

GEOLOGI

SANTHIAVATHI RAMASAMY (Foto Penulis)

PALEONTOLOGI HIDUPAN LAMPAU YANG TERAWET

Setelah mengetahui tentang geologi, paleontologi yang merupakan sebahagian daripadanya ialah bidang yang penuh dengan fakta yang menarik tetapi tidak diketahui oleh banyak orang. Paleontologi terungkuai daripada perkataan Greek, iaitu *paleos* yang bermakna kuno dan *ontos* yang bermakna hidupan, serta *logos* yang memberikan makna kajian. Secara umumnya, paleontologi dapat ditakrifkan sebagai bidang kajian yang merangkumi segala aspek hidupan masa lalu yang pernah menghuni biosfera ini dan telah terawet dalam batuan sedimen sebagai fosil (bermaksud sesuatu yang digali dalam Greek).

Ahli paleontologi menghadkan pemahaman dan pengertian fosil kepada tinggalan atau surihan hidupan berusia sekitar 10 ribu tahun yang terawet dalam batuan sedimen secara tabii. Bidang paleontologi ini pula boleh menyumbang kepada beberapa bidang paleontologi guna seperti paleobiogeografi, biostratigrafi, geokronologi, geokronometri dan geologi sejarah.

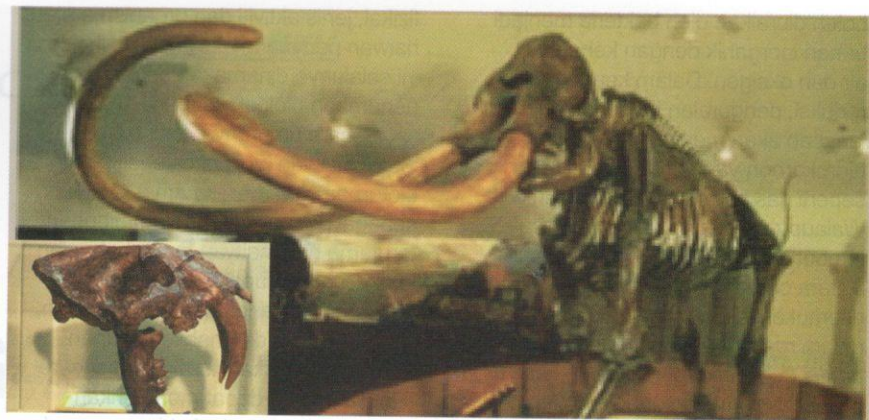
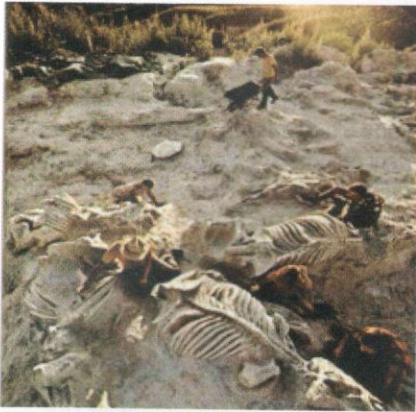


Jenis pengawetan fosil bahagian lembut seperti serangga dalam ambar.

Seperti dalam kebanyakan kajian geologi yang lain, antara prinsip yang digunakan untuk menghubungkaitkan bidang paleontologi dengan bidang yang lain ialah prinsip superposisi (lapisan batuan di bawah berusia lebih tua daripada lapisan batuan di atas

selagi belum mengalami deformasi), turutan fauna (dalam turutan batuan sedimen sekelompok lapisan dapat mengandungi kumpulan fosil tertentu dengan sekelompok lapisan di atas atau di bawahnya) serta prinsip *uniformitarianisme* (peristiwa kini ialah kunci kepada peristiwa masa lalu).

Tafonomi atau biostratinomi pula merupakan bidang khusus yang berkaitan dengan proses pemfosilan atau proses pengawetan yang dialami oleh sesuatu organisma yang bermula dari saat kematiannya hinggalah bertukar menjadi fosil pada masa ini. Oleh sebab fosil merupakan sebahagian daripada batuan sedimen, maka proses pemfosilan ini banyak mempunyai perkaitannya dengan proses pembentukan batuan sedimen itu sendiri, iaitu lebih kepada cara organisma tersebut mati, terurai, terangkut dan tertimbus, seterusnya mengalami diagenesis (proses fizikal dan kimia yang berlaku disebabkan kenaikan suhu dan tekanan) bersama-sama bahan sedimen yang lain.



Contoh bentuk fosil bahagian keras seperti tulang, gigi dan bahagian keras yang lain.

Sebahagian fosil pula turut tercangga dan mengalami metamorfisme bersama-sama batuan sedimen hingga grad yang tertentu sebelum metamorfisme grad tinggi memusnahkan sepenuhnya fosil tersebut. Pada setiap proses yang dilaluinya, organisma akan mengalami kehilangan atau kemusnahan pada kadar yang tertentu bergantung pada sifat fizik dan kimia organisma itu sendiri, selain persekitaran di tempat proses pengawetan berlaku.

Secara amnya, keadaan pengawetan fosil sama ada baik ataupun buruk yang ditemukan di kawasan lapangan sangat bergantung pada beberapa faktor yang utama, iaitu sifat anatomi hidupan, habitat organisma, sekitaran pengendapan dan kadar penimbunan. Sifat anatomi hidupan memberikan maksud bahawa organisma yang mempunyai bahagian atau rangka keras seperti cangkera, tulang atau gigi mempunyai peluang yang lebih baik untuk terfosil berbanding dengan organisma yang hanya mempunyai bahagian yang lembut.

Pada kebiasaannya, fosil cangkera moluska, brakiopoda atau karang yang sering dijumpai, jarang-jarang sekali bertemu fosil cacing yang telah menghuni bumi ini sejak berjuta-juta tahun dahulu. Habitat organisma menunjukkan hidupan samudera mempunyai peluang yang tinggi untuk menjadi fosil berbanding dengan hidupan daratan disebabkan oleh kadar pengoksidaan yang

tinggi di persekitaran daratan yang menyebabkan sebahagian besar organisma daratan mengalami pereputan sebelum terangkut atau tertimbus.

Sekitaran pengendapan yang berarus kuat biasanya akan mengangkut dan menghancurkan organisma dan keadaan ini akan mengurangkan peluang sesuatu organisma itu terawet sebagai fosil. Sebaliknya kadar arus yang perlahan akan menyebabkan sedimen yang berbutir halus terendap dan mengawet organisma hidup menjadi fosil yang cantik dan sempurna tanpa merosakkannya. Persekitaran reduksi juga menggalakkan pengawetan yang baik kerana kadar pereputan amat rendah. Umpamanya, hidupan daratan yang hidup di kawasan paya sering kali terawet dengan baik dan sempurna tetapi kehadiran pemangsa dan

pemakan bangkai akan merendahkan kemungkinan pemfosilan sesuatu kumpulan organisma sasaran atau mangsa.

Bagi kadar penimbunan, kandungan bahan sedimen yang banyak dalam sesuatu persekitaran akan dapat membantu pengawetan fosil dengan baik, walaupun persekitaran sedemikian tidak begitu sesuai bagi kebanyakan organisma untuk hidup. Penimbunan secara tiba-tiba oleh runtutan tebing atau ribut sering kali merupakan keadaan yang unggul bagi pengawetan fosil.

Sementara itu, sifat fizikal fosil terbahagi kepada empat, iaitu fosil bahagian lembut, fosil bahagian keras, fosil acuan dan fosil surih. Mengawet sebagai fosil bahagian lembut merupakan sesuatu perkara yang amat sukar kerana fosil dengan mudah



Leptolepis dubin dalam phylum chordata merupakan contoh fosil acuan dan cap.

Sumber: Makmal Paleontologi, Program Geologi UKM.

boleh diuraikan oleh bakteria menjadi bahan inorganik dengan kehadiran air dan oksigen. Dalam keadaan reduksi, penguraian bakteria yang tidak lengkap akan meninggalkan komponen hidrokarbon yang bermolekul tinggi seperti gas asli, minyak dan bitumen. Walaupun sebegini, kehadiran tisu lembut dalam fosil tidaklah mustahil. Antara contoh pengawetan yang biasa ditemukan ialah pengawetan serangga dalam resin dan ambar. Melalui fosil begini, maklumat biologi yang lebih tepat bagi organisma tersebut yang telah terawet boleh diperolehi.

Seterusnya fosil bahagian keras adalah bentuk fosil yang paling umum. Bahagian keras organisma seperti cangkerang boleh terawet dalam pelbagai jenis batuan sedimen; batu kapur, batu lumpur serta batu pasir yang bersaiz amat halus hinggalah yang kasar. Taburan dan kualiti pengawetan fosil bahagian keras amat bergantung kepada kekuatan arus dan kekuatan bahagian keras organisma tersebut. Dalam keadaan tertentu bahagian keras juga termusnah bersama-sama bahagian lembut dalam proses pengfosilan tetapi sebelum termusnah sepenuhnya fosil itu sempat meninggalkan acuan atau capnya pada sedimen yang memegangnya.

Acuan bahagian lembut atau keras biasanya ditemukan dalam batuan sedimen bersaiz halus hingga sederhana dan kebanyakannya menunjukkan morfologi organisma asalnya dengan agak baik. Kadangkala rongga kosong hidupan diisi oleh sedimen semasa penimbunan berlaku dan apabila bahagian keras termusnah dalam proses pengfosilan, maka tertinggalah acuan dalam rangka tersebut.

Fosil surih pula terjadi apabila sedimen yang disurih oleh haiwan itu diisi oleh bahan sedimen yang lain, iaitu berbeza dari segi saiz dan tekstur. Tinggalan surihan aktiviti haiwan dalam batuan sedimen ini dikenali sebagai fosil surih, manakala bidang yang khusus bagi mengkaji fosil-fosil begini dinamakan paleoiknologi. Dalam bidang ini, fosil surihan boleh dikelaskan berdasarkan tiga kriteria yang berlainan, iaitu bentuk

fizikal, jenis aktiviti dan organisma atau haiwan penyurihnya. Bentuk fizikal fosil ini selalunya dinamakan seperti cara penamaan biologi hidupan.

Secara umumnya, fosil surihan aktiviti haiwan ini juga dikenali sebagai bioturbasi dan mereka amat penting sebagai penunjuk kehadiran hidupan terutama bagi haiwan tanpa bahagian keras. Selain dapat memberikan maklumat tentang kadar penimbunan, kekuatan arus dan habitat hidupan pengelasan fizikal fosil ini juga secara tidak langsung dapat memberikan maklumat tentang jenis himpunan dan keadaan jujukan pelapisan serta menjadi penunjuk bahagian atas dan bahagian bawah sesuatu jujukan sedimen tersebut.

Berdasarkan komposisi kimia rangka fosil, hal ini berbeza-beza daripada satu kumpulan kepada kumpulan yang lain,



Garisan yang kelihatan tertimbul ialah fosil surih yang merupakan jejak organisma yang telah terpelihara dalam batuan.

bergantung pada komposisinya semasa hidup atau kepada perubahan kimia yang berlaku semasa pemfosilan yang boleh terbentuk daripada bahan organik serta bahan mineral. Selain fosil tisu lembut, bahan organik yang lain juga sering kali terawet sebagai fosil. Contoh fosil bahan seperti kutin, kitin dan protein sering kali terawet dalam sedimen.

Semua jenis fosil tumbuhan dan haiwan vertebrata, iaitu bahagian tulang dan gigi ialah contoh bagi bahan organik yang sering kali terfosil. Dalam kalangan invertebrata pula hemikordata (sebuah filum kecil invertebrata laut yang terdiri daripada cacing *acom*) dan kebanyakan atropoda (haiwan invertebrata yang mempunyai rangka luar dan badan yang

tersegmentasi) didapati mempunyai cangkerang daripada bahan organik.

Kebanyakan haiwan invertebrata mempunyai rangka atau bahagian keras yang dibentuk oleh mineral. Mineral asal dalam cangkerang dan tes terawet dalam bentuk asalnya atau kadangkala mengalami penghabluran semula atau penggantian oleh mineral yang lain. Kalsit, aragonit, silika, pirit, sulfat dan fosfat merupakan mineral utama yang membentuk fosil. Oleh sebab hidupan moden lebih banyak yang mempunyai cangkerang aragonit, maka sebahagian daripada fosil berkalsit yang mungkin telah mengalami perubahan daripada aragonit yang mempunyai komposisi kimia yang sama tetapi berstruktur kurang stabil daripada yang asalnya.

Secara khususnya dalam bidang paleontologi, bidang yang lebih spesifik bagi kumpulan hidupan tertentu telah diwujudkan oleh pengkaji taksonomi disebabkan oleh terlalu banyak fosil yang telah dapat diketahui. Bidang mikropaleontologi dikhususkan bagi mengkaji mikrofauna termasuk haiwan yang bersaiz mikro serta bahagian fosil bersaiz mikro. Fosil seperti foraminifera, ostrakod dan nanofosil dapat dimasukkan dalam bidang mikropaleontologi. Bidang yang mengkaji fosil tumbuhan berskala makro seperti kajian mengenai fosil daun, akar, batang dan buah kayu ialah bidang paleobotani.

Bagi zarah tumbuhan bersaiz mikro seperti debunga dan spora, bidang kajiannya dikategorikan sebagai palinologi. Paleozoologi pula ialah kajian sistematik mengenai fosil invertebrata dan vertebrata yang lebih besar, manakala paleoiknologi ialah kajian sistematik mengenai fosil surih. Kajian dalam satu jenis taburan spesies fosil menerusi masa dikenali sebagai biostratigrafi. Paleoekologi ialah kajian tentang hubungan antara fosil dalam sekitaran hidupan dengan persekitaran deposisi dan akhirnya, paleobiogeografi ialah kajian mengenai taburan geografi bagi fosil melalui zaman geologi yang lalu berhubung dengan penghijrahan fauna dan flora, perubahan paleoiklim serta pergerakan tektonik.