



Sejarah Perubahan Iklim Berdasarkan Analisis Palinologi Daerah Derwati, Bandung, Jawa Barat

Dania Fajrina*, Winantris, Lili Fauzielly

Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

*E-mail: dania.fajrina@yahoo.co.id

Abstrak

Palinologi merupakan ilmu yang mempelajari fosil palinomorf termasuk polen dan spora yang ditemukan dalam batuan sedimen. Data palinologi dapat digunakan sebagai bukti indikasi keanekaragaman vegetasi yang pernah berkembang pada daerah penelitian. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan iklim yang tercerminkan oleh perubahan vegetasi yang terjadi pada masa lampau. Materi penelitian berupa sampel sedimen lempung karbonan yang diambil di wilayah Derwati, Kecamatan Rancasari, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat dengan menggunakan bor secara vertikal dengan interval kedalaman satu meter. Sebanyak 20 sampel dipreparasi dengan menggunakan metode asam. Analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif, perbandingan AP/NAP, dan pengelompokan zona vegetasi hutan hujan untuk memperoleh data takson dan kondisi vegetasi pada masa lampau. Perubahan vegetasi mengindikasikan adanya perubahan iklim, antara lain iklim dingin/kering dan iklim hangat/lembab. Iklim dingin/kering diindikasikan oleh perkembangan vegetasi jenis hutan berkayu (AP) dan kelimpahan polen penunjuk iklim dingin seperti *Podocarpus*, *Juniperus*, dan *Taxodiaceae* serta polen *Gramineae* sebagai penunjuk iklim kering. Sedangkan iklim hangat/lembab diindikasikan oleh perkembangan vegetasi jenis semak dan herba (NAP) serta kelimpahan spora *Polypodiaceae*.

Kata Kunci: endapan danau, iklim, polen, spora.

1. Pendahuluan

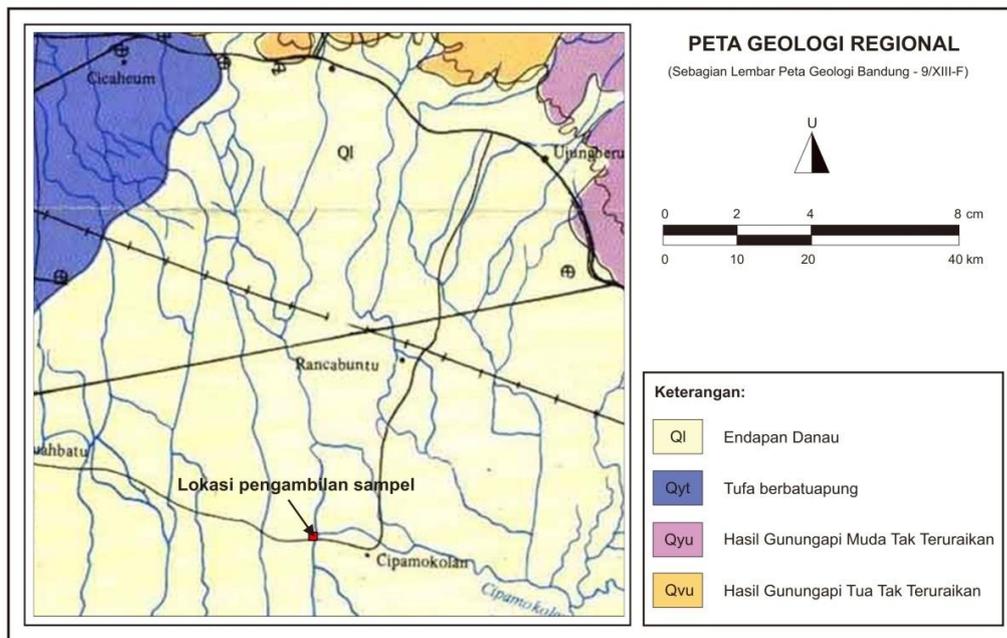
Palinologi mempunyai peranan penting dalam geologi dan bidang ilmu lainnya, adapun analisis yang dapat dilakukan melalui pendekatan palinologi salah satunya adalah Paleoklimatologi (iklim purba). Polen dan spora telah terakumulasi dari waktu ke waktu dan vegetasi masa lalu daerah dapat terungkap. Seringkali, perubahan vegetasi diakibatkan oleh perubahan iklim dikarenakan oleh vegetasi yang beradaptasi dengan keadaan lingkungannya. Penelitian tentang perubahan vegetasi masa lalu dengan memanfaatkan rekam fosil polen dan spora dapat membentuk rekonstruksi iklim masa lampau dan hubungannya dengan iklim masa sekarang dan yang akan datang.

Studi palinologi telah digunakan oleh beberapa peneliti seperti Dam (1994) untuk menggambarkan kondisi iklim Kuartir Akhir berdasarkan data palinomorf cekungan Bandung. Perkembangan lingkungan di daerah Bandung yang telah dibahas dianggap sebagai indikasi kondisi iklim pada Akhir Kuartir di wilayah Indonesia. Pengendapan secara berurutan di cekungan Bandung mencatat evolusi lingkungan secara umum daerah. Perkembangan lingkungan tertentu yang berkaitan dengan vegetasi regional, keseimbangan hidrologi dan evolusi tanah serta bentuk lahan, mencerminkan fluktuasi yang signifikan dalam aspek temperatur dan curah hujan di wilayah Indonesia, sejalan dengan fluktuasi iklim global yang terjadi pada Kuartir Akhir. Demikian pula Whitmore (1984) yang

membagi zona vegetasi hutan hujan tropis dan kondisi iklim pegunungan tropis berdasarkan studi palinologi.

Daerah penelitian, secara administratif termasuk ke dalam wilayah Derwati, Kecamatan Rancasari, Kabupaten Bandung, Jawa Barat dan secara geografis, lokasi titik bor terletak di koordinat 107°40'37.79" BT dan 06°57'52.20" LS yang termasuk ke dalam peta rupabumi bakosurtanal lembar Ujungberung No. 1209-312. Lokasi penelitian yang termuat dalam Peta Geologi Regional Lembar Bandung (Gambar 1) termasuk ke dalam satuan endapan danau yang berumur Holosen. Endapan Danau tersebar pada kedalaman 0-125 m yang tersusun atas lempung tufaan, batupasir tufaan, dan kerikil tufaan. Membentuk bidang-bidang perlapisan mendatar di beberapa tempat, mengandung kongkresi-kongkresi gamping, sisa-sisa tumbuhan, moluska air tawar dan tulang-tulang binatang bertulang belakang. Setempat mengandung sisipan breksi (Silitonga, 1973).

Endapan Danau Bandung mengandung polen dan spora yang melimpah. Polen dan spora tersebut ikut terendapkan bersama material sedimen lainnya dan proses pengendapannya dipengaruhi oleh berbagai peristiwa alam. Peristiwa alam yang dimaksud adalah kondisi iklim dan perubahan vegetasi. Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui keragaman vegetasi dari waktu ke waktu dalam mengetahui fluktuasi iklim pada masa lampau.



Gambar 1. Geologi regional daerah penelitian dan sekitarnya (modifikasi dari Peta Geologi Lembar Bandung, Silitonga, 1973)

2. Metode

Polen dan spora memiliki ukuran lanau - pasir sangat halus jika dibandingkan dengan ukuran sedimen klastik / skala wenworth (Traverse, 1988). Material yang digunakan untuk penelitian adalah endapan sedimen berukuran butir lempung. Tekstur sedimen yang halus membuat polen dan spora terpreservasi dengan baik. Sampel diambil secara vertikal mengikuti kedalaman dengan interval satu meter, yaitu sebanyak 20 sampel diambil dari permukaan (Gambar 2). Preparasi sampel untuk analisis palinologi dilakukan dengan menggunakan metode asam, berat konstan dari masing-masing sampel adalah 10 gr. Sampel yang dianalisis sejumlah 16 *slide* preparat dikarenakan empat kedalaman 1-5 m tidak mengandung butir polen dan spora (*barren*). Hal ini dikarenakan oleh sedimen yang terendapkan memiliki ukuran butir kasar sehingga tidak baik untuk preservasi polen dan spora. Air masuk ke dalam pori-pori batuan yang akan merusak dan melarutkan fosil sepanjang pengalirannya.

Analisis polen dan spora yang terendapkan dalam suatu sedimen dapat mengungkapkan latar belakang perubahan flora dan vegetasi pada periode tertentu. Dengan diketahuinya tipe polen maka dapat diketahui jenis tumbuhannya (Morley (1990), Moore & Webb (1978), dan Erdtman (1952)).

Determinasi polen dan spora yang terdapat di preparat dilakukan dengan menggunakan mikroskop transmisi binokular dengan perbesaran 400x hingga 1000x. Perbesaran 1000x sangat berguna untuk mendeskripsi polen

dan spora, yaitu dalam mengenali struktur, ornamentasi, jumlah dan posisi apertur. Untuk menentukan nama serta jenis polen dan spora, dilakukan dengan cara mengidentifikasi ciri khas dari setiap butir polen dan spora, seperti eksin, apertur, ornamentasi, ukuran serta bentuk butir. Pengambilan data polen dan spora dilakukan dengan metode semi kuantitatif, yaitu semua polen di *slide* preparat dihitung untuk mendapatkan tingkat kelimpahan setiap sampelnya.

Untuk mengetahui perubahan vegetasi maka diperlukan pengelompokan polen yaitu berdasarkan AP/NAP dan zona vegetasi hutan hujan. Persentase *arboreal pollen* (AP) dan *non-arboreal pollen* (NAP) digunakan untuk mengetahui bentuk bentang alam, keterbukaan hutan, padang rumput, dan lingkungan *subalpine* sebagai indikator keragaman kelembaban dan suhu (Herzschuh, 2007). AP adalah polen yang berasal dari vegetasi hutan berkayu sedangkan NAP adalah polen yang berasal dari tumbuhan semak dan herba. Rumus yang digunakan adalah:

$$\% \text{ NAP} = (\sum \text{NAP} / \sum (\text{AP} + \text{NAP})) \times 100\%$$

$$\% \text{ AP} = (\sum \text{AP} / \sum (\text{AP} + \text{NAP})) \times 100\%$$

Keterangan:

$\sum \text{NAP}$: jumlah individu *non arboreal pollen*

$\sum \text{AP}$: jumlah individu *arboreal pollen*

$\sum (\text{AP} + \text{NAP})$: jumlah total individu *arboreal pollen* dan *non arboreal pollen*

Zona vegetasi yang digunakan yaitu berdasarkan tipe hutan hujan tropis menurut Whitmore (1984). Zona vegetasi dibagi berdasarkan interval elevasi, yaitu; *Lowland Forest* (LF) pada ketinggian 0 –



kurang dari 750 m dpl, *Lower Montane Forest* (LMF) pada ketinggian 750 – 1500 m dpl, dan *Upper Montane Forest* (UM) pada ketinggian lebih dari 1500 m dpl. Dalam penelitian ini data spora tidak masuk dalam perhitungan presentase zona vegetasi karena spora dapat muncul baik di *lowland forest* maupun *montane forest*.

Interpretasi iklim dilakukan dengan mengidentifikasi polen dan spora yang merupakan spesies indikator yang dibatasi oleh kondisi iklim tertentu. Interpretasi iklim didasarkan pada kurva perbandingan iklim basah dan iklim kering untuk menggambarkan fluktuasi kelembaban dan kurva fluktuasi beberapa takson yang mencerminkan iklim tertentu. Selama kondisi iklim kering, polen hutan savana dan pegunungan mendominasi (Adojoh *et al.*, 2015). Gramineae tumbuh di lingkungan hutan terbuka atau dalam keadaan lingkungan yang kering seperti padang rumput (*savanna forest*). Fluktuasi jumlah polen Gramineae dapat dijadikan dasar interpretasi kelembaban. *Podocarpus* dari suku Podocarpaceae, *Juniperus* dari suku Cupressaceae, dan Taxodiaceae

merupakan polen dari tumbuhan hutan konifer yang mendominasi di lingkungan dengan elevasi tinggi/pegunungan dan merupakan karakteristik vegetasi subtropis. Polypodiaceae merupakan tumbuhan jenis *Pteridophyta* yang sebagian besar hidup di lingkungan tropis dengan kondisi iklim sedang yaitu relatif hangat dan lembab.

3. Hasil dan Pembahasan

Data dari 16 *slide* preparat yang diamati, telah diidentifikasi sejumlah 1189 butir polen dan spora yang terdiri dari 54 takson polen dan 25 takson spora.

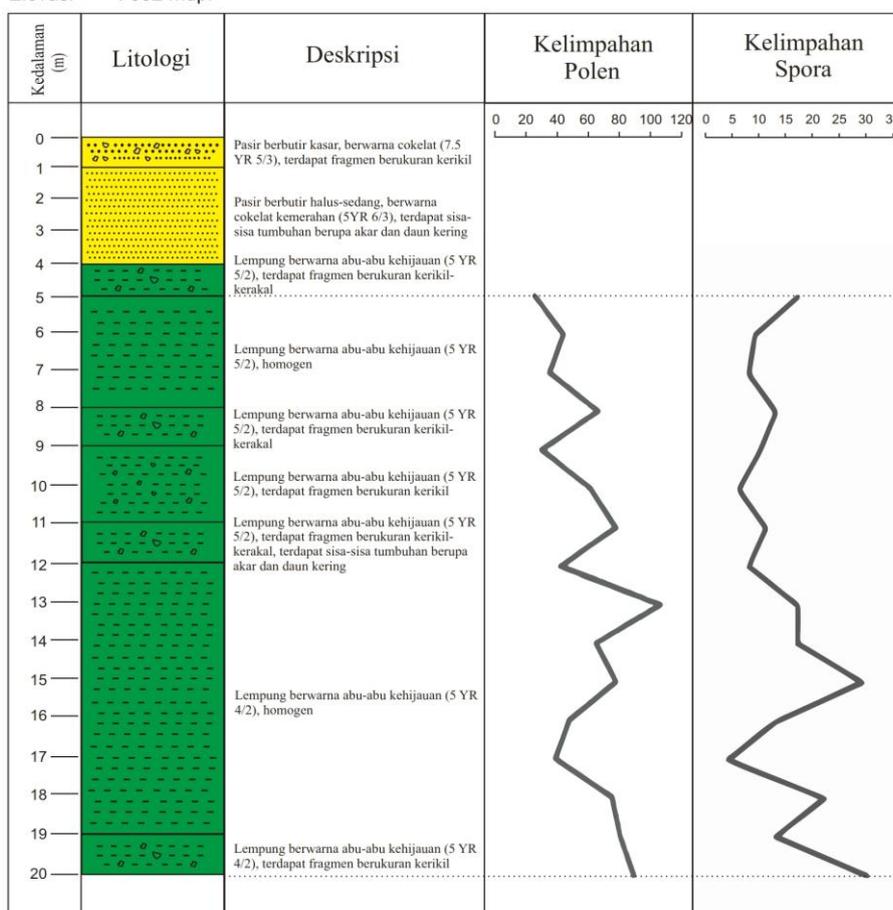
3.1 Vegetasi Polen

Interpretasi perubahan vegetasi dilakukan dengan mengamati perubahan komposisi polen dari waktu ke waktu berdasarkan rasio AP/NAP dan zona vegetasi hutan hujan tropis.

Perubahan komposisi *arboreal pollen* (AP) dan *non arboreal pollen* (NAP) menunjukkan perubahan bentang alam hutan yang terjadi di daerah penelitian. Jenis polen yang termasuk ke dalam kelompok *arboreal pollen* (AP) yaitu dari jenis Araucariaceae,

Kolom Stratigrafi

Lokasi : Derwati
 Koordinat : 107°40'37.79" BT dan 06°57'52.20" LS
 Elevasi : 662 mdpl



Gambar 2. Kolom stratigrafi beserta kelimpahan polen spora



Cephalotaxaceae, Cupressaceae, Taxodiaceae, Taxaceae, Podocarpaceae, Ulmaceae, Fagaceae, *Ilex*, Betulaceae, dan Dypterocarpaceae. Sedangkan jenis polen yang termasuk ke dalam kelompok *non arboreal pollen* (NAP) adalah Gramineae, Cyperaceae, Urticaceae, Liliaceae, Araceae, Arecaceae, Haloragaceae, Polygonaceae, Asteraceae, Menyantaceae, Chenopodiaceae, Amaranthaceae, Potamogetonaceae, Nymphaeaceae, Compositae, Musaceae, dan Magnoliaceae.

Pada kondisi awal yaitu dimulai dari pengendapan sedimen pada kedalaman terbawah, komposisi polen menunjukkan bahwa hutan yang terbentuk adalah hutan berkayu yang terlihat dari persentase AP yang mencapai 57,50% kemudian mengalami penurunan menjadi 22,92% pada pengendapan sedimen kedalaman 16 m. Hal ini mengindikasikan adanya perubahan bentang alam hutan menjadi relatif lebih terbuka. Setelah itu kandungan polen dari jenis tumbuhan berkayu (AP) meningkat hingga 53,77% pada sedimen kedalaman 13 m dan kemudian cenderung terus mengalami penurunan hingga pengendapan sedimen kedalaman 5 m diikuti dengan peningkatan kelimpahan polen dari jenis vegetasi semak dan herba atau kelompok *non arboreal pollen* (NAP) dengan persentase AP dan NAP sebesar 26,92% dan 73,08% yang menunjukkan bentang alam hutan yang semakin terbuka.

Data hasil identifikasi, polen yang terendapkan pada daerah penelitian berasal dari zona vegetasi *lowland rain forest* (LF) dan zona *montane rain forest* yang terbagi menjadi bagian *upper* (UM) dan *lower* (LMF). Taksa penciri kelompok LF seperti *Cyperus sp.*, *Pistia stratiotes*, dan *Alocasia sp* hampir mendominasi di setiap sampel. Taksa penciri vegetasi kelompok UM adalah *Podocarpus neriifolius*, *Podocarpus australiensis*, *Podocarpus imbricatus*, *Arundinella setosa*, dan *Juniperus sp.*. Taksa dari kelompok LMF yaitu *Araucaria sp.*, *Quercus sp.*, *Castanopsis sp.*, dan *Thuja orientalis*.

3.2 Perubahan Iklim

Hasil interpretasi diagram polen berdasarkan polen dan spora indikator iklim, terbagi menjadi 4 *event* perubahan iklim selama periode pengendapan (Gambar 4), yaitu:

a. Zona Iklim I

Sampel pada zona ini diambil dari kedalaman 16 - 20 m. Pada interval ini, didominasi oleh keadaan iklim relatif hangat dan lembab dengan dominasi taksa *Cyperus sp.*, *Saccharum sp.*, dan *Pistia Stratiotes*. Selama pengendapan, kehadiran

Podocarpus cenderung mengalami penurunan diikuti oleh penurunan kurva Gramineae, sedangkan Polypodiaceae relatif stabil.

b. Zona Iklim II

Zona iklim II terletak pada interval kedalaman 13 - 16 m. Pada interval ini terjadi kenaikan kelimpahan *Podocarpus*, *Juniperus*, dan *Taxodiaceae* secara signifikan diikuti oleh kenaikan kurva Gramineae sehingga dapat diinterpretasikan pada pengendapan interval ini iklim menjadi lebih dingin dan kering.

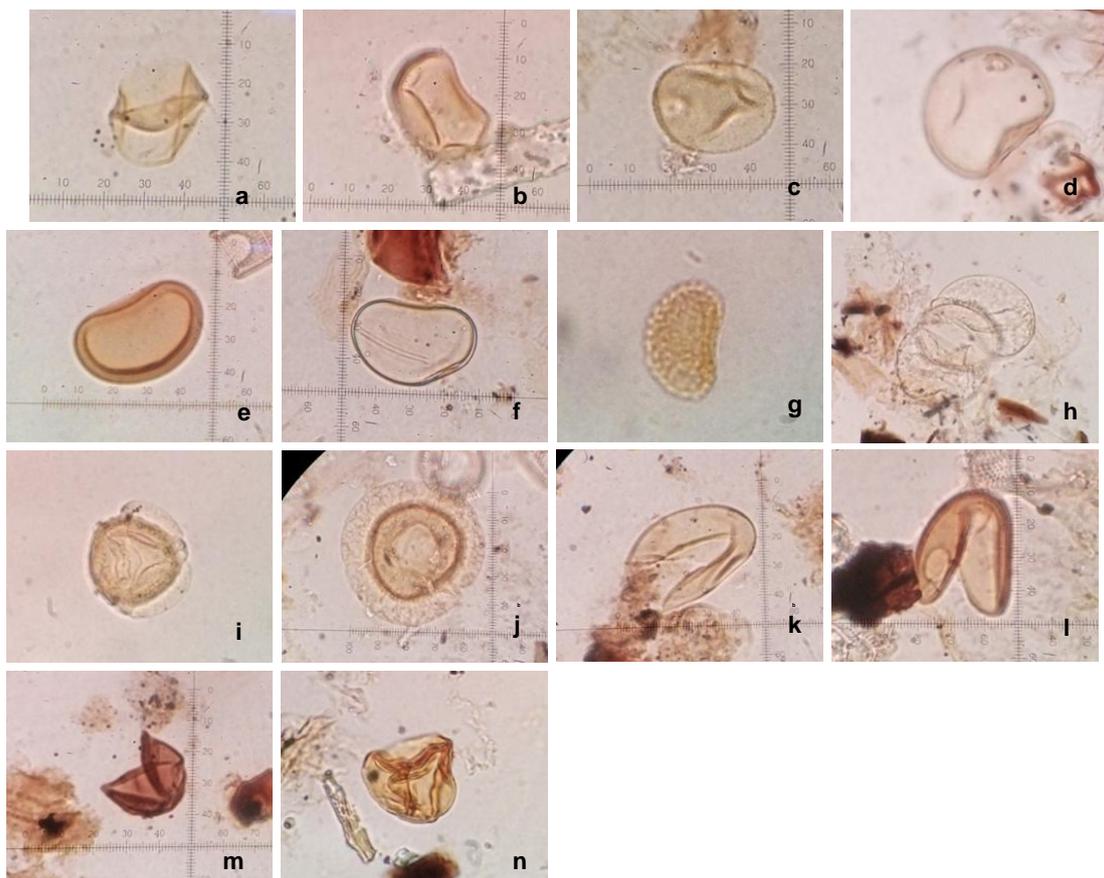
c. Zona Iklim III

Zona iklim III terletak pada interval kedalaman 8 - 13 m. Pada interval ini didominasi oleh penurunan spesies indikator iklim dingin Walaupun pada interval ini terjadi beberapa fluktuasi tetapi masih didominasi oleh kondisi iklim hangat dan lembab. Adapun fluktuasi yang terjadi pada interval ini, antara lain:

- Selama pengendapan sedimen pada kedalaman 12 - 13 m, kurva *Podocarpus* terlihat mengalami penurunan dan kurva Gramineae ikut mengalami penurunan sehingga dapat diinterpretasikan bahwa iklim relatif semakin hangat dan lembab.
- Pada pengendapan sedimen pada kedalaman 11 - 12 m, terjadi kenaikan kurva *Podocarpus* diikuti dengan kenaikan kurva Gramineae yang menunjukkan bahwa iklim yang terjadi pada saat pengendapan adalah relatif lebih sejuk dan kering.
- Pada saat pengendapan sedimen kedalaman 8 - 11 m, iklim yang terjadi pada pengendapan relatif menghangat, hal ini berdasarkan kurva *podocarpus* yang menurun dan semakin stabil namun masih terjadi fluktuasi pada kurva Gramineae dan diikuti oleh mulai meningkatnya kelimpahan Polypodiaceae.

d. Zona Iklim IV

Zona iklim IV terletak pada interval kedalaman 4 - 8 m. Pada interval ini, *Podocarpus neriifolius*, *Podocarpus imbricatus*, dan *Podocarpus australiensis* sudah tidak muncul. Hal tersebut menunjukkan bahwa iklim sudah berada pada zona yang hangat mengingat pertumbuhan *Podocarpus* dibatasi oleh iklim dingin. Polen dari kelompok Gramineae pada interval ini juga mengalami penurunan sehingga kondisi iklim relatif lembab. Selain itu, keberadaan Polypodiaceae yang semakin meningkat mendukung interpretasi kondisi iklim yang lebih hangat dan lembab dari zona-zona sebelumnya.



Gambar 3. Spesies indikator iklim. Polen penciri iklim kering (a. *Sorghum halpense*, b. *Arundinella setosa*, c. *Digitaria sp.* dan d. *Saccharum sp.*); spora penciri iklim hangat/lembab (e. *Platycerium bifurcatum*, f. *Colysis wrightii*, dan g. *Polypodium aerum*); polen penciri iklim dingin/kering (h. *Podocarpus neriifolius*, i. *Podocarpus imbricatus*, j. *Podocarpus australiensis*, k. *Juniperus*, l. *Cryptomeria*, m. *Taxodium*, dan n. *Cunninghamia lanceolata*).

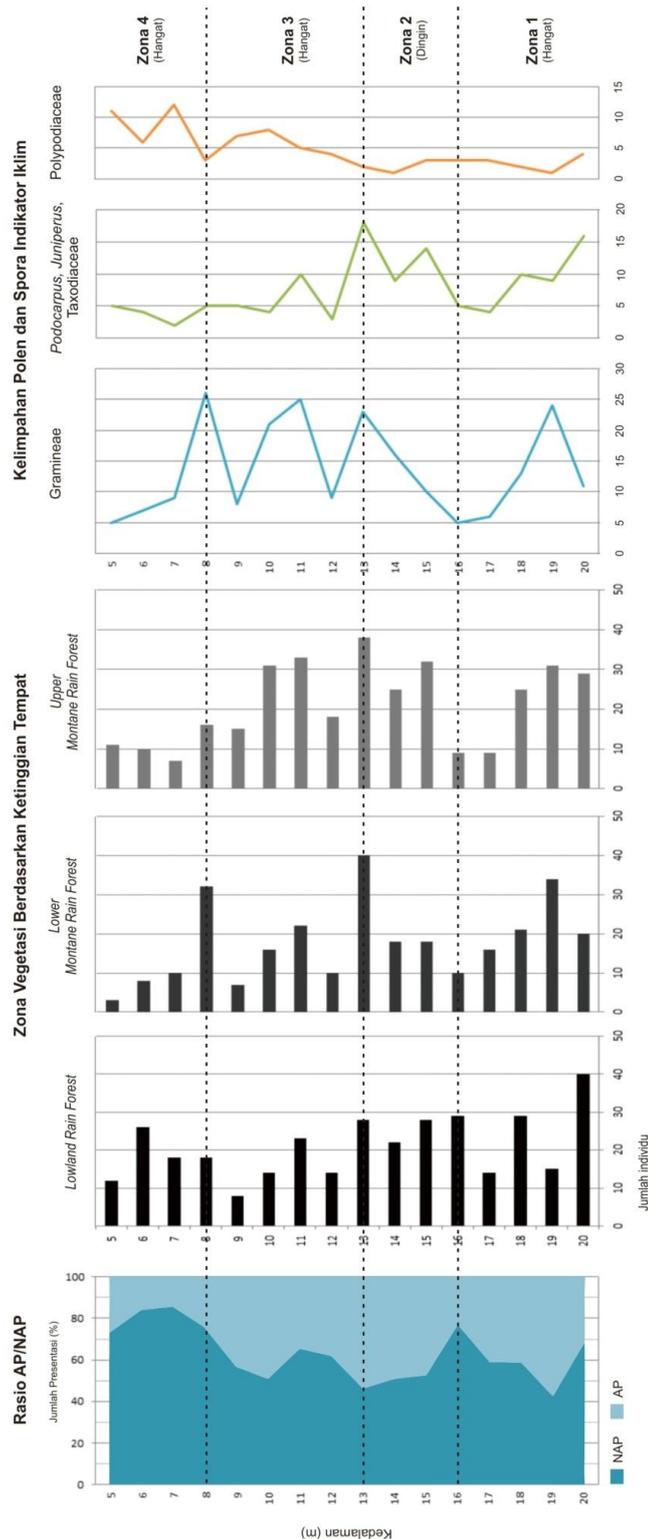
3.3 Indikasi Perubahan Iklim dari Perubahan Vegetasi

Iklim suatu daerah dicerminkan oleh jenis vegetasinya. Perubahan komposisi atau kelimpahan dari suatu takson tertentu secara langsung disebabkan oleh perubahan iklim. Hal ini dimaksudkan untuk menyimpulkan fase iklim yang berlaku selama pengendapan sedimen.

Sampel penelitian diperoleh dari ketinggian ± 700 m di atas permukaan laut. Berdasarkan zonasi Whitmore (1984), zona penelitian berada pada *Lowland Rain Forest*. Hal ini penting untuk memahami mekanisme penyebaran dan transportasi polen ketika menginterpretasikan bahwa data polen dari sedimen pada sampel penelitian berasal dari vegetasi di sekitarnya (*lowland rain forest*) dan vegetasi di atasnya (*montane rain forest*).

Tingginya kandungan polen yang berasal dari *lower montane rain forest* dan *upper montane rain forest* mengindikasikan bahwa vegetasi hutan pegunungan lebih berkembang dibandingkan dengan vegetasi sekitar danau, hal ini mencerminkan temperatur yang rendah. Sedangkan tingginya kandungan polen yang berasal dari *lowland rain forest* mengindikasikan bahwa vegetasi di sekitar danau lebih berkembang dibandingkan vegetasi hutan pegunungan, hal ini mencerminkan temperatur yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan zona *montane forest*.

Perubahan iklim secara umum dapat dilihat dari perubahan bentang alam hutan. Pada keadaan awal dipengaruhi oleh iklim relatif dingin/kering yang kemudian berubah menjadi semakin hangat ke arah pengendapan sedimen yang lebih muda. Hal ini terlihat dari kelimpahan polen arboreal (AP) yang tidak pernah lebih tinggi setelah pengendapan sampel kedalaman 19 m.



Gambar 4. Zona iklim dengan perubahan vegetasi berdasarkan diagram zona vegetasi hutan hujan dan rasio AP/NAP

Berdasarkan perubahan zona vegetasi hutan hujan, perubahan signifikan terjadi pada saat pengendapan sedimen kedalaman 13 m. Perubahan vegetasi yang terjadi yaitu perubahan hutan hujan dataran rendah (*lowland rain forest*) menjadi hutan hujan pegunungan rendah (*lower montane rain forest*). Jika dilihat dari elevasi saat ini, maka terjadi perubahan elevasi sekitar 300

m, yaitu dari elevasi ± 700 mdpl menjadi ± 1000 mdpl. Hal tersebut diinterpretasikan dari diagram kelimpahan polen pada zona *lower montane forest* yang mendominasi saat pengendapan sedimen kedalaman 13 m diikuti dengan kelimpahan polen zona *upper montane forest* yang menandakan adanya *overlay* antara polen zona *lower montane forest* dengan *upper montane forest*, sehingga



mengindikasikan bahwa zona vegetasi pada saat itu terletak pada zona *lower montane forest* yang sudah mendekati batas bawah zona *upper montane forest*, yaitu diperkirakan sekitar ketinggian 1000 mdpl.

Perubahan zona vegetasi mengindikasikan adanya perubahan temperatur seiring dengan berubahnya ketinggian. Menurut Whitmore (1984), temperatur menurun seiring dengan meningkatnya elevasi yaitu sekitar $0,67^{\circ}\text{C}$ setiap kenaikan 100 m. Kenaikan elevasi sekitar 300 m mengindikasikan terjadinya penurunan temperatur sekitar 2°C .

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data polen dan spora, diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Perubahan zona vegetasi berdasarkan ketinggian dan keterbukaan hutan mencerminkan adanya perubahan iklim, yaitu iklim dingin/kering dicerminkan oleh kelimpahan polen kelompok *montane rain forest* dan *arboreal pollen* (AP) sedangkan iklim yang relatif lebih hangat/lembab dicerminkan oleh kelimpahan polen kelompok *zona lowland rain forest* dan *non arboreal pollen* (NAP) atau dengan bentuk hutan yang lebih terbuka.
2. Terjadi 4 *event* perubahan iklim selama periode pengendapan, yaitu:
 - a. Zona iklim I (kedalaman 16 – 20 m) dengan kondisi iklim hangat/lembab.
 - b. Zona iklim II (kedalaman 13 – 16 m) dengan kondisi iklim relatif lebih dingin/kering.
 - c. Zona iklim III (kedalaman 8 – 13 m) dengan kondisi iklim hangat/lembab.
 - d. Zona iklim IV (kedalaman 5 – 8) merupakan zona dengan kondisi iklim relatif lebih hangat dari ketiga zona lainnya.

3. Puncak kondisi dingin/kering terjadi pada saat pengendapan sampel kedalaman 13 m, yaitu 2°C lebih rendah dari suhu saat ini.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Fakultas Teknik Geologi dan seluruh pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adojoh, O. 2015. *Palynocycles, Palaeoecology and System Tracts Concepts: A Case Study from Miocene Okan-1 Well, Niger Delta Basin, Nigeria*. Ecology and Environmental Sciences, vol. 3, no.3: p. 66-74.
- Dam, M. A. C. 1994. *The Late Quaternary Evolution of The Bandung Basin, West Java, Indonesia*. Thesis Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Erdtman, G. 1966. *Pollen Morphology and Plant Taxonomy*, Hanfer Publishing Company, New York and London.
- Herzschuh, Ulrike. 2007. *Reliability of Pollen Ratios for Environmental Reconstructions on The Tibetan Plateau*. Alfred Wegener Institute, Postdam, Germany.
- Moore, P.D. and Webb, J.A. 1978. *An Illustrated Guide to Pollen Analysis*. Hodder And Stought, London
- Morley, R.J. 1990. *Introduction to Palynology (with Emphasis on South East Asia)*. Fakultas Biologi UNSOED.
- Silitonga, P. H. 1973. *Peta Geologi Lembar Bandung, Jawa skala 1:100000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Traverse, A. 2007. *Paleopalynology*, Second edition, Department of Geosciences, College of Earth and Mineral Sciences, The Pennsylvania State University, USA. Springer.
- Whitmore, T. C. 1984. *Tropical Rain Forest of The Far East*. Clarendon Press, Oxford.