JURNAL
GEOSAINS DAN TEKNOLOGI
Volume 9 Nomer 2, Oktober 2026

Rekonstruksi Iklim Purba Miosen Tengah Berdasarkan Studi Palinologi Formasi Lemau di Seluma, Bengkulu

Sakilla Gia Mentari[1*], Winantris[2], Lia Jurnaliah[2], Ridho Ramadhan Pratama[1]

[1]Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera, Lampung
[2]Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Jawa Barat
*e-mail: sakilla.mentari@gl.itera.ac.id

Abstrak
Fosil polen dan spora yang hadir dalam batuan dapat dimanfaatkan untuk merekonstruksi iklim purba saat batuan tersebut diendapkan. Penelitian mengenai iklim purba menggunakan fosil polen dan spora di Pulau Sumatra masih sangat jarang dilakukan. Litologi yang cocok untuk dilakukan analisis palinologi ada yang berbutir halus dan kaya akan material karbon, salah satunya batuan dari Formasi Lemau. Penelitian ini bertujuan untuk merekonstruksi iklim purba pada Miosen Tengah di Seluma, Bengkulu menggunakan fosil polen dan spora dari Formasi Lemau. Pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling* dari penampang stratigrafi terukur dengan interval sampel 5-8 cm. Analisis laboratorium menggunakan metode hidrogen peroksida dan penentuan iklim berdasarkan kehadiran fosil *Arboreal Pollen, Non-Arboreal Pollen, Graminae, Montane Pollen* dan spora. Dari 9 sampel yang dianalisis, menunjukkan 4 zona perubahan dengan dominasi 3 zona berupa iklim hangat dan lembab dan 1 zona dengan iklim hangat dan kelembaban sedang (Zona 3). Selain itu berdasarkan perbandingan kehadiran fosil *Arboreal Pollen* dan *Non-Arboreal Pollen*, Zona 1 dan Zona 3 menunjukkan kondisi vegetasi tertutup dan Zona 2 dan Zona 4 menunjukkan kondisi vegetasi terbuka. Iklim hangat yang terjadi di daerah penelitian sebagai dampak dari adanya peristiwa global *Middle Miocene Climate Optimum* (MMCO) dan *Middle Miocene Climate Transition* (MMCT).
Kata kunci: Formasi Lemau; iklim purba; Miosen Tengah; palinologi

Abstract
Pollen and spore fossils present in rocks can be used to reconstruct the paleoclimate when the rocks were deposited. Research on paleoclimate using pollen and spore fossils on Sumatra Island is still very rare. This study aims to reconstruct the paleoclimate in the Middle Miocene in Bengkulu using pollen and spore fossils from the Lemau Formation. Sampling used a purposive sampling method from measured stratigraphic cross-sections with a sample interval of 5-8 cm. Laboratory analysis used the hydrogen peroxide method and climate determination based on the presence of Arboreal Pollen, Non-Arboreal Pollen, Graminae, Montane Pollen and spore fossils. Of the 9 samples analyzed, it shows 4 change zones with a dominance of 3 zones in the form of a warm and humid climate and 1 zone with a warm and moderate humidity climate (Zone 3). In addition, based on the comparison of the presence of Arboreal Pollen and Non-Arboreal Pollen fossils, Zone 1 and Zone 3 show closed vegetation conditions and Zone 2 and Zone 4 show open vegetation conditions. The warm climate that occurred in the research area was the impact of the global events of the Middle Miocene Climate Optimum (MMCO) and Middle Miocene Climate Transition (MMCT).
Keywords: *Lemau Formation; paleoclimate*; *Middle Miocene; palynology*

PENDAHULUAN

Iklim merupakan suatu kondisi rata-rata cuaca di permukaan bumi, pada suatu titik tertentu dan terjadi dalam jangka waktu yang panjang (Ramadhani, 2014; Rachman dkk., 2020). Dalam ilmu geologi, penentuan iklim yang terjadi saat batuan terendapkan dapat menggunakan kandungan fosil yang terdapat dalam batuan.

*Korespondensi : sakilla.mentari@gl.itera.ac.id
Diajukan :19 Desember 2025
Diterima :19 Maret 2026
Diterbitkan :30 Oktober 2026
DOI:10.14710/jgt.9.2.2026.146-154

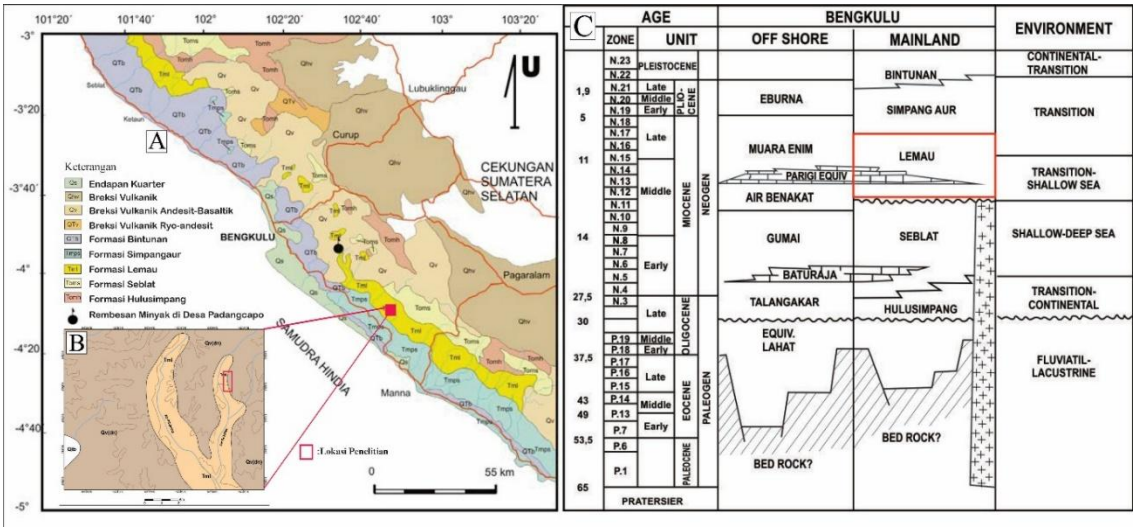
Salah satunya fosil yang berasal dari polen dan spora. Polen dan spora sendiri merupakan alat perkembangbiakan pada tumbuhan. Polen merupakan alat perkembangbiakan jantan pada tumbuhan jenis *Spermatophyta (Angiospermae* dan *Gymnospermae),* sedangkan spora merupakan alat perkembangbiakan pada tumbuhan nonvaskular (jamur, alga, lumut dan tumbuhan paku) (Buvat, 1989; Azizah dkk., 2016).

Penentuan iklim purba menggunakan fosil polen dan spora dalam ilmu geologi telah dilakukan oleh beberapa ahli. Yulianto dkk. (2019) melakukan analisis iklim purba pada Formasi Pucangan di Daerah Sangiran yang berumur Pleistosen. Kemudian Rachman dkk. (2020) melakukan analisis pada endapan Danau Bandung Purba dan Istiana dan Zulfiah (2022) melakukan analisis di daerah Bentarsari, Brebes, Jawa Tengah pada batuan Formasi Tapak berumur Pliosen Akhir.

Penelitian mengenai iklim purba masih berfokus pada formasi batuan di Pulau Jawa, sedangkan untuk formasi batuan yang ada di Pulau Sumatra masih sangat sedikit. Litologi yang cocok untuk dilakukan analisis kandungan polen dan sporanya dalam penentuan iklim purba adalah litologi berbutir halus yang kaya akan material karbon. Salah satu formasi batuan yang mengandung litologi tersebut adalah Formasi Lemau di Cekungan Bengkulu yang berumur Miosen Tengah-Akhir (Gafoer dkk., 1992). Di lapangan, formasi ini menjadi tempat keterdapatan batubara di Cekungan Bengkulu. Penelitian ini bertujuan untuk merekonstruksi iklim purba Miosen Tengah berdasarkan data fosil polen dan spora yang terdapat di batuan Formasi Lemau.

Geologi Regional

Cekungan Bengkulu merupakan salah satu cekungan depan busur yang berada di Pulau Sumatra yang terbentuk akibat adanya pengangkatan Pegunungan Bukit Barisan pada Miosen Tengah (Hastuti dkk., 2001; Husein dkk., 2018). Salah satu formasi penyusun Cekungan Bengkulu adalah Formasi Lemau. Formasi ini berumur Miosen Tengah-Akhir dan tersusun atas litologi berupa breksi gunungapi epiklastik, batupasir gunungapi epiklastik bersusun dasit, batupasir dengan sisipan batubara, batupasir mengandung moluska, batulempung dan batugamping (Gafoer dkk., 1992). Formasi ini diendapkan pada lingkungan transisi-laut dangkal (Yulihanto dkk., 1995) (Gambar 1). Di daerah Tanjungdalam, Bengkulu Utara, formasi ini diendapkan pada lingkungan delta hingga laut dangkal dan berasosiasi dengan lingkungan *marsh/swamp, lagoon, back barrier* dan *foreshore* (Tarigan dan Sutriyono, 2018). Di lokasi penelitian, formasi ini diendapkan pada lingkungan *lagoon* hingga *freshwater* dan berumur Miosen Tengah berdasarkan kehadiran fosil *Alnipollenites verus* (Mentari dkk., 2023).



Gambar 1. Lokasi penelitian ditunjukkan oleh kotak merah. (A) Peta Geologi Cekungan Bengkulu (simplifikasi Gafoer dkk.,1992 dan Amin dkk., 1994; Heryanto, 2007), (B) Peta Geologi Lembar Bengkulu (Gafoer dkk., 1992), (C) Korelasi stratigrafi di Cekungan Bengkulu (Yulihanto dkk., 1995).

METODOLOGI

Penelitian dilakukan di area tambang PT Bara Indah Lestari di Desa Sekalak, Seluma Timur, Bengkulu yang termasuk dalam Formasi Lemau menurut Peta Geologi Lembar Bengkulu (Gafoer dkk., 1992) (Gambar 1). Sebanyak 9 sampel batulempung yang kemudian diberi kode BIL 12 hingga BIL 20 yang merupakan *parting,* diambil menggunakan metode *purposive sampling* dengan interval pengambilan sampel setiap 5-8 cm, dan mempertimbangkan urutannya berdasarkan data penampang stratigrafi terukur.

Sampel yang didapatkan kemudian dipreparasi menggunakan metode hidrogen peroksida mengacu pada alur preparasi menurut Riding dkk. (2007) untuk memisahkan kandungan polen dan sporanya dari batuannya. Proses ini dimulai dengan penimbangan sampel sebanyak 20 gram, lalu direndam larutan H_2O_2 15% selama 30 menit dan kemudian dinetralkan menggunakan aquades. Selanjutnya sampel direndam kembali menggunakan larutan HF 40% selama 1 jam, dan dinetralkan kembali. Setelah perendaman sebanyak 2 kali dan telah dinetralkan, sampel kemudian disaring sebanyak 2 kali. Pada penyaringan pertama, residu yang tertinggal pada saringan dibuang dan diambil residu yang lolos penyaringan. Kemudian pada penyaringan kedua, residu yang tertinggal diambil dan kemudian residu tersebut dibuat dalam *plate* untuk pengamatan. Penamaan fosil polen dan spora mengacu pada hasil penelitian fosil polen dan spora di Indonesia, antara lain Erdtman (1966) dan Morley (1991).

Pada penentuan iklim, menggunakan perbandingan dari kehadiran *Arboreal Pollen* (AP) dan *Non-Arboreal Pollen* (NAP) serta persentase kehadiran dari jenis *Graminae, Montane Pollen* dan spora. *Arboreal Pollen* berasal dari tumbuhan yang berkayu yang mengindikasikan iklim panas dan basah, sedangkan *Non-Arboreal Pollen* berasal dari tumbuhan tidak berkayu dan mengindikasikan iklim dingin dan kering. Selain itu, kelompok NAP juga menentukan keterbukaan lahan. Kehadiran spora yang melimpah juga mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan lembab, sedangkan jika *Graminae* yang mendominasi maka lingkungan tersebut kurang lembab (Tantawi, 2007; Rachman dkk., 2020). Semakin tinggi kehadiran *Graminae*, iklim yang ada semakin kering (Fajrina dkk., 2016). Dalam menentukan perbandingan kehadiran AP dan NAP serta spora, digunakan rumus perhitungan menurut Rahardjo (2014):

$$\% \text{ NAP} = \frac{\text{NAP}}{\text{AP+NAP}}\ x\ 100\%$$

$$\% \text{ AP} = \frac{\text{AP}}{\text{AP+NAP}}\ x\ 100\%$$

$$\% \text{ Spora} = \frac{\text{Spora}}{\text{AP+NAP+Spora}}\ x\ 100\%$$

HASIL

Litologi yang ditemukan di daerah penelitian berupa batulempung berwarna abu-abu cerah hingga kehitaman, beberapa bereaksi dengan HCl dan mengalami oksidasi. Selain itu dijumpai pula batubara berwarna hitam kusam-kecoklatan, ringan, gores kehitaman, *conchoidal-uneven* dan beberapa mengandung urat kuarsa (Gambar 2). Pada sampel BIL 16 hingga BIL 20, lapisan *parting* mengandung material karbon (Gambar 3). Kelimpahan fosil polen dan spora pada setiap sampel juga mengalami perbedaan (Tabel 1). Jenis fosil kelompok AP yang mendominasi yaitu *Sapotaceoidaepollenites* sp*.,* kelompok NAP *Arecaceae* sp*.,* dan fosil spora yaitu *Acrostichum type* (Gambar 4).

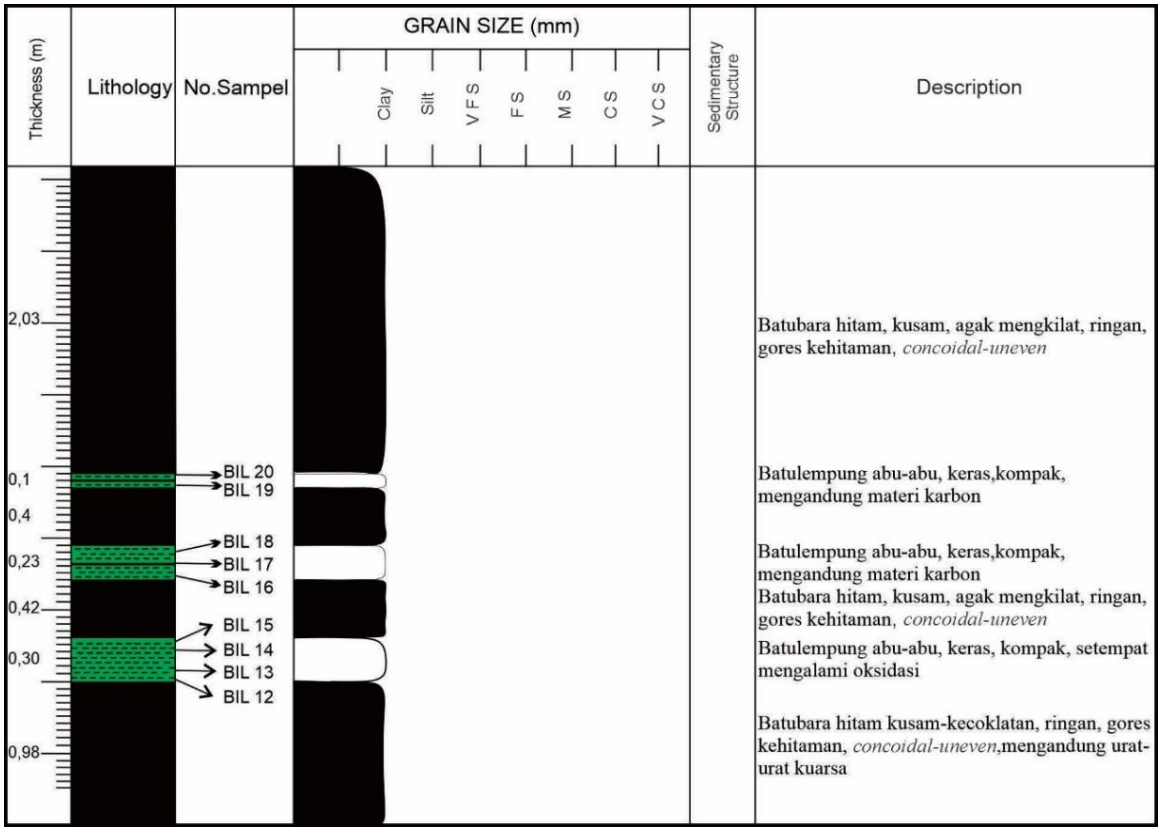
Gambar 2. Singkapan batuan di daerah penelitian

Berdasarkan kehadiran fosil polen dan sporanya, dibagi menjadi 4 zona perubahan suhu dan kelembaban (Gambar 5).

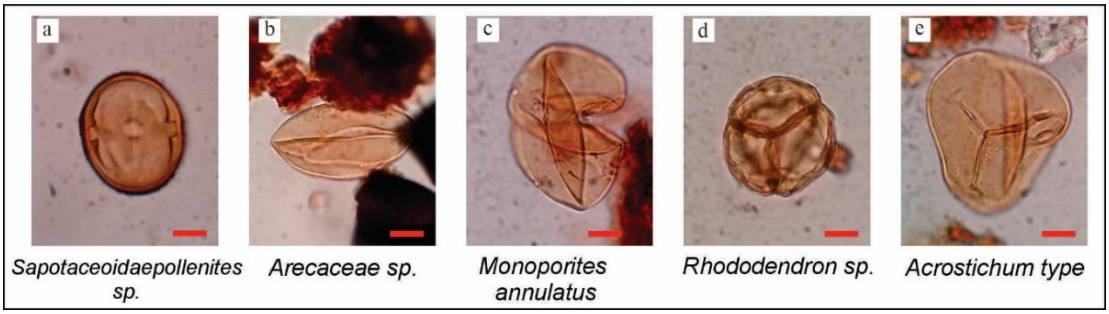
- Zona 1 terdiri dari sampel BIL 12. Kehadiran fosil AP sebanyak 162 individu (66,1%), NAP 47 individu (19,2%), spora 36 individu

(14,7%). Tingginya AP dan spora yang hadir mengindikasikan iklim hangat. Kelompok *Graminae* yang hadir sebanyak 9 individu dan *Montane Pollen* 6 individu atau lebih rendah dibandingkan spora, mengindikasikan kelembaban yang relatif lembab. Lingkungan pada zona ini berupa daerah dengan vegetasi tertutup dikarenakan kehadiran AP lebih tinggi dari NAP.

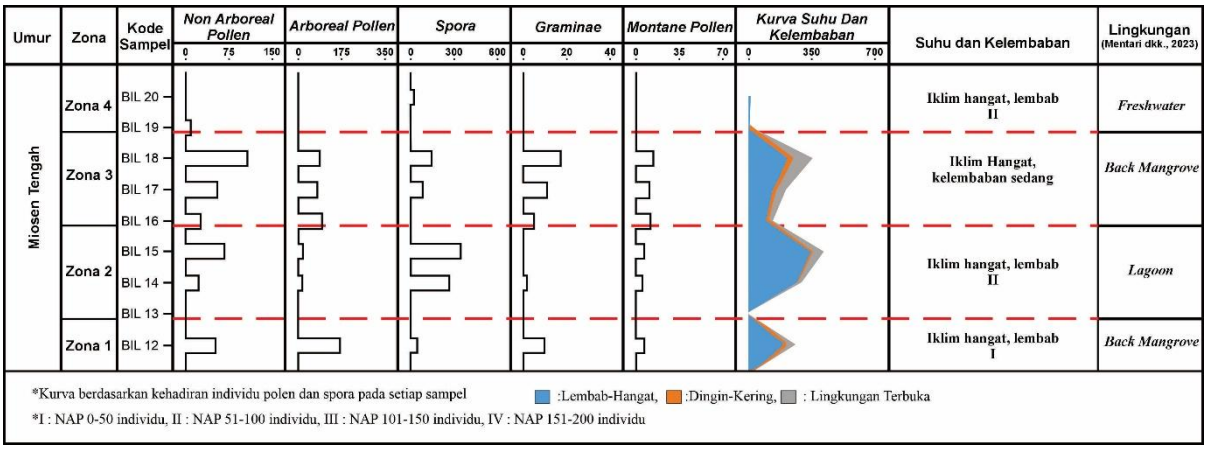
- Zona 2 terdiri dari sampel BIL 13-BIL 15. Kehadiran fosil AP sebanyak 26 individu (4,1%), NAP 89 individu (14%), spora 521 individu (81,9%). Tingginya AP dan spora yang hadir mengindikasikan iklim hangat. Kelompok *Graminae* yang hadir sebanyak 1 individu dan *Montane Pollen* 9 individu atau lebih rendah dibandingkan spora, mengindikasikan kelembaban yang relatif lembab. Lingkungan pada zona ini berupa daerah dengan vegetasi tumbuhan terbuka berdasarkan lebih tingginya NAP yang hadir dari AP.
- Zona 3 terdiri dari sampel BIL 16-BIL 18. Kehadiran fosil AP sebanyak 271 individu (40,1%), NAP 184 individu (27,3%), spora 220 individu (32,6%). Lebih tingginya AP dan spora yang hadir mengindikasikan iklim hangat. Kelompok *Graminae* yang hadir sebanyak 31 individu dan *Montane Pollen* 34 individu yang relatif tinggi, mengindikasikan iklim dengan kelembaban yang sedang. Lingkungan pada zona ini berupa daerah dengan vegetasi tertutup dikarenakan kehadiran AP lebih tinggi dari NAP.
- Zona 4 terdiri dari sampel BIL 19-BIL 20. Kehadiran fosil AP sebanyak 0 individu (0%), NAP 10 individu (38,5%), spora 16 individu (61,5%). Masih tingginya spora yang hadir mengindikasikan iklim hangat. Kelompok *Graminae* yang hadir sebanyak 0 individu dan *Montane Pollen* 0 individu atau lebih rendah dibandingkan spora, mengindikasikan kelembaban yang relatif lembab. Lingkungan pada zona ini berupa daerah dengan vegetasi tumbuhan terbuka berdasarkan lebih tingginya NAP yang hadir dari AP.



Gambar 3. Penampang stratigrafi terukur lokasi penelitian



Gambar 4. Fosil polen dan spora di daerah penelitian. (a) kelompok AP, (b) kelompok NAP, (c) kelompok *Graminae*, (d) kelompok *Montane Pollen*, (e) kelompok spora.



Gambar 5. Kurva iklim dan kelembaban berdasarkan kandungan fosilnya.

Tabel 1. Kelimpahan fosil *Arboreal Pollen, Non-Arboreal Pollen* dan spora pada setiap sampel.

No	Nama Fosil	BIL 12	BIL 13	BIL 14	BIL 15	BIL 16	BIL 17	BIL 18	BIL 19	BIL 20	Total	AP/NAP/S	MP/G
1	*Alnipollenites verus*	0	0	1	2	1	1	1	0	0	**6**	**AP**	-
2	*Austrobuxus nitidus*	0	0	0	0	9	11	14	0	0	**34**	**AP**	-
3	*Calocedrus formosana*	0	0	3	7	0	4	7	0	0	**21**	**AP**	-
4	*Carpinus sp.*	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**	**AP**	-
5	*Casuarina sp.*	2	0	1	0	0	0	3	0	0	**6**	**AP**	-
6	*Cyclobalanopsis (Fagaceae)*	0	0	3	0	5	4	4	0	0	**16**	**AP**	**MP**
7	*Elaeocarpus sp.*	8	0	0	0	4	1	2	0	0	**15**	**AP**	-
8	*Florschuetzia levipoli*	5	0	2	1	5	2	3	0	0	**18**	**AP**	-
9	*Garcinia cuspidata*	0	0	0	0	6	0	0	0	0	**6**	**AP**	-
10	*Juglandaceae*	1	0	0	0	0	0	1	0	0	**2**	**AP**	**MP**
11	*Khaya ivorensis*	2	0	0	0	8	5	7	0	0	**22**	**AP**	-
12	*Lakiapollis ovatus*	0	0	0	1	5	15	28	0	0	**49**	**AP**	-
13	*Lithocarpus (Fagaceae)*	0	0	0	0	2	0	0	0	0	**2**	**AP**	**MP**
14	*Sapotaceoidaepollenites sp.*	115	0	0	0	50	27	15	0	0	**207**	**AP**	-
15	*Zonocostites ramonae*	28	0	3	2	5	9	7	0	0	**54**	**AP**	-
16	*Arecaceae sp.*	21	0	8	23	0	8	22	0	0	**82**	**NAP**	-
17	*Cyperaceae sp.*	0	0	5	28	2	13	19	0	0	**67**	**NAP**	-
18	*Dicolpopollis sp.*	0	0	0	9	0	2	5	0	0	**16**	**NAP**	-

No	Nama Fosil	BIL 12	BIL 13	BIL 14	BIL 15	BIL 16	BIL 17	BIL 18	BIL 19	BIL 20	Total	AP/NAP/S	MP/G
19	*Euphorbia*	0	0	0	0	2	0	1	0	0	**3**	**NAP**	**-**
20	*Ilex*	0	0	0	0	3	12	15	0	0	**30**	**NAP**	**-**
21	*Marginipollis concinnus*	0	0	0	0	2	1	8	0	0	**11**	**NAP**	**-**
22	*Monoporites annulatus*	1	0	0	0	1	1	3	0	0	**6**	**NAP**	**G**
23	*Palmaepollenites sp.*	16	0	5	7	0	3	9	7	1	**48**	**NAP**	**-**
24	*Poaceae type*	9	0	1	0	3	9	15	2	0	**39**	**NAP**	**G**
25	*Psilatricolporites operculatus*	0	0	0	0	1	2	7	0	0	**10**	**NAP**	**-**
26	*Quilonipollenites sp.*	0	0	0	0	2	0	0	0	0	**2**	**NAP**	**-**
27	*Rhododendron sp.*	0	0	3	0	4	2	2	0	0	**11**	**NAP**	**MP**
28	*Typha angustifolia*	0	0	0	0	4	0	0	0	0	**4**	**NAP**	**-**
29	*Vasconcellea sp.*	0	0	0	0	0	1	0	0	0	**1**	**NAP**	**-**
30	*Acrostichum type*	1	0	111	104	2	10	28	0	0	**256**	**S**	**-**
31	*Adiantum sp.*	0	0	17	18	0	1	1	0	0	**37**	**S**	**-**
32	*Alsophila sp.*	0	0	19	9	0	0	1	0	0	**29**	**S**	**MP**
33	*Crassoretitriletes vanraadshoveni*	0	0	0	0	0	1	3	0	0	**4**	**S**	**-**
34	*Cyathidites australis*	0	0	4	0	0	0	0	0	0	**4**	**S**	**-**
35	*Cyathidites sp.*	0	0	3	2	0	3	12	0	0	**20**	**S**	**-**
36	*Deltoidospora type*	0	0	57	28	3	6	10	0	0	**104**	**S**	**-**
37	*Dicranopteris sp.*	1	0	2	0	0	0	0	0	0	**3**	**S**	**-**
38	*Hicranopteris sp.*	0	0	0	5	0	0	0	0	0	**5**	**S**	**-**
39	*Laevigatosporites sp.*	15	1	15	46	2	8	15	0	11	**113**	**S**	**-**
40	*Lycopodium sp.*	1	0	4	11	0	0	1	0	0	**17**	**S**	**-**
41	*Nymphoides sp.*	1	0	0	3	0	0	0	0	0	**4**	**S**	**-**
42	*Polypodiaceoisporites retirugatus*	0	0	2	7	0	1	4	0	0	**14**	**S**	**-**
43	*Polypodium sp.*	14	1	16	0	0	7	11	2	0	**51**	**S**	**-**
44	*Pteris type*	3	0	5	16	0	3	7	0	0	**34**	**S**	**-**
45	*Verrucatosporites sp.*	0	0	1	4	2	0	13	0	3	**23**	**S**	**-**
46	*Verrucatosporites usmensis*	0	0	3	7	0	26	39	0	0	**75**	**S**	**-**
Total		**245**	**2**	**294**	**340**	**133**	**199**	**343**	**11**	**15**	**1582**		

Keterangan:
AP: Arboreal Pollen, NAP: Non-Arboreal Pollen, S: Spora, MP: Montane Pollen, G: Graminae

PEMBAHASAN

Formasi Lemau yang ditemukan di daerah penelitian berumur Miosen Tengah dan diendapkan pada lingkungan *freshwater peat swamp* hingga *lagoon* (Mentari dkk., 2023). Berdasarkan grafik perubahan iklim pada Gambar 5, daerah penelitian berada pada kondisi iklim yang hangat dan lembab, dengan terjadinya 1 kali perubahan kelembaban menjadi kelembaban sedang pada Zona 3.

Adanya perubahan kelembaban ini dipengaruhi oleh beberapa peristiwa global yang terjadi. Pada akhir Miosen Awal dan awal Miosen Tengah, sebagian besar wilayah Asia Tenggara dan Asia Timur mengalami iklim hangat dan lembab yang dipengaruhi tingginya permukaan laut secara global (Morley, 1998). Sosdian dan Lear (2020) menyebutkan terjadi *Middle Miocene Climat Transition* (MMCT) yang menunjukkan suhu permukaan laut di Indo-Pasifik mendingin

sekitar 2°C yang sejalan dengan kemajuan lapisan es Antartika. Setelah MMCT, Samudra Pasifik bagian barat menghangat dan Samudra Hindia tropis bagian timur menjadi lebih tawar yang dimungkinkan akibat berkurangnya konektivitas antara Samudra Pasifik dan Samudra Hindia setelah glasiasi Antartika. Nairn dkk. (2021) menyebutkan pada Miosen Tengah, suhu permukaan laut di Samudra Hindia tropis menunjukkan suhu 24–31°C. Terjadi iklim hangat secara global pada Miosen Tengah yang dikenal dengan *Middle Miocene Climate Optimum* (MMCO) (Hansen dkk., 2013; You dkk., 2009).

Penelitian mengenai iklim yang hangat dengan perubahan kelembaban pada Miosen Tengah di daerah penelitian (Bengkulu) menunjukkan hasil yang serupa dengan penelitian yang dilakukan Danendra dkk. (2022) pada batuan berumur Miosen Tengah di daerah Zona Mandala Rembang, Cekungan Jawa Timur Utara. Di Pulau Jawa pada Miosen Tengah juga menunjukkan iklim yang hangat dengan terjadinya perubahan kelembaban.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis palinologi, sampel di daerah penelitian dibagi menjadi 4 zona perubahan iklim. Zona 1 menunjukkan iklim hangat dan lembab dengan vegetasi tertutup. Zona 2 menunjukkan iklim hangat dan lembab dengan vegetasi terbuka. Zona 3 menunjukkan iklim hangat dengan kelembaban sedang dan vegetasi tertutup. Zona 4 menunjukkan iklim hangat dan lembab dengan vegetasi terbuka. Iklim hangat di daerah penelitian dipengaruhi oleh beberapa peristiwa global seperti *Middle Miocene Climate Optimum* dan *Middle Miocene Climate Transition.*

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada PT Bara Indah Lestari, Seluma yang telah memberikan izin dalam proses pengumpulan data. Terima kasih juga kepada Tim Laboratorium Paleontologi, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran yang telah membantu proses analisis laboratorium serta semua pihak yang mendukung penyusunan hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Amin, T.C., Kusnama, Rustandi, E., dan Gafoer, S. (1994). *Geologi Lembar Manna dan Enggano, Sumatera, Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Azizah, N., Suedy, S.W.A., dan Prihastanti, E. (2016). Keanekaragaman tumbuhan berdasarkan morfologi polen dan spora dari sedimen Telaga Warna Dieng, Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, *24*(1), hal.66-75. https://doi.org/10.14710/baf.v24i1.11695

Buvat, R. (1989). *Ontogeny, Cell Differentiation, and Structure of Vascular Plants*. Springer-Verlag, Berlin.

Danendra, E.F., Jurnaliah, L., dan Winantris. (2022). Rekonstruksi iklim purba kala Miosen Tengah hingga Miosen Akhir berdasarkan data kumpulan foraminifera planktonik Sumur-A1 pada Zona Mandala Rembang, Cekungan Jawa Timur Utara. *Bulletin of Scientific Contribution: GEOLOGY, 20*(1), hal.33-42. https://doi.org/10.24198/bsc.v20i1.38715

Erdtman, G. (1966). *Pollen Morphology and Plant Taxonomy*. Hafner Publishing Company, New York and London.

Fajrina, D., Winantris, dan Fauzielly, L. (2016). Sejarah perubahan iklim berdasarkan analisis palinologi daerah Derwati, Bandung, Jawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional MIPA Jatinangor 2016*, Oktober, hal.198-204.

Gafoer, S., Amin, T.C., dan Pardede, R. (1992). *Peta Geologi Lembar Bengkulu, Sumatra, Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Hansen, J., Sato, M., Russell, G., dan Kharecha, P. (2013). Climate sensitivity, sea level and atmospheric carbon dioxide. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, *371*. https://doi.org/10.1098/rsta.2012.0294

Hastuti, S., Sukandarrumidi, dan Pramumijoyo, S. (2001). Kendali tektonik terhadap perkembangan cekungan ekonomi Tersier Ombilin, Sumatera Barat. *Teknosains*, *14*(1), hal.1-12.

Heryanto, R. (2007). Hubungan antara diagenesis, reflektan vitrinit, dan kematangan batuan pembawa hidrokarbon

batuan sedimen Miosen di Cekungan Bengkulu. *Jurnal Geologi Indonesia, 2*(2), hal.99-111. https://doi.org/10.17014/ijog.2.2.99-111

Husein, S., Barianto, D.H., Novian, M.I., Putra, A.F., Saputra, R., Rusdiyantara, M.A., dan Nugroho, W. (2018). Perspektif baru dalam evolusi Cekungan Ombilin Sumatera Barat. *Proceeding, Seminar Nasional Kebumian ke-11*: *Perspektif Ilmu Kebumian Dalam Kajian Bencana Geologi Di Indonesia, September 2018.*

Istiana dan Zulfiah. (2022). Perubahan iklim pada Pliosen Akhir berdasarkan studi palinologi Formasi Tapak, daerah Bentarsari, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah. *Jurnal Ilmiah Geologi Pangea*, *9*(1), hal.45-52. https://doi.org/10.31315/jigp.v9i1sp.9409

Mentari, S.G., Winantris, dan Jurnaliah, L. (2023). Paleoenvironment of the Miocene Lemau Formation based on the palynology analysis in Seluma, Bengkulu. *Jambura Geoscience Review, 5*(1), hal.33-41. https://doi.org/10.34312/jgeosrev.v5i1.17150

Morley, R.J. (1991). Tertiary stratigraphic palynology in Southeast Asia: Current status and new directions. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia, 28*, hal.1-36. https://doi.org/10.7186/bgsm28199101

Morley, R.J. (1998). Palynological evidence for Tertiary plant dispersals in the SE Asian region in relation to plate tectonics and climate. Dalam R. Hall dan J.D. Holloway (Eds.), *Biogeography and Geological Evolution of SE Asia*, hal.211-234. Backhuys Publishers, Leiden.

Nairn, M.G., Lear, C.H., Sosdian, S.M., Bailey, T.R., dan Beavington-Penney, S. (2021). Tropical sea surface temperatures following the middle Miocene climate transition from laser-ablation ICP-MS analysis of glassy foraminifera. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, *36*, e2020PA004165. https://doi.org/10.1029/2020PA004165

Rachman, R., Winantris, Muljana, B., dan Sulaksana, N. (2020). Perubahan iklim Danau Bandung Purba berdasarkan analisis palinologi, daerah Cihideung, Lembang, Jawa Barat. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, *21*(1), hal.1-8. https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v21i1.404

Rahardjo, A.T. (2014). *Bahan Ajar Kuliah Palinologi*. Program Pasca Teknik Geologi ITB, Bandung, Indonesia.

Ramadhani, A., Farmadi, A., dan Budiman, I. (2014). Clustering data cuaca untuk pengenalan pola perioditas iklim wilayah Pelaihari dengan metode Fuzzy C-Means. *Jurnal Teknologi dan Industri (Diskontinu), 3*, hal.57-64.

Riding, J.B., Kyffin-Hughes, J.E., dan Owens, B. (2007). An effective palynological preparation procedure using hydrogen peroxide. *Palynology*, *31*(1), hal.19-36. https://doi.org/10.2113/gspalynol.31.1.19

Sosdian, S.M. dan Lear, C.H. (2020). Initiation of the western Pacific warm pool at the middle Miocene climate transition? *Paleoceanography and Paleoclimatology, 35*(12), e2020PA003920. https://doi.org/10.1029/2020PA003920

Tantawi, A.R. (2007). Hubungan kecepatan angin dan kelembaban udara terhadap pemencaran konidium *Cercospora nicotianae* pada tembakau. *Agritrop*, *4*, hal.160-167.

Tarigan, S.A. dan Sutriyono, E. (2018). *Geologi dan lingkungan pengendapan Formasi Lemau daerah Tanjungdalam dan sekitarnya, Bengkulu Utara.* Skripsi, Universitas Sriwijaya.

Yulihanto, B., Situmorang, B., Nurdjajadi, A., dan Sain, B. (1995). Structural analysis of the onshore Bengkulu forearc basin and its implication for future hydrocarbon exploration activity. *Indonesian Petroleum Association, Proceedings of the 24th Annual Convention*, hal.85-96.

You, Y., Huber, M., Muller, D.R., Poulsen, S.J., dan Ribbe, J. (2009). Simulation of the middle Miocene climate optimum. *Geophysical Research Letters*, *36*. https://doi.org/10.1029/2008GL036571

Yulianto, E., Sukapti, W.S., dan Setiawan, R. (2019). Palinostratigrafi, paleoekologi dan paleoklimatologi Plistosen Awal berdasarkan studi palinologi Formasi Pucangan di daerah Sangiran. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, *20*(3),

hal.133-141.
https://doi.org/10.33332/jgsm.2019.v20.3.
133-141p