

Paleovegetasi Berdasarkan Bukti Palinologi Kala Pliosen Cekungan Banyumas

Kartika Anggi H., Sukarsa, dan Rachmad Setijadi

Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman

Jl Dr Soeparno 63 Purwokerto 53122 Indonesia,

Email: esakarsa@yahoo.co.id

Diterima April 2012 disetujui untuk diterbitkan Januari 2013

Abstract

Taxonomy is a branch of biology which is supported by palynological evidence. Palynology concerns to pollen and spore. The purposes of this research were to figure out plant diversity of Pliocene based on fossil pollens and to reconstruct vegetation and climates of Pliocene based on plant diversity. A survey has been conducted in Bungkel, Purbalingga. Sampling was done for 25 sediment samples and then they were crushed, carbonate-, sulfide-, fluoride-, and organic-separated, centrifuged, oxidizing, alkali water-bathed, and mounted. Pollen and spore were identified in the laboratory with a binocular microscope. Data were analyzed descriptively, clustering, biostratigraphic Ranging-Zone, AP-NAP-Spore and PMI analysis has been done to determine the taxon, sediment age, paleo-diversity, paleo-vegetation and paleo-climate. The result showed that there were sixteen genera and three species of terrestrial palynomorph; two phyla, one class and one order of marine palynomorph. The Age of Pliocene was indicated by the appearance of *Podocarpus imbricatus* and *Stenochlaena laurifolia* (*Stenochlaenidites papuanus*). The results of clustering analysis showed that there were six groups of samples with Shannon-Wiener H' diversity index of <2. However, the palinological diagram showed that there were three local zones of vegetation-alteration. In addition, AP/NAP/Spores and PMI indicated that there were six zones of climate change.

Keywords: taxonomy, palynology, paleo-vegetation, Pliocene, Banyumas Basin

Abstract

Taksonomi adalah bidang ilmu bagian dari ilmu biologi yang didukung salah satunya oleh bukti palinologi. Palinologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang polen dan spora. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui keanekaragaman tumbuhan Kala Pliosen berdasarkan bukti palinologi dan menggambarkan kondisi vegetasi dan iklim Kala Pliosen berdasarkan keanekaragaman tumbuhan pada masa tersebut. Penelitian ini menggunakan metode survei. Analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif, biostratigrafi Zona Kisaran, cluster, AP-NAP-Spora dan PMI untuk memperoleh data takson, umur batuan, kondisi paleovegetasi, dan kondisi paleoiklim Pliosen. Materi penelitian berupa 25 sampel batuan permukaan yang diambil dari singkapan di Desa Bungkel Kabupaten Purbalingga dengan menggunakan metode pengukuran stratigrafi. Sebanyak 25 sampel batuan dipreparasi. Hasil identifikasi ditemukan 16 genus dan 3 spesies tumbuhan penghasil palinomorf darat serta 2 phylum, 1 kelas dan 1 ordo palinomorf laut. Umur sedimen Pliosen ditunjukkan oleh kemunculan *Podocarpus imbricatus* bersamaan dengan kemunculan *Stenochlaena laurifolia* (*Stenochlaenidites papuanus*). Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat 6 kelompok sampel berdasarkan taksa yang ditemukan dengan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener H' < 2. Berdasarkan diagram polen dapat diperkirakan berubahnya vegetasi menjadi 3 zona lokal. Hasil perbandingan AP/NAP/Spora dan PMI dapat diperkirakan perubahan iklim ke dalam 6 zona.

Kata kunci: taksonomi, palinologi, paleovegetasi, Pliosen, cekungan Banyumas,

Pendahuluan

Taksonomi merupakan bidang ilmu yang mendasari ilmu biologi. Ilmu ini merupakan prinsip yang mendasari klasifikasi (Hilman, 2010). Tujuan utama ilmu taksonomi adalah untuk menyusun elemen, komponen-komponen, objek, maupun taksa supaya dapat memberikan informasi yang seefektif mungkin, memberikan pengetahuan dengan

keleluasaan seluas-luasnya, dan memberikan arahan langsung dalam kaitannya dengan data, informasi, dan pengetahuan. Taksonomi tumbuhan sendiri merupakan ilmu taksonomi yang objeknya tumbuh-tumbuhan.

Komponen fundamental dari ilmu taksonomi meliputi klasifikasi, identifikasi, deskripsi, dan penamaan menggunakan sistem tatanama. Aktifitas dasar dari taksonomi meliputi determinasi posisi dan

tingkatan, pembatasan secara diagnostik, serta penamaan. Komponen-komponen tersebut berkaitan erat meskipun masing-masing dapat berdiri sendiri (Radford, 1986).

Untuk memperoleh karakteristik yang lebih komprehensif, pembatasan yang lebih efektif, dan perkembangan dari klasifikasi taksa yang lebih definitif serta interpretasi fenetik dan filogenetik suatu taksa yang lebih natural, diperlukan bukti karakter dari berbagai sumber. Dengan kata lain diperlukan bukti taksonomi. Bukti taksonomi merupakan informasi yang digunakan dalam konteks pencapaian suatu tujuan. Secara intrinsik, bukti taksonomi beragam yakni bukti fisik, kimia, dan biologi (Radford, 1986).

Salah satu bukti taksonomi dalam sistem klasifikasi adalah palinologi. Palinologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang polen dan spora (baik fosil maupun modern). Umumnya palinologi fokus terhadap struktur dari dinding luar polen/spora dibandingkan dengan bagian internalnya. Salah satu aspek palinologi adalah studi fosil dari polen dan spora baik yang kuno maupun modern (Moore dan Webb, 1978).

Bukti palinologi memiliki beberapa karakter dasar yaitu tipe unit polen, polaritas polen, bentuk polen, simetrisasi polen, bagian arsitektur dinding polen, stratifikasi eksin, struktur eksin, ukiran eksin, tipe apertura, jumlah apertura, posisi apertura, bentuk apertura, dan struktur apertura. Bukti palinologi berguna dalam seluruh tingkatan ilmu taksonomi, terutama dalam verifikasi kekerabatan suatu kelompok taksonomi yang sudah ada (Radford, 1986).

Studi palinologi di Cina Utara pada kala Miosen Akhir-Pliosen di Xifeng, Loess Plateau pusat menunjukkan selama periode 6,2-2,4 juta tahun lalu tertutup oleh vegetasi padang rumput. Tiga zona vegetasi yang diakui selama periode ini yaitu: Zona A dicirikan oleh ekosistem padang rumput; Zona B ditandai dengan peningkatan yang signifikan dari tanaman hutan subtropics; dan Zona C ditunjukkan oleh ekosistem stepa khas. Pergeseran vegetasi terjadi sekitar 4,5-3,7 juta tahun lalu, ketika penurunan tanaman hutan subtropis, vegetasi secara bertahap

berubah menjadi padang rumput khas dan bahkan gurun stepa (Wang *et al*, 2005).

Data palinologi dapat juga digunakan untuk pemecahan masalah tumbuhan asli, tumbuhan migrasi serta evolusi tumbuhan. Menurut Moore dan Webb (1978) data palinologi dapat juga diaplikasikan dalam :

1. Mengetahui sejarah jenis dan kelompok tumbuhan
2. Penentuan umur endapan
3. Studi paleovegetasi
4. Studi paleoiklim
5. Mempelajari pengaruh manusia terhadap lingkungan
6. Studi kandungan polen di atmosfer dan dampaknya (aeropalnologi)
7. Kandungan polen pada madu (melissopalnologi)

Data polen didapatkan dari identifikasi dan penghitungan kuantitas polen yang terkandung dalam sampel hasil preparasi batuan. Data polen dapat digunakan untuk mengetahui keanekaragaman tumbuhan yang hidup di kurun waktu tertentu saat polen tersebut diendapkan. Data keanekaragaman tersebut kemudian dapat diaplikasikan untuk merekonstruksi paleovegetasi dalam kurun waktu yang sama. Kondisi paleovegetasi ini dapat memberikan informasi kondisi iklim masa tersebut (Bradley, 1999). Pengaplikasian data polen yang diperoleh digunakan untuk merekonstruksi kondisi vegetasi dan iklim Pliosen cekungan Banyumas, yang berupa cekungan belakang busur (*back arc basin*) Tersier sebagai akibat interaksi antara lempeng Samudra Hindia yang menunjam ke arah utara di bawah lempeng Asia (Hutamadi dan Mulyana, 2006).

Batuan penyusun cekungan Banyumas dari bawah ke atas adalah batuan Formasi Pemali yang berumur Eosen, kemudian di atasnya diendapkan Formasi Rambatan yang berumur Oligosen; Formasi Halang yang berumur Miosen Tengah; Formasi Kumbang berumur Miosen Atas; Formasi Tapak yang berumur Pliosen (Hutamadi dan Mulyana, 2006).

Formasi Tapak merupakan salah satu formasi batuan berumur Pliosen di cekungan Banyumas. Formasi Tapak

diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Kumbang, terdiri dari satuan batupasir gampingan dan napal berwarna hijau mengandung pecahan molusca. Pada formasi ini terdapat Anggota Batugamping dari batugamping terumbu yang mengandung koral dan foraminifera besar, napal dan batupasir yang mengandung molusca. Selain itu terdapat juga Anggota Breksi yang terdiri dari breksi gunung api yang bersusunan andesit dan batupasir tufaan yang sebagian mengandung sisa tumbuhan. Ketebalan formasi ini sekitar 500 meter, yang diendapkan dalam lingkungan peralihan sampai laut. Sisa tumbuhan yang terdapat pada formasi ini menunjukkan keberadaan vegetasi pada masa tersebut (Waryoeno, 2009).

Lokasi pengambilan sampel batuan adalah Desa Bungkanel, Kabupaten Purbalingga. Lokasi ini dipilih karena terdapat singkapan Formasi Tapak. Formasi Tapak sendiri merupakan endapan batuan penyusun cekungan Banyumas yang mewakili umur Pliosen.

Permasalahan yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: 1) Bagaimana keanekaragaman tumbuhan Kala Pliosen di Cekungan Banyumas berdasarkan bukti palinologi. 2) Bagaimana kondisi vegetasi dan iklim Kala Pliosen di Cekungan Banyumas berdasarkan keanekaragaman tumbuhan pada masa tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk: 1) Mengetahui keanekaragaman tumbuhan Kala Pliosen di Cekungan Banyumas berdasarkan bukti palinologi. 2) Menggambarkan kondisi vegetasi dan iklim Kala Pliosen di Cekungan Banyumas berdasarkan keanekaragaman tumbuhan pada masa tersebut.

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat untuk: 1) Memperoleh data tumbuhan Kala Pliosen di Cekungan Banyumas yang dapat dimanfaatkan untuk data konser-vasi tumbuhan yang mungkin ditemukan namun sekarang tidak ditemukan lagi karena mengalami kepunahan (*extinction*). 2) Memperoleh data kondisi vegetasi dan iklim Kala Pliosen di Cekungan Banyumas beserta

perubahannya yang dapat dimanfaatkan untuk data perubahan iklim (*climate change*) yang mungkin diperkirakan penyebab/akibat perubahannya untuk kemudian diaplikasikan dalam persiapan perubahan iklim di masa mendatang.

Materi dan Metode

Materi Penelitian

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah : sampel batuan Formasi Tapak, larutan HCl 37%, larutan HF 40%, larutan ZnCl₂ Bj 2,2, larutan HNO₃, larutan KOH 5%, akuades, kertas lakmus, dan entelan. Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah : palu geologi, GPS (*Global Positioning System*), meteran, kompas geologi, plastik ukuran 1 kg, timbangan, multiblade, baker glass, mortar, mikroskop cahaya, kamera digital, kompor, saringan 5 mikron, botol vial, tusuk gigi, object glass, cover glass, hot plate, dan kotak sampel.

Pengambilan sampel dilakukan di Desa Bungkanel, Kabupaten Purbalingga. Preparasi sampel dilakukan di laboratorium Palinologi Teknik Geologi ITB. Pengamatan sampel dilakukan di laboratorium pengajaran Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman. Penelitian dilakukan selama bulan Juni sampai dengan Oktober.

Pengambilan Sampel

Penelitian dilakukan dengan metode survei di Desa Bungkanel, Kabupaten Purbalingga. Pengambilan sampel dilakukan di 25 titik berupa batuan endapan sedimen berdasarkan metode Penampang Stratigrafi Terukur atau *measured section* (MS). Metode ini terlebih dulu mengukur jalur pengambilannya dengan menghitung *dip* (kemiringan) dan *strike* (jurus) nya.

Jurus atau *strike* adalah arah garis yang merupakan perpotongan antara bidang di alam dengan bidang horizontal, dinyatakan terhadap arah Utara, searah jarum jam ke Timur. *Dip* dan *strike* diukur di tempat dengan menggunakan kompas geologi yang dilengkapi dengan waterpas dan klinometer (Marso, 2004). Kemiringan atau *dip* merupakan sudut terbesar antara

bidang miring di alam dengan bidang horizontal yang dinyatakan dengan derajat.

Sampel batuan diambil secukupnya dengan memecah batuan menggunakan palu geologi. Batuan yang diambil merupakan batuan bagian dalam yang masih 'segar' atau terhindar dari oksidasi, kemudian disimpan dalam plastik dan kemudian dibawa ke laboratorium untuk di preparasi.

Preparasi Batuan

Preparasi batuan yang dilakukan mengacu prosedur Rahardjo *et al* (1994).

- a. Sampel batuan dikupas dengan menggunakan multiblade untuk membersihkan sisa kotoran.
- b. Sampel batuan ditimbang masing-masing seberat 50 gr.
- c. Sampel batuan dihaluskan dengan menggunakan mortar.
- d. Tumbukan batuan tadi kemudian direndam dalam larutan HCl selama 6 jam.
- e. Sampel direndam dengan akuades, dibiarkan 4 jam sampai mengendap, kemudian dibuang akuadesnya dan dicek pHnya menggunakan kertas lakmus. Kegiatan diulangi sampai pH sampel netral (± 8 kali ulangan).
- f. Sampel kemudian direndam dengan larutan HF selama 24 jam. Dilakukan kegiatan e.
- g. Sampel direndam dengan HCl panas selama 6 jam. Dilakukan kegiatan e.
- h. Sampel direndam dengan $ZnCl_2$ B_j 2,2 selama 10 menit. Kemudian di sentrifugasi, diambil cairan supernatannya.
- i. Larutan sampel dibagi menjadi 2. Satu bagian disimpan dalam botol vial yang sudah diberi label sampel kemudian ditutup rapat.
- j. Satu bagian sampel yang lain direndam dengan larutan HNO_3 panas selama 7-8 menit. Dilakukan kegiatan e.
- k. Larutan pada tahap i direndam dengan larutan KOH lalu dipanaskan dalam waterbath selama 3 menit. Dilakukan kegiatan e.
- l. Larutan kemudian disaring dengan saringan 5 mikron. Endapan yang tertinggal di saringan diberi akuades

kemudian disimpan dalam botol vial yang diberi label dan ditutup rapat.

- m. Larutan sampel pada tahap k diambil sebanyak 10 ml menggunakan pipet dan diletakkan di atas object glass yang sudah diberi label sampel, kemudian dipanaskan di atas hot plate untuk menghilangkan air.
- n. Setelah kering diberi entelan secukupnya kemudian ditutup dengan cover glass.
- o. Gelembung udara dalam entelan dihilangkan dengan mengurut cover glass perlahan, kemudian dikering-anginkan.
- p. Sampel disimpan dalam kotak sampel dan siap diamati.

Pengamatan Sampel

Sampel diamati di bawah mikroskop. Parameter yang diamati adalah sifat dan ciri polen dalam hal ukuran, bentuk, ornamentasi serta apertura.

Analisis Data

Taksa ditentukan dengan menggunakan analisis diskriptif yaitu identifikasi polen dengan menggunakan mikroskop binokuler perbesaran 250X, 400X dan 1000X. Acuan yang digunakan dalam identifikasi antara lain: (Huang, 1972), (Erdtman, 1943), (Stuijts, 1993), (Kapp, 1969), (Nakamura, 1980), (Nasu dan Seto, 1986) dan (Moore dan Webb, 1978).

Umur batuan ditentukan dengan Analisis Biostratigrafi menggunakan Zona Kisaran. Zona kisaran (*Range zone*) adalah tubuh lapisan batuan yang mencakup kisaran stratigrafi unsur terpilih dari kumpulan seluruh fosil yang ada. Zona kisaran dapat berupa kisaran umur suatu takson, kumpulan takson, takson-takson yang bermasyarakat, atau ciri paleontologi yang lain yang menunjukkan kisaran (Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996). Kegunaan zona kisaran terutama untuk korelasi tubuh batuan dan sebagai dasar penempatan batuan-batuan dalam skala waktu geologi. Batas dan kelanjutan zona kisaran ditentukan oleh penyebaran vertikal maupun horizontal takson yang mencirikannya (Taufiq, 2009).

Analisis paleodiversitas menggunakan analisis cluster dengan

program Paleontological Statistic (PAST) versi 0.99. Analisis cluster adalah suatu analisis statistik yang bertujuan memisahkan kasus/obyek ke dalam beberapa kelompok yang mempunyai sifat berbeda antar kelompok yang satu dengan yang lain. Dalam analisis ini tiap-tiap kelompok bersifat homogen antara anggota dalam kelompoknya atau dapat dikatakan variasi obyek/individu dalam satu kelompok yang terbentuk sekecil mungkin (Raharto, 2008). Analisis cluster digunakan untuk memisahkan sampel ke dalam kelompok berdasarkan kesamaan kehadiran taksa dan kelimpahan tiap-tiap taksa.

Analisis paleovegetasi menggunakan analisis Arboreal-Non Arboreal Pollen dan Spora. AP (Arboreal Pollen) menunjukkan bahwa polen berasal dari tumbuhan bentuk pohon, sedangkan NAP (Non Arboreal Pollen) menunjukkan bahwa polen berasal dari tumbuhan bentuk selain pohon yang berarti herba dan semak. Sedangkan spora berasal dari tumbuhan lumut (briofita) dan paku (pteridofita).

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan/ penyusutan vegetasi dengan menghitung perbandingan polen arboreal, polen non arboreal dan spora dengan rumus :

$$\% AP = \frac{\sum AP}{\sum (AP + NAP + spora)} \times 100 \%$$

$$\% NAP = \frac{\sum NAP}{\sum (AP + NAP + spora)} \times 100 \%$$

$$\% spora = \frac{\sum spora}{\sum (AP + NAP + spora)} \times 100 \%$$

Keterangan :

- $\sum AP$: jumlah total Arboreal Polen
- $\sum NAP$: jumlah total Non Arboreal Polen
- $\sum Spora$: jumlah total spora
- $\sum (AP + NAP + spora)$: jumlah total Arboreal, Non Arboreal Polen dan Spora

Analisis paleoiklim menggunakan analisis Pollen Marine Index (PMI). Analisis ini bertujuan untuk mengetahui regresi/transgresi air laut terhadap daratan. Analisis ini dilakukan dengan

mengukur perbandingan antara polen/spora (palinomorff darat) dengan dinoflagelata dan *foraminifera lining test* (palinomorff laut) menggunakan rumus:

$$PMI = \frac{\sum \text{palinomorff laut}}{\sum \text{palinomorff darat}} \times 100 \%$$

Hasil dan Pembahasan

Inventarisasi

Pengambilan sampel batuan Formasi Tapak mendapatkan 25 sampel batuan yang tersingkap. Hasil preparasi hanya memungkinkan analisis polen dilakukan pada 24 sampel. Polen pada preparat sampel nomor 20 tidak dapat diidentifikasi karena kandungan kristal silikat pada sampel yang terlalu banyak sehingga menghalangi pandangan saat melakukan identifikasi.

Hasil analisis dari 24 sampel ditemukan taksa tumbuhan penghasil

palinomorff darat; 2 taksa teridentifikasi hingga tingkat kelas, 16 taksa teridentifikasi hingga tingkat genus dan 3 taksa teridentifikasi hingga tingkat spesies, sementara untuk palinomorff laut 1 taksa teridentifikasi hingga tingkat filum dan 1 taksa teridentifikasi hingga tingkat ordo. Identifikasi polen dan spora berdasarkan (Huang, 1972), (Erdtman, 1943), (Stuijts, 1993), (Kapp, 1969), (Nakamura, 1980), (Nasu dan Seto, 1986) dan (Moore dan Webb, 1978). Deskripsi polen dan spora berupa ciri-ciri morfologi yakni bentuk dasar, ukuran, apertur, ornamentasi dan

affinitasnya. Ciri-ciri morfologi butir polen dan spora akan mempermudah identifikasi dan determinasi suatu polen dan spora baik yang berupa fosil maupun modern (Abbas *et al*, 2000).

Penamaan fosil polen dengan menggunakan nama fosilnya (*fossil name*) dan apabila ciri-ciri fosil polen sama dengan ciri-ciri polen modern dapat menggunakan nama botaninya (*botanical name*), misalnya beberapa takson indeks seperti *Florschuetzia levipoli* dengan nama botani *Sonneratia caseolaris*, *Florschuetzia meridionalis* dengan nama botani *Sonneratia alba* serta *Stenochlaenidites papuanus* dengan nama botani *Stenochlaena laurifolia*. Fosil polen dan spora yang kemungkinan diturunkan dari dua atau lebih taksa (pada tingkat famili) tumbuhan diikuti oleh kata "tipe" (Morley, 1998).

Berikut merupakan deskripsi dan klasifikasi takson yang ditemukan :

Palinomorf Laut

1. **Dinoflagellate cyst**

Palinomorf laut dengan alat gerak berupa flagelae, berukuran 20-150 μm (Gambar a).

2. **Foraminifera test lining**

Palinomorf laut dengan banyak kamar, berukuran 20-150 μm (Gambar b).

Palinomorf Darat

1. **Monoporites sp.** - Poaceae

Polen monoporate, berbentuk globular, eksin psilate, ukuran 25-40 μm (Gambar c).

2. **Laevigatosporites** (nama fosil) Pteridophyta

Spora monolete, berbentuk seperti ginjal, eksin psilate, ukuran 25-50 μm (Gambar d).

3. **Verrucatosporites** (nama fosil) Pteridophyta, Filicinae

Spora monolete, berbentuk seperti ginjal, eksin dengan ornamentasi verrucate, ukuran 25-50 μm (Gambar e).

4. **Lycopodium sp.** Lycopodiaceae

Spora trilete, berbentuk sirkular, eksin dengan ornamentasi foveolate, berukuran 25-40 μm (Gambar f).

5. **Acrostichum sp.** Pteridaceae

Spora beraperture trilete, bentuk umumnya semiangular, eksin psilate, berukuran 30-50 μm (Gambar g).

6. **Florschuetzia levipolii** (nama fosil) Lythraceae

Polen beraperture triporate, berbentuk spheroidal, eksin dengan ornamentasi scabrate, memiliki tutup psilate pada bagian atas dan bawah, kolumela tidak jelas, ukuran 30-60 μm (Gambar h).

7. **Stenochlaenidites papuanus** (nama fosil) - Blechnaceae

Polen beraperture monocolpate, berbentuk planokonveks, ornamentasi verrucate, ukuran 40-50 μm , dengan verucate berukuran 2,5-4 μm (Gambar i). Memiliki affinitas *Stenochlaena laurifolia*.

8. **Camptostemon sp.** - Malvaceae

Polen beraperture periporate, bentuknya globular, eksin dengan ornamentasi echinate, berukuran 40-60 μm (Gambar j).

9. **Pinus sp.** - (Pinaceae)

Polen inaperture, berbentuk globular, eksin dengan ornamentasi vesiculate, memiliki 2 buah *sacci* yang berornamentasi reticulate kasar, berukuran 37-44 μm untuk badan dan 30-40 μm untuk sayap (Gambar k).

10. **Podocarpus imbricatus** Podocarpaceae

Polen inaperture, berbentuk globular, eksin dengan ornamentasi vesiculate, memiliki 3 buah *sacci* yang berornamentasi reticulate halus, berukuran 28-40 μm untuk badan dan 25-37 μm untuk sayap (Gambar l).

11. **Pteris type** - Polypodiaceae

Spora beraperture trilete, berbentuk semiangular, eksin berornamentasi verrucate, memiliki *cingulum* dengan tebal 3-5 μm , berukuran 30-50 μm (Gambar m).

12. **Lakiapollis sp.** Malvaceae

Polen beraperture triporate, berbentuk globular, eksin psilate, berukuran 50-75 μm (Gambar n).

13. **Croton type** Euphorbiaceae

Polen inaperture, berbentuk spheroidal, eksin berornamentasi crotonoid, berukuran 40-60 μm (Gambar o).

14. **Palaquium sp.** Sapotaceae

Polen beraperture stephanocolporate, berbentuk spheroidal, eksin psilate, berukuran 15-30 μm (Gambar p).

15. *Acacia sp.* Fabaceae

Polen polyad, terdiri dari 16 bulir, tiap bulirnya memiliki 4-5 buah porus, eksin psilate, berukuran 35-50 μm (Gambar q).

16. *Retitricolporites equatorialis* (nama fosil) Guttiferae

Polen beraperture tricolporate, berbentuk spheroidal, eksin psilate, berukuran 33-45 μm (Gambar r). Memiliki nama botani *Calophyllum sp.* (Gambar r).

17. *Castanopsis sp.* Fagaceae

Polen beraperture tricolporate, porus berukuran $\pm 2 \mu\text{m}$ terletak di tengah-tengah colpus, colpus panjang berbentuk elips, bentuk polen spheroidal, eksin psilate, berukuran 11-40 μm (Gambar s).

18. *Elaeocarpus sp.* Elaeocarpaceae

Polen beraperture tricolporate, porus berukuran $\pm 1 \mu\text{m}$ terletak di tengah-tengah colpus, bentuk polen spheroidal, eksin psilate, berukuran 8-15 μm (Gambar t).

Penentuan Umur, Keanekaragaman, Vegetasi dan Iklim Purba

1. Penentuan Umur

Penentuan umur berdasarkan palinologi dilakukan berdasarkan Zonasi Palinologi Pulau Jawa yang membagi Zaman Tersier ke dalam 8 zona. Zonasi ini ditentukan berdasarkan *first appearance datum* (FAD) atau *last appearance datum* (LAD) dari suatu takson indeks pada masing-masing zona.

Pembagian delapan zona palinologi Pulau Jawa menurut Rahardjo *et al* (1994) yaitu:

1. zona *Proxaperpites operculatus*. Zona ini berumur Eosen dan ditandai oleh kisaran *Proxaperpites operculatus*.
2. zona *Meyeripollis naharkotensis*. Zona ini berumur Oligosen dan ditandai kehadiran *Meyeripollis naharkotensis* tanpa kehadiran *Proxaperpites operculatus*.
3. zona *Florschuetzia trilobata*. Zona ini berumur Miosin dan ditandai oleh kepunahan *Meyeripollis*

naharkotensis dan kemunculan awal *Florschuetzia trilobata*.

4. zona *Florschuetzia levipoli*. Zona ini ditandai oleh kehadiran *Florschuetzia levipoli* bersama *Florschuetzia trilobata* tanpa kehadiran *Florschuetzia meridionalis*.
5. zona *Florschuetzia meridionalis*. Zona ini ditandai oleh pemunculan awal *Florschuetzia meridionalis* dan kehadiran *Florschuetzia trilobata* bersama *Florschuetzia levipoli*.
6. zona *Stenochlaeniidites papuanus*. Zona ini dibatasi oleh kepunahan *Florschuetzia trilobata* serta kehadiran *Stenochlaeniidites papuanus* tanpa *Dacrycarpidites australiensis* ataupun *Podocarpus imbricatus*.
7. zona *Dacrycarpidites australiensis*. Zona ini dibatasi oleh kepunahan *Stenochlaeniidites papuanus* serta kehadiran *Dacrycarpidites australiensis* atau *Podocarpus imbricatus*.
8. zona *Monoporites annulatus*. *Monoporites annulatus* dmelimpah berasosiasi dengan *Dacrycarpidites australiensis* atau *Podocarpus imbricatus* tanpa kehadiran *Stenochlaeniidites papuanus*

Menurut Rahardjo *et al* (1994), umur Pliosen ditandai dengan kehadiran *Stenochlaena laurifolia* (*Stenochlaenidites papuanus*) dan *Podocarpus imbricatus* sedangkan umur Plistosen ditandai dengan melimpahnya Graminae yang berasosiasi dengan *Podocarpus imbricatus* tanpa kehadiran *Stenochlaena laurifolia* (*Stenochlaenidites papuanus*).

Berdasarkan hasil pengamatan, *Stenochlaena laurifolia* (*Stenochlaenidites papuanus*) ditemukan pada sampel batuan 1, 5, 7, 10, 11, 15, 18, 22, 23 dan kemunculan terakhir pada sampel 25. Spesies *Podocarpus imbricatus* ditemukan pada sampel batuan 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 24 dan 25 (Lampiran 5). Kehadiran *Podocarpus imbricatus* dan kemunculan *Stenochlaena laurifolia* atau *Stenochlaenidites papuanus* sebagai fosil indeks penanda Pliosen dari sampel 1 hingga sampel terakhir menunjukkan bahwa sampel sedimen dari Formasi Tapak yang diambil merupakan sedimen yang berumur Pliosen.

Keanekaragaman Purba

Berdasarkan data inventarisasi palinomorfi darat teridentifikasi 2 taksa hingga tingkat kelas, 16 taksa hingga tingkat genus dan 3 taksa hingga tingkat spesies; sementara untuk palinomorfi laut teridentifikasi 1 taksa hingga tingkat filum dan 1 taksa hingga tingkat ordo (Lampiran 7). Pengelompokan sampel berdasarkan keanekaragaman taksa yang terdapat pada sampel dapat dilihat dengan menggunakan analisis Cluster.

Dengan indeks similiaritas sebesar 90%, sampel terbagi ke dalam 6 kelompok. Kelompok I beranggotakan sampel 15. Kelompok II beranggotakan sampel 2, 4, 7, 10, 11, 12, 16, 17, 19, 21, 22 dan 25. Kelompok III beranggotakan sampel 14 dan 24. Kelompok IV beranggotakan sampel 9 dan 23. Kelompok V beranggotakan sampel 3, 6, 8, 13 dan 18. Kelompok VI beranggotakan sampel 1 dan 5 (Gambar 3).

Keanekaragaman pada kelompok I sebesar 11 taksa yakni Dinoflagellate cyst, Foraminifera test-lining, *Monoporites* sp., *Laevigatosporites*, *Verrucatosporites*, *Acrostichum* sp., *Stenochlaenidites papuanus*, *Camptostemon* sp., *Pteris-type*, *Lakiapollis* sp., dan *Castanopsis* sp., dengan nilai kemerataan individu sebesar 75,9%. Pada kelompok II keanekaragaman taksa sebesar 16 taksa, taksa yang tidak muncul adalah *Palaquium* sp., *Acacia* sp., *Retitricolporites equatorialis*, dan *Castanopsis* sp., dengan nilai kemerataan individu diatas 67,15%.

Kelompok III memiliki keanekaragaman taksa sebesar 13 taksa yakni Dinoflagellate cyst, Foraminifera test-lining, *Monoporites* sp., *Laevigatosporites*, *Verrucato-sporites*, *Lycopodium* sp., *Acrostichum* sp., *Camptostemon* sp., *Podocarpus imbricatus*, *Pteris-type*, *Lakiapollis* sp., *Croton-type*, dan *Retitricolporites equatorialis*, dengan nilai kemerataan individu diatas 67,17%. Kelompok IV memiliki keanekaragaman taksa sebesar 12 taksa yakni Dinoflagellate cyst, Foraminifera test-lining, *Monoporites* sp., *Laevigatosporites*, *Verrucato-sporites*, *Lycopodium* sp., *Acrostichum* sp., *Pinus* sp., *Podocarpus imbricatus*, *Pteris-type*,

Lakiapollis sp., dan *Palaquium* sp., dengan nilai kemerataan individu diatas 68,87%.

Kelompok V memiliki keanekaragaman taksa sebesar 15 taksa, taksa yang tidak muncul adalah *Florshuetzia levipolii*, *Podocarpus imbricatus*, *Retitricolporites equatorialis*, *Castanopsis* sp. dan *Elaeocarpus* sp., dengan nilai kemerataan individu diatas 72,19%. Kelompok VI memiliki keanekaragaman taksa sebesar 13 taksa, yakni Foraminifera test-lining, *Monoporites* sp., *Laevigatosporites*, *Verrucatosporites*, *Lycopodium* sp., *Acrostichum* sp., *Florshuetzia levipolii*, *Stenochlaenidites papuanus*, *Pinus* sp., *Podocarpus imbricatus*, *Camptostemon* sp., *Pteris-type* dan *Lakiapollis* sp., dengan nilai kemerataan individu diatas 67,66%.

Keanekaragaman taksa tiap kelompok sampel menandakan persamaan ekologi pada tiap kelompok sampel. Kesamaan ekologi dapat berupa lingkungan, iklim, substrat tanah, dan sebagainya yang mendorong pertumbuhan vegetasi yang sama. Dari hasil analisis statistik dapat disimpulkan bahwa Formasi Tapak Cekungan Banyumas memiliki indeks keanekaragaman yang kecil yakni hanya berkisar 1,476 – 1,959 namun ekuitabilitas/kemerataan di atas 65%. Menurut Suedy *et al* (2006), indeks keanekaragaman yang kecil ditunjukkan dengan hasil analisis statistik Shannon-Wiener $H' < 2$.

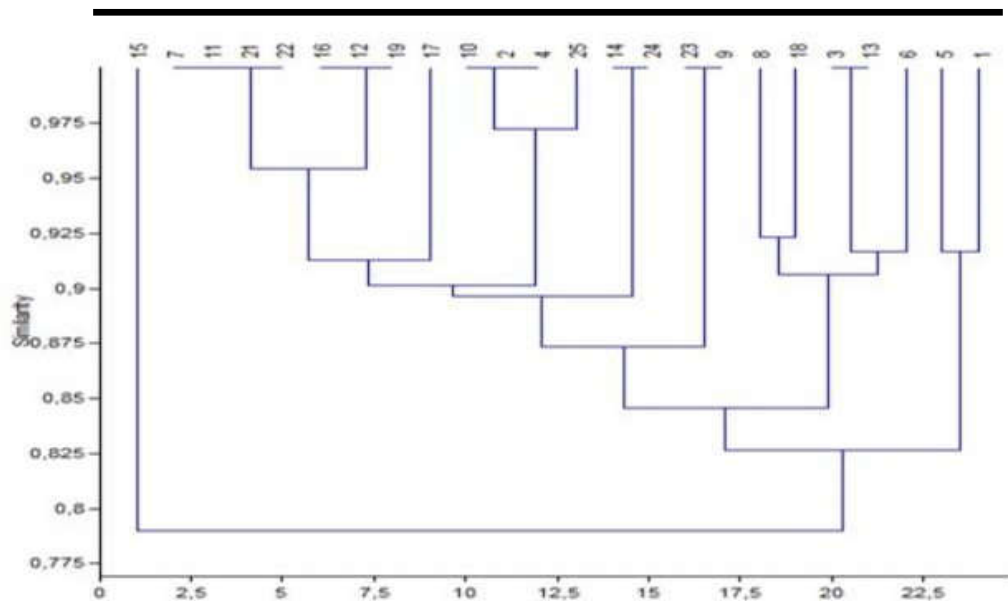
Penentuan Vegetasi Purba

Data vegetasi disajikan dalam bentuk diagram palinologi yang dibuat dengan menghitung presentasi masing-masing taksa di tiap-tiap sampel. Taksa kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis ekologinya. Haseldonckx (1974) membagi lingkungan pengendapan berdasarkan penyebaran fosil polen dan spora yaitu lingkungan pengendapan danau, rawa air tawar, darat terdiri dari hutan dataran rendah dan hutan dataran tinggi, riparian, mangrove belakang, mangrove, laguna, pantai, sub litoral dan laut terbuka.

Lingkungan pengendapan pengendapan laut ditandai dengan

hadirnya *Dinoflagellata* dan cangkang mikroforam, lingkungan mangrove ditandai dengan pengaruh pasang surut dan substrat lumpur dan kumpulan *Rhizophora* sp. dan *Avicennia* sp. Lingkungan mangrove belakang merupakan daerah di belakang mangrove sejati yang ditandai dengan salinitas yang lebih rendah dengan kumpulan *Sonneratia* sp., *Brownlowia* sp., *Nypa* sp., *Acrostichum* sp. dan *Oncosperma* sp. Lingkungan riparian ditandai dengan kumpulan *Pandanus* sp., *Barringtonia* sp., *Calophyllum* sp., *Gluta* sp., Dipterocarpaceae dan *Calamus* sp.

Lingkungan pengendapan daratan yang berupa hutan dataran rendah ditandai dengan kumpulan Dipterocarpaceae bersama dengan Myrtaceae (*Eugenia* spp.), *Calophyllum* sp., Annonaceae, Euphorbiaceae, Flacourtiaceae, Rubiaceae dan *Calamus* sp., sedangkan lingkungan hutan dataran tinggi didominasi oleh kumpulan Fagaceae (*Quercus* sp., *Lithocarpus* sp., *Castanopsis* sp.) bersama dengan Lauraceae, *Dacrydium* sp., *Engelhardia* sp. dan *Podocarpus* sp.



Gambar 1. Dendrogram hasil analisis Cluster Q-mode

Figure 1. A dendrogram resulted from Cluster Q-mode analysis

Taksa yang ditemukan pada sampel dikelompokkan kedalam 5 kelompok ekologi:

a. Marine

Taksa yang termasuk ke dalam kelompok ekologi ini adalah Dinoflagellate cyst dan Foraminifera lining test.

b. Mangrove

Taksa yang termasuk ke dalam kelompok mangrove adalah *Camptostemon* sp., *Acrostichum* sp., dan *Florshuetzia levipolii*.

c. Perairan tawar

Taksa yang termasuk ke dalam kelompok ekologi ini adalah *Stenochlaenidites papuanus*, Pteris-type, *Lakiapollis* sp, dan *Palaquium* sp.

d. Hutan dataran rendah

Taksa yang termasuk dalam kelompok hutan dataran rendah adalah *Monoporites* sp., *Lycopodium* sp., *Croton-type*, *Acacia* sp., *Retitricolporites equatorialis* dan *Elaeocarpus* sp.

e. Hutan Montana

Taksa yang termasuk dalam kelompok Montane Forest adalah *Laevigatosporites*, *Verrucatosporites*, *Pinus* sp., *Podocarpus imbricatus*, dan *Castanopsis* sp.

Pembuatan diagram AP/NAP/ Spora dengan terlebih dahulu mengelompokkan taksa sesuai dengan asal tumbuhan penghasilnya :

Arboreal Pollen

Taksa yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah *Florshuetzia levipolii*,

Stenochlaenidites papuanus, *Camptostemon* sp., *Pinus* sp., *Podocarpus imbricatus*, *Podocarpus imbricatus*, *Podocarpus imbricatus*, *Lakiapollis* sp., *Palaquium* sp., *Acacia* sp., *Retitricolporites equatorialis* dan *Elaeocarpus* sp.

Non Arboreal Pollen

Taksa yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah *Monoporites* sp. dan *Croton*-type.

Spora

Taksa yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah *Lycopodium* sp., *Pteris*-type, *Laevigatosporites*, *Verrucatosporites*, dan *Acrostichum* sp.

Berdasarkan analisis diagram palinologi (Gambar 2) dapat ditentukan 3 zona lokal:

Zona kumpulan I

Zona kumpulan I merupakan zona antara sampel 1-8. Secara umum, terjadi penyusutan hutan dan semak pada zona ini. Hanya taksa vegetasi Montane Forest yang cenderung mengalami perkembangan pada zona ini. *Pinus* sp. mengalami perkembangan dari 0,43% pada sampel 4 menjadi 0,68% pada sampel 8. Presentasi golongan *fern* Montane Forest (*Verrucatosporites* dan *Laevigatosporites*) meningkat dari 5,8% dan 23,4% menjadi 12,5% dan 37,6% pada sampel 6. Vegetasi Lowland Forest cenderung menurun dengan presentasi yang lebih besar dari Montane Forest. Ditandai dengan penurunan Graminae dari 33,65% pada sampel 1 menjadi 11,85% pada sampel ke 8 serta penurunan persentase *Lycopodium* sp. sebesar 3% antara sampel 4 dan 8. *Croton*-type mengalami puncaknya pada zona ini yakni pada sampel 8 sebesar 1,4%. Vegetasi Freshwater seperti *Pteris*-type dan *Lakiapollis* sp. mencapai puncaknya pada zona ini yakni pada sampel ke 3 dan ke 2 masing-masing sebesar 4,5% dan 1,3%. Vegetasi mangrove seperti *Sonneratia caseolaris* dan *Camptostemon* sp. juga mengalami penurunan sebesar 0,3% dan 0,4%, hanya *Acrostichum* sp. yang cenderung stabil selama zona ini (Gambar 2).

Zona kumpulan II

Zona kumpulan II merupakan zona antara sampel 8-15. Secara umum pada

zona ini terjadi penyusutan vegetasi mangrove dan freshwater. Taksa mangrove *Camptostemon* sp. mengalami puncak pada zona ini yakni sebesar 2,5% pada sampel 13. *Acrostichum* sp. mengalami penurunan bertahap mulai dari sampel 9 sebesar 6,9% hingga sampel 14 sebesar 0,6% dan mengalami peningkatan 7% menjadi 7,6% pada sampel 15. *Sonneratia caseolaris* bahkan tidak muncul pada zona ini. Taksa penciri freshwater *Pteris*-type mengalami penurunan selama zona ini dari 4,5% pada sampel 10 menjadi 0,9% pada sampel 13. *Lakiapollis* sp. mengalami penurunan sebesar 0,3% pada sampel 10 dan tidak muncul hingga sampel 15 dengan persentase 0,9%. Vegetasi hutan dan semak cenderung stabil pada zona ini (Gambar 2).

Zona kumpulan III

Zona kumpulan III merupakan zona antara sampel 15-25. Terjadi penyusutan vegetasi Lowland Forest. Persentase Graminae dan *Lycopodium* sp. cenderung menurun pada zona ini. Graminae mengalami penurunan dari 42,3% pada sampel 16 turun menjadi 19,1% pada sampel 18, persentasenya kemudian meningkat sebanyak 8,5% pada sampel 19 dan kembali turun menjadi 12,5% pada sampel 24. Persentase *Lycopodium* sp. turun dari 2,9% pada sampel 16 menjadi 0,3% pada sampel 23 dan kembali naik sebesar 4,1% pada sampel 25. *Callofilum* sp. mencapai puncaknya pada zona ini yakni sebesar 0,32% pada sampel 24. *Elaeocarpus* sp. muncul pada zona ini pada sampel 17 dan 18 sebesar masing-masing 0,32% dan 0,3%. Kondisi vegetasi Montane Forest cenderung stabil, hanya terdapat beberapa peningkatan seperti *Podocarpus imbricatus* pada sampel 24 (naik 3,5%), *Verrucatosporites* pada sampel 20 (naik 2,5%) dan 25 (naik 3,5%). *S. lauriflora* sebagai taksa penciri Freshwater mencapai puncak pada sampel 18 yakni 1,3%. Vegetasi mangrove mengalami beberapa fluktuasi pada zona ini. Peningkatan *Acrostichum* sp. pada sampel 17, 19, dan 25 masing-masing sebesar 2,9%, 3,7% dan 4% dari sebelumnya. *S. caseolaris* muncul kembali pada sampel 25 dengan persentase sebesar 0,3%. *Camptostemon* sp. naik menjadi 2,3% pada sampel 18, kemudian

turun sebesar 2% pada sampel 21 dan naik kembali menjadi 1,9% pada sampel 24 (Gambar 2).

Penentuan Iklim Purba

Berdasarkan analisis diagram AP/NAP/Spora dan PMI (Gambar 3) dapat ditentukan 6 zona iklim :

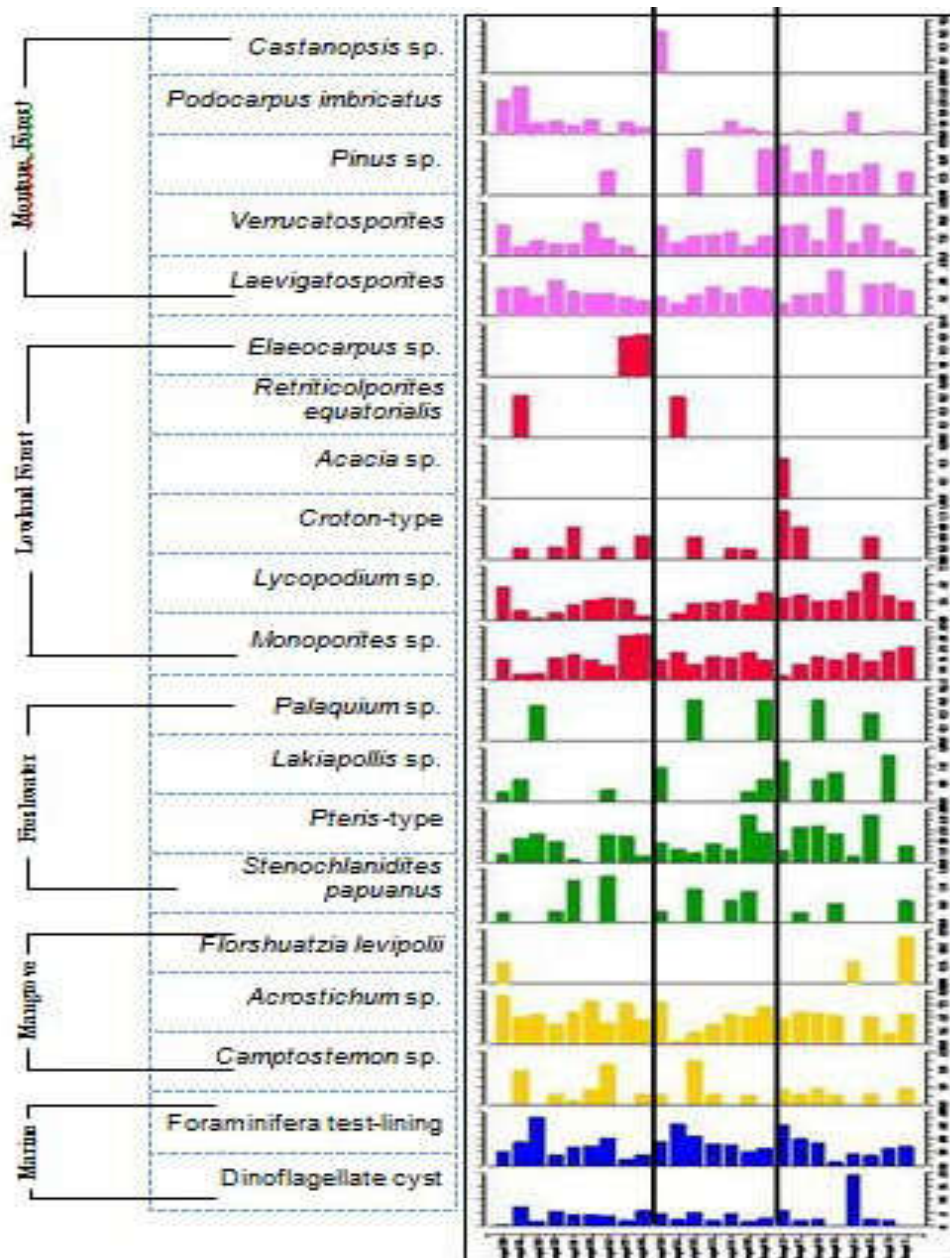
a. Zona iklim I

Zona iklim I merupakan zona antara sampel 1-5. Pada awal zona persentase NAP tinggi mencapai 44,68% jauh di atas AP yang hanya 3,83%. Persentase NAP menurun signifikan menjadi 29,95% pada sampel 3 sedangkan persentase AP cenderung stabil. Penurunan NAP diiringi dengan peningkatan persentase spora sebesar 11,9% dan tetap stabil hingga akhir zona, sementara PMI tetap stabil. PMI baru secara signifikan naik dari 28,85% menjadi 100,61% pada sampel 4 dan turun secara signifikan pada sampel 5 menjadi 15,05% (Gambar 3). Ini menunjukkan pada awal zona iklim yang berlangsung adalah iklim dingin dan kering ditandai dengan tingginya persentase NAP bersamaan dengan persentase AP, Spora dan PMI yang rendah, perubahan iklim menjadi hangat dan lembab terjadi pada

sampel 4 ditandai dengan peningkatan muka laut akibat pencairan es kutub dan peningkatan *humidity* yang ditandai dengan peningkatan persentase spora.

a. Zona iklim II

Zona iklim II merupakan zona antara sampel 5-8. Pada sampel 6 persentase NAP naik dari 27,27% menjadi 37,72% (10,45%) diiringi dengan penurunan persentase spora sebesar 11,27% dan peningkatan PMI sebesar 31,59% sementara persentase AP cenderung stabil. Pada akhir zona persentase AP, Spora dan PMI naik masing-masing sebesar 3,67%, 8,62%, dan 55,94% sementara persentase NAP turun sebesar 11% (Gambar 3). Ini mengindikasikan bahwa pada awal zona II iklim sedikit lebih hangat dan kering dari sebelumnya ditandai dengan peningkatan PMI yang lebih tinggi dari NAP dan penurunan persentase Spora. Dan pada akhir zona kondisi iklim jauh lebih hangat dan lebih lembab ditandai dengan peningkatan PMI secara signifikan dipertkuat dengan peningkatan AP dan Spora serta penurunan NAP sebagai indikator iklim dingin.



Gambar 2. Diagram Palinologi untuk Cekungan Banyumas

Figure 2. Palinology diagram for Banyumas River Basin

b. Zona iklim III

Zona iklim III merupakan zona antara sampel 8-13. Pada sampel 10 persentase AP, Spora dan PMI turun bersamaan masing-masing sebesar 2,84%, 9,41% dan 70,41%, sementara persentase NAP naik sebesar 12,25%. Pada pertengahan zona (10-12) persentase AP, NAP dan Spora cenderung stabil, hanya PMI yang mengalami peningkatan sebesar 12,65%. Sementara pada akhir zona persentase AP dan PMI naik bersamaan masing-masing sebesar 6,22% dan 26,27%,

persentase NAP menurun sebesar 3,8%, sedangkan persentase Spora stabil (Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa pada awal zona iklim kembali mengalami perubahan menjadi dingin dan kering ditandai dengan peningkatan NAP bersamaan dengan penurunan AP, Spora dan PMI. Kemudian iklim berubah dari dingin menjadi panas secara bertahap pada pertengahan dan akhir zona, namun kelembabannya tetap stabil ditandai dengan peningkatan PMI dan AP secara bertahap dan persentase Spora yang stabil hingga akhir zona.

c. Zona iklim IV

Zona iklim IV merupakan zona antara sampel 13-16. Pada sampel 13 persentase PMI dan NAP meningkat sebesar 13,28% dan 19,39%, sementara persentase AP dan Spora menurun sebesar 7% dan 13,38%. Kemudian terjadi penurunan persentase PMI dan NAP sebesar 28,15% dan 17,35%, diiringi dengan kenaikan AP dan Spora sebesar 2,9% dan 14,45% pada sampel 15. Pada akhir zona PMI kembali turun sebesar 16,93%, persentase Spora juga menurun sebesar 21,78%, sementara AP cenderung stabil dan NAP mengalami kenaikan sebesar 23,10% (Gambar 3). Fluktuasi ini mengintrepetaskan iklim pada awal zona kering dan sedikit lebih dingin ditandai dengan penurunan persentase Spora dan AP dan juga peningkatan NAP yang lebih besar dari PMI. Pada pertengahan zona iklim masih tetap dingin dibandingkan dengan sebelumnya, namun kelembabannya meningkat ditandai dengan peningkatan persentase Spora dan juga penurunan PMI yang lebih besar dari NAP. Sementara pada akhir zona iklim berubah menjadi jauh lebih dingin dan kering, ditandai dengan penurunan persentase Spora dan PMI yang cukup signifikan dan peningkatan NAP yang besar.

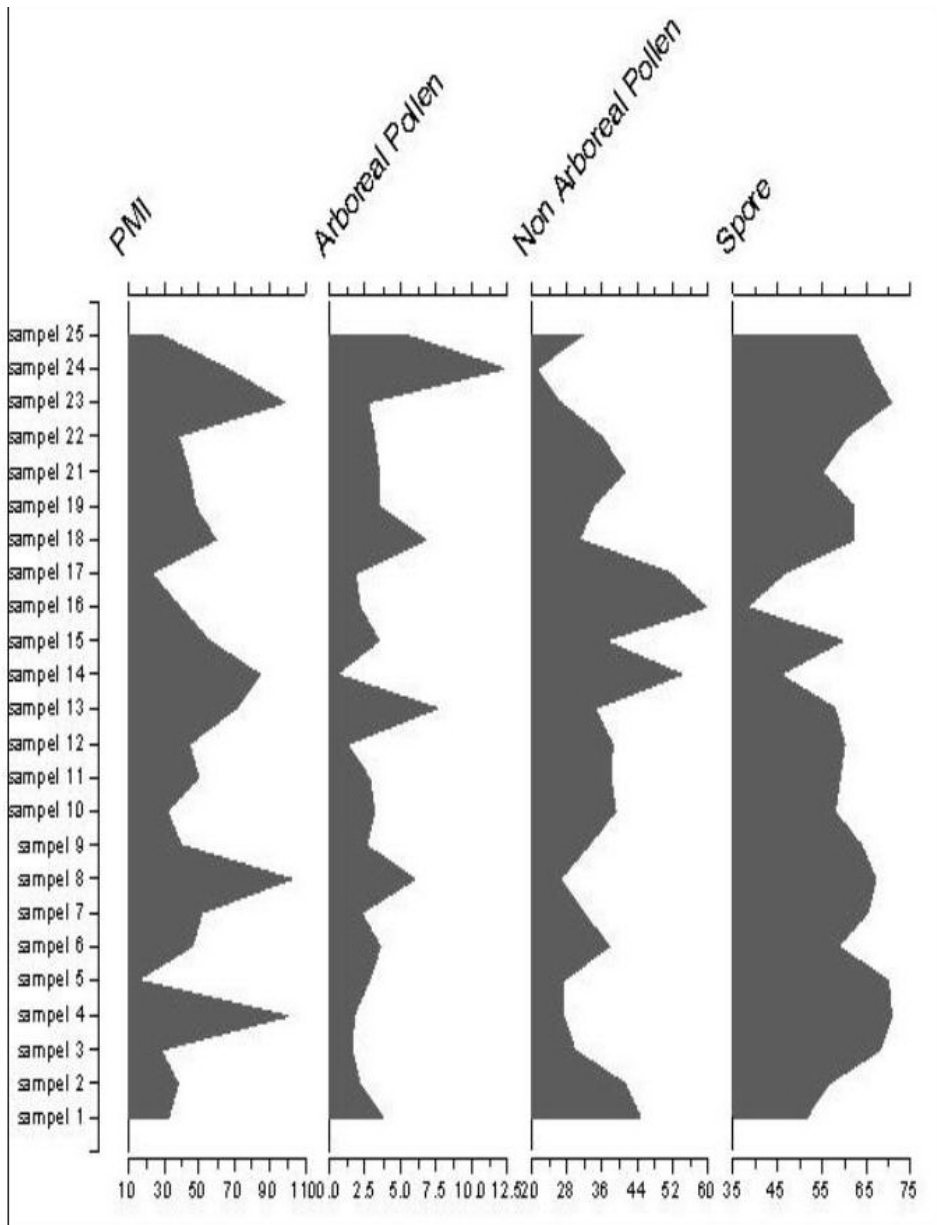
d. Zona iklim V

Zona iklim V merupakan zona antara sampel 16-21. Persentase PMI dan NAP turun sebesar 15,82% dan 8,31% pada sampel 17 sementara persentase AP stabil dan Spora naik sebesar 8,65%. Persentase Spora kembali naik sebesar 15,53% pada sampel 18, diiringi dengan kenaikan AP dan PMI masing-masing sebesar 4,9% dan 35,97% sementara persentase NAP kembali turun sebesar 20,44%. Pada akhir zona persentase PMI, Spora dan AP turun sebesar 14,42%, 7,04%, dan 3,3% sementara persentase NAP naik sebesar 10,34% (Gambar 3). Ini menunjukkan

bahwa iklim pada awal zona lebih lembab namun tetap dingin, ditandai dengan peningkatan presentasi Spora dan penurunan PMI yang lebih besar dari NAP. Pada pertengahan zona, iklim berubah menjadi hangat dan lembab, ditandai dengan peningkatan persentase Spora, AP, dan PMI bersamaan dengan penurunan persentase NAP. Iklim pada akhir zona kembali menjadi dingin dan kering, ditandai dengan peningkatan NAP sebagai penciri iklim dingin bersamaan dengan penurunan Spora sebagai penciri kelembaban serta AP dan PMI sebagai penciri iklim panas.

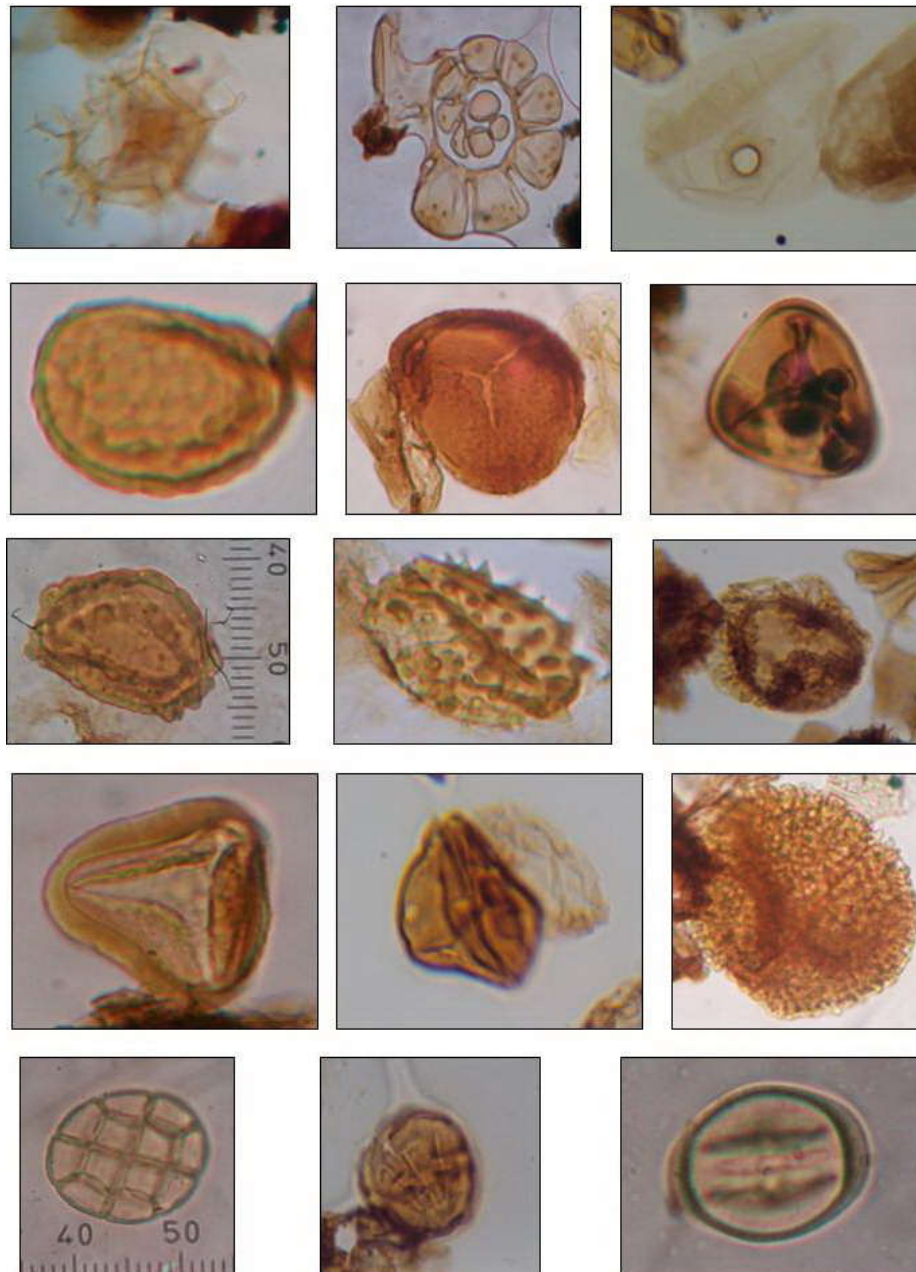
e. Zona iklim VI

Zona iklim VI merupakan zona antara sampel 21-25. Persentase PMI dan NAP turun sebesar 6,2% dan 5,45% pada awal zona sedangkan persentase AP cenderung stabil, sementara spora naik sebesar 5,74%. Pada sampel 23 persentase PMI dan Spora naik sebesar 60,38% dan 70,03%, persentase AP stabil dan NAP turun 9,14%. Kemudian pada sampel 24 persentase PMI, Spora dan NAP turun sebesar 33,46%, 4,17% dan 5,36% sementara persentase AP meningkat sebesar 9,52%. Pada akhir zona persentase NAP meningkat sebesar 10,28%, sementara persentase PMI, AP dan Spora menurun masing-masing 36,9%, 6,91%, dan 3,38% (Gambar 3). Hal ini menunjukkan bahwa iklim pada awal zona menjadi lebih hangat dan lebih lembab dari sebelumnya ditandai dengan turunnya persentase NAP dan naiknya persentase spora. Pada pertengahan zona iklim berubah menjadi hangat dan lembab ditandai dengan naiknya persentase PMI, AP dan Spora serta turunnya persentase NAP. Di akhir zona iklim menjadi lebih dingin dan sedikit lebih kering, ditandai dengan penurunan penciri iklim panas yakni persentase PMI dan AP serta naiknya penciri iklim dingin yaitu NAP, juga penurunan Spora yang menandai penurunan kelembaban.



Gambar 3. Diagram AP/NAP/Spora dan PMI

Figure 3. Diagram of AP/NAP/Spora dan PMI



Gambar 4. Dari kiri ke kanan baris 1: a) Dinoflagellate cyst, b) Foraminifera test-lining, c) *Monoporites* sp., d) *Laevigatosporites*, e) *Verrucatosporites*, f) *Lycopodium* sp., g) *Acrostichum* sp., h) *Florshuetzia levipolii*, i) *Stenochlaenidites papuanus*, j) *Camptostemon* sp., k) *Pinus* sp., l) *Podocarpus imbricatus*, m) *Pteris*-type, n) *Lakiapollis* sp., o) *Croton*-type, p) *Palaquium* sp., q) *Acacia* sp., r) *Retitricolporites equatorialis*, s) *Castanopsis* sp., t) *Elaeocarpus* sp.

Figure 4. From left, row 1: a) Dinoflagellate cyst, b) Foraminifera test-lining, c) *Monoporites* sp., d) *Laevigatosporites*, e) *Verrucatosporites*, f) *Lycopodium* sp., g) *Acrostichum* sp., h) *Florshuetzia levipolii*, i) *Stenochlaenidites papuanus*, j) *Camptostemon* sp., k) *Pinus* sp., l) *Podocarpus imbricatus*, m) *Pteris*-type, n) *Lakiapollis* sp., o) *Croton*-type, p) *Palaquium* sp., q) *Acacia* sp., r) *Retitricolporites equatorialis*, s) *Castanopsis* sp., t) *Elaeocarpus* sp.

Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, diambil kesimpulan antara lain:

1. Jenis tumbuhan yang ditemukan (palinomorfo darat) teridentifikasi 2 hingga tingkat kelas, 16 hingga tingkat genus dan 3 hingga tingkat spesies dari sampel batuan tersingkap di Desa Bungkel Kabupaten Purbalingga yang terbukti berumur Pliosen ditandai dengan kemunculan *Podocarpus imbricatus* dan *Stenochlaena laurifolia* (*Stenochlaenidites papuanus*).
2. Kondisi vegetasi saat itu berfluktuasi yang terbagi ke dalam 3 zona lokal perubahan vegetasi dan selama pembentukan sedimennya dapat dibagi menjadi 6 zona lokal perubahan iklim.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka disarankan untuk dilakukan hal-hal sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian tentang morfologi polen segar di lingkungan yang sama sebagai pembandingan fosil polen yang telah ditemukan.
2. Perlu dilakukan penelitian tentang vegetasi masa sekarang di lingkungan yang sama sebagai pembandingan vegetasi purba untuk memperoleh data perubahan/perbedaan kondisi vegetasi serta anggota vegetasinya.
3. Perlu dilakukan penelitian tentang iklim masa sekarang di lingkungan yang sama sebagai pembandingan iklim purba untuk memperoleh data perubahan/perbedaan kondisi iklim.

Daftar Referensi

- Abbas, M., S. Samiyarsih dan Rochmatino. 2000. Kajian Morfologi pada Tumbuhan Mangrove di Cilacap. Laporan Penelitian Fakultas Biologi Unsoed, Purwokerto.
- Bradley, R.S., 1999. "Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary". Academic Press, San Diego.
- Erdtman, G. 1943. An Introduction of Pollen Analysis. Chronica Botanica Company. Waltham, Mass., USA.
- Haseldonckx, P. 1974. A Palynological Interpretation of Paleoenvironment on Southeast Asia. Sain Malaysiana.
- Hilman, A. 2010. Revisi Taksonomi Bloom. Go Blog Indonesia. <http://www.hilman.web.id/> diakses tanggal 20 Mei 2010.
- Huang, T. C. 1972. Pollen Flora of Taiwan. National Taiwan University Botany Departement Press.
- Hutamadi, R. dan Mulyana. 2006. Evaluasi Sumber Daya dan Cadangan Bahan Galian untuk Pertambangan Skala Kecil di Banyumas. Proceeding Pemaparan Hasil-Hasil Kegiatan Lapangan dan Non Lapangan. Pusat Sumber Daya Geologi. Badan Geologi-Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 4.
- Kapp, R. O. 1969. How to Know Pollen and Spore. WMc. Brown Company Publisher. Dubuque, Iowa.
- Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia. 1996. Sandi Stratigrafi Indonesia. Ikatan Ahli Geologi Indonesia. Jakarta.
- Marso, J. 2004. Strike And Dip. <http://www.geology110.com/> diakses tanggal 4 Juni 2010.
- Moore, P. D. and Webb, J. A. 1978. An Illustrated Guide to Pollen Analysis. Wiley, New York.
- Morley, R. J. 1998. Palynological evidence for tertiary plant dispersal in SE Asian region in relation to plate tectonics and climate. Biogeography and Geological Evolution of SE Asia, pp. 211-234. Backhuys Publish-ers, Leiden.
- Nakamura, J. 1980. Diagnostic Characters of Pollen Grain of Japan. Part I. Special Publications from Osaka Museum of Natural History. Vol 13, Nagai Park, Osaka.
- Nasu, T and Ko Seto. 1986. Spore Morphology of Japanese Pteridophytes Part I. Special Publications from Osaka Museum of

Natural History. Vol 16-17, Nagai Park, Osaka.

- Radford, A. E. 1986. Fundamentals of Plant Systematics. Harper & Row, New York, NY.
- Rahardjo, A. T., Poulhaupessy, A. A., Wiyono, S., Nugraha-ningsih, L dan Lelono, E. B. 1994. Zonasi Polen Tersier Pulau Jawa. Proc, PIT XXIII IAGI, Jakarta (I) : 77-87.
- Raharto, I.T. 2008. Analisis Cluster. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Stuijts. I. L. M. 1993. Late Pleistocene and Holocene Vegetation of West Java. Modern Quarternary Research in Southeast Asia. A. A. Balkema, Rotterdam.
- Suedy, S.W.A., Soeprbowati, T.R., Rahardo, A.T., Maryunani, K.A., Setijadi, R. 2006. Keanekaragaman Flora Hutan Mangrove di Pantai Kaliuntu-Rembang Berdasarkan Bukti Palinologinya. ISSN: 1412-033X.
- Taufiq. 2009. Pendahuluan Biostratigrafi. Free Geology. <http://www.taufiqy.co.cc/> diakses tanggal 20 Mei 2010.
- Universitas Sumatera Utara (USU). 2010. Taksonomi Tumbuhan Tingkat Tinggi. Open Course Ware. <http://ocw.usu.ac.id/course/> diakses tanggal 20 Mei 2010.
- Wang, L., dkk. 2005. Palynological Evidence for Late Miocene–Pliocene Vegetation Evolution Recorded in the Red Clay Sequence of the Central Chinese Loess Plateau and Implication for Palaeoenvironmental Change. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology. Volume 241. Issue 1. Monsoon and Tectonic. 118-128.