

## Perubahan Iklim Pada Pliosen Akhir Berdasarkan Studi Palinologi Formasi Tapak, Daerah Bentarsari, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah

Istiana<sup>1\*</sup>, Zulfiah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta

Jl. SWK (104) Lingkar Utara, Condongcatur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55283

<sup>2</sup>Prodi Teknik Geologi, Fakultas Teknik Universitas Pattimura

Jl. Ir. M. Putuhena, Poka, Kec. Teluk Ambon, Kota Ambon, Maluku, 97233

\*Email [istiana.istiana@upnyk.ac.id](mailto:istiana.istiana@upnyk.ac.id)

**Abstrak** – Analisis polen dan spora telah dilakukan pada 20 sampel yang diambil dari singkapan vertikal di permukaan pada Formasi Tapak daerah Bentarsari. Penelitian ini bertujuan untuk merekonstruksi perubahan iklim berdasarkan data palinologi yang berlangsung selama Pliosen Akhir pada Formasi Tapak saat diendapkan di Cekungan Bentarsari. Berdasarkan analisis sampel yang telah dilakukan diperoleh 30 tipe kelompok *Arboreal Pollen/AP*, 11 tipe kelompok *Non Arboreal Pollen/NAP*, 28 tipe kelompok *Pteridophyta/Spora* dan ditemukan 7 tipe kelompok *palynomorf* lainnya seperti *zoomorf* dan *fitoplankton*. Kehadiran *Podocarpus imbricatus* pada sampel bagian bawah dan kemunculan akhir *Stenochlaenidites papuanus* pada sampel bagian atas menunjukkan bahwa Formasi Tapak pada daerah penelitian berumur Pliosen Akhir. Setidaknya terdapat lima interval kejadian penting yang berhubungan dengan perubahan iklim. Dari keseluruhan interval kejadian perubahan iklim tersebut iklim pada daerah penelitian didominasi oleh iklim yang lebih hangat dan lembab. Hal tersebut didukung oleh tingginya jumlah tipe kelompok *Arboreal Pollen/AP* dan tipe kelompok *Pteridophyta/Spora* pada daerah penelitian.

**Kata Kunci:** Palinologi, Perubahan Iklim, Cekungan Bentarsari, Palinomorf, Formasi Tapak

**Abstract** – *Abstract – Pollen and spore analysis has carried out on 20 samples taken from vertical outcrops on the surface of the Tapak Formation in the Bentarsari area. This study aims to reconstruct climate change based on palynology data during the Late Pliocene in the Tapak Formation when deposited in the Bentarsari Basin. Based on the sample analysis that has been carried out, 30 types of Arboreal Pollen/AP groups were obtained, 11 kinds of Non-Arboreal Pollen/NAP groups, 28 types of Pteridophyta/Spora groups, and found seven types of other palynomorph groups such as zoomorphs and phytoplankton. The presence of Podocarpus imbricatus in the lower part of the sample and the late appearance of Stenochlaenidites papuanus in the upper part indicate that the Tapak Formation in the study area is Late Pliocene. There are at least five crucial event intervals related to climate change. Of all the climate change event intervals, the climate in the study area is dominated by a warmer and more humid environment. This is supported by the high number of Arboreal Pollen/AP group types and Pteridophyta/Spora group types study area.*

**Keywords:** *Palynology, Climate Change, Bentarsari Basin, Palinomorph, Tapak Formation*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Palinologi adalah material organik yang sangat resisten, berinding *sporopollenin*, *chitin*, atau *pseudochitin* yang berukuran 5 – 500  $\mu\text{m}$  (Traverse, 2007; Proborukmi, 2021). Secara umum palinomorf terdiri dari tiga sub kelompok besar yaitu *sporomorf* (polen, spora dan spora jamur); *zoomorf* (*foraminifera test lining*, *chitinozoa* dan *scelodont*) serta *fitoplankton* (*dynocyst*, *meroplankton*, *Acritarch*, *Rhodofita* dan *Cyanobakteria*) (Tyson, 1955; Nugroho, 2014). Aplikasi palinologi dalam bidang geologi antara lain digunakan untuk penentuan umur relatif (pemunculan awal takson, pemunculan akhir takson, takson diagnostik, takson index) (Rahardjo, dkk. 1994), penentuan lingkungan pengendapan, analisis kuantitatif takson penciri lingkungan (rawa air tawar, rawa gambut, *mangrove* dsb) (Haseldonckx, 1974), penentuan tingkat kematangan termal organik berdasarkan indeks standar warna polen dan spora (Traverse, 1988), serta palinostratigrafi, paleoekologi dan paleoklimatologi (Yulianto, dkk.2019). Analisis polen dan spora yang terendapkan pada suatu sedimen juga dapat mengungkapkan latar belakang perubahan vegetasi dan bentang alam suatu daerah pada satu periode waktu tertentu (Morley, 1990).

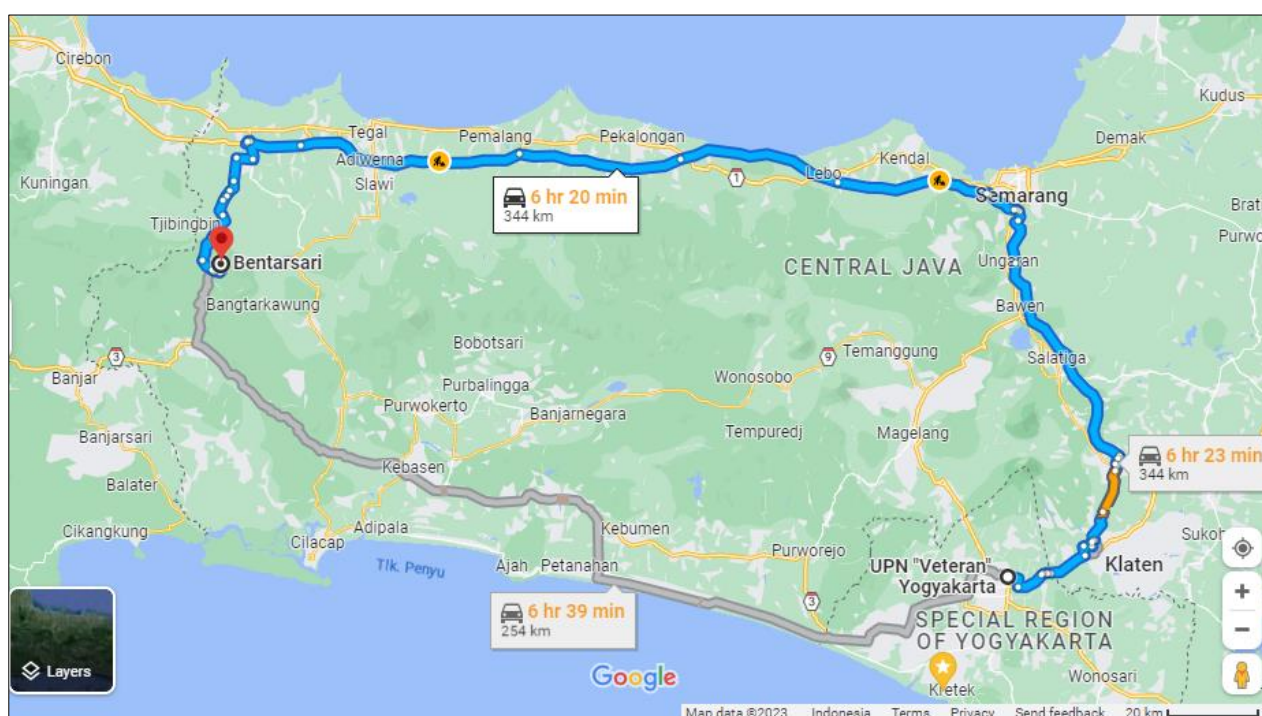
Formasi Tapak merupakan salah satu endapan berumur Pliosen Akhir yang diendapkan pada lingkungan transisi. Ciri litologi dari formasi ini yaitu batupasir kasar kehijauan yang ke arah atas berangsur – angsur berubah menjadi batupasir

kehijauan dengan beberapa sisipan napal pasiran berwarna abu – abu sampai kekuningan. Pada bagian atas terdapat batugamping terumbu. Ketebalan maksimum dari formasi ini adalah 500 meter (Kastowo, 1975). Penelitian mengenai perubahan iklim berdasarkan data palinologi pada Formasi Tapak di Cekungan Banyumas telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Akan tetapi terdapat beberapa kesimpulan yang berbeda mengenai iklim yang terjadi pada Formasi Tapak pada Kala Pliosen. Setijadi, dkk. 2011, memprediksi perubahan iklim Formasi Tapak dengan metode bioprediksi yang terjadi di daerah Banyumas selama Kala Pliosen. Kesimpulan yang diperoleh yaitu bahwa selama Kala Pliosen perubahan iklim yang terjadi pada Formasi Tapak sebagian besar didominasi oleh iklim panas (hangat) yang dipengaruhi oleh naik dan turunnya air laut secara berulang. Sementara itu Hapsari, dkk. 2013, melakukan studi paleovegetasi berdasarkan bukti palinologi Kala Pliosen pada Cekungan Banyumas yang menyimpulkan bahwa perubahan iklim yang terjadi pada Formasi Tapak pada Kala Pliosen didominasi oleh iklim dingin dan kering. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk merekonstruksi perubahan iklim berdasarkan data palinologi yang berlangsung selama Pliosen Akhir pada Formasi Tapak di Cekungan Bentarsari sehingga dapat diketahui secara lebih pasti perubahan iklim yang terjadi pada Formasi Tapak saat Pliosen Akhir.

### Objek dan Lokasi Penelitian

Objek pada penelitian ini berupa data primer berupa singkapan vertikal di permukaan dengan tebal  $\pm 10$  meter. Diperoleh 20 sampel batuan sedimen dengan litologi didominasi oleh batupasir halus yang diambil setiap interval satu meter. Sampel – sampel tersebut kemudian diproses untuk dianalisis palinologi di Laboratorium Palinologi, Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung.

Lokasi penelitian berada di daerah Bentarsari, Kecamatan Salem, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah dengan koordinat  $108^{\circ}45'$  –  $108^{\circ}53'$  BT dan  $07^{\circ}07'$  –  $07^{\circ}12'$  LS. Waktu yang dibutuhkan untuk sampai dilokasi jika bertolak dari UPN Veteran Yogyakarta adalah sekitar 6 jam 20 menit dengan mengendarai mobil (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian

### Stratigrafi Regional

Daerah penelitian masuk kedalam Peta Geologi Lembar Majenang (Kastowo, 1975). Secara stratigrafi daerah Majenang tersusun oleh formasi batuan berumur Tersier hingga Kuartar yang terdiri dari (Gambar 2):

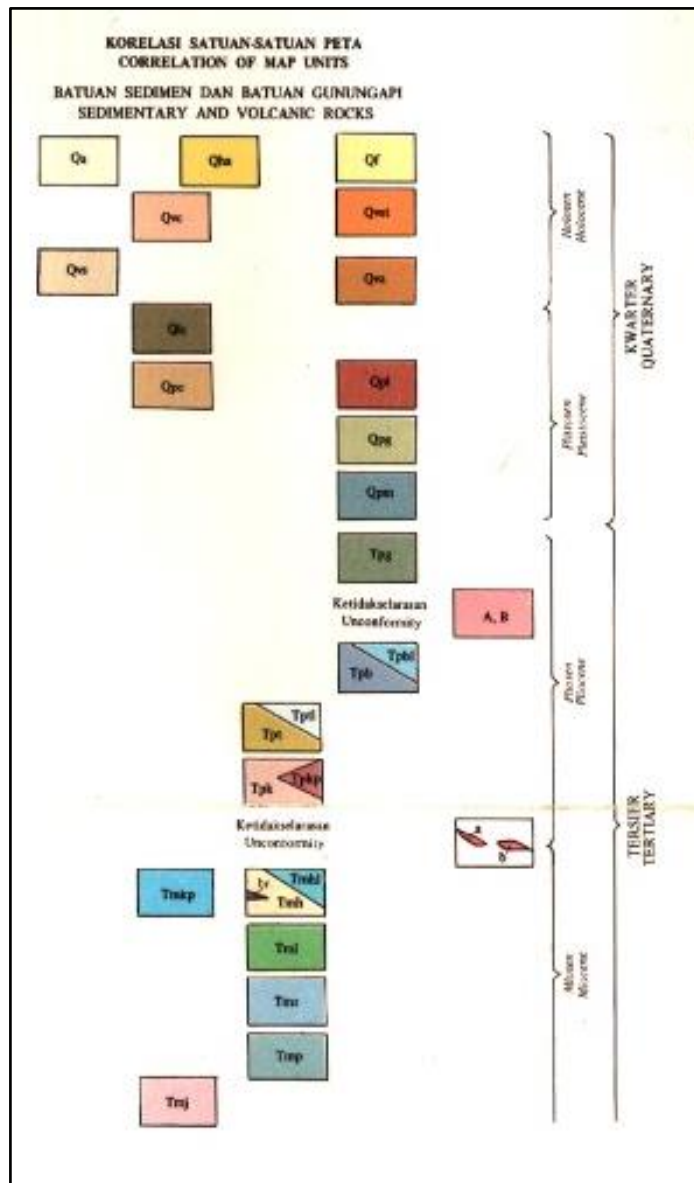
#### a. Formasi Jampang (Tmj).

Formasi Jampang terdiri dari breksi dengan bagian-bagian andesit hornblende dan hipersten didalam masa dasar pasir tuffaan. Tidak terpilah, di beberapa tempat terdapat bongkah-bongkah lava berserakan. Di beberapa tempat terdapat pola sisipan batupasir tuffaan berbutir kasar. Dasarnya tidak tersingkap.

- b. Formasi Pemali (Tmp). Formasi Pemali terdiri dari lapisan napal Globigerina berwarna biru ke abu-abuan dan hijau ke abu – abuan. Jarang sekali berlapis baik, kadang-kadang terdapat sisipan batugamping pasiran berwarna biru keabu-abuan. Tebalnya kira – kira 900 meter.
- c. Formasi Rambatan (Tmr).  
Pada Formasi Rambatan, di bagian bawah adalah batupasir gampingan dan konglomerat berselang-seling dengan lapisan-lapisan tipis napal dan serpih, sedangkan pada bagian atasnya terdiri dari batupasir gampingan berwarna abu-abu muda sampai biru keabu-abuan. Tebalnya lebih dari 300 meter.
- d. Formasi Lawak (Tml).  
Pada Formasi Lawak, di bagian bawah adalah napal kehijauan dengan beberapa sisipan tipis batugamping foraminifera dan batupasir gampingan, sedangkan dibagian atasnya terdiri dari napal Globigerina dengan beberapa sisipan batupasir. Tebal seluruhnya kira – kira 150 meter.
- e. Batugamping Kalipucang (Tmkp).  
Pada Formasi ini ditemukan Batugamping koral, pejal dan berongga. Di beberapa tempat dapat di jumpai adanya perlapisan pada batugamping. Keterdapatannya berada tersingkap di bukit – bukit kecil yang terpisah-pisah. Tebalnya kira – kira 150 meter.
- f. Formasi Halang (Tmh/Tmhl).  
Pada Formasi ini batuan sedimen merupakan jenis turbidit dengan struktur – struktur sedimen yang jelas, ada perlapisan bersusun, *convolute lamination*, *flute cast*, dll. Dibagian utara peta lembar Majenang lebih banyak terdapat bahan gunungapi berbutir kasar dan terdapat pula lensa – lensa breksi gunungapi. Bukti di beberapa tempat pada bagian atas dari pada formasi ini terdapat batugamping terumbu (Tmhl). Ketebalan seluruhnya mencapai lebih dari 2400 meter.
- g. Sills and Dike.  
Terdiri dari andesit hornblende dan basalt piroksen.
- h. Formasi Kumbang (Tpk/Tpkp).  
Formasi Kumbang terdiri dari breksi gunungapi andesit, pejal, dan tidak berlapis, termasuk beberapa aliran lava dan retas yang bersusunan sama. Tufa berwarna abu-abu dan batupasir tufaan mengandung konglomerat dan sisipan lapisan tipis magnetit. Breksi mengalami propilitisasi (Tpkp) yang terdapat di daerah yang sempit. Ketebalan maksimum mencapai 2000 meter.
- i. Formasi Tapak (Tpt/Tptl).  
Pada Formasi ini, bagian bawah terdiri dari batupasir kasar kehijauan yang ke arah atas berangsur – angsur berubah menjadi batupasir kehijauan dengan beberapa sisipan napal pasiran berwarna abu – abu sampai kekuningan. Batugamping terumbu (tptl) terdapat dibagian atas. Ketebalan maksimum adalah 500 meter.
- j. Formasi Kalibiuk (Tpb/Tpbl).  
Formasi Kalibiuk pada bagian bawahnya terdiri dari batulempung dan napal biru berfosil. Bagian atas mengandung lebih banyak sisipan tipis batupasir. Pada bagian tengah merupakan daerah yang mengandung lensa-lensa batupasir hijau. Batugamping moluska (Tpbl) terdapat pada bagian atas. Ketebalan maksimum 500 meter.
- k. Batuan Beku Tidak Terbagi-Bagi.  
Disini bersusunan andesit sampai basalt. Berupa lava, breksi aliran dan sumbat gunungapi di Banjar dan sekitarnya, dan mungkin berasal dari Gunung Sangkur.
- l. Formasi Kaliglagah (Tpg).  
Pada Formasi Kaliglagah, di bagian atas terdiri dari batupasir kasar dan konglomerat, sedangkan batulempung dan napal semakin berkurang di bagian atas dan bahkan tidak ada pada bagian paling atas. Di Cekungan Bentarsari, di bagian tengah utara Peta Lembar Majenang, sisipan batubara muda mencapai ketebalan 2 sampai 3 kaki (Hetzl, 1935 dalam Kastowo 1975). Bagian bawah terdiri dari batulempung hitam, napal hijau, batupasir andesit, dan konglomerat. Pada umumnya batupasir berlapis silangsiur dengan beberapa sisipan tipis lapisan batubara muda (lignit). Ketebalan kira – kira 350 meter.
- m. Formasi Mengger (Qpm).  
Formasi Mengger terdiri dari tufa berwarna abu – abu muda dan batupasir tufa dengan sisipan konglomerat serta lapisan tipis pasir magnetit. Ketebalan kira – kira 150 meter.
- n. Formasi Gintung (Qpg).  
Formasi Gintung terdiri dari konglomerat andesit berselang – seling dengan batupasir berwarna abu – abu kehijauan, batulempung pasiran dan lempung serta batupasir gampingan dan kongkresi batupasir napalan. Konglomerat ini mengandung kayu yang terkresikan dan terarangkan, disamping sisa vertebrata yang tidak begitu baik terawetkan.

- o. Formasi Lingopodo (Qpl).  
Formasi ini terdiri dari breksi, tufa, dan endapan lahar bersusunan andesit yang berasal dari Gunung Slamet tua atau Gunung Copet.
- p. Hasil Gunungapi Tua Dari Gunung Slamet (Qva).  
Terdiri dari endapan lahar yang berasal dari Gunung Slamet dengan beberapa lapisan lava di bagian bawah, membentuk topografi yang hampir rata dan punggung – punggung tajam sepanjang tepi sungai.
- q. Hasil Gunungapi Muda Dari Gunung Slamet (Qvst).  
Terdiri dari tufaandesit dengan beberapa bongkah – bongkah lava yang semuanya berasal dari Gunung Slamet yang terletak di sebelah timur peta lembar Majenang.
- r. Endapan Aluvium (Qa).  
Terdiri dari endapan – endapan kerikil, pasir, dan lempung berwarna abu – abu sepanjang dataran banjir sungai – sungai besar, dan endapan lempung berwarna hitam di daerah berawa.

Berdasarkan pengamatan di lapangan daerah penelitian memiliki kesamaan ciri litologi dengan Formasi Kumbang, Formasi Tapak, Formasi Kalibiuk, Formasi Kaliglagah dan Formasi Lingopodo. Formasi Lingopodo yang berumur Plistosen diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Kaliglagah yang berumur Plistosen. Kemudian endapan alluvial diendapkan secara tidak selaras di atas semua formasi dengan dicirikan oleh bidang erosional.



Gambar 2. Stratigrafi regional daerah penelitian (Kastowo, 1975)

## METODE

### Penelitian Lapangan

Penelitian di lapangan dilakukan dengan pengukuran stratigrafi dan pengambilan sampel berdasarkan ciri litologi batuan yang mengandung fosil polen dan spora. Pengambilan sampel dilakukan pada 20 titik pada singkapan vertikal di permukaan setebal  $\pm 10$  meter yang diambil setiap interval satu meter. Hasil pengukuran di lapangan kemudian dituangkan dalam bentuk kolom stratigrafi menggunakan perangkat lunak CoreIDRAW 2019.

### Penelitian Laboratorium

Penelitian laboratorium terdiri dari tahap preparasi dan pengamatan morfologi umum polen dan spora terhadap 20 contoh batuan. Tahap preparasi sampel batuan mengacu pada metode Moore, dkk. 1991 yang telah dimodifikasi. Setiap sampel batuan yang diperoleh dikupas pada bagian luar untuk menghindari kontaminasi, kemudian ditimbang dan ditumbuk halus. Beberapa bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu HF, HCL, HNO<sub>3</sub>, KOH, akuades, entelan dan gliserin. Tujuan dari preparasi ini yaitu untuk membuat residu polen dan spora yang bersih dari beberapa unsur pengotor seperti kandungan karbonat, silikat, kalsium klorida, mineral berat dan humus pada sampel batuan. Langkah terakhir dalam tahap preparasi ini yaitu pembuatan kaca preparat dari residu polen dan spora yang telah bersih dari unsur pengotor. Residu polen dan spora yang telah siap ditetaskan pada kaca preparat yang sebelumnya sudah diolesi gliserin, kemudian dipanaskan diatas *hot plate* setelah kering ditetaskan entelan lalu ditutup menggunakan *cover glass*.

Morfologi umum polen dan spora dapat diamati menggunakan bantuan mikroskop binokuler – transmisi atau polarisasi dengan perbesaran 400 – 1000X. Parameter yang diamati adalah jumlah unit polen/spora, ukuran dan bentuk polen, apertur (jumlah dan bentuknya), ornamentasi pada dinding polen/eksin. Acuan yang digunakan dalam identifikasi antara lain Kapp, 1969; Moore dan Webb, 1978; dan *Australian Pollen and Spore Atlas/APSA* (apsa.anu.edu).

Fosil Polen dan spora yang telah diidentifikasi kemudian dikelompokkan berdasarkan habitusnya yaitu *Arboreal Pollen* (AP), *Non Arboreal Pollen* (NAP), *Pteridophyta/Spora* (S). Menurut Prebble, dkk. 2005 *Arboreal Pollen/AP* tersusun oleh polen dari tumbuhan berkayu berupa pohon penyusun vegetasi hutan, sedangkan *Non-Arboreal Pollen/NAP* tersusun oleh polen dari tumbuhan non berkayu yang terdiri dari semak dan herba. Selain polen dan spora juga ditemukan kelompok *palynomorf* lainnya seperti *zoomorf* dan *fitoplankton* yang tergolong kedalam taksa laut.

Hasil identifikasi dan perhitungan kemudian di plot kedalam diagram palinologi menggunakan *software* Tilia v.2.1.1 (Eric Grimm, 1991). Dasar perhitungan dilakukan dengan menghitung persentase setiap takson dengan *basic sum* (Iversen Diagram). Total penjumlahan dihitung berdasarkan kehadiran *Arboreal Pollen/AP* (*trees, shrubs*) dan *Non-Arboreal Pollen/NAP* (*terrestrial herbs, grasses*). *Cyperacea, Ericaceae, mosses, ferns, fungals* dan *algae* dihitung dengan menjumlahkan AP dan NAP.

$$\% \text{ Takson X} = \frac{\Sigma \text{ taxon X}}{\Sigma \text{ tree pollen} + \text{shrubs pollen} + \text{terrestrial herbs} + \text{grasses}}$$

Selain itu juga dilakukan analisis *Palynological Marine Index* (PMI) untuk mengetahui kandungan palynomorf laut pada tiap sampel. Nilai dari PMI yang tinggi diinterpretasikan sebagai lingkungan pengendapan laut dengan kondisi normal (Carvalho. 2001; Setijadi, dkk. 2011).

$$PMI = \frac{\Sigma \text{ Palynomorf laut}}{\Sigma \text{ Palynomorf darat}} \times 100\%$$

Penentuan umur relatif batuan didasarkan pada Zonasi Palinologi Tersier Pulau Jawa yang membagi kedalam 7 (tujuh) zona (Rahardjo, dkk. 1994). Zonasi ini ditentukan berdasarkan *First Apperance Datum* (FAD) atau *Last Apperance Datum* (LAD) berdasarkan keberadaan fosil diagnostik yang ditemukan. Penentuan lingkungan pengendapan didasarkan pada kelompok asosiasi vegetasi Haseldonckx. 1974. Semua tahapan penelitian laboratorium dilakukan di Laboratorium Palinologi, Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Perolehan Data

Polen dan spora yang ditemukan pada 20 titik sampel singkapan vertikal di permukaan Formasi Tapak daerah Bentarsari keseluruhannya berjumlah 3894 takson. Berdasarkan analisis tersebut diperoleh 30 tipe kelompok *Arboreal Pollen/AP*, 11 tipe kelompok *Non Arboreal Pollen/NAP*, 28 tipe kelompok *Pteridophyta/Spora* dan ditemukan 7 tipe kelompok



*palynomorf* lainnya seperti *zoomorf* dan *fitoplankton*. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa jumlah taksa AP lebih tinggi dibandingkan dengan taksa NAP. Hal ini mengindikasikan bahwa hutan tertutup lebih berkembang di daratan pada saat sampel diendapkan. Selain itu jumlah taksa AP dan spora yang tinggi didominasi oleh kondisi iklim yang lebih hangat dan lembab.

### Stratigrafi

Di daerah Bentarsari Formasi Tapak tersusun oleh Satuan Batupasir Sisipan Napal dengan ciri litologi batupasir: hijau gelap, ukuran butir kasar – halus, karbonatan, mengandung fragmen pecahan cangkang moluska, pemilahan sedang, kemas dan porositas baik, mineral sedikit silika, piroksen, plagioklas, di beberapa tempat terdapat fosil daun dan urat kalsit, ketebalan 1 – 7 meter. Litologi sisipan napal: coklat, karbonatan, ukuran butir lempung, mengandung cangkang foraminifera, moluska, ostracoda dan pelecypoda, sangat kompak, ketebalan 10 – 15 cm. Profil stratigrafi pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

### Interpretasi Umur

Berdasarkan analisis palinologi, diketahui bahwa umur Satuan Batupasir Sisipan Napal Formasi Tapak adalah Pliosen Akhir. Penentuan umur ini dilakukan berdasarkan kemunculan awal *Podocarpus imbricatus/Dacrycarpidites australiensis* dan kemunculan akhir *Stenochlaenidites papuanus*. Kemunculan awal *Podocarpus imbricatus/Dacrycarpidites australiensis* dalam Palinologi Pulau Jawa merupakan indikasi dimulainya batas Pliosen Akhir (Rahardjo, dkk. 1994). Satuan Batupasir Sisipan Napal Formasi Tapak ini termasuk kedalam Zona *Podocarpus imbricatus/Dacrycarpidites australiensis* yang dicirikan oleh kehadiran bersama dari taksa *Podocarpus imbricatus/Dacrycarpidites australiensis* dan *Stenochlaenidites papuanus*.

### Perubahan Iklim

Berdasarkan kurva diagram analisis AP/NAP/Spora dan PMI (Gambar 3) pada daerah penelitian telah terjadi lima interval kejadian penting terkait dengan perubahan iklim.

#### Interval 1

Interval yang pertama dimulai saat sampel MS-20 hingga MS-19 diendapkan. Pada awal interval iklim yang berkembang adalah iklim hangat dan lembab yang didominasi oleh tingginya persentase AP dan NAP dengan jarak selisih yang pendek yaitu sekitar 48,48% dan 51,51%. Hal ini diperkuat dengan persentase kandungan spora dan PMI yang relatif tinggi dan stabil yaitu sekitar 66,34% dan 30,67%. Pada akhir interval iklim berubah menjadi lebih dingin dan lembab yang ditandai dengan meningkatnya kandungan NAP (51,51% - 66,7%), persentase kandungan spora yang masih cukup tinggi serta stabil meskipun ada sedikit penurunan (66,34% - 62,83%), menurunnya persentase AP yang cukup signifikan (48,48% - 33,3%), dan menurunnya persentase kandungan PMI (33,3% - 24,67%).

#### Interval 2

Interval yang kedua merupakan interval pengendapan sampel MS-19 hingga MS-16. Pada awal interval, kondisi iklim yang berkembang lebih dingin dan lembab daripada sebelumnya. Hal ini ditandai oleh persentase NAP yang masih terus meningkat (66,7% - 70%). Persentase spora dan PMI juga cenderung meningkat meskipun tergolong rendah yaitu 62,83% - 63,3% dan 24,67% - 27,3%. Sementara itu persentase kandungan AP sedikit menurun dari sebelumnya yaitu (33,3% - 30%). Perubahan iklim menjadi lebih hangat dan lembab terjadi pada akhir interval. Hal tersebut ditandai oleh meningkatnya persentase AP dan PMI yang naik secara signifikan yaitu 30% - 53,65% dan 27,3% - 40%. Hal ini diperkuat oleh persentase kandungan spora yang masih cukup tinggi akan tetapi ada penurunan (63,3% - 54,4%) dan persentase NAP yang menurun secara signifikan (70% - 46,43%).

#### Interval 3

Batas interval yang ketiga adalah antara sampel MS-16 dan MS-13 diendapkan. Iklim yang berkembang pada interval ini lebih hangat dan lembab dari sebelumnya yang dicirikan oleh persentase AP yang masih terus meningkat (53,65% - 73,53%) diikuti oleh tingginya persentase spora yang meningkat secara signifikan dari sebelumnya (54,4% - 78,1%). Hal tersebut didukung oleh persentase NAP jumlahnya semakin menurun (46,34% - 26,47%). Persentase PMI yang seharusnya ikut meningkat menunjukkan hal yang sebaliknya yaitu jumlahnya menurun secara drastis (40% - 6%). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh peristiwa tektonik/penurunan cekungan yang terjadi di daerah penelitian.

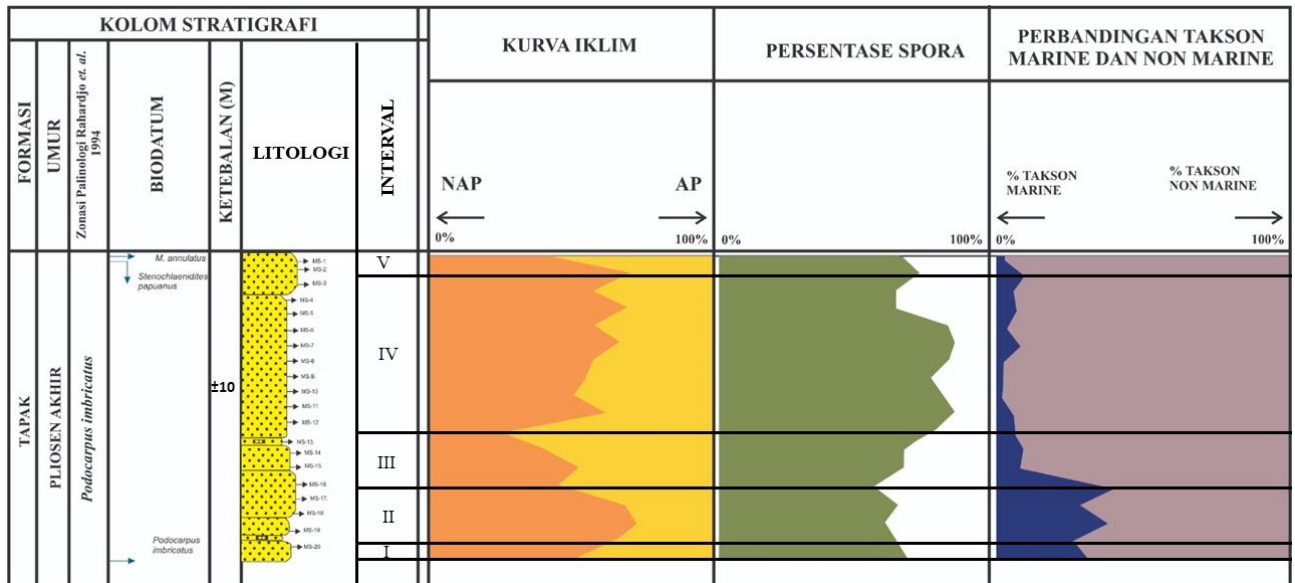
#### Interval 4

Sampel MS-13 hingga Ms-4 adalah batas dari interval keempat. Telah terjadi perubahan iklim dari interval sebelumnya kearah yang lebih dingin dan lembab. Hal tersebut dicirikan oleh persentase NAP yang mulai meningkat kembali (26,47% - 72,2%), diperkuat oleh persentase spora yang masih cukup tinggi meskipun mengalami sedikit penurunan (78,1% -

72,93%). Sebaliknya persentase AP mulai menurun secara signifikan (73,53% - 27,78%). Persentase PMI jumlahnya masih terus menurun (6% - 3,3%). Nilai persentase PMI yang sangat rendah mengindikasikan bahwa pada interval ini kemungkinan telah terjadi penurunan muka air laut akibat peristiwa tektonik/penurunan cekungan yang terjadi pada interval sebelumnya.

**Interval 5**

Interval kelima merupakan interval yang terakhir. Batas sampel pada interval ini adalah MS-4 dan MS-1. Iklim yang berkembang pada interval ini telah berubah menjadi lebih hangat dan lembab. Hal ini terjadi karena persentase AP yang meningkat dari sebelumnya (27,78% - 46,4%) yang didukung dengan tingginya persentase PMI yang meningkat secara signifikan (3,3% - 24%). Kemungkinan pada interval ini terjadi kenaikan muka air laut akibat pencairan es di kutub dan masih tingginya persentase kandungan spora meskipun ada penurunan (72,93% - 50,87%).



Gambar 3. Kolom Stratigrafi, Kurva Iklim, Persentase Spora dan Persentase Takson Laut Pada Daerah Penelitian.

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Analisis polen dan spora terhadap 20 sampel singkapan vertikal di permukaan pada Formasi Tapak daerah Bentarsari telah dilakukan. Berdasarkan analisis tersebut diperoleh 30 tipe kelompok *Arboreal Pollen/AP*, 11 tipe kelompok *Non Arboreal Pollen/NAP*, 28 tipe kelompok *Pteridophyta/Spora* dan ditemukan 7 tipe kelompok *palynomorf* lainnya seperti *zoomorf* dan *fitoplankton*. Berdasarkan kemunculan awal *Podocarpus imbricatus/Dacrycarpidites australiensis* dan kemunculan akhir *Stenochlaenidites papuanus* serta posisi stratigrafi Formasi Tapak, dapat disimpulkan daerah penelitian diendapkan pada Pliosen Akhir. Selama pengendapan berlangsung pada daerah penelitian telah terjadi lima interval kejadian penting yang berhubungan dengan perubahan iklim. Dari keseluruhan interval kejadian perubahan iklim tersebut iklim pada daerah penelitian didominasi oleh iklim yang lebih hangat dan lembab. Pada awal interval pertama iklim yang berkembang adalah iklim hangat dan lembab, sedangkan Pada akhir interval iklim berubah menjadi lebih dingin dan lembab. Pada interval kedua kondisi iklim yang berkembang lebih dingin dan lembab daripada sebelumnya. Kemudian terjadi perubahan iklim menjadi lebih hangat dan lembab pada akhir interval. Iklim yang berkembang pada interval ketiga lebih hangat dan lembab dari sebelumnya. Telah terjadi perubahan iklim dari interval sebelumnya kearah yang lebih dingin dan lembab pada interval keempat. Pada interval terakhir (kelima) iklim yang berkembang pada interval ini telah berubah kearah yang lebih hangat dan lembab.

**Saran**

Penulis menyadari masih banyak kekurangan baik dalam segi isi tulisan maupun sistematika penulisan pada penelitian ini. Kritik dan saran sangat diperlukan agar penelitian ini menjadi lebih baik dan bermanfaat.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Grimm, E. (1988): Data analysis and display. In: Webb, T. (Ed.), Huntley, B. *Vegetation History*, Kluwer Dordrecht Academic, 43 – 76.
- Hapsari., Sukarsa., Setijadi, R. 2012. *Paleovegetasi Berdasarkan Bukti Palinologi Kala Pliosen Cekungan Banyumas*. Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- Haseldonckx, P. 1974. *A Palynological Interpretation of Paleoenvironment on Southeast Asia*. Sain Malaysiana (24).
- Kapp, R. O. 1969. How to Know Pollen and Spores. WMc. Brown Company Publisher. Dubuque, Iowa, USA: 249 p.
- Kastowo. 1975. *Peta Geologi Lembar Majenang, Jawa. Skala 1:100.000*, Perpustakaan Jurusan Teknik Geologi. FIKTM: ITB.
- Moore, P.D., 1991, *Pollen Analysis*. Blackwell Scientific Publications. ISBN 0-632-02176-4
- Nugroho, S.H, 2014. *Karakteristik Umum Polen Dan Spora Serta Aplikasinya*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian Oseanografi. Oseana, XXXIX (3): 7 – 20.
- Moore, P. D, & J. A. Webb. 1978. *An Illustrated Guide To Pollen Analysis*. The Ronald Press Company, New York, USA: 133 p.
- Morley, R.,J. 1990. *Short Course Introduction to Palynology*. With Emphasis on Southeast Asia.
- Poliakova, A., Rixen, T., Jennerjahn, T., dan Behling, H. (2014): Annual high resolution pollen and spore sedimentation record off SW Java in the Indian Ocean, *Marine Micropalaeontology*, 111, 90 – 99.
- Rahardjo,A.T., Polhaupessy, T.T., Wiyono, S., Nugrahaningsih, H., Lelono, E.B. 1994. Zonasi Polen Tersier Pulau Jawa. *Makalah Ikatan Ahli Geologi Indonesia*, Desember 1994, 77- 84
- Sarah, S., Suedy, S. W. A., Hastuti, E. D. 2017. *Ciri Morfologi Polen Dan Spora Tumbuhan Dari Sedimen Rawa Jombor Klaten*. Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro. *Bioma*, 19 (1): 5 – 12.
- Setijadi, R., S. W. A. Suedy dan A. T. Rahardjo. 2005. *Sejarah Flora Dan Vegetasi Formasi Kalibiuk Dan Kaliglagah Daerah Bumiayu Ditinjau Dari Bukti Palinologi*. Prosiding Seminar Nasional MIPA Universitas Negeri Semarang- ISBN 979-9579-80-5
- Traverse , A. 1988, *Paleopalynology*. Unwin Hyman ISBN 0-04-561001-0
- Yulianto, E., Sukapti, W. S., Setiawan, R. 2019. *Palinostratigrafi, Paleoekologi dan Paleoklimatologi Plistosen Awal Berdasarkan Studi Palinologi Formasi Pucangan di Daerah Sangiran*. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 20 (3): 133 – 141.

apsa.anu.edu: *Australian Pollen and Spore Atlas*