Surono. 1992. *Peta Geologi Lembar Pangandaran, Jawa Barat*. Pusat Pemetaan dan Pengembangan Geologi.

