

APLIKASI KAEDAH PALINOLOGI DAN KEPENTINGAN DALAM KAJIAN PALEOLITIK DI ASIA TENGGARA

APPLICATION OF PALYNOLOGICAL METHODS AND ITS IMPORTANCE IN PALEOLITHIC STUDIES IN SOUTHEAST ASIA

Nor Khairunnisa Talib

Abstrak

Makalah ini akan membincangkan aplikasi bidang palinologi di tapak arkeologi, khususnya tapak Paleolitik. Sebelum kajian palinologi dijalankan di tapak arkeologi, arkeologis perlu mengetahui secara jelas kegunaan aplikasi ini, sifat dan jenis polen dan spora. Selain itu, perlu diketahui secara lanjut tentang kaedah kajian palinologi yang melibatkan persampelan di lapangan dan kajian di makmal. Proses ini akan mempengaruhi berjaya atau tidak kajian palinologi di tapak kajian. Diagram polen juga perlu dibina untuk mendapatkan bukti kelompok dan ekologi tumbuhan lampau. Interpretasi jumpaan polen dan spora adalah bahagian paling penting dalam kajian ini kerana ia akan memberikan gambaran keseluruhan paleopersekitaran berdasarkan kelompok tumbuhan. Bukti palinologi di tapak Paleolitik di Asia Tenggara menunjukkan kepentingan dari segi tafsiran paleosekitaran dan paleoiklim serta diet semasa kebudayaan Paleolitik berlangsung. Oleh itu, seharusnya aplikasi ini digunakan secara meluas di tapak arkeologi kerana penting dalam menyelesaikan isu tentang paleosekitaran, diet, sara hidup dan teknologi prasejarah.

Kata kunci: Palinologi, Tapak arkeologi, Paleolitik, Paleoiklim, Diet Prasejarah

Abstract

This paper will discuss the application of palynology at archaeological sites, particularly Paleolithic sites. Before conducting a palynological study at an archaeological site, archaeologists need to clearly understand the purpose of this application, as well as the characteristics and types of pollen and spores. Additionally, detailed knowledge of the methods used in palynological studies, including field sampling and laboratory analysis, is essential. These processes will determine the success of the palynological study at the research site. Pollen diagrams must also be constructed to obtain evidence of plant groups and past ecology. The interpretation of pollen and spore findings is the most critical part of this study as it provides an overall picture of the paleoenvironment based on plant groups. Palynological evidence from Paleolithic sites in Southeast Asia highlights its importance in interpreting paleoenvironments, paleoclimate, and diet during the Paleolithic cultural period. Therefore, this application should be widely utilized at archaeological sites as it plays a vital role in addressing issues related to paleoenvironments, diets, subsistence, and prehistoric technology.

Keywords: Palynology, Archaeological sites, Paleolithic, Paleoclimate, Prehistoric diet

PENGENALAN

Palinologi (berasal daripada perkataan Greek, *palynos* untuk polen) atau analisis polen merupakan salah satu bidang dalam bidang mikropaleontologi (Chambers 2002). Kajian palinologi ini dapat membantu dalam pentafsiran paleoiklim, paleogeografi dan paleosekitaran berdasarkan jumpaan polen dan spora kuno.

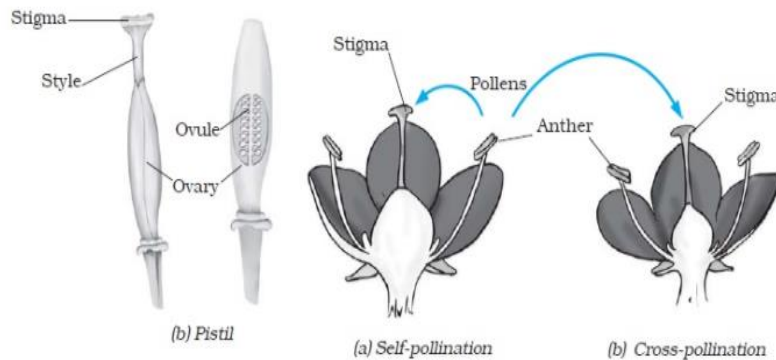
Kajian palinologi di tapak arkeologi adalah penting dalam mengetahui secara terperinci mengenai konteks arkeologi dan kebudayaan manusia. Ahli arkeologi dapat menyelesaikan isu tentang paleosekitaran, diet, sara hidup dan teknologi prasejarah (Bryant dan Holloway 1983). Namun begitu, bagi kebanyakan tapak Paleolitik terbuka, tiada sampel lain yang sesuai dalam membuktikan jenis tumbuhan yang boleh menerangkan perubahan persekitaran dan iklim. Ini kerana tanah bagi tapak tersebut tidak membenarkan bahan organik seperti fosil kayu, daun, tulang haiwan, tulang manusia bertahan hingga kini akibat faktor luluhawa dan pengoksidaan. Maka fosil polen dan spora amat penting dalam terhadap merekonstruksikan tumbuhan dan iklim masa lampau. Oleh itu, makalah ini membincangkan kepentingan penggunaan kaedah palinologi dalam arkeologi khususnya kebudayaan Paleolitik.

APAKAH POLEN DAN SPORA?

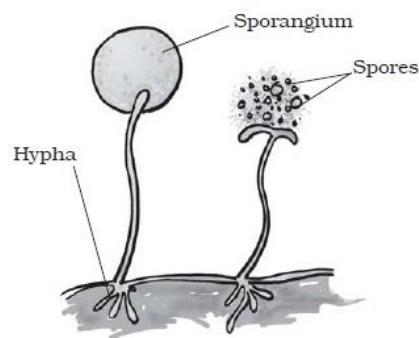
Polen atau debunga dihasilkan daripada organ pembiakan jantan oleh tumbuhan berbunga (*anther*) dan konifer (Rajah 1). Ia disebarkan dengan pelbagai mekanisma untuk mensenyawakan organ (pembukaan) betina yang kemudian akan menghasilkan biji benih. Saiz polen berukuran 2-100 μm (Dincauze 2000). Butiran polen merupakan sel yang hidup dengan adanya nukleus serta protoplasma yang dilindungi oleh dinding sel. Dinding sel terdiri daripada dua lapisan iaitu lapisan luar (*exine*) yang bersifat keras dan tebal berguna untuk melindungi butiran polen. *Exine* boleh bertahan dalam pelbagai sekitaran pengendapan dalam jangka masa yang panjang (Vita 2003). Morfologi *exine* polen adalah pelbagai iaitu berbentuk bulat, bujur telur, bersudut, permukaan berduri, kasar, licin, halus dan sebagainya, hanya boleh dikenal pasti melalui mikroskop cahaya dan kaedah SEM (*Scanning Electron microscope*). Spora pula ialah sel pembiakan aseks bagi tumbuhan yang rendah dan tidak berbunga (kriptogam) seperti lumut, paku pakis dan kulat. Spora boleh ditemui di bawah permukaan daun yang mempunyai ciri bintik-bintik. Bintik-bintik tersebut merupakan tempat penyimpanan spora yang dikenali sporangium (Rajah 2) (Vita 2003). Jika spora jatuh ke tanah dan tumbuh dengan baik, maka akan menghasilkan pokok yang baru. Namun begitu, jika spora tidak tumbuh, maka spora tersebut akan terendap ke dalam tanah. Struktur dinding luar spora tidak sekompleks dinding polen. Kebanyakan spora mempunyai bentuk ginjal dan berbentuk segitiga.

Sebaran polen dan spora di dalam sedimen dikawal oleh banyak faktor. Polen boleh ditemui dengan banyak pada pelbagai persekitaran sedimen iaitu tasik, paya, tanah, aluvium, kolovium dan estuari (Moore et al. 1991) serta sebagai konteks dalam arkeologi. Pengeluaran polen dan kaedah penyebaran adalah berbeza bagi setiap jenis tumbuhan (Dincauze 2000). Sesetengah tumbuhan menghasilkan sejumlah besar polen manakala sesetengahnya tidak. Sesetengah tumbuhan, polennya disebarkan melalui angin, manusia, haiwan, serangga dan air.

Apabila polen diendapkan di dalam sedimen, tahap ketahanan adalah bergantung kepada banyak faktor. Secara umum, sedimen seperti jenis gambut dan tasik memelihara polen dalam keadaan baik kerana sekitaran pengendapan adalah tenang untuk pengendapan polen dan spora. Polen dan spora tidak tahan dalam keadaan aerobik kerana pengoksidaan akan memusnahkan butirannya (Dincauze 2000). Jumlah polen yang dikenal pasti di dalam sedimen adalah bergantung kepada bagaimanakah cara pengendalian dalam kaedah pengekstrakan. Oleh itu, jumlah polen yang dikenal pasti adalah tidak mencerminkan tumbuhan sebenar pada masa pemendapan polen tetapi hasil daripada pelbagai pembolehubah dan peristiwa daripada pengeluaran polen dan penyebaran, ke sejarah geologi, kepada persiapan dan analisis di makmal (Robles 2007).



Rajah 1. Sistem pembiakan tumbuhan berbunga yang mengeluarkan polen
(Sumber: William 2016)



Rajah 2. Sistem pembiakan tumbuhan paku pakis yang mengeluarkan spora
(Sumber: William 2016)

KAEDAH KAJIAN

Kaedah palinologi melibatkan persampelan di lapangan, analisis di makmal, pembinaan diagram polen dan interpretasi. Prosedur persampelan di lapangan adalah mengikut kaedah Adam (1975) dan persediaan analisis di makmal mengikut prosedur kerja oleh Uyop (1997). Oleh disebabkan sampel dari tanah Kuaternari, maka kaedah Poumot (1989) diaplikasikan untuk analisis mikroskopi dan pengiraan kuantitatif butiran palinomorf. Berikut diterangkan dengan lebih lanjut kaedah tersebut.

Kaedah Pensampelan di Lapangan

Terdapat pelbagai cara dalam persampelan untuk analisis palinologi bergantung kepada tujuan kajian. Sampel boleh diambil di lapisan tanah pada petak ekskavasi tapak arkeologi (Rajah 3) ataupun melalui kaedah penggerudian. Namun begitu, tidak semua litologi sedimen boleh diambil sampel palinologi. Ketahanan palinomorf daripada kerosakan adalah lebih tinggi apabila berada dalam keadaan anaerobik. pH tanah yang paling sesuai ialah tanah bersifat asid (pH 4-6) untuk memelihara polen (Vita 2003). Keadaan tanah yang bersifat alkali (pH 7 ke atas) menyebabkan polen mengalami kerosakan dan sukar untuk dijalankan analisis.

Setiap sampel tanah yang diambil di tapak arkeologi perlu mempunyai tujuan dan mempunyai hubungan dengan kebudayaan arkeologi. Sampel perlu diambil pada lapisan sedimen yang tidak

tergangu untuk memastikan kebudayaan lampau pada masa dahulu tidak terpengaruh dengan faktor lain seperti persekitaran tempatan sekarang. Pengkaji dapat mengandaikan aktiviti kebudayaan yang berlangsung berdasarkan jenis dan polen yang dikenalpasti daripada sampel tanah di tapak arkeologi. Namun begitu, kadangkala sedimen di tapak arkeologi khususnya tapak Paleolitik adalah kurang sesuai bagi pengendapan polen dan spora. Ini kerana keadaan dan jenis tanah adalah pelbagai di tapak arkeologi bergantung kepada pengendapan sedimen semasa kebudayaan arkeologi berlangsung seperti wujudnya sedimen pasir kasar ataupun tanah yang beralkali. Oleh itu, ini memberikan cabaran bagi kajian palinologi di tapak arkeologi dalam mendapatkan bukti paleosekitaran.

Sampel-sampel palinologi perlu mempunyai pentarikhkan untuk mendapatkan hubungan usia. Kebiasaannya pentarikhkan di tapak Paleolitik adalah melibatkan pentarikhkan OSL (*Optically Stimulated Luminescence*) dan pentarikhkan radiokarbon.



(a)

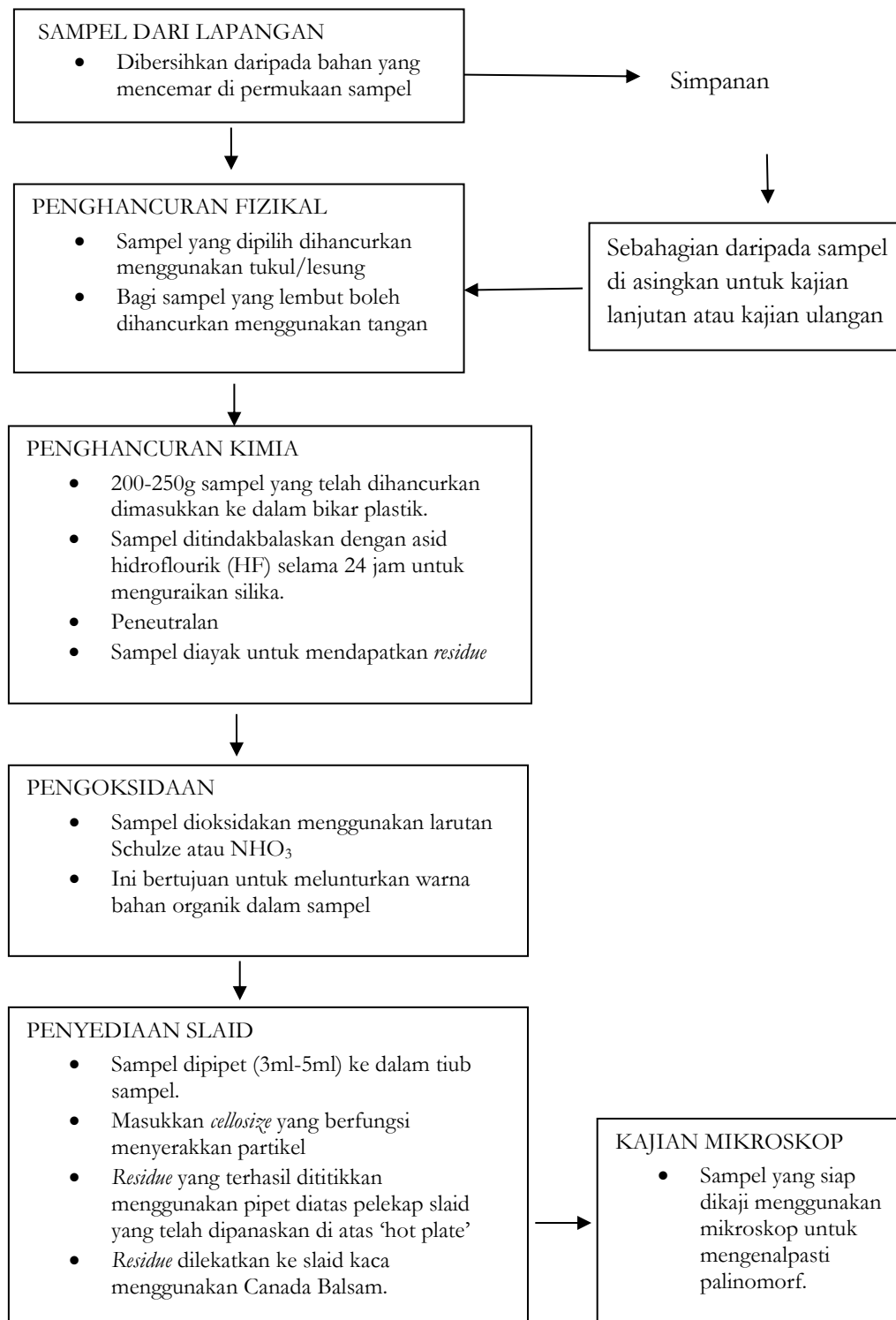


(b)

Rajah 3. a) Menunjukkan pengambilan sampel di dalam petak ekskavasi, Rajah b) Menunjukkan profil tanah yang telah dibersihkan di bahagian permukaan secara menegak.

Kaedah Analisis Polen di Makmal

Kajian di makmal adalah melibatkan dua peringkat iaitu peringkat penyediaan slaid dan peringkat kajian mikroskopi di makmal. Terdapat beberapa peringkat utama dalam penyediaan slaid iaitu penghancuran, pengoksidaan dan penyediaan slaid (Rajah 4). Peringkat ini dijalankan untuk membuang kesemua bahan yang terkandung dalam sampel kecuali bahan organik. Analisis palinologi dijalankan terhadap slaid dengan menggunakan pembesaran 400x, mikroskop binokular *Leica DME*. Bagi mendapatkan hasil yang jelas, penggunaan 1000x pembesaran dilakukan.



Rajah 4. Carta menunjukkan proses penyediaan sampel palinologi
(Sumber: Uyop 1997)

Pengelasan polen dan spora ini melibatkan pemerhatian terhadap lima kumpulan terminologi iaitu bentuk, saiz, susunan dan jumlah *aperture* serta struktur dinding luar polen (Brasier 1980). Saiz polen adalah pelbagai iaitu dalam anggaran 5 μm (0.005mm) sehingga lebih 200 μm , tetapi biasanya

adalah dominan bersaiz 20-50 μm . Jenis-jenis polen pada tumbuhan berbiji adalah sangat bervariasi iaitu (Vita 2003):

- i. Jenis polen daripada tumbuhan Gymnosperma adalah berbentuk tiada bukaan, bersayap dengan alur yang jelas
- ii. Jenis polen pada tumbuhan Monokotiledon adalah berbentuk tiada bukaan, monocolpate dan monoporate.
- iii. Jenis polen pada tanaman Dikotiledon adalah berbentuk tiada bukaan, 3 periporate, 3-6 colpate dan colporate.

Bentuk dasar polen bagi tumbuhan Angiosperma pula adalah monocolpate dan tricolpate:

- i. Monocolpate dicirikan dengan mempunyai alur di bahagian tengah-tengah polen seperti tumbuhan berkayu.
- ii. Tricolpate dicirikan oleh polen yang mempunyai tiga alur. Ciri ini turut dikenalpasti pada tumbuhan dikotiledon iaitu memperlihatkan perhiasan di dinding luar polen.

Spora pula mempunyai bentuk yang lebih ringkas, maka pengenaltiannya adalah berdasarkan bentuk alete, monolet dan trilete. Palinomorf spora fungal turut direkodkan dalam kiraan kumpulan ini, tetapi dikira diluar standard kiraan. Jumlah palinomorf di dalam sampel boleh dikelaskan kepada lima kelas mengikut (Hillen 1986) iaitu:

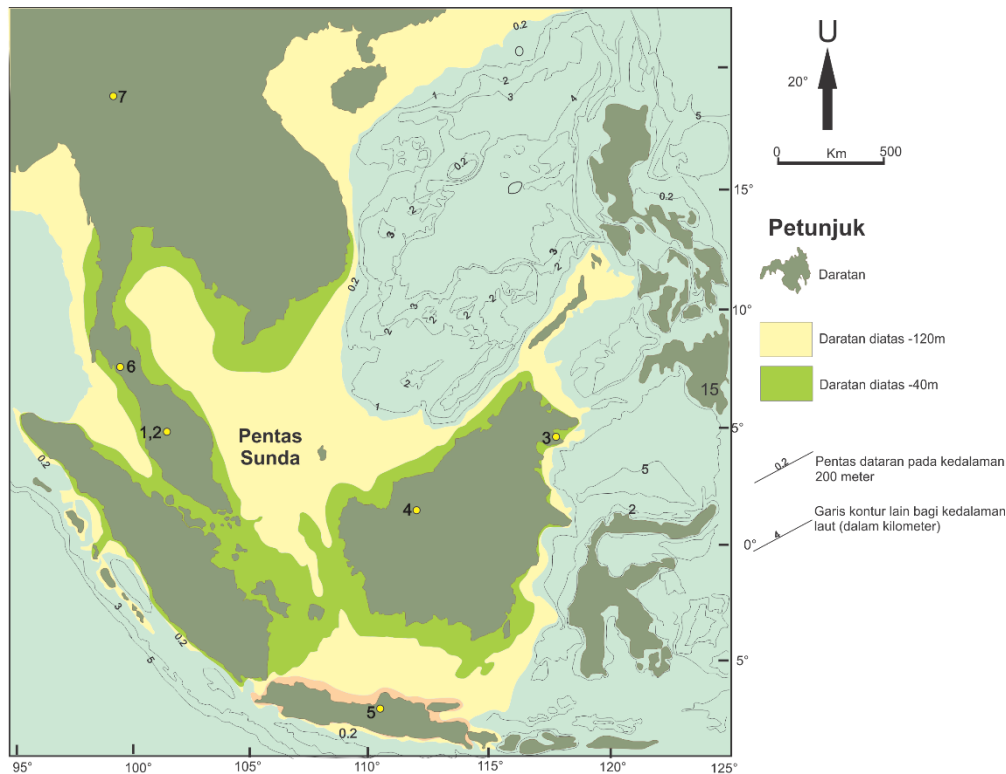
- 0 - barren : Tiada polen
- 1 - sangat sedikit : 0 - 15 butiran polen dalam per slaid
- 2 - sedikit: 16-50 butiran polen per slaid
- 3 - sederhana banyak: 51 - 150 butiran polen per slaid
- 4 - kaya: >150 butiran polen per slaid

Pembinaan diagram polen dilakukan setelah siap pengelasan jenis tumbuh-tumbuhan. Diagram tersebut dibahagikan kepada paksi x dan paksi y. Pada paksi x (mendatar) menunjukkan pengelasan jenis polen, manakala paksi y (menegak) pula menunjukkan kedalaman sedimen, usia sedimen dan jenis litologi. Stratigrafi sedimen boleh digambarkan dengan meletakkan simbol dan diletakkan pada bahagian di sebelah kiri diagram. Jumlah perkadaran jenis polen dan spora pada setiap kedalaman digambarkan melalui bar histogram. Skala bagi setiap perkadaran adalah tetap secara mendatar. Polen ini akan disusun mengikut kelompok arboreal, nonarboreal, dan spora paku pakis atau ekologi tumbuhan tersebut. Pengenalpastian ekologi dilakukan dengan merujuk buku teks dan kertas kerja botani dan palinologi.

BUKTI APLIKASI PALINOLOGI DALAM KAJIAN PALEOLITIK DI ASIA TENGGARA

Kebanyakan tapak-tapak arkeologi berkebudayaan Pleistosen di Asia Tenggara kurang mengaplikasikan kaedah kajian palinologi dalam mengenalpasti sejarah tumbuh-tumbuhan dan paleoklim. Namun begitu, kaedah ini banyak digunakan di tapak-tapak Paleolitik di Indonesia berbanding di negara lain.

Pada permulaan 1980-an, kajian palinologi banyak tertumpu di kepulauan Jawa, terutama tapak Sangiran (Semah 1982). Kebanyakan rekod palinologi daripada kajian tersebut digunakan dihubungkan dengan perubahan paleosekitaran dan paleoklim. Di samping itu, ianya turut dikaitkan dengan aktiviti dan adaptasi Manusia Awal dengan persekitaran. Selain di tapak arkeologi, bukti palinologi secara rantau melalui profil sedimen daripada penggerudian teras di daratan dan lautan. Penggerudian teras di daratan biasanya melibatkan penggerudian terhadap kawasan tasik dan tanah gambut di kawasan daratan di Asia Tenggara. Bukti-bukti tersebut turut penting dalam menyediakan maklumat tentang adaptasi manusia prasejarah dan hubungannya dengan perubahan tumbuhan. Maka, berikut dibincangkan bukti-bukti palinologi yang telah ditemui di beberapa tapak-tapak Paleolitik di Asia Tenggara (Rajah 5). Bukti palinologi dibincangkan merangkumi Pleistosen Awal hingga Pleistosen Akhir.



Tapak	Usia (tahun dahulu)	Iklim
1. Lawin, Perak, Malaysia	100,000-200,000	Savana, kering
2. Bukit Jawa, Perak, Malaysia	100,000-200,000	Iklim tropika, lebih sejuk
3. Mansuli, Sabah, Malaysia	235,000-15,400	Tropika kering
4. Gua Niah, Sarawak, Malaysia	41,000-46,000	Savana, hutan terbuka
5. Sangiran, Jawa, Indonesia	1.8 Juta	Savana, kering
6. Gua Moh Kiew dan Gua Sa Khai	30,000-10,000	Monsun, bermusim
7. Pelindung batuan Tham Lod dan pelindung batuan Ban Rai	10,000	Savana, kering

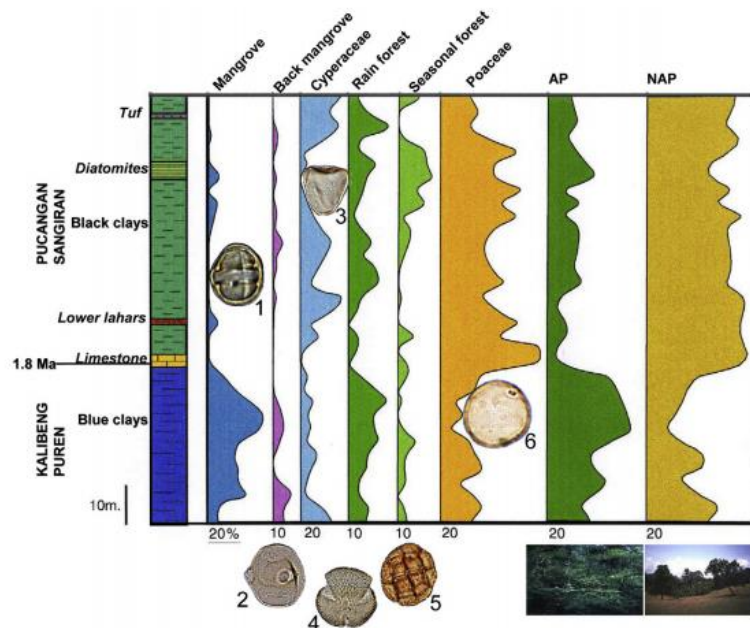
Rajah 5. Lokality kajian palinologi di Asia Tenggara semasa Pleistosen yang dibincangkan dalam artikel ini mengaplikasikan kaedah palinologi.

Sangiran (Pleistosen Awal)

Tapak Paleolitik Sangiran dikenali berdasarkan penemuan Manusia Awal pertama yang bermigrasi keluar daripada Afrika sejak 2.4 juta tahun dahulu (Sartono 1996) dan tersebar ke bahagian Asia Tenggara. Kawasan Sangiran, Indonesia telah menemui sebanyak 80 fosil *Homo Erectus*. Analisis palinologi turut dijalankan di lapisan abu vulkanik T11 di bahagian atas Formasi Sangiran (Pleistosen bawah) (Kitaba et al. 2012). Lapisan ini dipilih disebabkan penemuan tulang mandibular, *Pithecanthropus B* (Sangiran 1b) yang merupakan salah satu spesimen Manusia Awal tertua di Sangiran.

Analisis palinologi yang dijalankan di sepanjang urutan T11 telah mendedahkan bukti persekitaran semasa ketibaan Manusia Awal di Sangiran. Dalam lapisan 1.0 m di bawah hingga 0.5 m di atas T11 menunjukkan tumbuhan taxa herba iaitu Graminae adalah dominan lebih 50%, diikuti tumbuhan taxa akuatik Typha dan alga *Pediastrum*. Kelimpahan Graminae menunjukkan persekitaran kering (Rajah 6). Selain itu, tumbuhan dikenali adalah *Casuarina*, *Lagerstroemia*, *Salix*, *Corylus* dan *Myrica* turut dikenali tumbuh di persekitaran daratan rendah yang kering. Berdasarkan jumpaan tersebut menunjukkan wujudnya hutan terbuka berhampiran air tawar, berkemungkinan adalah tasik (Kitaba et al. 2012).

Namun begitu, perubahan besar persekitaran berlaku pada 0.5 m di atas T1. Pada bahagian ini, Gramineae (30-50%) menurun dan *Casuarina* hampir hilang. Selain itu, peningkatan spora (10-40%) yang menunjukkan persekitaran basah muncul. Pada masa yang sama, *Manilkara* (20-50%) meningkat dengan ketara dan menjadi komponen utama tumbuh-tumbuhan. Peratusan *Psidium* dan *Musa* meningkat sedikit. Taxa ini menunjukkan tumbuhan-tumbuhan yang boleh dimakan. Taxa tanah rendah iaitu *Lagerstroemia* atau *Salix* dikenal pasti telah hilang mungkin menunjukkan berlakunya penyejukan pada waktu tersebut. Perubahan persekitaran ini turut selaras dengan kajian diatom. Hasilnya menunjukkan bahawa sekitar T11 berlakunya *transgression* (dikaitkan dengan kenaikan aras laut), yang mungkin dikaitkan dengan tahap isotop oksigen marin (MIS) 31. Oleh itu, berdasarkan analisis palinologi dan didokongi data diatom menunjukkan bahawa Manusia Awal Sangiran mungkin berhijrah sebelum tempoh panas MIS 31 iaitu sekitar 1.6 juta tahun dahulu (Kitaba et al. 2012). Dalam masa yang singkat, iklim di rantau ini menjadi lembap dan mereka mempunyai banyak buah yang boleh dimakan, yang mungkin menjadikan persekitaran paling sesuai bagi masyarakat Sangiran.



Rajah 6. Rekod palinologi di tapak Paleolitik Sangiran (Semah et al. 2016)

Lawin (Pleistosen Tengah)

Lawin terletak di luar daripada Lembah Lenggong iaitu kira-kira 30 km ke utara daripada pekan Lenggong. Tapak ini ditemui semasa pembinaan jalanraya Gerik-Kuala Kangsar pada tahun 1996. Survei yang dijalankan menunjukkan Lawin mempunyai alat batu meliputi kawasan seluas sekitar 300 m persegi, tetapi hanya tapak Ayer Jada yang telah diekskavasi (Mokhtar 1997b). Ekskavasi mendedahkan bukti kebudayaan masyarakat Paleolitik iaitu bengkel pembuatan alat batu. Tapak ini ditarikhkan secara relatif berdasarkan bukti geologi dan arkeologi dan dianggarkan berusia 200,000 - 100,000 tahun dahulu.

Sebanyak sembilan sampel tanah telah diambil bagi tujuan analisis palinologi pada lapisan kebudayaan Paleolitik di petak ekskavasi tersebut. Hasil analisis tersebut menemukan sebanyak 60 jenis palinomorf daripada spora paku-pakis, polen tumbuhan peringkat tinggi, polen tumbuhan herba, kelompang air dan spora kulat dan lumut (Mokhtar 1997b). Kajian palinologi turut mendedahkan tapak Lawin mempunyai bukti kehadiran paku pakis yang bersekitaran tasik iaitu *Asplenium tp*, *Gleichenia sp* dan *Lycopodium cernuum* (Mokhtar 1997b, 2007). Kehadiran polen dan spora di tapak ini mengesahkan kehadiran tasik kuno Kenering yang pernah wujud semasa penghunian tapak tersebut (Mokhtar 1997b). Kajian ini turut menemukan spesies *Trema* (Rajah 7), *Gleichenia sp* dan *Lycopodium cernuum* yang mencadangkan sekitaran terbuka dan terang (Mokhtar 1997b). Berdasarkan bukti tersebut, menunjukkan masyarakat Paleolitik di Lawin membuat adaptasi dengan persekitaran tasik dan sekitaran terang dan terbuka.



Rajah 7. Penemuan polen dan spora di tapak Lawin (Mokhtar 1997b)

Bukit Jawa (Pleistosen Tengah)

Kajian palinologi turut dilakukan terhadap salah satu tapak Paleolitik terbuka di Lembah Lenggong iaitu tapak Bukit Jawa. Tapak ini turut berfungsi sebagai bengkel pembuatan alat batu Paleolitik yang berusia 100,000 - 200,000 tahun dahulu. Berdasarkan analisis palinologi di tapak ini menunjukkan kehadiran palinomorf adalah sederhana banyak per slaid. Kebanyakan pokok yang ditemui dari persekitaran tebing sungai hingga paya gambut iaitu berdasarkan pokok *Myrica*, *Acacia*, *Elaeocarpus*, *Eugenia*, *Myrtaceae*, *Pandanus*, *Aglaia*, *Blumeodendron*, *Campnosperma*, *Euphorbiaceae*, *Cephalomappa*, *Dactylocladus*, *Papilionaceae* type, *Stemonurus*, *Brownlowia*, *Florschuetzia ovalis* dan *Sapotaceae-Meliaceae*. Sungai dan paya tersebut adalah jenis air tawar. Walaupun begitu, *Bruguiera* dan *Florschuetzia ovalis* lebih menggambarkan persekitaran pasang surut yang melibatkan kawasan muara jenis air payau. Kehadiran *Bruguiera* adalah paling melimpah di sampel ini. *Agathis* dan *Dryobalanops* menggambarkan persekitaran yang mewakili hutan hujan. Penemuan *Casuarina* adalah berkaitan persekitaran kerapah ataupun hutan kerangas. Gramineae merupakan sejenis rumput yang menggambarkan persekitaran yang terang dan terbuka. Berdasarkan palinomorf yang dikenalpasti di Bukit Jawa menunjukkan tumbuh-tumbuhan adalah tumbuh di kawasan persekitaran yang lembap dan berair di kawasan hutan hujan tropika. Kehadiran *Nyssapollenites* dan *Palmae* type turut menguatkan hujah menunjukkan pada tersebut wujudnya kawasan tropika. Walaupun begitu, ditemui *Myrica* yang menggambarkan kawasan iklim sederhana. Maka, mungkin wujudnya juga keadaan lebih sejuk pada waktu tersebut.

Mansuli (Pleistosen tengah hingga Akhir)

Tapak Mansuli dikenal pasti sebagai tapak paling tua di Borneo. Ianya terletak kira-kira 25 km dari Barat Laut Bandar Lahad Datu, Sabah. Berdasarkan jumpaan artifak litik, tapak ini dikatakan berfungsi sebagai bengkel pembuatan alat batu yang *in situ* (Jeffrey et al. 2008). Usia tapak ini adalah sekitar 235,000 tahun dahulu berdasarkan pentarikhan OSL. Analisis palinologi di tapak ini menunjukkan tumbuhan daripada hutan kering dan rumput meningkat daripada 235,000 sehingga 15,400 tahun dahulu dengan kehadiran *Scheelea*, *Sapotaceae*, *Papilionaceae*, *Euphorbiaceae*,

Graminae dan *Ambrosia cumanensis* (Jeffrey 2014). Selain itu, kehadiran paku pakis dikenalpasti meningkat daripada awal penghunian hingga 15,400 tahun dahulu yang membuktikan kehadiran tasik kuno di kawasan kajian. Ini juga menunjukkan tumbuhan hidup di kawasan lembap pada waktu ini. Namun begitu, tumbuhan paku pakis tersebut didapati mengurang selepas tahun 15,400 tahun dahulu yang bersamaan dengan akhir pengglasieran maksimum. Maka berdasarkan bukti palinologi, tapak ini dikaitkan dengan iklim tropika kering jenis hutan monsun atau hutan kering. Ini bertepatan dengan kajian Adam dan Faure (1997) yang mengatakan hutan Sabah adalah hutan monsun atau hutan kering semasa pengglasieran maksimum.

Gua Niah (Pleistosen Akhir)

Gua Niah merupakan satu tapak yang terletak di negeri Sarawak, Malaysia sebahagian daripada kepulauan Borneo. Tapak ini telah menemui tengkorak manusia, 'Deep Skull' di bahagian West Mouth di Great Cave pada tahun 1958 (Brothwell 1960). Manusia tersebut dianggarkan berusia 40,000 tahun dahulu berdasarkan pentarikhan radiokarbon. Barker et al. (2007) telah menjalankan kajian baru yang melibatkan urutan stratigafi, penggunaan pentarikhan AMS termasuk ABOX arang dan U-series terhadap tulang 'Deep Skull'. Berdasarkan kajian beliau, usia baru bagi litostratigrafi berkaitan "Deep Skull" adalah 46,000 hingga 34,000 tahun dahulu.

Kajian palinologi turut dijalankan pada kolum sedimen litofasies 2 disebabkan lapisan tersebut menunjukkan perubahan persekitaran yang ekstrem. Sampel diambil pada lapisan yang mempunyai pentarikhan AMS-ABOX berusia 42,490 $\pm$ 600 ^{14}C tahun dahulu (46,100 $\pm$ 600 cal tahun dahulu; Niah-310) dan 41,690 $\pm$ 600 ^{14}C tahun dahulu (46,381 $\pm$ 555 cal tahun dahulu; Niah-311) (Barker et al 2007). Polen dan spora yang ditemui terbahagi kepada ekologi yang pelbagai, iaitu 1) Taxa tumbuhan paya bakau (kebanyakan spesies *Avicennia*) yang menunjukkan tapak ini berdekatan dengan laut satu masa dahulu sebelum ditutup oleh sedimen daripada Sungai Niah. 2) Taxa tumbuhan hutan dicirikan oleh pelbagai jenis pokok lianas termasuk Podocarpus, Fagaceae, Dodonea, Palmae, Casuarina, Symplocos, Elaeocarpus, Santiria, dan Oleaceae, yang menandakan hutan kering (melibatkan ketinggian) 3) Taksonomi tanah terbuka dan terganggu kebanyakannya Poaceae dan Cyperaceae, dengan beberapa Asteraceae, Lactucae, Plantago, Albizia, Macaranga, dan Ochnaceae, menunjukkan landskap jenis savana dan mungkin hutan terbuka.

Diagram polen yang dibina di tapak ini menunjukkan terdapat dua episod yang jelas iaitu kewujudan hutan dan pertukaran kepada tumbuhan jenis savana dengan bukti keadaan lembap dengan masa singkat. Pengubahsuaian habitat bagi tapak ini turut termasuk pembakaran hutan, ini disebabkan oleh penemuan polen *Justicia* (Acanthaceae) dalam jumlah yang banyak. Hal ini kerana *Justicia* merupakan tumbuhan pertama yang akan hidup di kawasan terbakar di kawasan hutan sekarang. Maka ini menguatkan bukti wujudnya pembakaran hutan pada waktu tersebut. Aktiviti pembakaran hutan akan meningkatkan penghasilan tumbuhan untuk sumber makanan kepada manusia dan haiwan.

Bukti di Gua Niah menunjukkan Manusia Niah sekitar 46,000 tahun dahulu mengeksploitasi landskap yang pelbagai berdasarkan jumpaan palinologi. Di samping itu, masyarakat ini juga mengamalkan tingkah laku yang maju untuk mengeksploitasi persekitaran tropika seperti menjalankan aktiviti memburu, memungut dan memproses tumbuhan untuk kegunaan seharian berdasarkan bukti sedimen, palinologi, pitolit, fosil tumbuh-tumbuhan, butiran kanji dan jumpaan vertebra.

Gua Moh Kiew dan Gua Sa Khai (Pleistosen Akhir)

Kebudayaan prasejarah Gua Moh Kiew berlangsung pada 37,000-4,200 BP, gua Sa Kai sekitar 10,000 hingga 4,000 BP. Sedimen di petak ekskavasi telah digunakan sebagai kaedah pensampelan oleh Watanasak (2003). Sampel telah diambil pada bahagian pintu masuk gua. Beliau telah menemukan spesies yang dominan di Gua Moh Kiew seperti *Browlowia*, *Carmanine*, *Amania*, *Quecus*, *Lagerstroemia*, *Acer* dan *Polypodiaceae* type, manakala spesies yang dominan di Sa Khai adalah spora paku-pakis seperti Polypodiaceae dan Cyatheaceae, turut ditemui juga polen *Browlowia*?, *Cardamine*, *Quecus* dan *Podocarpus*

type. Hasil penemuan palinomorff di tapak ekskavasi gua tersebut menunjukkan jenis tumbuhan yang ditemui adalah sama dengan tumbuhan pada masa sekarang iaitu iklim monsun atau bermusim.

Pelindung batuan Tham Lod dan pelindung batuan Ban Rai (Pleistosen Akhir)

Kajian palinologi di pelindung batuan Tham Lod dan pelindung batuan Ban Rai telah dijalankan oleh Projek Arkeologi Tanah Tinggi. Tapak tersebut mempamerkan kebudayaan prasejarah Pleistosen Akhir. Hasil kajian tersebut telah menemukan polen yang dominan terdiri daripada polen Fagaceae dan Pinus sp. bersama-sama kajian dendrokronologi terhadap keranda log. Kajian tersebut mencadangkan persekitaran yang lebih sejuk berbanding sekarang. Sampel sedimen turut dikaji oleh Dan Penny di tapak ekskavasi tersebut, walaupun begitu hasil kajian kurang produktif berbanding kajian sebelum ini. Berdasarkan perbandingan dengan bukti arkeologi, data polen menunjukkan wujudnya taksa tumbuhan semasa Pleistosen terdiri daripada flora tropika dan sub-tropika seperti *Alnus* sp., *Arenga* sp., *Calocedrus* sp., *Carpinus* sp., *Celtis* sp., *Dillenia* sp., *Dipterocarpus* type, *Hopea*/ *Shorea* type, *Pinus* sp., *Quercus* sp., *Cyperaceae*, *Poaceae* dan spora paku-pakis. Oleh itu, berdasarkan jumpaan palinologi tersebut menunjukkan sama dengan tumbuhan sekarang iaitu mempunyai hutan jenis perbukitan malar hijau, pokok pinus dan laun luruh. Maka, pengkaji mencadangkan persekitaran semasa Pleistosen akhir adalah sama dengan sekarang di Tham Lod dan Ban Rai. Trikanchanawattana (2005) turut mengkaji palinologi tapak tersebut bersama konteks arkeologi dan data palinologi, persekitaran pelindung batuan Tham Lod adalah sama dengan sekarang iaitu iklim savana. Persekitaran di pelindung batuan Ban Rai juga tiada perubahan yang ketara semasa 10,210+/-50 BP.

KEPENTINGAN KAEDAH PALINOLOGI DALAM KAJIAN PALEOLITIK DI ASIA TENGGARA

Kajian palinologi di Asia Tenggara telah terbukti memberikan gambaran persekitaran daripada segi perspektif rantau dan tempatan oleh pengkaji tempatan mahupun pengkaji luar. Walaupun kajian palinologi dan persekitaran tapak Paleolitik masih kurang dijalankan, khasnya di Asia Tenggara. Berikut dibincangkan kepentingan kaedah palinologi dalam kajian Paleolitik di Asia Tenggara:

Rekod Palinologi

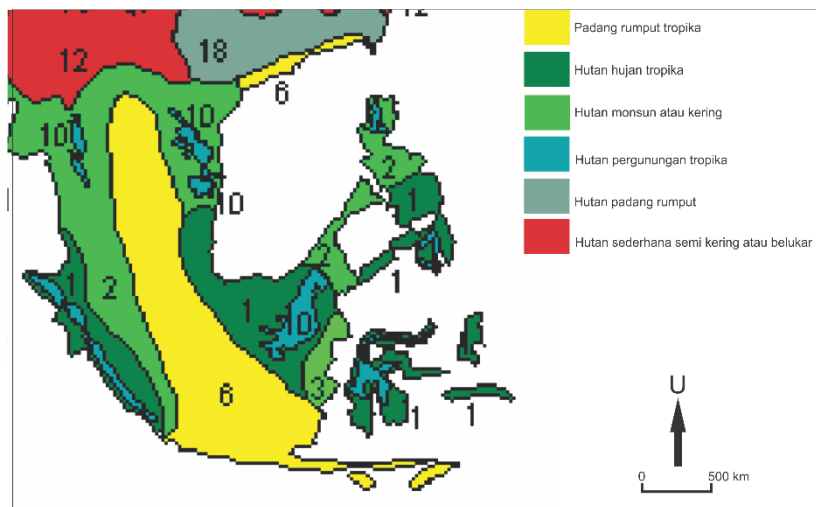
Berdasarkan kajian palinologi di Asia Tenggara, didapati kebanyakan bukti-bukti menggambarkan tumbuh-tumbuhan yang wujud semasa Pleistosen Akhir terutama daripada sedimen penggerudian teras. Namun begitu, bukti-bukti palinologi masih boleh diperolehi berdasarkan kajian di tapak arkeologi terutamanya di tapak Manusia Awal di Jawa, Indonesia, Lawin, Semenanjung Malaysia dan Mansuli, Sabah yang berusia Pleistosen Awal dan Pleistosen Pertengahan. Menerusi kajian terdahulu juga, tiada rekod palinologi daripada negara Myanmar, Laos, Kemboja dan Vietnam semasa Pleistosen (Penny 2001). Maloney (1994) turut menyokong dengan mengatakan rekod sejarah persekitaran di Asia Tenggara sangat kurang dibandingkan bahagian lain di dunia.

Lingkungan tumbuh-tumbuhan semasa Pleistosen

Melalui kajian palinologi, tumbuh-tumbuhan semasa Pleistosen dapat diketahui secara jelas. Keadaan hutan semasa Pleistosen adalah kompleks dan pelbagai ini agak sensitif dan terdedah kepada perubahan iklim (Heaney 1991). Penurunan aras laut maksimum semasa pengglasieran maksimum terakhir (LGM) telah menyebabkan Asia Tenggara telah mengalami pelbagai persekitaran berdasarkan rekod daripada bukti palinologi dan turut disokong dengan bukti zooarkeologi, geomorfologi dan sebagainya. Maka persekitaran Asia Tenggara semasa Pleistosen terdiri daripada (Louys dan Meijard 2010) 1) Hutan hujan tropika, 2) Hutan kering tropika, 3) Hutan kayu tropika, 4) Padang rumput tropika, 5) Hutan pergunungan (Rajah 8). Menurut Corlett (2005), tiga jenis tumbuh-tumbuhan yang wujud di Asia Tenggara adalah 1) Tumbuhan tanah rendah: Hutan hujan tropika, hutan daun luruh tropika, savana dan tumbuhan pokok herba 2) Tumbuhan pergunungan: Hutan pergunungan dan tumbuhan *alpine* 3) Tanah lembap.

Semasa Pleistosen Pertengahan, Jawa, Mansuli, Subang dan Lawin dicirikan oleh persekitaran terbuka dan kering iaitu savana. Sementara itu, semasa penglasieran maksimum terakhir (LGM), rekod palinologi menunjukkan wujudnya keadaan savana di Thailand, Malaysia, Singapura, Borneo, Jawa dan Filipina mengalami keadaan savana yang dikaitkan dengan iklim kering dan bermusim. Morley (2000) mencadangkan tempoh glasier semasa Kuaternari adalah dicirikan oleh savana kering berdasarkan teras gerudi lautan dalam. Ini dicadangkan berdasarkan peningkatan Poaceae dengan persekitaran hutan hujan yang terletak di Borneo utara, Sumatera barat dan kawasan Sunda yang kini tenggelam. Verstapen (1975 dan 1997) pula berpendapat iklim di Asia Tenggara semasa tempoh glasier mengalami perubahan yang lebih kering dan mempunyai iklim yang bermusim.

Selain itu, dikenalpasti kemungkinan perubahan persekitaran wujud daripada kawasan hutan hujan kepada hutan terbuka seperti savanah tropika daripada semasa ke semasa (Heaney 1991; Bird et al. 2005; Louys dan Meijaard 2010) (Rajah 9). Inilah persekitaran yang diadaptasi oleh masyarakat prasejarah yang wujud ketika itu.



Rajah 8. Persekitaran di Asia Tenggara semasa penglasieran maksimum terakhir
(Sumber: Ray dan Adams 2001)

Iklim

Berdasarkan rekod palinologi, iklim di Asia Tenggara adalah lebih sejuk semasa Pleistosen berbanding masa sekarang (Sun et al 2003) (Jadual 1). Perubahan ini telah mempengaruhi lapisan tumbuhan. Namun begitu, kebanyakan rekod hanya merangkumi 50,000 tahun dahulu dan yang paling tua adalah kajian di bahagian utara Laut China Selatan iaitu sekitar 1.03 juta tahun dahulu (Sun et al. 2003). Kebanyakan rekod polen semasa Pleistosen adalah memberikan petunjuk iklim di Asia Tenggara adalah kering dan mungkin lebih sejuk antara 6-7°C berbanding Holosen. Rekod polen di kawasan pergunungan menunjukkan penurunan suhu 6-10 Papua New Guinea.

Jadual 1. Perbandingan tapak-tapak kajian palinologi di Asia Tenggara semasa Pleistosen

Negara	Tapak	Jenis tapak	Usia	Tumbuhan berdasarkan jumpaan palinologi	Iklm	Pengkaji
Indonesia	Sangiran	Tapak Paleolitik	2.4 juta tahun dahulu	Hutan terbuka berasosiasi dengan paya air tawar, Graminae - Iklim bermusim	Savana,kering, bermusim	Semah (1984), Tokunaga <i>et al.</i> (1985) dan Kitaba <i>et al.</i> (2012).
	Trinil, Jawa		1.0 juta tahun dahulu	Hutan terbuka berasosiasi dengan paya air tawar Graminae - Iklim bermusim	Savana, kering, bermusim	Polhaupessy (1990)
	Solo Madium, Jawa	Tapak Paleolitik	Pleistosen Awal	Hutan terbuka berasosiasi dengan paya air tawar Graminae - Iklim bermusim	Savana, kering, bermusim	Polhaupessy dan Sudijono (1985).
	Bumiyu, Jawa	Tapak Paleolitik	Pleistosen Awal	Hutan terbuka berasosiasi dengan paya air tawar-paya air payau Graminae - Iklim bermusim	Savana,kering, bermusim	Semah (1984), Tokunaga <i>et al.</i> (1985) dan Poulhaupessy (1990).
Malaysia	Lawin, Perak	Tapak Paleolitik	100,000-200,000 tahun dahulu	Persekitaran tasik dan sekitaran terang dan terbuka	Savana, kering, bermusim	Mokhtar (1997b)
	Mansuli, Sabah	Tapak Paleolitik	235,000 - 15,400 tahun dahulu	Hutan monsoon atau hutan kering	Tropika kering	Jeffrey (2015)
	Tingkeyu, Sabah	Tapak Paleolitik	28,000 tahun dahulu	Persekitaran tasik dan sekitaran terang dan terbuka	Savana, kering, bermusim	Mokhtar (1997b)
	Niah, Sarawak	Tapak Paleolitik	46,000 tahun dahulu	Pengubahsuaian hutan hujan-Hutan terbuka atau Hutan kering Bukti kebakaran hutan berdasarkan <i>Justicia</i>	Savana, Kering	Barker <i>et al.</i> (2007), Hunt (2012)

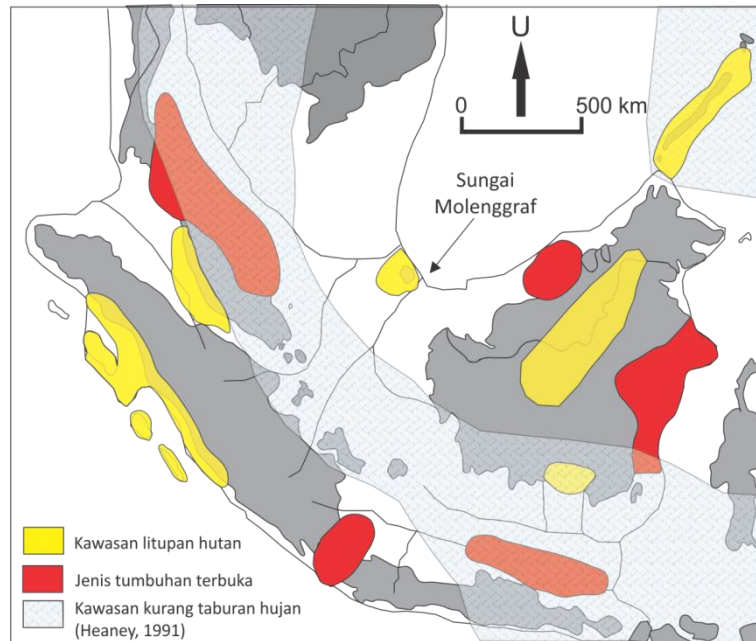
Thailand	Gua Moh Kiew, Thailand Selatan	Tapak Paleolitik	37,000-4,200 BP	<i>Browlowia</i> , <i>Cardamine</i> , <i>Amania</i> , <i>Quercus</i> , <i>Lagerstroemia</i> , <i>Acer</i> dan <i>Polypodiaceae</i> type	Monsun/bermusim	Watanasak (2003)
	Gua Sa Khai, Thailand Selatan	Tapak Paleolitik	10,000 hingga 4,000 BP	Polypodiaceae dan Cyatheaceae, turut ditemui juga polen <i>Browlowia</i> ?, <i>Cardamine</i> , <i>Quercus</i> dan <i>Podocarpus</i> type.	Monsun/bermusim	Watanasak (2003)
	Pelindung batuan Ban Rai, Barat Laut Thailand	Tapak Paleolitik	Pleistosen Akhir	Hutan jenis <i>hill evergreen</i> , pokok pinus dan laun luruh	Savana, Lebih sejuk	Trikanchanawattana (2005)

Penyebaran Manusia Awal

Perubahan persekitaran telah mendorong kepada evolusi Manusia Awal dan menyebabkan berlakunya migrasi (Jeffrey 2013). Malah migrasi Manusia Awal di Asia Tenggara turut dibincangkan oleh ramai penyelidik yang mana telah mengemukakan iklim sebagai faktor migrasi. Menurut pengkaji terdahulu, Manusia Awal telah keluar daripada Afrika disebabkan oleh faktor iklim (Rolland 2002). Sehubungan dengan itu, terdapat beberapa teori telah dikemukakan oleh penyelidik tersebut. Bartstra (1985) mempercayai bahawa Manusia Awal di Asia Tenggara ini mengambil 'lorong savana' dalam perjalanannya kerana ia mudah menyesuaikan diri kepada vegetasi savana. Seterusnya, Heaney (1991) turut mencadangkan di bahagian tengah Pentas Sunda adalah dipengaruhi oleh 'koridor savana' yang mana ianya dikelilingi oleh hutan tropika di kedua-dua bahagian semasa pengglasieran terakhir (Rajah 7). Pada dasarnya, koridor savana ini akan terhasil akibat penurunan permukaan daratan Lautan Sunda. Teori ini turut disokong oleh Bird et al. (2005) berdasarkan gabungan kajian geomorfologi, biogeografi, palinologi dan permodelan tumbuh-tumbuhan. Pengurangan taburan hujan turut dikenal pasti pada bahagian koridor tersebut iaitu tengah Pentas Sunda (memanjang daripada selatan Thailand hingga Jawa Timur. Walaupun begitu, Ferry Slik et al. (2011) menolak pendapat tersebut kerana menurut beliau bahagian tengah antara Sumatera, Jawa, Kepulauan Borneo dan Semenanjung Malaysia mempunyai tanah yang tidak sesuai untuk persekitaran savana. Oleh disebabkan hal tersebut, maka hipotesis tentang migrasi manusia mengikut kawasan savana masih diperdebatkan (Jeffrey 2013).

Tapak yang ketiadaan bukti fosil fauna

Tapak arkeologi di Asia Tenggara yang tidak mempunyai fosil fauna masih berupaya mengenalpasti iklim berdasarkan tumbuh-tumbuhan melalui kaedah palinologi. Sehubungan dengan itu, penemuan rekod palinologi di tapak arkeologi boleh dikorelasi atau dihubungkan dengan data yang bersifat regional seperti kajian palinologi daripada sedimen laut dalam di Asia Tenggara (Dennell 2009).



Rajah 7. Persekitaran Asia Tenggara semasa LGM. Diubahsuai daripada Meijaard (2003) dan Heaney (1991).

Pengenalpastian Diet

Selain itu, kaedah ini turut membantu dalam mengenalpasti diet Manusia Awal berdasarkan penemuan tumbuhan berbuah seperti penemuan taxa *Psidium* dan *Musa* di tapak Sangiran. Diet prasejarah bukan sahaja memberikan gambaran tentang amalan pemakanan dan jenis makanan, malah ia turut memberikan gambaran yang jelas tentang cara hidup Manusia Awal dan bentuk alam ketika itu (Mei 2008).

KESIMPULAN

Kaedah palinologi adalah satu pendekatan saintifik dalam membina persekitaran kuno dan paleoiklim di Asia Tenggara. Pendekatan ini sangat berguna dalam menghubungkan pemilihan penempatan Manusia Awal terhadap alam semula jadi semasa penghunian di Asia Tenggara. Ini kerana Manusia Awal sangat bergantung hidup kepada persekitaran pada waktu yang pernah diduduki. Selain itu, ianya turut dapat membantu mentafsirkan adaptasi dan kegiatan masyarakat Awal di Asia Tenggara. Hasil aplikasi ini turut berguna dalam menyumbangkan data-data palinologi dan paleoiklim di kawasan Pentas Sunda dan secara tidak langsung akan membantu dalam penafsiran migrasi Manusia Awal di Asia Tenggara. Oleh itu jelas menunjukkan kajian palinologi memberi sumbangan yang besar kepada bukti tumbuhan kuno, paleoiklim, paleoalam, pentarikan kronometrik dan adaptasi masyarakat Paleolitik di Asia Tenggara.

PENGHARGAAN

Kajian ini telah dijalankan di bawah Geran jangka pendek - Kajian Palinologi Di Tasik Kuno Chenderoh, Lenggong, Perak: Sumbangan Kepada Paleoalam Dan Paleoiklim Di Lembah Lenggong; No. Akuat: 304.PARKEO.6315637 dan Geran FRGS- 203.PARKEO.6712145. Ribuan terima kasih kepada Jabatan Warisan Negara atas kerjasama dalam menjayakan projek ini. Terima kasih juga kepada semua staf Pusat Penyelidikan Arkeologi Global dalam membuat kerja lapangan dan kajian makmal. Akhir kata, sekalung budi dan jutaan terima kasih buat semua.

RUJUKAN

- Adams, D.P. 1975. Modern pollen surface samples: and analysis of subsamples. *Journal of Research United States Geological Survey* 3: 733-736
- Adams, J. and Faure, H. 1997. Review and atlas of palaeovegetation: preliminary land ecosystem maps of the world since the Last Glacial Maximum. Quaternary Environments Network.
- Barker, G., Barton, H., Bird, M., Daly, P., Datan, I., Poi, Alan, D., Farr, L., Gilbertson, D., Harrison, B., Hunt, C., Higham, T., Kealhofer, L., Krigbaum, J., Lewis, H., McLaren, S., Paz, V., Pike, A., Piper, P., Pyatt, B., Rabett, R., Reynolds, T., Rose, J., Rushworth, G., Stephens, M., Stringer, C., Thompson, J. and Turney, C. 2007. The 'human revolution' in lowland tropical Southeast Asia: the antiquity and behavior of anatomically modern humans at Niah Cave (Sarawak, Borneo). *Journal of Human Evolution* 52: 243-261.
- Bartstra, G. J. 1985. Sangiran, the stone implements of Ngebung, and the Paleolithic of Java. *Modern Quaternary Research South East Asia* 9.
- Bird, M.I., Taylor, D. dan Hunt, C. 2005. Palaeoenvironments of insular Southeast Asia during the Last Glacial Period: a savanna corridor in Sundaland? *Quaternary Science Reviews* 24: 2228-2242.
- Brasier, M.D. 1980. *Microfossils*. Chapman & Hall. Pennsylvania State University.
- Bryant, V.M dan Holloway, R.G. 1983. The Role of Palynology in Archaeology. Dlm. *Advances in Archaeological Method and Theory* 6: 191-224
- Brothwell, D.R. 1960. Upper Pleistocene human skull from Niah caves, Sarawak. *Sarawak Museum Journal* (new series) 15-16:323-349.
- Chambers, F.M. 2002. *Quaternary environmental micropalaeontology* dalam The Environmental Applications of Pollen Analysis. London: Oxford University Press: 241-258
- Corlett, R.T. 2005. Vegetation. In A. Gupta (ed.). *The Physical Geography of Southeast Asia*. hlm. 105-119. Oxford: Oxford University Press.
- Dennell, R. 2009. *The Palaeolithic settlement of Asia*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dincauze, D.F. 2000. *Environment Archaeology: Principles and practice*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Heaney, L.R. 1991. A synopsis of climatic and vegetational change in Southeast Asia. *Climatic Change* 19: 53-61.
- Hunt, C.O. dan Premathilake, R. 2012. Early Holocene vegetation, human activity and climate from Loagan Bunut, Sarawak, Malaysian Borneo. *Quaternary International* 249: 105-119.
- Jeffrey Abdullah, Mokhtar Saidin, Koon, P dan Molijol, P. 2008. Bukti Kebudayaan Paleolitik di Lahad Datu, Sabah: Laporan Awal. *Jurnal Arkeologi Malaysia* 21: 21-30.
- Jeffrey Abdullah. 2013. *Lembah Mansuli, Lahad Datu, Sabah Dalam Prasejarah Asia Tenggara*. Pulau Pinang: Penerbit Universiti Sains Malaysia.
- Jeffrey Abdullah. 2014. Kebudayaan Paleolitik di Lembah Mansuli semasa Pleistosen Tengah hingga Pleistosen Akhir (235,000-11,000 tahun). Tesis PhD (Tidak diterbitkan)
- Kitaba, I., Hyodo, M., Matsu'ura, S., Kondo, M., Takeshita, Y., Aziz, F., dan Kumai, H. 2012. Palaeoenvironment of the Lowest Hominid-bearing Bed in the Sangiran Area, Indonesia. *American Geophysical Union* 12.
- Louys, J. dan Meijaard, E. 2010. Palaeoecology of Southeast Asian megafauna bearing sites from the Pleistocene and a review of environmental changes in the region. *Journal Biogeography* 37: 1432-1449.
- Maloney, B.K. 1991. Palaeoenvironments of Khok Phanom Di: the pollen, pteridophyte spore and microscopic charcoal record. In: Higham, C.F.W., Bannanurag, R. (Eds.). *The Excavation of Khok Phanom Di, A Prehistoric Site in Central Thailand*. Vol. II: The Biological Remains (Part I). Reports of the Research Committee No. 48. hlm. 7-19. The Society of Antiquaries of London, distributed by Thames and Hudson, London,
- Mei, G.H. 2008. Diet prasejarah: Kaedah kajian dan bukti di Lembah Lenggong, Perak. *Jurnal Arkeologi Malaysia* 21: 31-41.
- Meijaard, E. 2003. Mammals of south-east Asian island and their Late Pleistocene environments. *Journal of Biogeography* 30: 1245-1257.
- Mokhtar Saidin. 1997b. Kebudayaan Paleolitik di Malaysia, Sumbangan tapak Lawin, Perak dan Tingkayu, Sabah. Tesis PHD, Universiti Sains Malaysia. (Tidak diterbitkan).

- Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E. 1991. *Pollen Analysis*. 2nd ed. London: Blackwell Scientific Publications.
- Morley, R.J. 2000. *The origin and evolution of tropical rainforest*. Chichester: Wiley.
- Penny, D. 2001. A 40,000 year palynological record from north-east Thailand; implications for biogeography and palaeo-environmental reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 171: 97–128.
- Polhaupessy, A.A. 1990. Late Cenozoic palynological studies on Java. Unpublished PhD Thesis. University of Hull.
- Polhaupessy, A.A. dan Sudijono. 1985. Palynological study of Quaternary Formations in the Solo and Madium Areas. Geological Research and Development Centre. *Special Publication* 17: 109-117.
- Poumot C. 1989. Palynological evidence for eustatic events in the tropical Neogene. *Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf Aquitaine* 13: 437–453.
- Ray, N. and J. M. Adams. 2001. A GIS-based Vegetation Map of the World at the Last Glacial Maximum (25,000-15,000 BP). Internet Archaeology 11. Retrieved from http://intarch.ac.uk/journal/issue11/rayadams_toc.html.
- Robles, E. 2007. Palynological investigation of a laminated sediment core from Lake Guyang, Java, Indonesia. Master Thesis, Museum National D'histoire Naturelle De Paris (Not Published).
- Rolland, N. 2002. The initial hominid colonization of Asia: A survey of antropic evidence from biogeographic and ecological perspectives. *Indo-Pacific Prehistory Association Bulletin* 22 (Melaka Papers) 6: 3-16.
- Sartono, S. 1996. Java: Diversity of Upper Pliocene-Pleistocene Hominids. *Buletin Geology ITB*: 26(1).
- Semah, A.M. 1982. A preliminary report on a Sangiran pollen diagram. *Modern Quaternary Research in SE Asia* 7: 167-170.
- Semah, M. 1984. Palynology and Javanese Phitecantropus Paleoenvironment *Courier Forschungs institut Senkenberg* 69: 237-243.
- Semah, A., Semah, F., Moigne, A., Ingicco, T., Purnomo, A., Simanjuntak, T., dan Widiyanto, H. 2016. The palaeoenvironmental context of the Palaeolithic of Java: A brief review. *Quaternary International* 416: 38-45.
- Sun X.J., Luo, Y.L, Huang, F et al. 2003. Deep Sea pollen from the South China Sea Pleistocene indicators of East Asian Monsoon. *Marine Geology* 201: 97-118.
- Tokunaga, S., Oshima, H., Polhaupessy, A.A., dan Ito, Y. 1985. A palynological study of the Pucangan and Kabuh Formations in the Sangiran area. Geology and stratigraphy of the Sangiran area. *Quaternary Geology of the Hominid* 63.
- Trikanchanawattana, C. 2005. Palynological Study at Ban Tham Lod and Ban Rai in Pang Mapha District, Mae Hong Son Province, Northern Thailand. Msc. Degree. Mahidol University (Not Published).
- Uyop Said. 1997. Palinologi batuan Jura-Kapur Taman Negara. Dlm. Ibrahim Komoo, Mohd Shafea Leman, Kadderi Mat Desa & Ibrahim Abdullah (pnyt.). *Warisan Geologi Malaysia*. Bangi: Institut Alam Sekitar dan Pembangunan (LESTARI): 249-268.
- Verstappen, H.T. 1975. On palaeo climates and landform development in Malesia. *Modern Quaternary Research in Southeast Asia* 1: 3-36.
- Verstappen, H.Th. 1997. The effect of climatic change on southeast Asian geomorphology. *Journal of Quaternary Science* 12: 413–418.
- Vita 2003. Metode arkeologi untuk perkembangan penelitian Arkeologi di Indonesia dalam Cakrawala Arkeologi. *Jurusan Arkeologi, Indonesia* 303-318.
- Watanasak, M. 2003. Final research summary report on palaeo-ecological reconstruction of Sukhothai World Heritage. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- William, A. 2016. NCERT class XII biology: *Sexual reproduction in Flowering plants*. <https://schools.aglasem.com/18707>.

Nor Khairunnisa Talib
Pusat Penyelidikan Arkeologi Global,
Universiti Sains Malaysia,
11800 USM, Penang, Malaysia
Email: norkhairunnisa@usm.my

Received: 14th February 2025

Accepted: 27th March 2025

Published: 30th April 2025