

PALEOENVIRONMENT ENDAPAN PALEOGEN, DAERAH TANJABBAR, JAMBI

Sapto Kis Daryono, C. Prasetyadi, Sutanto, Eko Teguh Paripurno

Prodi Teknik Geologi Fakultas Teknologi Mineral UPNYK Jl. SWK 104 Condongcatur Yogyakarta

Sari – Lintasan Oligosen-Miosen yang tersingkap di Lintasan Stratigrafi Lubuk Lawas dan Lubuk Bernai di Tanjung Jabung Barat (Tanjabbar), Subcekungan Jambi, Indonesia, mengarsipkan sisa-sisa vegetasi khatulistiwa pada saat pemanasan global yang ekstrem dan permulaan tumbukan mikrokontinen Jawa Timur-Eurasia, diteliti dengan menggunakan pemetaan permukaan dan palinologi. Satuan batuan diendapkan selama satu fase sedimentasi, yaitu fase endapan kontinental, yang terdiri dari konglomerat, batupasir kerikilan dan batupasir yang mengisi cekungan diikuti oleh endapan transgresif yang terkait dengan pendalaman lingkungan cekungan. Tiga zona palinologi *Meyeripollis naharkotensis* (Oligosen), *Florschuetzia trilobata* (Miosen Awal) dan *Florschuetzia levipoli* (Miosen Tengah) diidentifikasi secara stratigrafi berdasarkan kelimpahan taksa polen ini di atas yang lain. Perlapisan batuan merupakan endapan dari Oligosen Awal hingga Miosen Tengah dari bawah ke arah atas. Lingkungan pengendapan berubah dari waktu ke waktu, melewati dari cekungan tektonik yang sempit dan bersisi curam, selama Oligosen Awal hingga Akhir, diikuti oleh suatu cekungan lakustrin hingga palustrin dengan pengaruh lautan, sebagai akibat dari pergerakan distensif E-W antara Sesar Jambi dan Sesar Sunda di Oligosen Akhir hingga Miosen Tengah. Terjadinya serbuk sari angiosperma yang sangat beragam secara taksonomi di ketiga palinozone membuktikan flora tropis daratan dan dekat pantai yang sangat kaya di bawah rezim curah hujan musiman yang kuat. Iklim tetap hangat dan menjadi semakin lembab menjelang akhir Miosen. Sifat lingkungan tersebut terkait dengan dinamika pembukaan cekungan.

Kata kunci : Oligosen-Miosen, Lingkungan Pengendapan, Tanjabbar, Jambi

PENDAHULUAN

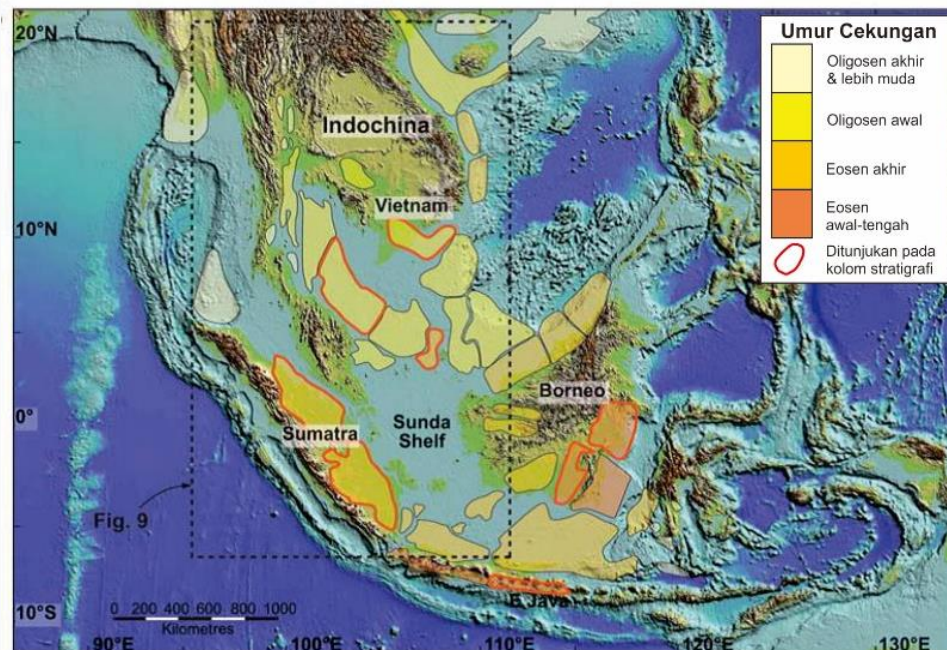
Eosen Awal merupakan masa kritis bagi evolusi flora Cekungan Sumatra Selatan. Secara paleogeografis yang sekarang disebut Provinsi Jambi, terletak pada 0°45'-2°45' Lintang Selatan dan 101°10'-104°55' Bujur Timur di bagian tengah Pulau Sumatera. Barber dkk., (2005) menjelaskan bahwa pada Kapur Akhir-Paleosen (90 juta tahun yang lalu) ditepian Daratan Sunda (Sundaland) terjadi tumbukan-tumbukan (collisions) oleh beberapa blok *microcontinent*. Di sisi barat tepian *Sundaland* dibentur oleh Blok *Intra-oceanic arc* Woyla sementara di sisi tenggara ditumbuk oleh Blok *East Java-West Sulawesi* (**Gambar 1.**, Clements dkk., 2011b; Hall, 2009, 2014). Tumbukan-tumbukan pada Kapur Akhir-Paleosen ini mengakibatkan pengangkatan *Sundaland* yang ditandai oleh ketidakselarasan regional (Clement dan Hall, 2011b; Hall, 2014). Ketidakselarasan regional ini ditunjukkan oleh tidak ditemukannya endapan Kapur Akhir-Paleosen di sebagian besar wilayah *Sundaland* (Asia Tenggara) (Clements dan Hall, 2011b). Ketiadaan endapan dianggap menihilkan keberadaan biotik daratan meskipun pertukaran biotik antara beberapa blok mikrokontinen dan Sundaland tidak diragukan lagi mendahului penutupan laut dimana pembentukan hubungan darat meningkatkan pertukaran biotik.

Pembentukan daratan (terrestrial) pada Paleosen diikuti peristiwa erosi dan pelapukan yang menyebabkan pembentukan dan akumulasi paleosol yang tebal dimana menunjukkan iklim semi-kering (Retallack, 2001).

Studi palinologi yang terawetkan di endapan fluvial, menunjukkan bahwa Cekungan Sumatra Selatan mengalami iklim yang dicirikan oleh curah hujan musiman yang kuat, yang menyiratkan gangguan signifikan terhadap rezim curah hujan yang selalu basah yang biasanya ada di garis lintang khatulistiwa pada saat/hari ini. Mengingat keadaan luar biasa ini, penting untuk memahami dengan lebih baik komposisi tumbuhan/vegetasi ekuatorial Paleogen di Tanjung Jabung Barat, Cekungan Sumatra Selatan yang menyediakan akses ke kemelimpahan polen dan spora pada Oligosen-Miosen. Disinilah penelitian tentang mikroflora dan palinofasies dilakukan. Analisis palinostratigrafi dan palinofasies Cekungan Sumatra Selatan dilakukan dengan tujuan i) untuk menetapkan zonasi spore/pollen di strata Oligosen-Miosen daerah tersebut, ii) untuk menentukan rentang stratigrafi palynotaksa yang signifikan, iii) untuk menghubungkan palynoflora yang tercatat dengan suksesi stratigrafi regional dan iv) untuk merekonstruksi kondisi *paleoenvironmental* yang berlaku selama pengendapan sedimen.

Penelitian ini memberikan informasi mendasar tentang keragaman fosil polen dan spora di berbagai habitat yang diwakili dalam suksesi stratigrafi.

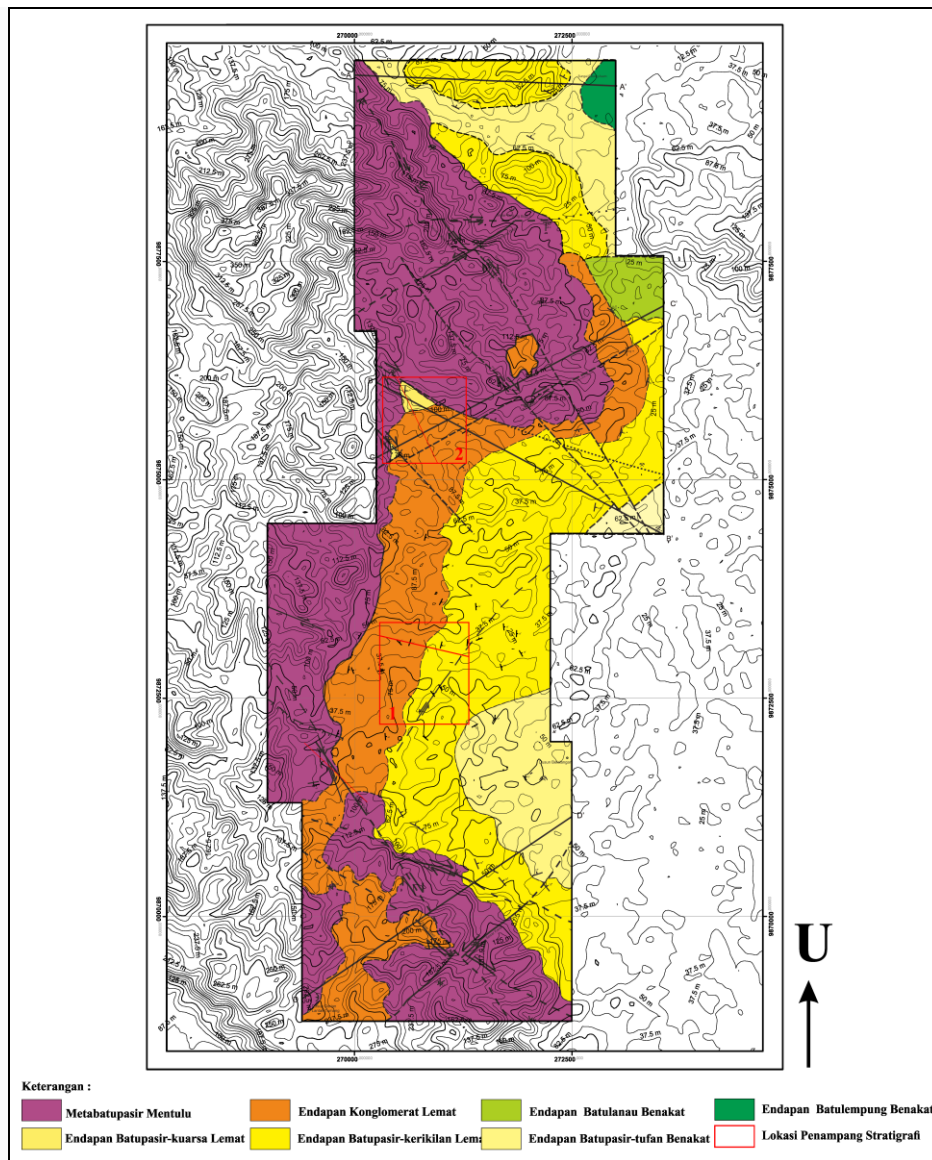
Belum ada penelitian detail dan memadai yang dilakukan untuk mempelajari tentang palinologi dan mencoba menganalisis palinostratigrafi dari sedimen Oligosen-Miosen di lintasan Lubuk Lawas dan Lubuk Bernai. Studi ini adalah pekerjaan komprehensif pertama pada palynoassemblages yang ditemukan dari suksesi sedimen yang tersingkap di Tanjung Jabung Barat, Jambi.



Gambar 1. Cekungan-cekungan sedimenter dan umurnya di beberapa daerah di Asia Tenggara yang dipengaruhi oleh ketidakselarasan (Clements dan Hall., 2011b).

GEOLOGI

Kurangnya batuan sedimen berumur Kapur Akhir hingga Paleosen menunjukkan adanya pengangkatan regional di daratan Sunda (Hall & Morley 2004; Hall et al. 2009) selama periode ini dan telah diinterpretasikan oleh Clements *et al.* (2011) sebagai respons terhadap pembalikan topografi dinamis dan seluruh wilayah muncul ke permukaan meskipun tanpa elevasi yang besar, tererosi dan tertransport ke tepi kontinen. Catatan sedimen untuk interval waktu Kapur Akhir-Paleosen telah hilang, tetapi sedimen tertua berumur Eosen Tengah yang diendapkan di atas ketidakselarasan merupakan akumulasi sedimen yang terdaur-ulang secara luas dan mencirikan tinggian regional Kapur Akhir-Paleosen di *Sundaland*. Perkembangan cekungan Tersier sebagian besar dikendalikan oleh *step grabens*. Akumulasi sedimen Tersier di graben ini termasuk banyak lapisan konglomerat, batupasir kerikilan, batupasir dan batulanau yang terjadi di tenggara Bukit Tigapuluh. Batuan alas satuan konglomerat, batupasir kerikilan vulkanik dan batu pasir vulkanik berupa batuan metamorf dan batuan beku dimana ada aktifitas vulkanik yang mempengaruhinya. Pembentukan satuan balanau tufaan berasal dari tuf lapili akibat aktifitas vulkanisme, teralterasi dan mungkin bersumber dari erupsi silika (andesit dan granit) yang terkait dengan permulaan kolisi Blok *East Java* dan *Woyla intra-oceanic arc* dengan *Sundaland*. Sekuen endapan ini terwakili pada lintasan stratigrafi terukur Lubuk Lawas dan Lubuk Bernai, berasosiasi dengan satuan konglomerat, satuan batupasir kerikilan, satuan batupasir dan satuan batulanau berumur Oligosen-Miosen (**Gambar 2**).



Gambar 2. Peta sebaran satuan batupasir kuarsa, konglomerat dan batupasir kerikilan serta jalur lintasan stratigrafi terukur Tanjung Jabung Barat.

MATERIAL DAN METODE

Pemetaan geologi permukaan di Tanjung Jabung Barat, mendapatkan dua puluh lima sampel (12 di Lubuk Lawas dan 13 di Lubuk Bernai) disiapkan untuk analisis palinologi. Tujuh sampel kosong (barren) dan delapan belas sampel cukup untuk analisis palinofasies dan palinostratigrafi. Sampel disiapkan dengan teknik standar laboratorium palinologi Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta sebagai berikut: Dua puluh lima gram batu dipecah menjadi potongan-potongan ekidimensional 1-2 mm; diikuti dengan disintegrasi matriks mineral dengan HCl untuk karbonat dan HF untuk silikat (24 jam). Sampel kemudian dibersihkan dengan HCl panas dan diayak menggunakan mesh 12 µm. Sampel dioksidasi dengan HNO3 dan kaca objek dipasang menggunakan *Hydroxylethyl Cellulose* (HEC) untuk menghomogenkan partikel organik pada kaca objek dan Euparal untuk menempelkan kaca penutup secara permanen. Setidaknya satu slide per tingkat stratigrafi dipindai menggunakan mikroskop optik. Spesimen palinomorf terbaik difoto. Mereka ditempatkan di *slide* menggunakan sistem *England Finder* (EF).

PALINOLOGI

18 slide sayatan tipis palinomorf diperoleh. Dari slide ini, ditemukan 57 spesies palynomorph yang berbeda. Dalam konteks pekerjaan ini, 52 spesies termasuk 5 laut dan 47 kontinental digunakan untuk penentuan lingkungan pengendapan (47) dan penanggalan (5) sedimen yang dipelajari. Spesies tersebut adalah:

A. *Index Fossil/Ages Marker* (**Gambar 3**)

Florschuetzia levipoli, *Florschuetzia meridionalis*, *Florschuetzia trilobata*, *Meyeripollis naharkotensis*, *Cicatricosisporites dorogensis*.

B. Palynomorph Marine (Gambar 4)

Foraminifera Lining Test, *Indeterminated Dinoflagellate*, *Operculodinium spp.*, *Operculodinium centrocarpum*, *Spiniferites ramosus*.

C. Palynomorph Continental

Mangrove-Backmangrove (Gambar 5): *Acrosthicum aureum*, *Zonocostites ramonae*, *Spinizonocolpites echinatus*, *Discoidites borneensis*, *Discoidites novaguensis*, *Oncosperma type*, *Acanthus type*, *Aegialitis spp.*, *Lumnitzera spp.*, *Avicennia type*.

Peat Swamp (Gambar 6): *Sapotaceoidaepollenites sp.*, *Retistephanocolpites williamsi*, *Elaeocarpus spp.*, *Cephalomappa*, *Lugopollis*, *Striatricolpites catatumbus*, *Austrobuxus nitidus*.

Freshwater Swamp (Gambar 7): *Margocolporites vanwijhei*, *Melanorrhoea type*, *Casuarina spp.* (*Haloragacidites harisii*), *Malvacipollis diversus*, *Myristica type*, *Monoporites annulatus*, *Palmaepollenites kutchensis*, *Dicolpopollis malesianus*, *Palmaepollenites spp.*, *Dicolpopollis kawalaensis*, *Pandanus sp.*, *Dicolpopollis* (fine ret.), *Paravuripollis mulleri*, *Eugessona insignis*, *Quilonipollenites spp.*, *Gemmaticolpites pilatus*, *Shorea type*, *Lanagiopollenites emergiantus*, *Schoutenia sp.*, *Lanagiopollenites spp.*, *Lakiapollis ovatus*, *Lithocarpus spp.*

Freshwater Algae (Gambar 8): *Concentricystes circula*.

Riparian (Gambar 9): *Marginipollis concinnus*, *Canthiumidites*, *Myrtaceidites*.

Montane (Gambar 10): *Podocarpidites spp.*, *Pinuspollenites spp.*

PALINOFASIES LUBUK LAWAS

Fasies Batupasir Kuarsa

Diskripsi

Palinofasies pada satuan batuan ditentukan berdasarkan fosil polen dan spora yang terkandung pada batuanya. Kehadiran *Foraminifera test lining*, *Indeterminated Dinoflagellate cysts*, *Spiniferites ramosus*, *Operculodinium centrocarpum* dan *Operculodinium spp.*, meskipun dalam jumlah yang sedikit sampai melimpah mengindikasikan lingkungan *Lower Deltaic Plain distal-Delta Front*. Polen penciri lingkungan *mangrove/backmangrove* lainnya seperti *Zonocostites ramonae*, *Avicennia type*, *Oncosperma*, *Acrosthicum aureum*, *Acanthus type*, *Aegialitis type*, *Discoidites borneensis*, *Lumnitzera* dan *Spinizonocolpites echinatus*. Pengaruh masukan sedimen dari daratan terlihat pada kehadiran polen dari kumpulan taksa kelompok *riparian* seperti *Canthiumidites*, *Myrtaceidites sp.* kumpulan taksa kelompok *peat swamp* seperti *Elaeocarpus spp.*, *Cephalomappa type*, *Ctenolophon parvifolius/Retistephanocolpites williamsi*, *Sapotaceoidaepollenites sp.*, *Striatricolpites catatumbus* dan *Lugopollis*. Polen penciri *freshwater swamp* yang hadir antara lain *Casuarina sp.*, *Calophyllum type*, *Gemmaticolpites pilatus*, *Monoporites annulatus*, *Dicolpopollis malesianus*, *Dicolpopollis sp. (fine ret.)*, *Eugeissona insignis*, *Florschuetzia trilobata*, *Lakiapollis ovatus*, *Lanagiopollis emarginatus*, *Lanagiopollis sp.*, *Malvacipollis diversus*, *Magnatricolpites sp.*, *Margocolporites vanwijhei*, *Meyeripollis naharkotensis*, *Paravuripollis mulleri* dan *Schoutenia type*. Kelompok polen *bisaccate* yang merupakan penciri pegunungan yang hadir antara lain *Pinuspollenites spp.* dan spora air tawar *Magnastriatites howardii*. Dari hasil analisis menunjukkan nilai % *Arboreal Pollen* sebesar 74,07 % dan persentase *Non Arboreal Pollen* sebesar 29,63 % memberikan gambaran meskipun lingkungan yang cenderung ke arah *basinward* tetapi luas hutan yang terbentuk besar dengan iklim panas dan basah didominasi oleh komponen AP dari kelompok *mangrove/backmangrove* *Zonocostites ramonae*, *Lumnitzera* dan pohon yang hidup di lingkungan rawa gambut dan air tawar seperti *Elaeocarpus spp.* dan *Calophyllum type*.

Fasies Konglomerat

Diskripsi

Fosil polen dan spora yang ditemukan pada satuan ini merupakan taksa *freshwater swamp* seperti *Melanorrhoea type* dan *Dicolpopollis sp. (fine ret.)*. Sedikitnya polen yang ditemukan dalam sedimen kemungkinan besar berhubungan energi pengendapan yang besar (*distributary channel*) sehingga hanya sedikit polen yang terendapkan dan terfosilkan. Hadir pula polen dari kelompok taksa rawa gambut (*peat swamp*) lainnya seperti *Elaeocarpus spp.*, *Ctenolophon parvifolius/Retistephanocolpites williamsi*, *Sapotaceoidaepollenites sp.* dan *Lugopollis*. Pengaruh dari sedimentasi dari daratan juga terlihat dengan hadirnya taksa *freshwater swamp* seperti *Calophyllum type*, *Dicolpopollis malesianus*, *Dicolpopollis sp. (fine ret.)*, *Eugeissona insignis*, *Margocolporites vanwijhei*, *Palmaepollenites kutchensis*, *Palmaepollenites spp.* dan hadirnya alga air tawar *Concentricystes circula* yang memberikan gambaran adanya perairan yang tergenang. Analisis lingkungan mengindikasikan kondisi *Alluvial Plain*. Perbandingan persentase AP/NAP sangat besar dengan *Arboreal Pollen* mencapai 93,33 % dan persentase NAP sebesar 20 % memberikan gambaran lingkungan yang berupa daratan dengan hutan rawa air dengan komponen terbesar dari *Calophyllum type*.

Fasies Batupasir Kerikilan

Diskripsi

Kehadiran dari polen yang lingkungan hidupnya lebih ke arah daratan seperti *Myrtaceidites* (riparian) juga terlihat kelompok taksa rawa gambut seperti *Elaeocarpus spp.*, *Lugopollis* dan kelompok taksa rawa air tawar seperti *Casuarina sp.*, *Calophyllum type Dicolpopollis sp. (fine ret.)*, *Florschuetzia trilobata*, *Lanagiopollis sp.*, *Meyeripollis naharkotensis*, *Myristica* dan *Quillopollenites*. Analisis lingkungan atas dasar palinofasies yang berkembang menunjukkan kondisi lingkungan *Alluvial Plain*. Dari hasil analisis menunjukkan nilai % *Arboreal Pollen* sebesar 68,75 % dan persentase *Non Arboreal Pollen* sebesar 12,5 % memberikan gambaran luas hutan yang besar dengan iklim panas dan basah yang terwakili oleh *Calophyllum type* serta *Malvacipollis diversus* (rawa air tawar). Semakin ke arah lebih muda pada lingkungan yang sama, kehadiran polen yang lingkungan hidupnya lebih ke arah daratan, seperti kelompok riparian *Marginipollis concinnus*, kelompok taksa rawa gambut seperti *Elaeocarpus spp.*, *Sapotaceoidaepollenites sp.* dan kelompok taksa rawa air tawar seperti *Dicolpopollis sp. (fine ret.)*, *Florschuetzia trilobata*, *Lanagiopollis emarginatus*, *Lanagiopollis sp.*, *Magnatricolpites sp.*, *Meyeripollis naharkotensis*, *Palmaepollenites kutchensis* dan *Palmaepollenites spp.* Kehadiran alga air tawar *Concentricystes circula* memberikan gambaran lingkungan pengendapan yang tergenang oleh air tawar. Nilai % *Arboreal Pollen* sebesar 50,00 % dan % *Non Arboreal Pollen* sebesar 23,33 % memberikan gambaran luas hutan yang besar dengan iklim panas dan basah yang mendukung perluasan areal hutan. Perkembangan lingkungan pengendapan lebih ke arah dalam yaitu *Alluvial Plain-Upper Deltaic Plain* berdasarkan hadirnya polen penciri lingkungan *backmangrove Discoidites borneensis* dimana lingkungan pengendapannya bagian yang lebih ke arah darat dari delta. Pengaruh masukan sedimen dari daratan yang sangat besar terlihat pada kehadiran polen dari kumpulan taksa kelompok riparian seperti *Marginipollis concinnus* dan *Myrtaceidites sp.* yang sangat melimpah. Kumpulan taksa kelompok *peat swamp* seperti *Austrobuxus nitidus* *Elaeocarpus spp.*, *Cephalomappa type*, *Ctenolophon parvifolius/Retistephanocolpites williamsi*, *Sapotaceoidaepollenites sp.* dan *Striatricolpites catatumbus*. Polen penciri *freshwater swamp* yang hadir antara lain *Casuarina sp.*, *Calophyllum type*, *Dicolpopollis sp. (fine ret.)*, *Eugeissona insignis*, *Gemmatricolpites pilatus*, *Lanagiopollis emarginatus*, *Lanagiopollis sp.*, *Margocolporites vanwijhei*, *Meyeripollis naharkotensis*, *Monoporites annulatus*, *Palmaepollenites kutchensis*, *Palmaepollenites spp.*, *Schoutenia type* dan spora air tawar *Magnastriatites howardii*. Hasil analisis terhadap nilai % *Arboreal Pollen* sebesar 81,63 % dan % *Non Arboreal Pollen* sebesar 7,14 % memberikan gambaran lingkungan yang ke arah daratan dengan perluasan hutan yang besar yang mencerminkan iklim panas dan basah yang di dominasi oleh tumbuhan taksa riparian *Marginipollis concinnus* dan *Myrtaceidites sp.*, pohon yang hidup di lingkungan rawa gambut (*Elaeocarpus spp.*) dan rawa air tawar seperti *Calophyllum type*.

PALINOFASIES LUBUK BERNAI

Fasies Konglomerat

Diskripsi

Taksa yang sangat melimpah yaitu *Myrtaceidites* yang merupakan kelompok taksa tumbuhan yang biasanya hidupnya di tepian sungai (riparian), kehadiran dari polen yang lingkungan hidupnya lebih ke arah daratan seperti kelompok taksa rawa gambut seperti *Elaeocarpus spp.*, *Sapotaceoidaepollenites sp.*, *Lugopollis* dan kelompok taksa rawa air tawar seperti *Casuarina sp.*, *Calophyllum type*, *Dicolpopollis sp. (fine ret.)*, *Florschuetzia trilobata*, *Malvacipollis diversus*, *Lithocarpus type*, *Meyeripollis naharkotensis* *Palmaepollenites kutchensis* dan *Palmaepollenites spp.* Analisis terhadap kondisi lingkungan berdasar palinofasiesnya adalah *Alluvial Plain*. Analisis nilai % *Arboreal Pollen* sebesar 77,17 % dan % *Non Arboreal Pollen* sebesar 11,96 % memberikan gambaran luas hutan yang besar dengan iklim panas dan basah yang mendukung perluasan areal hutan. Pada sekuen lebih muda, satuan diendapkan pada lingkungan *Upper Deltaic Plain* berdasarkan tidak adanya dari kumpulan dari polen penciri lingkungan *mangrove/backmangrove*. Keberadaan polen dari *peat swamp* seperti *Cephalomappa type* dan *Ctenolophon parvifolius*. Kehadiran fosil polen dari taksa *freshwater swamp* seperti *Calophyllum type*, *Dicolpopollis malesianus*, *Monoprites annulatus*, *Shorea type*, *Pandanus* dan *Palmaepollenites spp.* Dari hasil analisis menunjukkan nilai % *Arboreal Pollen* sebesar 57,89 % dan % *Non Arboreal Pollen* sebesar 42,11 % yang artinya sangat melimpahnya polen pembentuk hutan (luas hutan bertambah) yang kemungkinan diakibatkan oleh perubahan iklim yang menjadi lebih hangat/panas (wet climate). Komponen penyusun AP yang terbesar adalah dari polen taksa *peat swamp* *Cephalomappa type* dan *Ctenolophon parvifolius*. Perubahan ke arah *Upper Deltaic Plain-Lower Deltaic proximal* dicirikan sangat melimpahnya *Zonocostites ramonae* dan kumpulan polen dan spora penciri lingkungan *mangrove* lainnya seperti *Oncosperma*, *Acrosticum aureum*, *Acanthus type*, *Aegialitis type*, *Discoidites borneensis*. Polen dari taksa riparian seperti *Marginipollis concinnus* dan *Myrtaceidites* dan melimpahnya taksa *peat swamp* antara lain *Cephalomappa type*, *Ctenolophon parvifolius/Retistephanocolpites williamsi*, *Sapotaceoidaepollenites* dan *Striatricolpites catatumbus*. Taksa *freshwater swamp* seperti *Casuarina sp.*, *Calophyllum type*, *Croton*, *Dicolpopollis malesianus*, *Dicolpopollis sp. (fine ret.)*, *Eugeissona insignis*, *Gemmatricolpites Pilatus*,

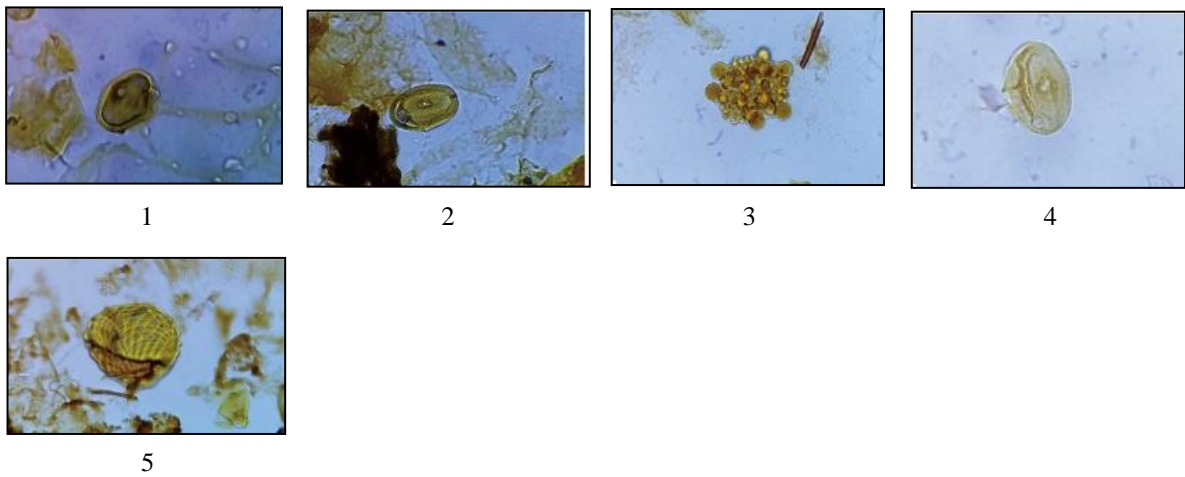
Lakiapollis ovatus, *Lanagiopollis emarginatus*, *Lanagiopollis sp.*, *Magnatricolpites spp.*, *Margocolporites vanwijhei*, *Monoporites annulatus*, *Pandanus*, *Palmaepollenites kutchensis*, *Palmaepollenites spp.*, *Paravuripollis mulleri* dan *Shorea type*

Dari hasil analisis menunjukkan nilai % *Arboreal Pollen* sebesar 61,51 % dan % *Non Arboreal Pollen* sebesar 30,58 % yang artinya sangat melimpahnya polen pembentuk hutan (luas hutan bertambah) yang kemungkinan diakibatkan oleh perubahan iklim yang menjadi lebih hangat/panas (*wet climate*). Komponen penyusun AP yang terbesar adalah dari golongan *mangrove pollen Zonocostites ramonae* (*Rhizoporaceae*). Satuan ini diakhiri pada lingkungan pengendapan *Lower Deltaic Plain distal-Delta Front* berdasarkan hadirnya *Foraminifera test lining*, *Indeterminated Dinoflagellate cysts*, *Operculodinium centrocarpum* dan *Operculodinium spp.* meskipun dalam jumlah yang sangat sedikit sampai sedang. Polen penciri lingkungan *mangrove/backmangrove* lainnya seperti *Zonocostites ramonae*, *Avicennia type* dan *Aegialitis type*. Pengaruh masukan sedimen dari daratan terlihat pada kehadiran polen dari kumpulan taksa kelompok *riparian Myrtaceidites sp.*, kumpulan taksa kelompok *peat swamp* seperti *Elaeocarpus spp.*, *Cephalomappa type*, *Ctenolophon parvifolius/Retistephanocolpites williamsi*, *Sapotaceoidaepollenites sp.* dan *Lugopollis*. Polen penciri *freshwater swamp* yang hadir antara lain *Gemmatricolpites pilatus*, *Melanorrhoea type*, *Dicolpopollis malesianus*, *Dicolpopollis sp. (fine ret.)*, *Eugeissona insignis*, *Florschuetzia trilobata*, *Lakiapollis ovatus*, *Lanagiopollis sp.*, *Malvacipollis diversus*, *Magnatricolpites sp.*, *Margocolporites vanwijhei*, *Meyeripollis naharkotensis*, *Paravuripollis mulleri*, *Palmaepollenites kutchensis*, *Shorea type* dan *Schoutenia type*. Hasil analisis menunjukkan nilai % *Arboreal Pollen* sebesar 80,65 % dan persentase *Non Arboreal Pollen* sebesar 19,35 % memberikan gambaran meskipun lingkungan pengendapan yang cenderung ke arah *basinward* tetapi luas hutan yang terbentuk besar dengan iklim panas dan basah didominasi oleh komponen AP dari kelompok *mangrove/backmangrove Zonocostites ramonae* dan pohon yang hidup di lingkungan rawa gambut *Elaeocarpus spp.*

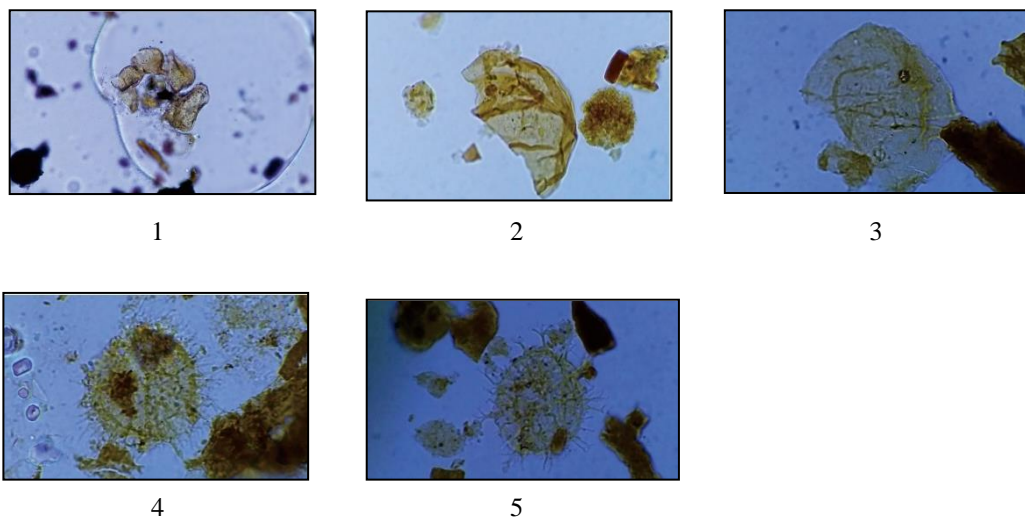
Fasies Batupasir Kerikilan

Diskripsi

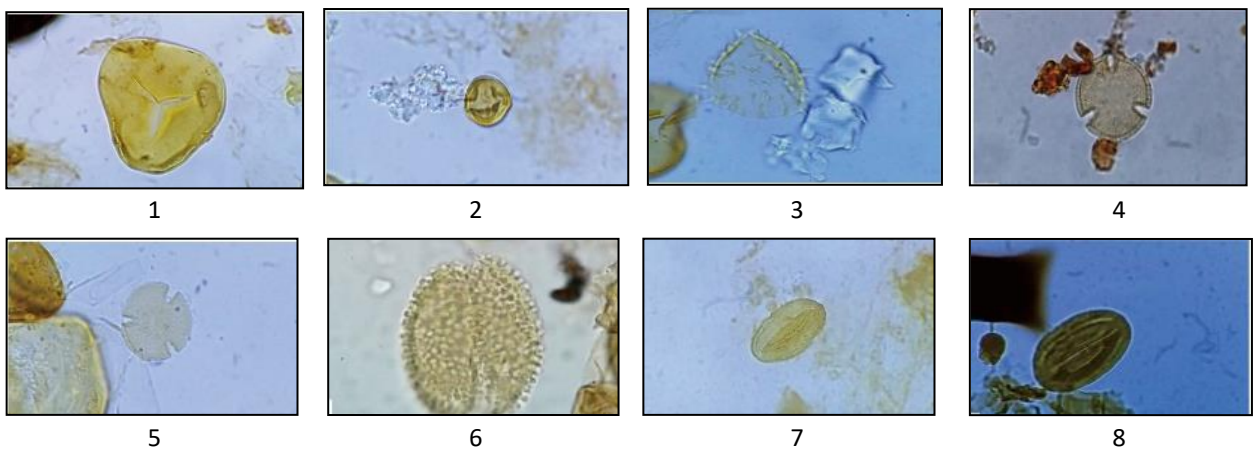
Lingkungan diendapkannya satuan ini diinterpretasikan sebagai *Delta Front* berdasarkan hadirnya penciri *marine Foraminifera test lining*, *Indeterminated Dinoflagellate cysts* dan polen penciri lingkungan *mangrove/backmangrove* lainnya seperti *Zonocostites ramonae*, *Acrostichum aureum* dan *Lummitzera type* dalam jumlah yang minor. Pengaruh masukan sedimen dari daratan meskipun lingkungan pengendapan lebih jauh ke arah *basinward* terlihat pada kehadiran polen dari kumpulan taksa kelompok *riparian* seperti *Myrtaceidites sp.*, kumpulan taksa kelompok *peat swamp* seperti *Elaeocarpus spp.*, *Cephalomappa type*, *Sapotaceoidaepollenites sp.*, *Lugopollis*. Polen penciri *freshwater swamp* yang hadir antara lain *Calophyllum type*, *Dicolpopollis sp. (fine ret.)*, *Lanagiopollis sp.* dan *Melanorrhoea type*. Kelompok polen *bisaccate* yang merupakan penciri pegunungan yang hadir antara lain *Pinuspollenites spp.* dan *Podocarpidites spp.* Dari hasil analisis menunjukkan nilai % *Arboreal Pollen* sebesar 91,49 % dan % *Non Arboreal Pollen* sebesar 8,51 % memberikan gambaran meskipun lingkungan pengendapan yang cenderung ke arah *basinward* tetapi luas hutan yang terbentuk besar dengan iklim panas dan basah didominasi oleh komponen AP dari kelompok *mangrove/backmangrove Zonocostites ramonae* dan pohon yang hidup di lingkungan rawa gambut (*Elaeocarpus spp.*) dan air tawar (*Calophyllum type*). Pada sekuen yang lebih muda, satuan berkembang pada lingkungan *Lower Deltaic Plain distal-Delta Front* berdasarkan melimpahnya polen penciri lingkungan *mangrove/backmangrove* seperti *Zonocostites ramonae*, *Avicennia type* dan *Oncosperma*. Pengaruh lingkungan *marine* terekam dengan hadirnya *Indeterminated Dinoflagellate cysts*. Pengaruh masukan sedimen dari daratan terlihat pada kehadiran polen dari kumpulan taksa kelompok *peat swamp* seperti *Elaeocarpus spp.*, *Ctenolophon parvifolius/ Retistephanocolpites williamsi*, *Sapotaceoidaepollenites sp.* Polen penciri *freshwater swamp* yang hadir antara lain *Casuarina sp.*, *Calophyllum type*, *Dicolpopollis sp. (fine ret.)*, *Lakiapollis ovatus*, *Florschuetzia trilobata*, *Monoporites annulatus*, *Palmaepollenites kutchensis* dan *Palmaepollenites spp.*, *Paravuripollis mulleri*, *Melanorrhoea type* dan *Magnatricolpites sp.* Hasil analisis menunjukkan nilai % *Arboreal Pollen* sebesar 88,10 % dan % *Non Arboreal Pollen* sebesar 14,29 % memberikan gambaran meskipun lingkungan pengendapan yang cenderung ke arah *basinward* tetapi luas hutan yang terbentuk besar dengan iklim panas dan basah didominasi oleh komponen AP dari kelompok rawa gambut (*Elaeocarpus spp.*) dan air tawar seperti *Calophyllum type*.

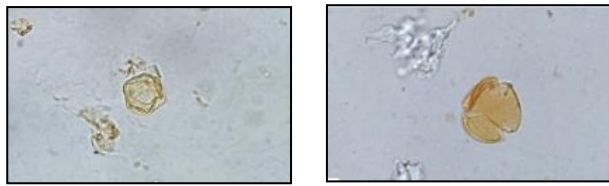


Gambar 3. Fossil Index/Marker Umur: 1. *Florschuetzia levipoli* (1000X), 2. *Florschuetzia trilobata* (1000X), 3. *Florschuetzia meridionalis* (1000X), 4. *Meyeripollis naharkotensis* (1000X), 5. *Cicatricosisporites orogensis* (1000X)



Gambar 4. Fossil Palinomorf Marin: 1. *Foraminifera Lining Test* (1000X), 2. *Indeterminated Dinoflagellate* (1000X), 3. *Operculodinium* spp. (1000X), 4. *Operculodinium centrocarpum* (1000X), 5. *Spiniferites ramosus* (1000X)

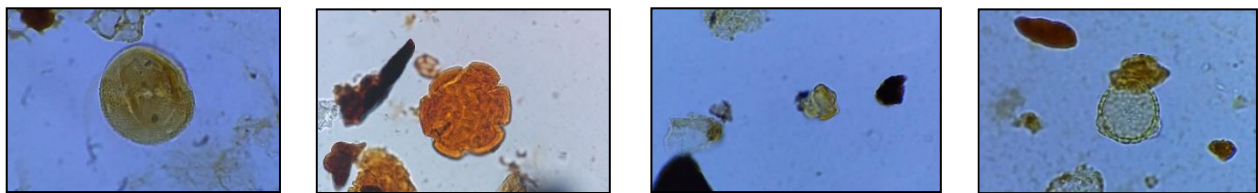




9

10

Gambar 5. Fossil Palinomorf *Mangrove-Backmangrove*: 1. *Acrosthicum aureum* (1000X), 2. *Zonocostites ramonae* (1000X), 3. *Spinizonocolpites echinatus* (1000X), 4. *Discoidites borneensis* (1000X), 5. *Discoidites novaguensis* (1000X), 6. *Oncosperma* type (1000X), 7. *Acanthus* type (1000X), 8. *Aegialitis* spp. (1000X), 9. *Lumnitzera* spp. (1000X), 10. *Avicennia* type (1000X)



1

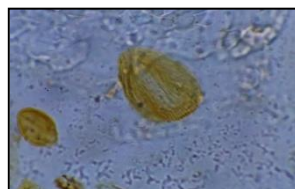
2

3

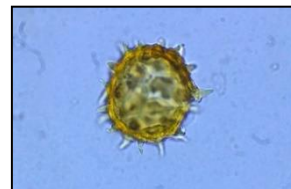
4



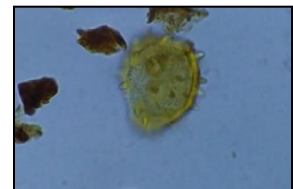
5



6



7

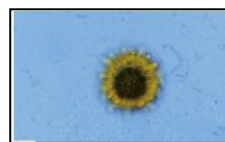


8

Gambar 6. Fossil Palinomorf *Peat Swamp*: 1. *Sapotaceoidaepollenites* sp. (1000X), 2. *Retistephanocolpites williamsi* (1000X), 3. *Elaeocarpus* spp. (1000X), 4. *Cephalomappa* (1000X), 5. *Lugopollis* (1000X), 6. *Striaticolpites catatumbus* (1000X), 7. *Austrobuxus nitidus* (1000X), 8. *Camptostemon* (400X)



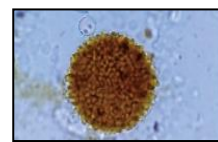
1



2



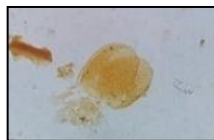
3



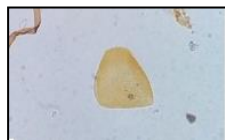
4



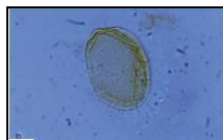
5



6



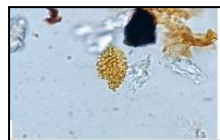
7



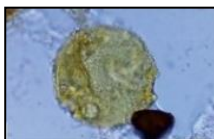
8



9



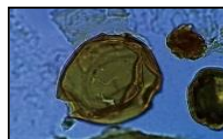
10



11



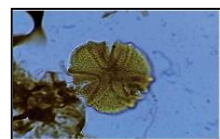
12



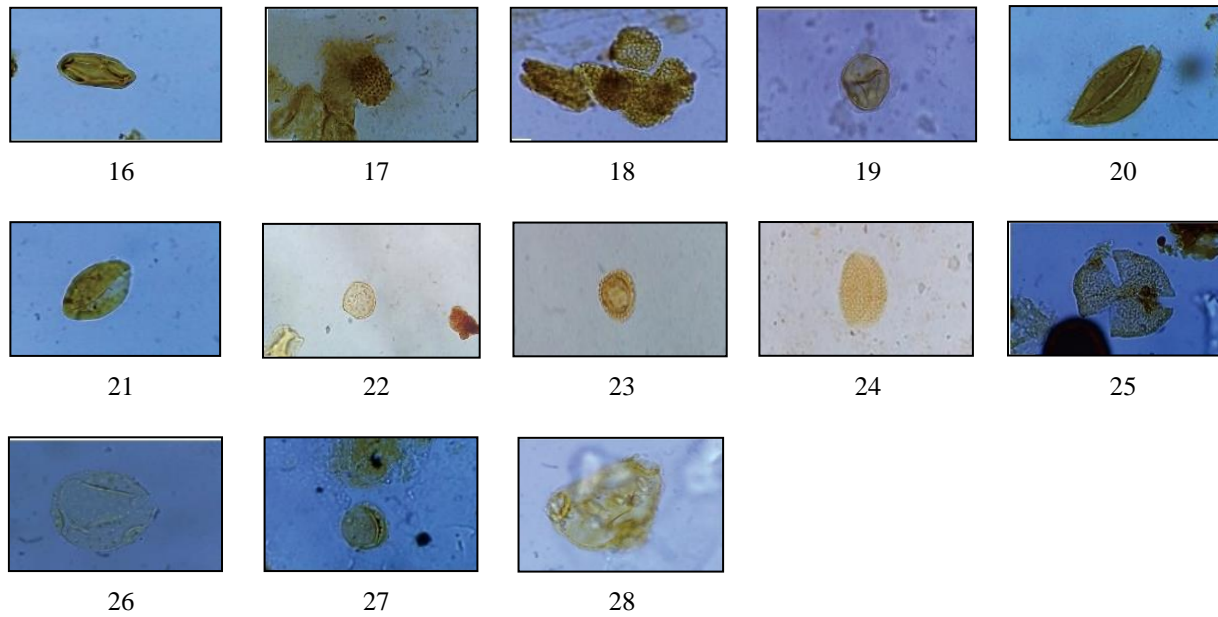
13



14

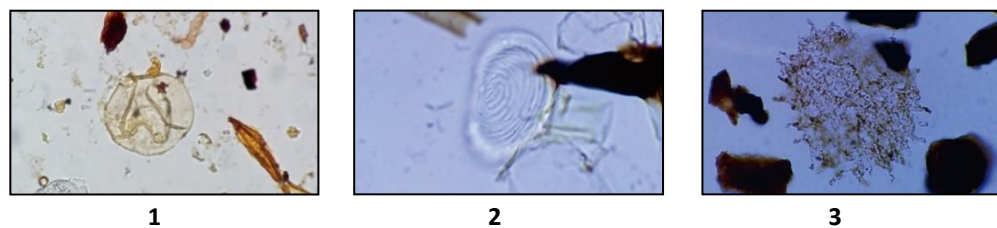


15

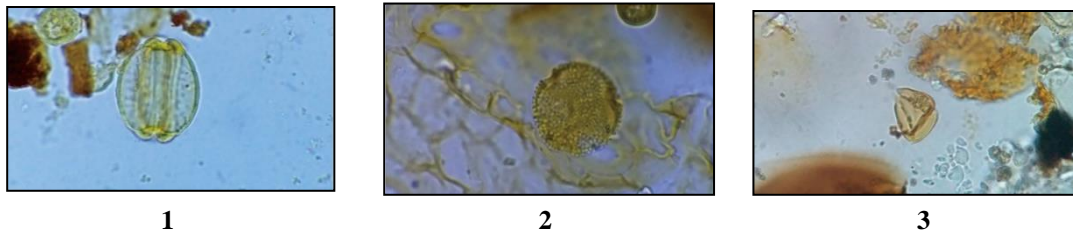


Gambar 7. Fossil Palinomorf *Freshwater Swamp*

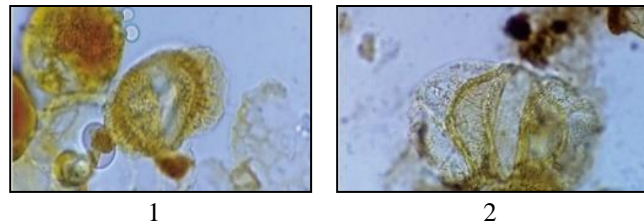
- | | |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1. <i>Retritricolporites equatoralis</i> (1000X) | 15. <i>Margocolporites vanwijhei</i> (1000X) |
| 2. <i>Compositae</i> (400X) | 16. <i>Melanorrhoea</i> type (1000X) |
| 3. <i>Casuarina</i> spp.
(<i>Haloragacidites harisii</i>) (1000X) | 17. <i>Malvacipollis diversus</i> (1000X) |
| 4. <i>Croton</i> (<i>Euphorbiaceae</i>) (1000X) | 18. <i>Myristica</i> type (1000X) |
| 5. <i>Chenopodiaceae</i> (1000X) | 19. <i>Monoporites annulatus</i> (1000X) |
| 6. <i>Dicolpopollis malesianus</i> (1000X) | 20. <i>Palmaepollenites kutchensis</i> (1000X) |
| 7. <i>Dicolpopollis kawalaensis</i> (1000X) | 21. <i>Palmaepollenites</i> spp. (1000X) |
| 8. <i>Dicolpopollis</i> (fine ret.) (1000X) | 22. <i>Pandanus</i> sp. (1000X) |
| 9. <i>Eugessona insignis</i> (1000X) | 23. <i>Paravuripollis mulleri</i> (1000X) |
| 10. <i>Gematicolpites pilatus</i> (1000X) | 24. <i>Quilonipollenites</i> spp (1000X) |
| 11. <i>Lanagiopollenites emergiantus</i> (1000X) | 25. <i>Shorea</i> type (1000X) |
| 12. <i>Lanagiopollenites</i> spp. (1000X) | 26. <i>Schoutenia</i> sp. (1000X) |
| 13. <i>Lakiapollis ovatus</i> (1000X) | 27. <i>Stemonurus</i> (1000X) |
| 14. <i>Lithocarpus</i> spp (1000X) | 28. <i>Pometia</i> spp. (1000X) |



Gambar 8. Fossil *Algae Freshwater*: 1. *Bosedinia* type (1000X), 2. *Concentricystes circula* (1000X), 3. *Pediastrum* (1000X)



Gambar 9. Fossil Palinomorf Riparian: 1. *Marginipollis concinnus* (1000X), 2. *Canthiumidites* (1000X), 3. *Myrtaceidites*. (1000X)



Gambar 10. Fossil Palinomorf Pegunungan/Montana: 1. *Podocarpidites spp* (1000X), 2. *Pinuspollenites spp* (1000X)

DISKUSI

Tabel 1. Palinofasies lintasan Lubuk Lawas (X=270600, Y=9876060 – X=270950, Y=9875460) dan Lubuk Bernai (X=270500, Y=9873125 – X=270700, Y=9872325)

No	Palinostratigrafi	Palinofasies	Satuan Batuan
5	Miosen Tengah	LDP d-DF	Batupasir kerikilan
4	Miosen Awal		
3	Oligosen	AP	Batupasir kerikilan
2	Oligosen	AP-UDP-LDPp-DF	Konglomerat
1	Oligosen	LDPp-DF	Batupasir kuarsa

Analisis terhadap palinologi batuan yang berada di lintasan stratigrafi Lubuk Lawas dan Lubuk Bernai menunjukkan bahwa satuan batuan yang berkembang dari tua ke muda yaitu satuan batupasir kuarsa, satuan konglomerat dan satuan batupasir kerikilan.

Palinostratigraphy

Satuan batupasir kuarsa didominasi batupasir kuarsa dengan sisipan tipis konglomerat, batulempung, batulempung hitam dan pada bagian atas terdapat sisipan batulanau putih keabuan. Keberadaan semen silika yang merekatkan butiran penyusun batuan mengindikasikan bila batuan diendapkan pada lingkungan non marin. Pada satuan batupasir kuarsa berdasarkan kehadiran spesies indeks fosil polen yang teranalisis di sampel batulempung hitam yaitu *Meyeripollis naharkotensis* dan *Florschuetzia trilobata*, secara palinostratigrafi, umur sedimen adalah Oligosen.

Pada sekuen yang lebih muda diendapkan dominasi konglomerat dengan sisipan batulempung, batupasir vulkanik dan breksi. Berangsur ke atas satuan ini didominasi oleh perselingan konglomerat, batupasir vulkanik dan batupasir kerikilan dengan fragmen berupa kuarsa dengan sisipan tuf epiklastik, batupasir karbonan dan batulempung yang setempat. Secara palinostratigrafi, umur satuan konglomerat dapat ditentukan berdasarkan pada kehadiran spesies *Meyeripollis naharkotensis* dan *Florschuetzia trilobata* yang menunjukkan umur sedimen adalah Oligosen.

Pada satuan batupasir kerikilan didapatkan 3 zona palinostratigrafi berdasarkan kehadiran spesies marker, yaitu

- Zona *Meyeripollis naharkotensis* dan *Florschuetzia trilobata* yang menunjukkan umur Oligosen pada satuan batupasir kuarsa, konglomerat dan batupasir kerikilan.

- Zona *Florschuetzia trilobata* yang menunjukkan umur Miosen Awal bagian bawah pada batupasir kerikilan bagian bawah.

c. Zona *Florschutzia levipoli*, *Florschutzia meridionalis* dan *Florschuetzia trilobata* yang menunjukkan umur sedimen adalah Miosen Tengah. Hadirnya spesies marker *Cicatricosisporites dorogensis* yang dijumpai dianggap sebagai *rework* dari sedimen lebih tua yang tertransport kemudian terendapkan kembali.

Dengan demikian palinostratigrafi Bukit Tigapuluh, Subcekungan Jambi berturut-turut dari tua ke muda adalah Oligosen, Miosen Awal dan Miosen Tengah

Paleoenvironment

Pada satuan batupasir kuarsa, hadir *Foraminifera test lining*, *Indeterminated Dinoflagellate cysts*, *Spiniferites ramosus*, *Operculodinium centrocarpum* dan *Operculodinium spp.*, meskipun dalam jumlah yang sedikit sampai melimpah. Polen penciri lingkungan *mangrove/backmangrove* lainnya juga hadir. Pengaruh masukan sedimen dari daratan terlihat pada kehadiran polen dari kumpulan taksa kelompok *riparian*, taksa kelompok *peat swamp* dan polen penciri *freshwater swamp*. Kelompok polen *bisaccate* yang merupakan penciri pegunungan, yang juga hadir antara lain *Pinuspollenites spp.* dan spora air tawar *Magnastriatites howardii*. Analisis terhadap litologi dengan kehadiran semen silika, biofasies yang mengontrol keragaman biota dan keberadaan bermacam litofasies mengindikasikan bahwa satuan batupasir kuarsa diendapkan pada lingkungan *Lower Deltaic Plain distal* yang berkembang ke arah menerus *Delta Front*. Kemelimpahan nilai % *Arboreal Pollen* sebesar 74,07 % dan persentase *Non Arboreal Pollen* sebesar 29,63 % dimana memberikan gambaran lingkungan pengendapan yang cenderung ke arah *basinward*.

Pada satuan konglomerat hadir taksa *freshwater swamp* seperti *Melanorrhoea type* dan *Dicolpopollis sp.* (fine ret.). Sedikitnya polen yang ditemukan dalam sedimen kemungkinan besar berhubungan dengan energi pengendapan yang besar (*tributary channel*) sehingga hanya sedikit polen yang terendapkan dan terfosilkan. Hadir pula polen dari kelompok taksa rawa gambut (*peat swamp*) lainnya seperti *Elaeocarpus spp.*, *Ctenolophon parvifolius/Retistephanocolpites williamsi*, *Sapotaceoidaepollenites sp.* dan *Lugopollis*. Pengaruh dari sedimentasi dari daratan juga terlihat dengan hadirnya taksa *freshwater swamp* seperti *Calophyllum type*, *Dicolpopollis malesianus*, *Dicolpopollis sp.* (fine ret.), *Eugeissona insignis*, *Margocolporites vanwijhei*, *Palmaepollenites kutchensis*, *Palmaepollenites spp.* dan hadirnya alga air tawar *Concentricystes circula* yang memberikan gambaran adanya perairan yang tergenang. Hadirnya alga air tawar *Concentricystes circula* yang memberikan gambaran adanya perairan yang tergenang. Kehadiran taksa yang sangat melimpah dari *Myrtaceidites* yang merupakan kelompok taksa tumbuhan yang biasanya hidupnya di tepian sungai (*riparian*), kehadiran dari polen yang lingkungan hidupnya lebih ke arah daratan seperti kelompok taksa rawa gambut.

Interpretasi terhadap analisis lingkungan pengendapan satuan konglomerat adalah *Alluvial Plain*. Pada bagian yang lebih keatas, satuan konglomerat diendapkan pada *Upper Deltaic Plain* berdasarkan keberadaan dari kumpulan dari polen penciri lingkungan *backmangrove* seperti *Acanthus type* dan *riparian* seperti *Marginipollis concinnus*, tidak adanya kumpulan dari polen penciri lingkungan *mangrove/backmangrove*, kehadiran polen dari *peat swamp* dan fosil polen dari taksa *freshwater swamp*. Pada bagian yang lebih dalam lagi, lingkungan berubah ke arah transisi *Upper Deltaic Plain-Lower Deltaic proximal* berdasarkan sangat melimpahnya *Zonocostites ramonae* dan kumpulan polen dan spora penciri lingkungan *mangrove* lainnya. Polen dari taksa *riparian* seperti *Marginipollis concinnus* dan *Myrtaceidites*, taksa *freshwater swamp* dan melimpahnya taksa *peat swamp* yang juga mulai berkembang.

Terjadi kemenerusan pendalaman lingkungan yaitu *Lower Deltaic Plain distal-Delta Front* berdasarkan hadirnya *Foraminifera test lining*, *Indeterminated Dinoflagellate cysts*, *Operculodinium centrocarpum* dan *Operculodinium spp.* meskipun dalam jumlah yang sangat sedikit sampai sedang serta polen penciri lingkungan *mangrove/backmangrove* lainnya.

Pengaruh masukan sedimen dari daratan terlihat pada kehadiran polen dari kumpulan taksa kelompok *riparian*, kumpulan taksa kelompok *peat swamp*. Kehadiran polen penciri *freshwater swamp*.

Pada bagian atas satuan diakhiri dengan terjadinya pendangkalan lingkungan sebagai *Alluvial Plain* berdasarkan sangat melimpahnya *Myrtaceidites* dari kelompok taksa *riparian* dan sangat melimpahnya *Calophyllum type* serta *Malvacipollis diversus* yang merupakan taksa rawa air tawar serta kehadiran dari polen yang lingkungan hidupnya lebih ke arah daratan juga terlihat kelompok taksa rawa gambut dan kelompok taksa rawa air tawar.

Interpretasi terhadap palinofasies, semen pengikat antar butir penyusun batuan dan didukung kemelimpahan nilai % *Arboreal Pollen* sebesar 57,89 %-80,65 % dan % *Non Arboreal Pollen* sebesar 11,96 %-42,11 % yang memberikan gambaran luas hutan yang besar sehingga didapatkan lingkungan *Alluvial Plain* yang berkembang ke arah kedalaman yang lebih besar yaitu *Lower Deltaic Plain distal ke Delta Front*.

Analisis palinofasies pada satuan batupasir kerikilan masih berlanjut pada lingkungan pengendapan yang sama dengan satuan konglomerat, yaitu *Alluvial Plain* berdasarkan atas kehadiran dari polen yang lingkungan hidupnya lebih ke arah daratan seperti *Marginipollis concinnus*, *Myrtaceidites* (riparian). Hal ini juga terlihat dari kelompok taksa rawa gambut dan kelompok taksa rawa air tawar. Kehadiran alga air tawar *Concentricystes circula* memberikan gambaran lingkungan pengendapan yang tergenang oleh air tawar. Semakin ke arah lebih muda, lingkungan pengendapan bertransisi ke *Alluvial Plain-Upper Deltaic Plain* berdasarkan hadirnya polen penciri lingkungan *backmangrove Discoidites borneensis* yang lingkungan pengendapannya bagian yang lebih ke arah darat dari delta. Pengaruh masukan sedimen dari daratan yang sangat besar terlihat pada kehadiran polen dari kumpulan taksa kelompok *riparian* seperti *Marginipollis concinnus* dan *Myrtaceidites sp.* yang sangat melimpah. Kumpulan taksa kelompok *peat swamp*. Polen penciri *freshwater swamp* juga hadir demikian pula spora air tawar *Magnastriatites howardii*. Pada bagian atas satuan batupasir kerikilan lingkungan berkembang *Lower Deltaic Plain distal-Delta Front* berdasarkan melimpahnya polen penciri lingkungan *mangrove/backmangrove*. Pengaruh lingkungan *marine* terekam dengan hadirnya *Foraminifera test lining* dan *Indeterminated Dinoflagellate cysts*. Lingkungan pengendapan lebih jauh berkembang ke arah *basinward*, terlihat pada kehadiran polen dari kumpulan taksa kelompok *riparian* dan kumpulan taksa kelompok *peat swamp*. Polen penciri *freshwater swamp* juga hadir. Kelompok polen *bisaccate* yang merupakan penciri pegunungan yang hadir antara lain *Pinuspollenites spp.* dan *Podocarpidites spp.* serta spora air tawar *Magnastriatites howardii*.

KESIMPULAN

Satuan batupasir kuarsa, secara palinostratigrafi berumur Oligosen. Hasil interpretasi terhadap analisis palinologinya, satuan diendapkan pada lingkungan *Lower Deltaic Plain distal* yang berkembang ke arah menerus *Delta Front*.

Satuan konglomerat menunjukkan umur sedimen adalah Oligosen. Interpretasi terhadap analisis palinofasies satuan diendapkan pada lingkungan *Alluvial Plain*. Pada bagian tengah, satuan berkembang ke arah lingkungan *Upper Deltaic Plain* yang kemudian berubah ke arah transisi yaitu *Upper Deltaic Plain-Lower Deltaic proximal*. Kemenerusan pendalaman lingkungan terus terjadi pada *Lower Deltaic Plain distal-Delta Front*. Pada bagian atas satuan diakhiri dengan terjadinya pendangkalan lingkungan sebagai *Alluvial Plain*.

Periode satuan batupasir kerikilan diendapkan pada waktu Oligosen sampai dengan Miosen Tengah. Interpretasi palinofasies memberikan gambaran lingkungan pengendapan *Alluvial Plain* pada bagian bawah satuan sedangkan semakin ke arah lebih muda, lingkungan pengendapan bertransisi ke *Alluvial Plain-Upper Deltaic Plain*. Pada bagian atas, satuan batupasir kerikilan diendapkan pada lingkungan *Lower Deltaic Plain distal-Delta Front*.

DAFTAR PUSTAKA

- Barber, A.J., Crow, M.J. dan Milsom, J.S. (2005): *Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution*, The Geological Society, London.
- Barber, A.J. dan Crow, M.J. (2005): Structure and structural history. In: *Sumatra, Geology, Resources and Tectonic Evolution, Geological Society Memoir 31*, 175–233.
- Carvalho, M.A. (2001): *Paleoenvironmental Reconstruction Based on Palynological and Palynofacies Analyses of The Aptian-Albian Succession in The Sergipe Basin, Northeastern Brazil. Dissertation*. Ruprecht-Karls-Universität, Heidelberg, Unpublished.
- Clements, B. dan Hall, R. (2011a): A record of continental collision and regional sediment flux for the Cretaceous and Palaeogene core of SE Asia: implications for early Cenozoic palaeogeography, *Journal of the Geological Society*, London, Vol. 168, 2011, 1187–1200.
- Clements, B. dan Hall, R. (2011b): Subsidence and uplift by slab-related mantle dynamics: a driving mechanism for the Late Cretaceous and Cenozoic evolution of continental SE Asia? *Geological Society*, London, Special Publications, Vol. 355, 37-51.
- De Coster, G.G. (1974): The Geology of The Central and South Sumatra Basins. In: *Indonesian Petroleum Association, Proceedings of the 3rd Annual Convention, Jakarta*, 1974, 3, 77-110.
- Gafoer, S. Amin, T.C. dan Pardede, R. (1992): Peta Geologi Lembar Muara Bungo, Sumatra, Skala 1:250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Germeraad, J.H., Hopping, C.A. dan Muller, J. (1968): Palynology of Tertiary sediments from tropical areas, *Rev of Palaeobotany and palynology* 6, 189–348.
- Hall, R. (2014): The Origin of Sundaland. *Proceedings Of Sundaland Resources Annual Convention*. 17-18 November 2014, Palembang, South Sumatra, Indonesia.
- Haseldonckx, P. (1974): Palynological Interpretation of Palaeoenvironments in SE Asia, *Sains Malaysiana* 3 (2), 119-120.

- Kamal, A., Argakoesoemah, R.M.I. dan Solichin (2008): A proposed basin-scale lithostratigraphy for South Sumatra Basin. *Indonesian Association of Geologist: Sumatra Stratigraphy Workshop*, Bandung, Institut Teknologi Bandung, 85-97.
- Metcalfe, I. (2011a): Tectonic framework and Phanerozoic evolution of Sundaland, *Gondwana Research* 19, 3-21.
- Metcalfe, I. (2011b): Palaeozoic-Mesozoic History of SE Asia In: Hall, R., Cottam, M. A. & Wilson, M. E. J. (Eds.), *The SE Asian Gateway: History and Tectonics of the Australia-Asia collision*, *Geological Society of London Special Publication*, 355, 7-35.
- Moore, P.D., Webb, J.A. dan Collinson M.E. (1991): *Pollen Analysis*, London, Blackwell Press.
- Morley, R.J. (1978): *Palynology of Tertiary And Quaternary Sediments in Southeast Asia. Proc. of the 6th Annual Convention, Indonesia Petroleum Association*, Jakarta, 76-80.
- Morley, R.J. (1990): *Short Course Introduction To Palynology With Emphasis on Southeast Asia*, Purwokerto, Fakultas Biologi Unsoed.
- Morley, R.J. (1991): Tertiary Stratigraphic Palynology in Southeast Asia: Current Status and New Directions, *Geol. Soc. Malaysia Bull.*, 28, 1-36.
- Morley, R.J. (1995): Biostratigraphic Characterization of Systems Tracts in Tertiary Sedimentary Basins. *International Symposium on Sequence Stratigraphy in SE Asia, Indonesian Petroleum Association*, Jakarta, 49-71.
- Morley, R.J. (1998): *Palynological Evidence for Tertiary Plant Dispersals in The SE Asian Region in Relation to Plate Tectonics and Climate. Biogeography and Geological Evolution of SE Asia*. Edited by Robert Hall and D Holloway, Leiden, The Netherlands, Backbuys Publishers, 211-234.
- Morley, R.J., Lelono, E.B., Nugrahaningsih, L. dan Hasjim, N. (1999): Tertiary Palynology Project: Aims, Progress and Preliminary Results from the Middle Eocene to Pliocene of Sumatra and Java, *GRDC Paleontology Series*.
- Muller, J., Giacomo, D. dan Van Erve, A. (1987): A palynological zonation for the Cretaceous, Tertiary, and Quaternary of Northern South America, *Amer. Assoc. of Stratig.*, Palynologists found, Contribution Series 19, 7-76.
- Pulunggono, A. dan Cameron, N.R. (1984): Sumatran microplates, their characteristics and their role in the evolution of the Central and South Sumatra Basins, *Proc. Indones. Petrol. Assoc.*, 13th Annual Convention, Jakarta, 1984, Vol. 1, 121-144.
- Rahardjo, A.T., Polhaupessy, T.T., Wiyono, S., Nugrahaningsih, H. dan Lelono, E.B. (1994): Zonasi Polen Tersier Pulau Jawa. *Makalah Ikatan Ahli Geologi Indonesia, Pertemuan Ilmiah Tahunan Ke-23*, Bandung, 77-87.
- Ryacudu, R. (2008): Tinjauan Stratigrafi Paleogen Cekungan Sumatra Selatan. *Indonesian Association of Geologist: Sumatra Stratigraphy Workshop*, Bandung, Institut Teknologi Bandung, 99-114.
- Simanjuntak, T.O., Budhitisna, T., Suroho, Gafour, S. dan Amin, T.C. (1994): Peta Geologi Lembar Muara Bungo, Sumatra. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Spruyt, (1956): Subdivisions and nomenclature of the Tertiary sediments of the Djambi-Palembang area, *Pertamina Internal Report*.
- Traverse, A. (1988): *Paleopalynology*. Boston: Department of Geosciences, College of Earth and Mineral Science, The Pennsylvania State University.
- Traverse, A. (2007): Paleopalynology. In: Landman NH, Jones DS, editors. *Topics In Geobiology 2nd Edition* Vol. 28. The Netherlands, Springer.

