

METODE BIOPREDIKSI PERUBAHAN IKLIM MENGUNAKAN FOSIL POLEN DAN SPORA PADA KALA PLIOSEN DI DAERAH BANYUMAS

Climate Change Bioprediction Method used Pollen and Spore Fossil at Pliocene Age in Banyumas

R. Setijadi¹; A. Widagdo²; S.W.A. Suedy³

rachmad.setijadi@unsoed.ac.id

asmoro.widagdo2@unsoed.ac.id

1,2) Program Studi Teknik Geologi, Jur. Teknik FST UNSOED, Kampus Blater Purbalingga

3) Jurusan Biologi FMIPA UNDIP, Jl. Prof. Soedarto SH, Kampus Tembalang, Semarang

Abstract— Pollen and spore fossil of Pliocene sedimentary (Tapak Formation) have been used as a guidance for prediction (bioprediction) of climate change which happened at Pliocene age in Banyumas. Geomorphological and vegetation changes happen in conformity with climate changes. By knowing pollen and spore fossils, we can know the type of vegetation which produce it. Then pollen and spore fossils which found widely on the sedimentary rock is an exact way for tracing of climate change which had happened.

The aim of this research is to explore bioprediction method base on pollen and spore data, to know morphological change which happened because of climate change on Pliocene age in Banyumas.

This research consist of field and laboratory work. Field work is for taking rock sample and making stratigraphic column. Laboratory work consist of making plate from the samples using acetolysis method, identification and classification of fossils and palynology analysis.

The result of the research show that the research area can be included on the zone of *Podocarpus imbricatus* from Late Pliocene Age which is shown by presence of *Podocarpus imbricatus* and *Stenochlaenidites papuanus*. There has 3 events of climate change that are hot-cold-hot which correlate with transgression (relative sea level rise) and regression (relative sea level drop)

Keyword— pliocene, climate, palinology, bioprediction

PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan suatu sistem yang berkesinambungan sejak keberadaan bumi ini dari masa lampau hingga sekarang. Perubahan iklim yang terjadi pada suatu waktu akan sangat mempengaruhi kehidupan yang ada pada waktu itu, baik fauna maupun floranya, diantaranya adalah perubahan bentang alam vegetasi yang terjadi bersama dengan terjadinya perubahan iklim.

Fosil merupakan salah satu kunci utama dari informasi perubahan iklim masa lampau. Beberapa informasi yang dapat diinterpretasi dari studi mikrofosil adalah perubahan iklim masa lampau yang diketahui dari dinamika bentang alam vegetasinya berdasarkan bukti palinologi berupa fosil pollen dan spora tumbuhan penyusunnya. Penelitian perubahan iklim masa lampau (paleoklimat) dengan memanfaatkan rekam fosil akan memberikan gambaran penting mengenai *climate system variability*, dan hubungannya dengan iklim di masa sekarang dan akan datang.

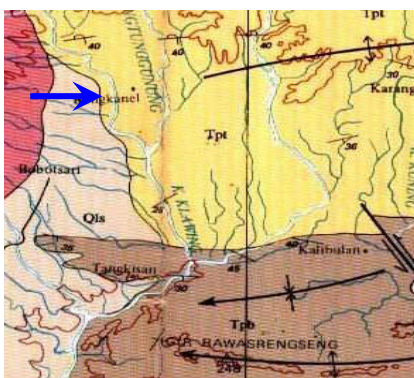
Fosil pollen dan spora telah digunakan oleh beberapa peneliti, seperti Ricklefs (1990) untuk menggambarkan iklim di Jawa selama Pliosen yang lebih sejuk dan kering dengan savana yang tersebar serta hutan bakau banyak terdapat di bagian tengah. Demikian pula Semah (1984) menunjukkan daerah tengah Pulau Jawa dipengaruhi oleh aktivitas gunung berapi dan terjadi rekolonisasi tanah yang berkaitan dengan hutan basah tropis dataran rendah. Analisis fosil pollen yang terdapat pada sedimen daerah Sangiran, mengindikasikan pada awal Pliosen pernah terdapat hutan bakau/mangrove di daerah ini (Semah, 1982; van Zeist *et al.*, 1979). Raharjo dkk. (1994) menggunakan fosil pollen dan spora untuk menyusun zonasi Palinologi Pulau Jawa, dimana pada kala Miosen Akhir-Pliosen awal di Jawa dicirikan dengan zona *Stenochlaenidites papuanus* yaitu dominasi *Stenochlaenidites papuanus*, pemunculan awal *Podocarpus imbricatus* serta kepunahan *Florschuetzia trilobata*. Sedangkan Pliosen Akhir dicirikan oleh zona *Podocarpus imbricatus* dengan adanya kemunculan dan asosiasi *Podocarpus*

imbricatus dan *Stenochlaenidites papuanus*, serta diakhiri kepunahan *Stenochlaenidites papuanus*. Fosil polen juga digunakan untuk mengetahui sejarah flora dan vegetasi daerah Bumiayu kala Plistosen (Setijadi, dkk. 2005); perubahan lingkungan masa Holocene daerah Rawa Danau-Jawa Barat (Yulianto, *et al.* 2005); keanekaragaman flora hutan mangrove pantai utara Jawa Tengah (Suedy, dkk. 2006a; Suedy, dkk. 2006b; Suedy, dkk. 2006c; Suedy, dkk. 2007); untuk meramalkan perubahan iklim di bagian selatan Eropa (Finsinger, *et al.* 2007); merekonstruksi dinamika vegetasi dan biodiversitas dibagian selatan Brazilia pada kala Kuartar Akhir (Behling dan Pillar 2007); serta prediksi dinamika vegetasi, perubahan muka air laut serta perubahan iklim pada daerah pesisir (Ellison, 2008). Sementara itu, penelitian ini menggunakan fosil polen dan spora untuk memprediksi (bioprediksi) perubahan iklim yang terjadi di daerah Banyumas selama kala Pliosen. Periode waktu Kala Pliosen adalah suatu skala dalam waktu geologi yang berlangsung antara 5,332 hingga 1,806 juta tahun yang lalu.

Penelitian ini bisa menjadi salah satu proksi dalam mengungkap fenomena iklim masa lampau. Pemanfaatan dan korelasi bukti palinologi bersama proksi yang lain seperti data glasiologi (*ice cores*) yang mengandung rekam isotop O dan CO₂ masa lampau, data biologi lain (*tree ring*, fosil foram, fosil diatom, fosil nanoplankton, fosil moluska, radioisotop dari tumbuhan C3/C4, dll) maupun data geologi (sedimen endapan laut, danau, terestrial/eolian) dapat mengungkapkan dinamika iklim masa lampau secara lebih komprehensif dan terintegrasi sehingga dapat dijadikan dasar dalam memahami sertaantisipasi terhadap perubahan iklim masa sekarang maupun yang akan datang,

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian meliputi penelitian lapangan dan laboratorium.



Gambar 1 : Peta geologi daerah penelitian

Penelitian lapangan meliputi pembuatan penampang stratigrafi (PPS) dan pengambilan sampel batuan pada

Formasi Tapak yang berumur Pliosen, di daerah Bobotsari Purbalingga (Kali Bunkanel), sedangkan penelitian laboratorium meliputi preparasi batuan untuk pembuatan sediaan preparat mikroskopis, identifikasi dan klasifikasi fosil polen serta analisis data. Preparasi batuan untuk sediaan mikroskop menggunakan metode Moore, *et al.* (1991) yang dimodifikasi. Analisis fosil polen dan spora yang ditemukan pada setiap stratum lapisan sedimen yang diambil adalah sebagai berikut:

- a. Pengamatan morfologi fosil polen dan spora dan selanjutnya diidentifikasi untuk menentukan jenis taksanya, menggunakan mikroskop. Apabila sudah diketahui taksanya, maka dapat diketahui pula tumbuhan penghasilnya. Setelah itu dihitung unit atau individu fosil polen dan sporanya untuk setiap sampel yang diamati. Dari pengamatan ini diharapkan dapat diketahui flora atau daftar seluruh taksa tumbuhan yang pernah hadir atau tumbuh kala Pliosen di Formasi Tapak Banyumas.
- b. Pengelompokan taksa tumbuhan kedalam kelompok vegetasi atas dasar habitusnya yaitu pohon (*arborea*) dan bukan pohon (*non arborea*). Pengelompokan ini dinyatakan dalam bentuk persentase fosil *Arboreal Pollen* (AP, pohon) dan fosil *Non Arboreal Pollen* (NAP, bukan pohon):

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

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

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

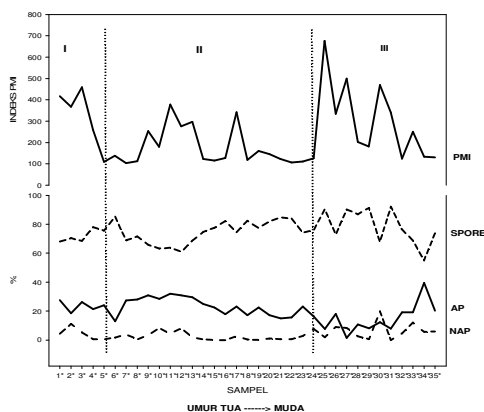
Interpretasi iklim purba didasarkan pada fluktuasi dari persentase jumlah *takson – takson arboreal* (AP) dan *non arboreal pollen* (NAP) serta spora yang terekam dalam sedimen. AP tersusun oleh polen tumbuhan berkayu penyusun vegetasi hutan, sedangkan NAP tersusun oleh polen tumbuhan non berkayu yang terdiri dari semak dan herba. Sedangkan untuk spora/*fern-bryophytes* dihitung tersendiri (Prebble *et al.*, 2005). Hal ini untuk menggambarkan perubahan bentang alam vegetasi yang asumsikan akibat perubahan iklim pada periode waktu tertentu.

- c. Selain itu juga digunakan *Palynological Marine Index* (PMI) yang dihitung dengan rumus $PMI = (Rm/Rt + 1)100$, dimana *Rm* adalah jumlah dari marin palinomorfe (*dinoflagellates* dan *foraminiferal test linings*) dan *Rt* adalah jumlah palinomorfe darat (polen dan spora) yang dihitung per sampel. Nilai dari PMI yang tinggi diinterpretasikan sebagai lingkungan pengendapan marin dengan kondisi normal, dimana

sampel yang tidak ada marin palinomorf mempunyai nilai *PMI* 100 (Carvalho, 2001).

- d. Analisa data menggunakan program PAST-Palaeontological Statistics, ver. 0.99. Sedangkan untuk penyajian diagram fosil polen menggunakan program *Excel* dan *Sigmaplot ver 11.0*.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Grafik Indeks PMI dan Persentase AP-NAP

Dari rekam fosil palinomorf termasuk didalamnya fosil polen dan spora menunjukkan 2 hal penting yang berkaitan dengan lokasi penelitian, yaitu umur dan perubahan iklim yang terjadi.

1. UMUR

Penentuan umur lokasi penelitian menggunakan zona selang memperlihatkan adanya kehadiran *Podocarpus imbricatus* dan *Stenochlaenidites papuanus* yang menunjukkan bahwa umur lokasi penelitian yang termasuk dalam Formasi Tapak berumur Pliosen Akhir. Dalam hal ini termasuk dalam zona *Podocarpus imbricatus* yang berumur Pliosen Akhir sesuai dengan zonasi Palinologi Rahardjo, dkk. (1994).

2. PERUBAHAN IKLIM

Terdapat 3 *events* penting yang berkaitan dengan perubahan iklim. Pada event I. (BUN 1- BUN 5) terjadi transgresi (muka laut naik) dan didukung dari persentase NAP naik yang mencirikan iklim panas. Pada event II (BUN 6-BUN 24) terjadi regresi (muka air laut surut) didukung oleh naiknya persentase AP yang mencirikan iklim dingin. Pada event III (BUN 25-BUN 35) terjadi transgresi kembali dan didukung oleh naiknya persentase NAP. PMI menunjukkan adanya perubahan muka air laut pada waktu itu, dan perubahan ini dipengaruhi oleh perubahan iklim dengan asumsi bahwa tektonik daerah penelitian adalah minimal (*null*).

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Formasi Tapak di daerah Banyumas berumur Pliosen Akhir
2. Selama periode umur tersebut telah terjadi 3 perubahan iklim yang dipengaruhi oleh naik dan surutnya muka air laut (transgresi-regresi) secara berulang.

PUSTAKA

- Behling, H. And V. D. Pillar. 2007. Late Quaternary Vegetation, Biodiversity and Fire Dynamics on The Southern Brazilian Highland and Their Implication for Conservation and Management of Modern Araucaria Forest and Grassland Ecosystems. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 362: 243–251.
- Ellison, J. C. 2008. Long-term Retrospection on Mangrove Development Using Sediment Cores and Pollen Analysis: A Review. *Aqua. Bot.* 89: 93-104.
- Finsinger, W., O. Heiri, V. Valsecchi, W. Tinner, A. Lotter. 2007. Modern Pollen Assemblages as Climate Indicators in Southern Europe. *Global Ecol. Biogeog.* 16: 567-582.
- Moore, P. D. and J. A. Webb. 1978. *An Illustrated Guide To Pollen Analysis.* The Ronald Press Company, New York.
- Rahardjo, A. T., T. T., Polhaupessy, S. Wiyono, H. Nugrahaningsih dan E. B. Lelono. 1994. Zonasi Polen Tersier Pulau Jawa. *Makalah Ikatan Ahli Geologi Indonesia*, Desember 1994: 77-84.
- Ricklefs, R. 1990. *Ecology*, 3th Ed. New York: Chiron.
- Setijadi, R., S. W. A. Suedy dan A. T. Rahardjo. 2005. Sejarah Flora Dan Vegetasi Formasi Kalibukit Dan Kaliglagah Daerah Bumiayu Ditinjau Dari Bukti Palinologi. *Prosiding Seminar Nasional MIPA Universitas Negeri Semarang*- ISBN 979-9579-80-5.
- Suedy, S.W.A., T.R. Soeprbowati, A.T. Rahardjo, K.A. Maryunani dan R. Setijadi. 2006a. Rekonstruksi Lingkungan Hutan Mangrove di Pantai Utara Jawa Tengah Menggunakan Polen dan Diatom. *Laporan Hibah Pekerti UNDIP-ITB 2005-2006.* Lembaga Penelitian UNDIP, Semarang.
- , T.R. Soeprbowati, A.T. Rahardjo dan K.A. Maryunani. 2006b. Keanekaragaman Flora Penyusun Hutan Mangrove Pantai Randusanga Brebes Ditinjau Dari Bukti Palinologinya. *Prosiding Seminar Nasional UNSOED: Konservasi Biodiversitas Sebagai Penunjang Pembangunan Berkelanjutan*- ISBN 978-979-99995-2-8.
- , T.R. Soeprbowati, A.T. Rahardjo, K.A. Maryunani dan R. Setijadi. 2006c. Keanekaragaman Flora Hutan Mangrove di Pantai Kaliuntu Rembang Berdasarkan Bukti Palinologinya. *Jurnal BIODIVERSITAS UNS Vol. 7 No. 4.*
- dan R. Setijadi. 2007. Fluktuasi Vegetasi Hutan Mangrove di Pantai Gandhong-Sayung Demak Berdasarkan Bukti Palinologinya. *Jurnal BIOSFER UNSOED Vol. 24, No. 3.*
- Semah, A.M. 1982. A Preliminary Report on A Sangiran Pollen Diagram. *Mod. Quat. Res. SE Asia* 7: 165-170.
- . 1984. Remarks on The Pollen Section of The Sambungmacan Section (Central Java). *Mod. Quat. Res. SE Asia* 8: 29-34.
- Van Zeist, W., N.A. Polhaupessy and I.M. Stuijts. 1979. Two Pollen Diagrams from West Java, A Preliminary Report. *Mod. Quat. Res. SE Asia* 5: 43-56.
- Yulianto, E., H. Tsuji, W. S. Sukapti, N. Tanaka. 2005. A Holocene Pollen and Charcoal Record from a Tropical Lowland Swamp in Rawa Danau, West Java, Indonesia. *Tropics Vol. 14 (2).*