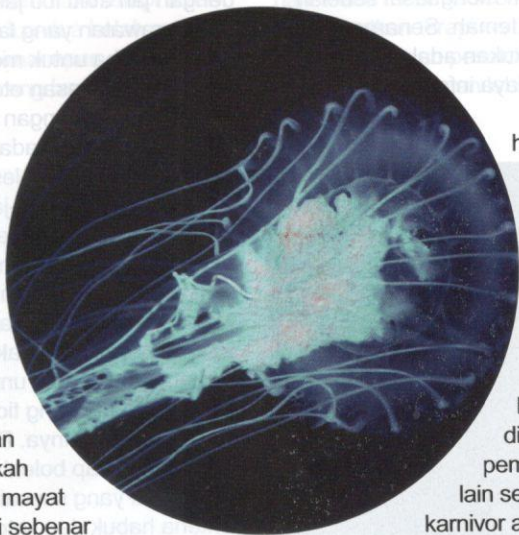


AMEBA DALAM FORENSIK

Apabila mayat ditemukan di luar rumah, ada dua soalan utama yang sering ditanyakan oleh pegawai penyiasat. Yang pertama, bilakah mangsa mati? Dan yang kedua, adakah lokasi penemuan mayat merupakan lokasi sebenar berlakunya kematian atau adakah mayat pernah dipindahkan dari tempat lain?

Dalam ekologi pereputan mayat, molekul pada mayat, seperti karbon, hidrogen dan oksigen, akan dikembalikan kepada alam semula jadi dalam bentuk inorganik dan dikitar semula (atau dikenali sebagai kitar nutrisi). Molekul inorganik ini akan diserap oleh tumbuh-tumbuhan untuk proses tumbesaran. Kemudian haiwan



herbivor, seperti lembu, akan mengambil tumbuh-tumbuhan ini sebagai makanan dan kemudian haiwan herbivor pula dimakan oleh pemangsa yang lain seperti haiwan karnivor atau omnivor.

Begitulah rantai makanan ini dibentuk dan disambungkan sebagai rangkaian makanan (*food web*).

Secara ringkasnya, tenaga suria daripada Matahari ditukar kepada tenaga kimia melalui tumbuhan (pengeluar) dan seterusnya dipindahkan pula kepada pengguna yang berikutnya. Apabila tumbuhan dan haiwan mati, pengurai akan memainkan peranannya untuk mengembalikan bahan organik di dalam mayat ke

dalam tanah sebagai zat makanan yang juga dikenali sebagai baja.

Siapakah pengurai mayat dan bangkai? Pengurai mayat antaranya termasuklah bakteria, protozoa, cacing, serangga, artropod, dan haiwan vertebrata seperti burung gagak, biawak, kucing hutan, anjing liar dan beruang. Pengurai bangkai ini memainkan peranan yang penting dalam proses pereputan bangkai supaya fungsi ekosistem tidak terganggu. Sains membuat kajian terhadap pengurai ini disebabkan kehadirannya pada mayat berkemungkinan dapat memberikan maklumat tentang kematian seperti masa kematian dan lokasi asal berlakunya kematian.

Dalam hal ini, ahli mikrobiologi boleh mengkaji jenis bakteria yang ada pada mayat untuk menentukan masa dan lokasi kematian, serta maklumat individu yang lain untuk siasatan forensik seperti usia mangsa, jantina, bangsa, dan keadaan kesihatan sebelum kematian berlaku. Perkara ini disebabkan komuniti

bakteria mungkin berbeza antara orang tua dengan kanak-kanak, antara lelaki dengan perempuan, antara kaum dan antara individu yang sakit dengan individu yang sihat. Ahli entomologi sebagai pengkaji serangga pula menggunakan ulat berenga atau larva lalat pada atas mayat untuk menentukan waktu kematian, sebab kematian, lokasi kematian, dan lain-lain. Begitu juga dengan ahli sains kimia tanah yang boleh menentukan lokasi kematian berdasarkan perubahan kimia, misalnya seperti kandungan ammonium, fosfat, dan nitrat di bawah tanah di lokasi mayat ditemukan.

Satu lagi bidang biologi forensik yang masih baharu dan belum diteroka ialah protozoologi forensik atau *protistologi forensic*. Bidang ini melibatkan penggunaan protozoa dalam kes siasatan forensik. Protozoa yang dimaksudkan dalam hal ini ialah organisma unisel seperti ameba, terutamanya ameba yang bercangkerang, atau *testate amoeba*. Kumpulan ameba bercangkerang ini berbeza daripada kebanyakan ameba yang lain kerana mempunyai cangkerang yang meliputi keseluruhan ameba tersebut.

Di samping itu, ameba bercangkerang mempunyai bukaan untuk pergerakan pseudopodium dan berupaya melindungi ameba daripada serangan pemangsa seperti protozoa lain, ikan atau udang kecil. Cangkerang

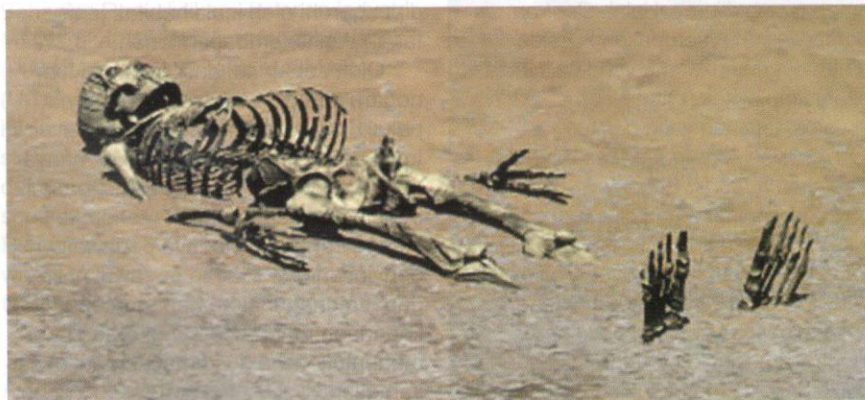


Kajian sains forensik berjaya menunjukkan ameba berpotensi untuk memberikan maklumat tentang waktu kematian.

tersebut dapat melindungi ameba daripada perubahan faktor persekitaran yang berbahaya. Bergantung pada spesies ameba, cangkerang tersebut dapat dijanakan sendiri oleh ameba atau dibina dengan menggunakan sedimen atau partikel daripada alam persekitaran. Oleh sebab cangkerangnya tahan lasak, maka cangkerang akan diawet dengan baiknya walaupun selepas ameba sudah mati selepas beberapa bulan atau ratusan tahun dalam sedimen. Atas

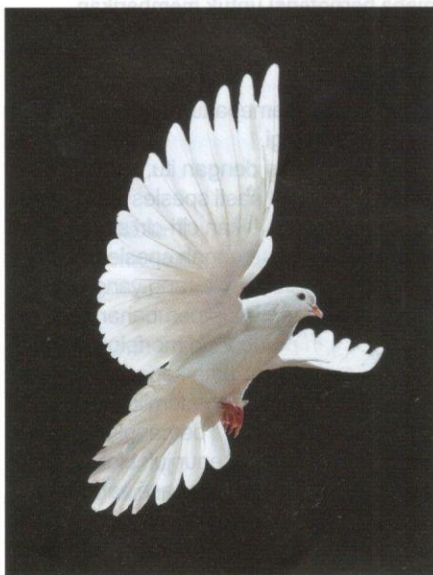
faktor itu juga, ameba turut dikaji dalam bidang arkeologi.

Sehubungan dengan itu, saintis dapat mengenal pasti spesies ameba dengan memerhatikan ciri-ciri struktur cangkerang. Sesetengah spesies ameba memiliki cangkerang yang amat sensitif terhadap perubahan iklim dengan perubahan morfologinya daripada peringkat sista kepada trofozoit dan sebaliknya. Sifat sedemikian membolehkan ameba bercangkerang digunakan sebagai penunjuk biologi, geologi, atau penunjuk cuaca zaman kuno. Ameba bercangkerang ini boleh ditemukan di dalam air tawar, tasik, sungai dan tanah. Ameba bercangkerang adalah bersaiz antara 20 μm hingga 150 μm , dan densiti populasi boleh mencapai 10^8 individu per m^2 . *Organism's unisel* (satu sel) ini terdiri daripada tiga kumpulan utama, iaitu Arcellinida, Euglyphida dan Amphitremida, berserta lebih kurang 2000 spesies, antaranya termasuklah 300 spesies yang boleh dijumpai di dalam tanah. Kadar pembiakan ameba adalah lebih lambat berbanding dengan bakteria, iaitu beberapa hari atau seminggu untuk satu generasi.



Dalam ekologi pereputan mayat, molekul pada mayat dikembalikan kepada alam semula jadi dalam bentuk inorganik.

Ameba bercangkerang dapat dipindahkan dari satu tempat ke satu tempat lain melalui pergerakan pasif, iaitu melalui tiupan angin atau mungkin terlekat pada haiwan lain seperti burung.



Kajian menunjukkan bahawa pereputan mayat akan mengubah profil kimia di bawah tanah. Hal ini disebabkan cecair mayat seperti darah dan urin dapat mengubah komposisi kimia di bawah tanah. Sebagai contoh, perubahan pH tanah, nitrogen, dan fosforus dapat dilihat apabila bangkai haiwan diletakkan di atas permukaan

tanah. Dengan adanya perubahan kimia di dalam tanah, secara langsung atau tidak langsung, organisma di bawah tanah juga terpengaruh oleh perubahan kimia tersebut. Antara organisma yang terpengaruh termasuklah bakteria, cacing tanah, ameba dan diatom.

Ameba bercangkerang pernah digunakan dalam kes forensik untuk membezakan sampel tanah yang terlekat pada kasut suspek dengan sampel tanah yang dikutip di tempat kejadian jenayah sebagai satu bukti keberadaan suspek di lokasi tersebut. Dalam kajian forensik yang dijalankan di Switzerland, saintis berjaya menunjukkan ameba bercangkerang berpotensi untuk memberikan maklumat forensik seperti waktu kematian.

Kajian tersebut menggunakan bangkai khinzir sebagai model penyelidikan dan komuniti ameba bercangkerang diperhatikan selama 10 bulan selepas bangkai khinzir diletakkan di atas tanah di sebuah hutan oak. Keputusan menunjukkan tiada lagi ameba hidup dijumpai selepas 22 hari dan 33 hari kematian selepas bangkai khinzir diletakkan di atas tanah. Pemerhatian ini menunjukkan bahawa ameba bercangkerang ini amat sensitif kepada perubahan alam persekitaran. Sekiranya terdapat perubahan mikroiklim di dalam tanah, seperti limpahan cecair bangkai di bawah tanah, maka komuniti ameba dari segi densiti dan kepelbagaian spesies akan berubah secara ketara.

Dalam kajian tersebut, spesies utama ameba yang dijumpai ialah *Centropyxis aerophila* yang merupakan spesies ameba bercangkerang yang paling biasa ditemukan di seluruh dunia, manakala spesies dominan yang berikutnya termasuklah *Arcella arenaria* dan *Euglypha rotunda*. Sebanyak 23 spesies ameba bercangkerang dijumpai dan dikenal pasti daripada kajian tersebut. Yang perlu diambil perhatian di sini ialah densiti ameba bercangkerang yang boleh dipengaruhi oleh kelembapan tanah, semakin tinggi kelembapan tanah, maka densiti ameba adalah lebih tinggi.

Ameba bercangkerang dapat dipindahkan dari satu tempat ke satu tempat lain melalui pergerakan pasif, iaitu melalui tiupan angin atau mungkin terlekat pada haiwan lain seperti burung. Selepas pereputan bangkai selesai di atas tanah, yakni bangkai berada pada peringkat tulang-belulang, maka komuniti ameba bercangkerang berupaya bergerak semula ke tapak pereputan bangkai yang sudah tiada ameba yang hidup dan mengkolonikan kembali kawasan tersebut.

Dari sudut forensik, hal ini adalah penting untuk mengetahui waktu komuniti ameba bercangkerang membuat pengkolonian semula di tapak kematian tersebut. Jika waktu pengkolonian ameba ini diketahui melalui kajian saintifik, maka anggaran waktu kematian dapat dicapai dengan mengkaji struktur komuniti ameba bercangkerang daripada sampel tanah yang dikutip di tempat mayat dijumpai. Oleh sebab perubahan kimia di bawah tanah meninggalkan kesan yang agak lama (lebih daripada 1 tahun), anggaran waktu kematian lanjutan dapat diterjemahkan daripada bukti ameba bercangkerang di dalam sampel tanah tersebut.

Kajian seterusnya dapat memfokuskan susunan penggantian spesies ameba bercangkerang mengikut peringkat pereputan bangkai, iaitu bermula dengan peringkat segar, kembang, pereputan aktif, pereputan lanjut dan berakhir dengan peringkat tulang. Walau bagaimanapun, komuniti ameba bercangkerang amat dipengaruhi oleh jenis habitat, jenis tanah dan kelembapan tanah.

Oleh sebab itu, hasil kajian di luar negara mungkin tidak sesuai diguna pakai di negara kita yang beriklim tropika. Sainis tempatan, terutamanya ahli protozoologi dan ahli sains forensik, perlu bekerjasama untuk meneroka bidang baharu ini supaya pegawai penyiasat forensik dan pegawai polis dapat menggunakan dan memahami kegunaan ameba bercangkerang bagi menentukan waktu kematian dan lokasi kematian.

Dr. Heo Chong Chin, Pensyarah di Jabatan Mikrobiologi dan Parasitologi, Fakulti Perubatan, UiTM.