



Perubahan Lingkungan Holosen Akhir Berdasarkan Rekaman Polen dari Delta Berau-Kalimantan Timur

Pollen Study of Late Holocene Environment Changes in Berau Delta-East Kalimantan

Woro Sri Sukapti dan Kresna Tri Dewi

Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Jalan Diponegoro No.57 Bandung

email: abiwaralintang@gmail.com

Naskah diterima: 13 Juli 2022, Revisi terakhir: 29 November 2022, Disetujui: 05 Desember 2022, Online: 06 Desember 2022
DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v24.1.23-29>

Abstrak - Biodiversitas atau keragaman hayati merupakan aspek penting dalam pengembangan geopark selain keragaman geologi dan keragaman budaya. Keragaman hayati modern dapat diketahui berdasarkan survei flora dan fauna. Meskipun secara natural keragaman saat ini berasal dari keragaman di masa lalu, namun perbedaan keragaman hayati keduanya dapat berbeda karena terjadinya perubahan lingkungan. Keanekaragaman hayati masa lalu dapat diketahui berdasarkan fosil yang terawetkan di dalam sedimen. Dalam konteks tumbuhan di masa lalu, keanekaragamannya dapat diketahui berdasarkan fosil serbuk sari yang terawetkan di dalam sedimen. Hasil identifikasi polen dari sebuah inti bor sepanjang 100 cm di Delta Berau, Kalimantan Timur menunjukkan 80 jenis polen dan 13 jenis spora. Jenis polen yang hadir didominasi oleh jenis-jenis polen tumbuhan hutan dataran rendah. Proporsi polen dari jenis dan kelompok tumbuhan tertentu memberi informasi tentang kelimpahan tumbuhannya di dalam hutan baik hutan dataran rendah, hutan mangrove, hutan pegunungan dan tumbuhan padang rumput. Data keanekaragaman dan kelimpahan tumbuhan berdasarkan fosil polen dan spora dalam sedimen ini dapat digunakan untuk menyokong tersedianya informasi saintifik tentang keanekaragaman hayati pada kala Holosen di Kawasan warisan geologi Sangkulirang-Mangkalihat.

Katakunci: Biodiversitas, dinamika hutan, hutan dataran rendah, hutan padang rumput, hutan pegunungan, mangrove, polen, spora.

Abstract - Information on biodiversity is an important aspect in the development of geoparks in addition to geological diversity and cultural diversity. Present biodiversity can be assessed based on flora and fauna surveys. Although natural diversity today is derived from diversity in the past, the differences in biodiversity between the two can prevail due to environmental changes. Past biodiversity can be assessed based on fossils preserved in sediments. In the context of plants in the past, their diversity can be revealed based on pollen fossils in sediments. The results of pollen identification from a 100 cm long drill core in the Berau Delta, East Kalimantan showed 80 types of pollen and 13 types of spores. The pollen assemblage was dominated by lowland forest pollen species. The proportions of pollen types or plant groups provide information about the abundance of plants in the lowland forest, mangrove forest, mountain forest and grassland plants during Holocene. Data on plant diversity and abundance based on pollen and spore fossils in these sediments can be used to support the availability of scientific information about vegetation landscape and biodiversity during the Holocene in the Sangkulirang-Mangkalihat geological heritage area.

Keywords: Biodiversity, forest dynamics, lowland forest, grassland forest, mountain forest, mangrove, pollen, spore.

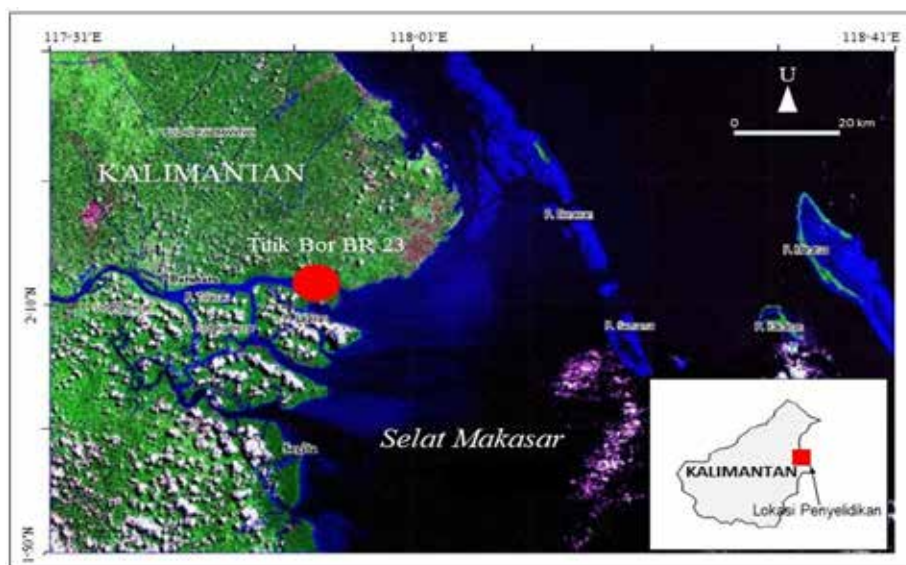
PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia saat ini sedang gencar mengembangkan kawasan geopark di daerah yang memiliki keunggulan terutama karena memiliki keunikan geologi, biologi, dan budaya. Melalui Peraturan Pemerintah Nomor 9 Tahun 2019 ditetapkan berdirinya Komite Nasional Geopark Indonesia yang menjadi wadah koordinasi, sinergi, dan sinkronisasi antara pemerintah pusat, pemerintah daerah, dan pemangku kepentingan dalam rangka penetapan kebijakan dan pengembangan geopark. Geopark atau tamanbumi mencakup kekayaan geologi (*geodiversity*), biologi (*biodiversity*), hingga kebudayaan (*cultural diversity*). Salah satu tujuan pengembangan geopark adalah untuk menumbuhkan perekonomian masyarakat yang ramah lingkungan secara berkelanjutan. Pariwisata menjadi sektor yang strategis karena dapat memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi, penciptaan lapangan kerja, pengembangan investasi, pendapatan rumah tangga dan pendapatan fiskal pemerintah. Pariwisata menjadi penyumbang devisa terbesar nomor dua di Indonesia.

Salah satu kawasan yang akan diusulkan menjadi kawasan geopark adalah Sangkulirang-Mangkalihat, Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur. Daratan dan pesisir pantai Berau mempunyai keindahan alam yang menakjubkan dan masih alamiah, termasuk kawasan Delta Berau. Delta ini memiliki berbagai sumberdaya alam dalam kondisi yang masih terjaga seperti hutan mangrove, terumbu karang dan padang lamun serta tempat pemijahan berbagai jenis

fauna air. Wilayah lautnya terdiri dari 31 pulau-pulau kecil, antara lain Pulau Derawan, Sangalaki, Kakaban, Maratua, Panjang, dan Samama (Dewi dkk., 2009). Wilayah ini telah menjadi tujuan wisata bahari wisatawan domestik dan mancanegara. Lebih dari itu, keragaman hayati dan sumberdaya alam yang menakjubkan tersebut juga telah menjadi laboratorium alam bagi ilmuwan beragam disiplin ilmu dari berbagai belahan dunia. Hasil-hasil penelitian ini menjadi salah satu modal dalam pengusulan Sangkulirang-Mangkalihat sebagai geopark nasional maupun sebagai geopark global (Unesco Global Geopark). Dalam penetapan kawasan geopark diperlukan berbagai data dan informasi ilmiah dari berbagai aspek, seperti keragaman hayati, geologi dan budaya. Data dan informasi keragaman hayati bersumber dari berbagai flora dan fauna baik berukuran makro maupun berukuran mikroskopis, seperti polen yang terendapkan dalam sedimen. Eksotisme keragaman polen yang tersimpan dalam endapan Delta Berau dari waktu ke waktu dapat menambah daya tarik bagi masyarakat khususnya wisatawan. Dalam tulisan ini, ditampilkan data kenaeakaragaman polen dan spora yang tersimpan di dalam endapan Delta Berau.

Lokasi penyelidikan termasuk ke dalam Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur (Gambar 1). Lokasi intibor BR-23 terletak pada posisi antara $117^{\circ} 3' - 118^{\circ} 4' \text{ BT}$ dan antara $1^{\circ} 00'' \text{ LU} - 2^{\circ} 33' \text{ LU}$. Intibor sepanjang 100 cm diambil menggunakan *gravity core*. Analisis palinologi dilakukan terhadap 14 sampel sedimen yang dicuplik dari intibor tersebut.



sumber: Dewi dkk., (2009).

Gambar 1. Lokasi titik bor BR-23 di Delta Berau, Kalimantan Timur

METODOLOGI

Satu inti bor diambil menggunakan bor tangan dari wilayah Delta Berau (Gambar 1). Dari inti bor ini diambil 14 sampel untuk analisis palinologi. Sampel diproses dengan metode standar polen termodifikasi. Beberapa bahan kimia teknis digunakan dalam metode ini yaitu HF, KOH, HCl ZnCl₂. Untuk asetolisis (campuran H₂SO₄ dan (CH₃CO)₂O) menggunakan bahan kimia pro analis (Erdmant, 1943; Faegri & Iversen, 1975; Germeraad dkk., 1968). Masing-masing bahan kimia ini berfungsi untuk menghilangkan unsur silikat, asam humus, karbonat, mineral berat dan selulosa. Residu yang telah bersih dari unsur pengotor kemudian ditempelkan di atas kaca preparat untuk dideterminasi dan dihitung kandungan polen dan sporanya di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x dan 1.000x dengan menggunakan Mikroskop Olympus BX 53, Cellsen1,8.

Penghitungan proporsi polen dan spora dilakukan dengan metode *aliquot weight*. Frekuensi setiap jenis polen dan spora serta frekuensi kelompok tumbuhan dihitung berdasarkan total butiran polen. Hasil determinasi dan penghitungan ditampilkan dalam sebuah diagram polen kumulatif. Perubahan proporsi dijadikan dasar untuk menarik batas zona polen. Identifikasi polen dan spora dilakukan dengan katalog Huang (1972), Kapp, (1969), Kremp & Kawasaki (1972), Moore & Webb, 1978, Nakamura, (1980), Nasu & Seto, 1986, dan Sukapti (2019).

HASIL KEGIATAN

Hasil uji pentarikhkan radiokarbon dalam sedimen hasil pemboran BR-23 pada kedalaman 326-332 cm menunjukkan nilai 3790 ± 270 tahun BP. Dari hasil penghitungan ini diperoleh kecepatan sedimentasi di

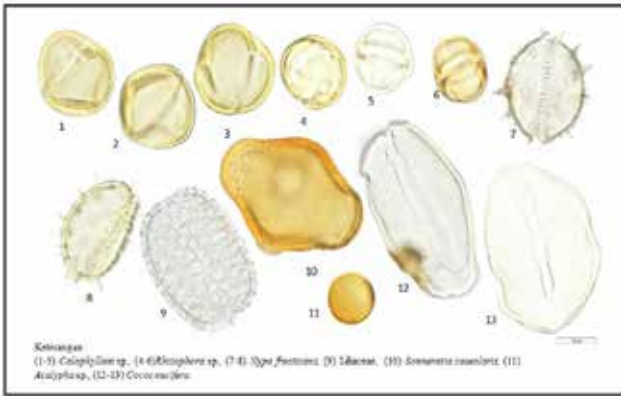
perairan ini sekitar 0,87 mm per tahun (Dewi dkk., 2009). Jika titik 0 inti bor diasumsikan mewakili waktu 0 tahun BP maka secara intrapolasi umur sampel 14 yang diambil dari kedalaman 100 cm sekitar 800 tahun BP.

Secara umum total polen dalam sampel yang dianalisis relatif cukup tinggi, berkisar 128 hingga 402 butir dengan rata-rata 292 butir. Kandungan spora di semua sampel berkisar 28 hingga 140 butir dengan rata-rata 86 butir. Proporsi polen selalu lebih tinggi dari spora di semua sampel. Polen *Rhizophora* sp. dan *Brugueira* sp. tampak hadir dengan jumlah butiran sangat dominan dibandingkan polen mangrove lainnya. Polen *Acalypha* sp., *Camptostemon* sp., *Cocos nucifera*., *Engelhardia* sp., Euphorbiaceae, *Gonistylus* sp., *Madhuca* sp., Meliaceae, Myrtaceae, Rutaceae, *Shorea* sp., Sterculiaceae, *Dacrydium* sp. lebih dominan dibandingkan polen tumbuhan dataran rendah lainnya. Seluruh polen yang hadir dikelompokkan ke dalam 4 kelompok ekologi (Yulianto dkk., 2019a, 2019b, 2019c), yaitu mangrove, tumbuhan dataran rendah (*dryland*), tumbuhan pegunungan (*montane/submontane*) dan padang rumput (*grassland*).

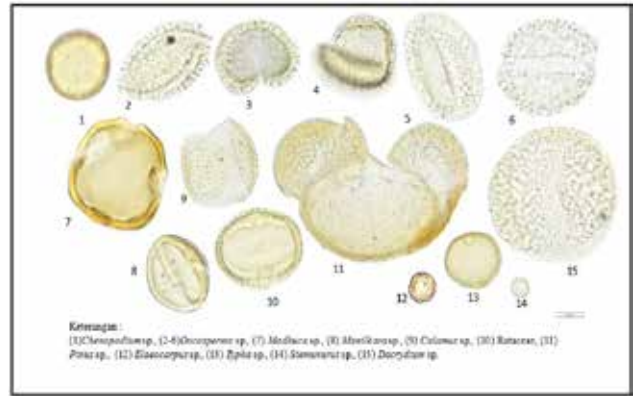
Secara keseluruhan terdapat 80 jenis polen dan 13 spora yang teridentifikasi. Dalam kelompok mangrove hadir 9 jenis polen. Dalam kelompok tumbuhan dataran rendah hadir 64 jenis polen. Dalam kelompok tumbuhan pegunungan hadir 4 jenis polen. Dalam kelompok tumbuhan padang rumput hadir 3 jenis polen. Dari 80 jenis polen yang teridentifikasi hanya terdapat 11 jenis polen dengan proporsi terlihat menonjol dan 69 jenis polen dengan proporsi rendah. Selain itu hadir kelompok spora pakis-pakisan (Pteridophyta) sebanyak 13 jenis. Keragaman, proporsi polen dan spora serta proporsi kelompok ekologi dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 3.

Tabel 1. Proporsi kelompok ekologi dalam sampel dari Delta Berau (BR-23)

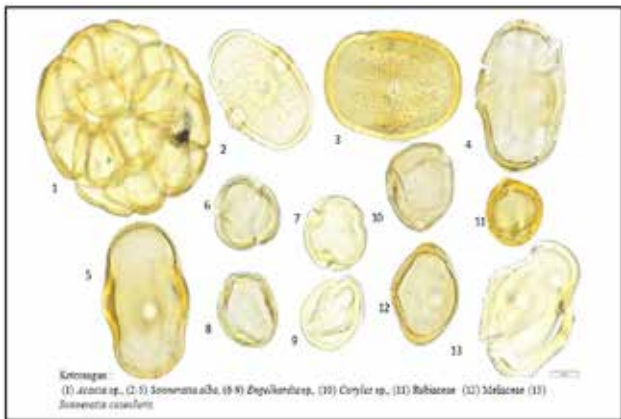
Ekologi/kedalaman (cm)	0	1	2	3	4	6	7	8	9	10	15	20	70	100
<i>Mangrove</i>	42	50	31	9	16	7	6	14	18	24	32	42	28	35
<i>Dryland</i>	51	43	58	80	71	82	84	78	79	69	63	50	60	55
<i>Montane/Submontane</i>	6	7	10	11	13	11	10	8	1	7	5	9	12	9
<i>Grassland</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0



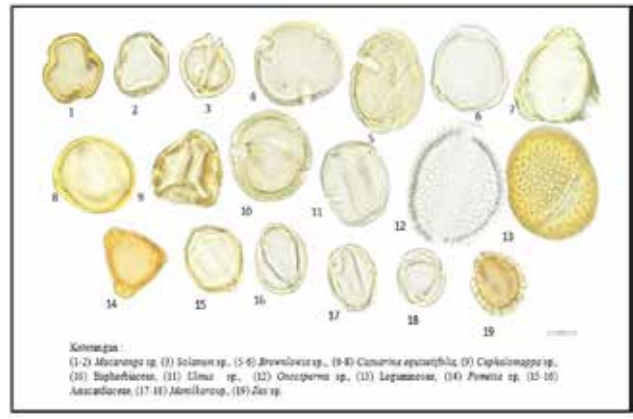
Gambar 2. Keragaman polen dari endapan Delta Berau. Foto polen diambil dengan perbesaran 1.000x: polen tumbuhan mangrove (1-8,10), polen tumbuhan dataran rendah (9,11-13).



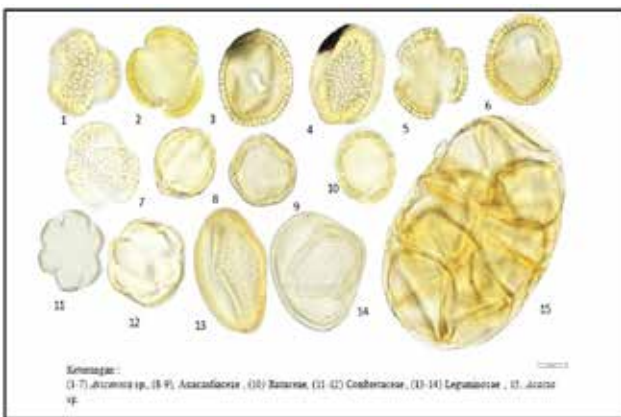
Gambar 5. Keragaman polen dari endapan Delta Berau. Foto diambil dengan perbesaran 1.000x: polen tumbuhan Mangrove (2-6), polen tumbuhan dataran rendah (1,7-10, 13-15), polen tumbuhan dataran tinggi (11,15).



Gambar 3. Keragaman polen dari endapan Delta Berau. Foto polen diambil dengan perbesaran 1.000x: polen tumbuhan mangrove (2-5, 13), polen tumbuhan dataran rendah (6 -12).



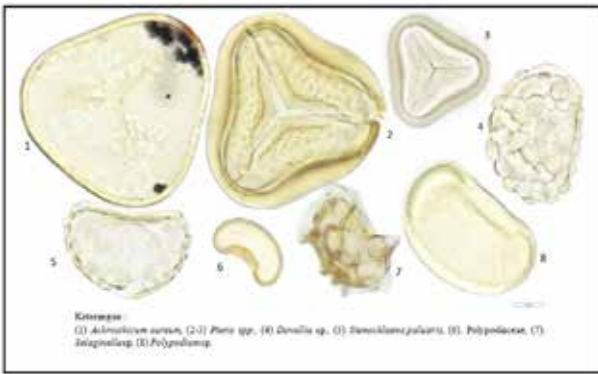
Gambar 6. Keragaman polen dari endapan Delta Berau. Foto diambil dengan perbesaran 1.000x: polen tumbuhan dataran rendah (1-19).



Gambar 4. Keragaman polen dari endapan Delta Berau. Foto diambil dengan perbesaran 1.000x: polen tumbuhan mangrove (1-7), polen tumbuhan dataran rendah (8 -15).



Gambar 7. Keragaman polen dari endapan Delta Berau. Foto diambil dengan perbesaran 1.000x: polen tumbuhan mangrove (9), polen tumbuhan dataran rendah (7-8,10-11).



Gambar 8. Keragaman spora dari endapan Delta Berau. Foto diambil dengan perbesaran 1.000x (perbesaran 1000x μm).

Keragaman jenis polen dan spora di Delta Berau dapat dikelompokkan menjadi lima jenis vegetasi yaitu hutan mangrove, hutan dataran rendah/rawa gambut, hutan pegunungan, hutan padang rumput dan pakis-pakisan. Polen mangrove terdiri dari sembilan jenis yaitu *Avicennia* sp., *Barringtonia asiatica*, *Bruguiera* sp., *Excoecaria* sp., *Nypha fructicans*, *Rhizophora* sp., *Sonneratia alba*, *Sonneratia caseolaris* dan *Oncosperma tigillarum*. Kelompok tumbuhan dataran rendah/rawa gambut terdiri dari enam puluh empat jenis yaitu *Acacia* sp., *Acalypha* sp., *Aegialitis* sp., *Altingia exelsa*. Anacardiaceae, *Antidesma* sp., *Ardisia* sp., *Areca* sp., *Anacolocasia* sp., *Blumeodendron* sp., *Brownlowia* sp., *Calamus* sp., *Calophyllum inophyllum*, *Camptostemon* sp., *Canthium* sp., *Casuarina equisetifolia*, *Celtis* sp., *Cephalomappa* sp., *Cocos nucifera*, Combretaceae, *Corylus* sp., *Durio zibethinus*, *Elaeocarpus* sp., *Engelhardia* sp., *Eugenia* sp., Euphorbiaceae, *Garcinia mangostana*, *Gonistylus* sp., *Hibiscus* sp., *Ilex aquifolium*, Leguminosae, Liliaceae, Loranthaceae, *Macaranga* sp., *Madhuca* sp., *Manilkara* sp., Meliaceae, Myrtaceae, *Palaquium* sp., Palmae, *Pandanus tectorius*, *Pelliciera rhizophora*, *Polygala* sp., *Polygonum* sp., *Pometia* sp., *Potamogeton* sp., *Potentilla* sp., Proteaceae, *Randia* sp., *Rhododendron* sp., Rubiaceae, Rutaceae, *Salacca* sp., *Santiria* sp., Sapotaceae, *Scyphiphora* sp., *Shorea* sp., *Solanum* sp., *Stemunurus* sp., Sterculiaceae, *Typha angustifolia*, *Ulmus* sp., Verbenaceae dan *Xylocarpus* sp. Kelompok tumbuhan pegunungan (*Montane/Submontane*) terdiri dari empat jenis yaitu *Castanopsis/Castanea*, *Dacrydium* sp., *Pinus* sp. dan *Quercus* sp. Kelompok tumbuhan padang rumput (Grassland) terdiri dari tiga jenis yaitu Compositae, Cyperaceae dan Gramineae. Kelompok pakis-pakisan (Pteridophyta) terdiri dari tigabelas jenis yaitu *Achromobium aureum*, *Cyathea* sp., *Davallia* sp., *Liotriletes*, *Lycopodium*

cernuum, *Lycopodium phlegmaria*, Polypodiaceae, *Polypodium* sp., *Pteris* sp., *Selaginella* sp., *Scolocymus magnus*, *Stenochlaena palustris*, dan *Stenochlaena areolaris*.

DISKUSI

Jenis polen mangrove yang paling dominan dalam kumpulan polen di 14 sampel adalah *Rhizophora* sp. dan *Bruguiera* sp. Hal ini selain memberi gambaran tentang spektrum polen dalam sedimen yang diambil di dalam atau di dekat hutan mangrove, kemungkinan juga menggambarkan dominasi pohon kedua jenis tersebut di dalam hutan mangrove Delta Berau. Hutan mangrove Berau juga tersusun oleh tumbuhan mangrove, lain yaitu *Avicennia* sp., *Barringtonia asiatica*, *Excoecaria* sp., *Nypha fructicans*, *Sonneratia alba*, *Sonneratia caseolaris* dan *Oncosperma tigillarum*. Jenis polen tumbuhan dataran rendah yang paling menonjol adalah *Acalypha* sp., *Camptostemon* sp., *Cocos nucifera*, *Engelhardia* sp., Euphorbiaceae, *Gonistylus* sp., *Madhuca* sp., Meliaceae, Myrtaceae, Rutaceae, *Shorea* sp., Sterculiaceae. Jenis polen tumbuhan pegunungan yang hadir dengan proporsi menonjol adalah *Dacrydium* sp. Meskipun tidak ada jenis polen tumbuhan padang rumput yang hadir dengan proporsi menonjol, ditemukannya polen Gramineae dan Cyperaceae di dalam sampel mengindikasikan hadirnya lingkungan hutan terbuka secara terbatas di belakang Delta Berau.

Polen-polen ini tertransportasi oleh air dan angin ke lokasi bor beberapa puluh hingga ratus kilometer dari sumbernya. Meskipun proporsi polennya tidak dapat digunakan untuk menggambarkan proporsi pohonnya di dalam hutan, keragamannya memberikan gambaran umum keragaman hutan tropis baik di dataran rendah maupun hutan pegunungan yang ada di belakang Delta Berau.

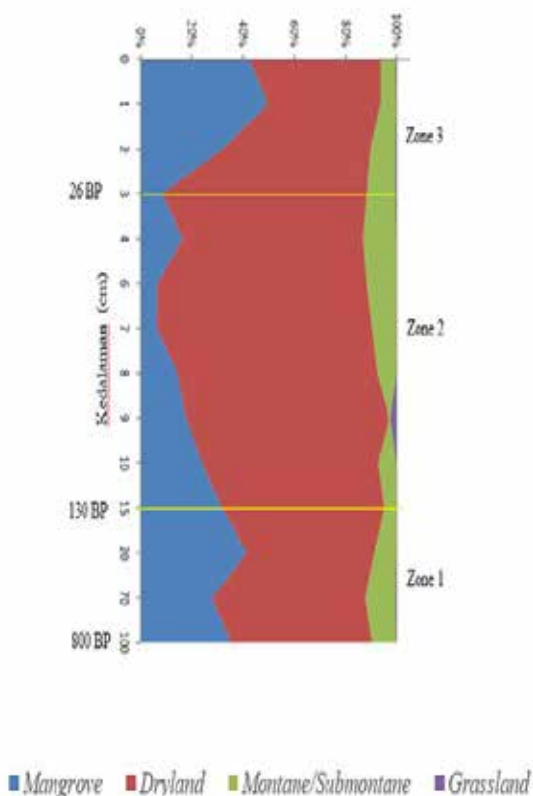
Zona 1 (100-15 cm) diduga diendapkan dari sekitar 800 hingga 130 tahun BP. Relatif tingginya proporsi polen mangrove mengindikasikan bahwa lokasi bor kemungkinan berada di luar namun berdekatan dengan hutan mangrove. Lingkungan pengendapannya diduga berada pada lingkungan neritik dangkal diindikasikan oleh proporsi polen tumbuhan dataran rendah tetap cukup tinggi, sebanding dengan proporsi polen mangrove. Di Zona 1, polen tumbuhan pegunungan hadir dengan proporsi cukup signifikan. Hadirnya polen-polen tumbuhan pegunungan dengan proporsi yang cukup signifikan mengindikasikan kuatnya peran aliran sungai untuk transportasi butiran polen hingga ke lingkungan laut.

Pada Zona 2 (15-3 cm) diendapkan dari 130- 26 tahun BP. Turunnya proporsi polen mangrove secara

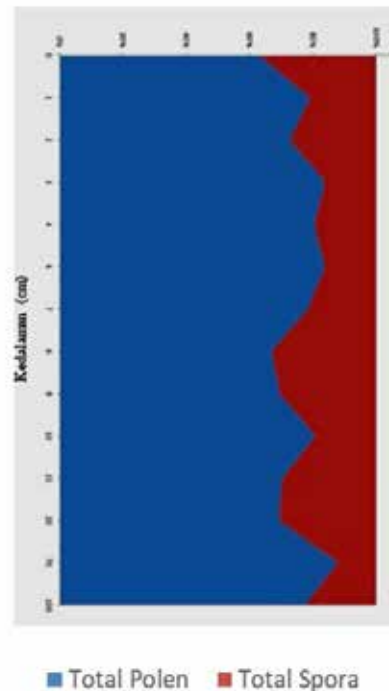
signifikan selama interval waktu ini mengindikasikan terjadinya perubahan lingkungan pengendapan dimana lokasi bor diduga berada lebih jauh dari lingkungan hutan mangrove. Hal ini diduga berkaitan dengan dinamika dataran delta. Titik bor yang pada Zona 1 berada di depan hutan mangrove menjadi berposisi lebih jauh dari hutan mangrove pada saat Zona 2 diendapkan. Zona 2 diduga diendapkan di lingkungan neritik dangkal.

Meningkatnya kembali proporsi polen hutan mangrove dan berkurangnya proporsi polen hutan dataran rendah mengindikasikan lokasi titik bor Kembali berada di dalam hutan mangrove pada saat Zona 3 (3-0 cm) diendapkan dari sekitar 26 tahun BP.

Rendahnya proporsi polen tumbuhan padang rumput di ketiga zona mengindikasikan hutan terbuka tidak berkembang secara meluas di Pulau Kalimantan pada saat sampel-sampel itu diendapkan. Proporsi spora pakis-pakisan yang cukup besar mengindikasikan berkembangnya lingkungan hutan yang lembab.



Gambar 10. Diagram kumulatif ekologi yang menunjukkan dominasi polen dataran rendah (dryland) pada kedalaman sampel.



Gambar 11. Diagram komposisi polen-spora, menunjukkan dominasi proporsi polen atas spora di semua sampel.

KESIMPULAN

Keragaman polen dan spora dalam sedimen di Delta Berau sangat beraneka ragam teridentifikasi 80 jenis polen, terdiri atas 9 jenis polen hutan mangrove, 64 polen hutan dataran rendah, 4 jenis polen hutan pegunungan dan 3 polen hutan padang rumput dan 13 spora. Diagram kumulatif ekologi dapat dibagi menjadi tiga zona, yaitu zona 1 dari kedalaman (100-15) cm, zona 2 dari kedalaman (15-3) cm dan zona 3 pada (3-0) cm. Ketiga zona diendapkan pada lingkungan laut dangkal, yaitu litoral hingga neritik dangkal. Dinamika lingkungan delta diduga menjadi penyebab dinamika hutan mangrove yang diindikasikan oleh fluktuasi proporsi polen mangrove di dalam sedimen.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih diucapkan kepada Kepala Pusat Survei Geologi yang memberikan ijin untuk melakukan analisis polen di Laboratorium palinologi, Pusat Survei Geologi. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada para penelaah serta semua pihak yang memberi kritik dan saran hingga tersusunnya tulisan ini,

ACUAN

- Dewi, K.T. 2009. Studi Kondisi Lingkungan Pra Industri Pertambangan di Sekitar Delta Berau, Kalimantan Timur. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. Laporan intern, tidak diterbitkan.
- Erdmant, G., 1943. *An Introduction to Pollen Analysis*. Chronica Botanica, Waltham, Massachusetts, U.S.A. 239p.
- Faegri, K. and Iversen, J., 1975. *Textbook of Pollen Analysis, 3rd Revised Edition*. Hafner Press, New York, 295p.
- Germeraad, J., Hopping, C.A., Muller, J., 1968. Palynology of Tertiary Sediments from Tropical Areas. *Review of Palaeobotany and Palynology* 6(3-4): 189-348. doi:10.1016/0034-6667(68)90051-1, Analysis. Blackwell, Oxford.
- Huang, T.C., 1972. *Pollen of Taiwan University*. Botany Departemen Press, Taipei, Taiwan.
- Kapp, R.O., 1969. *How to Know Pollen and Spores*. WMc. Brown Company Publisher, Dubuque, Iowa, USA.
- Kremp, G.O.W. and Kawasaki, T., 1972. *The Spores of the Pteridophytes*. Hirokawa, Tokyo.
- Moore, P.D. and Webb, J.A., 1978. *An Illustrated Guide to Pollen Analysis*. The Ronald Press Company, New York.
- Nakamura, J. 1980. Diagnostic Character of Pollen Grains of Japan. *Special Publication from Osaka Museum of Natural History*. Vol.13. Nagai Park. Osaka, Japan.
- Nasu, T. and Seto, K., 1986. Spore Morphology of Japanese Pteridophytes Part I. *Special Publications from Osaka Museum of Natural History*. Vol 16-17, Nagai Park, Osaka.
- Sukapti, W.S., 2019. Preparasi dan Identifikasi Polen Mangrove. *Prosiding Seminar Nasional XXVIII: Kimia dalam Industri dan Lingkungan*. Hotel Phoenix Yogyakarta, 8 Nopember 2018, ISSN: 0854-4778.
- Sukapti, W.S. dan Saragih, R., 2018. Analisis dan Identifikasi Polen Formasi Tinombo - Ampana - Sulawesi Tengah. *Prosiding Seminar Nasional ke 60: Kimia dalam Industri dan Lingkungan*. Hotel Phoenix Yogyakarta, 8 Nopember 2018, ISSN: 0854-4778.
- Traverse, A., 1988. *Paleopalynology*. London, Unwin Hyman Ltd, 560p.
- Yulianto, E., Sukapti, W.S., dan Praptisih. 2019(a). Perubahan Lingkungan dan Evolusi Mangrove di Pulau Belitung Selama Holosen Akhir Berdasarkan Rekaman Polen. *Jurnal Geologi Kelautan*, 17(2): 123-139.
- Yulianto, E., Sukapti, W.S., dan Setiawan, R., 2019(b). Palinostratigrafi, Paleoekologi dan Paleoklimatologi Plistosen Awal Berdasarkan Studi Palinologi Formasi Pucangan di Daerah sangiran. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 20(3): 133-141.
- Yulianto, E., Sukapti, W.S., and Dewi, K.T., 2019(c). Late Holocene Pollen Record of Environmental Changes in Karimata Strait, Sunda Shelf Region. *International Journal On Geoscience*, 6(1): 41-55.
-