Experts

Bioluminesens di Pantai Tembeling: Fenomena Semula Jadi Melalui Perspektif Saintifik

Wed, 07/22/2026 - 12:12

Fenomena bioluminesens merupakan fenomena semula jadi yang berlaku apabila organisma melepaskan cahaya melalui tindak balas biokimia yang berlaku di dalam sel mereka secara semula jadi (*Duchatelet & Dupont, 2025*). Fenomena ini berlaku di lautan luas hinggalah ke kawasan pesisir pantai. Cahaya biru terang (blue tears) dapat dilihat dengan jelas terutama pada waktu malam yang gelap. Cahaya ini dihasilkan oleh jutaan plankton mikroskopik khususnya dinoflagellata yang terpancar apabila ombak atau gangguan fizikal pada air mencetuskan tindak balas penghasilan cahaya oleh organisma berkenaan.

Lusiferin merupakan substrat pemancar cahaya di dalam kebanyakan sistem bioluminesens. Tindak balas lusiferin dimangkinkan oleh enzim lusiferase. Bagaimanapun, sesetengah organisma menggunakan sistem fotoprotein. Fotoprotein adalah kompleks protein yang mengandungi komponen penghasil cahaya dan boleh diaktifkan oleh rangsangan seperti pengikatan kofaktor seperti Ca2+ atau Mg2+, yang menyebabkan berlaku perubahan konformasi dalam protein tersebut.

Justeru itu, ia memberikan organisma cara untuk mengawal pelepasan cahaya dengan tepat. Apabila populasi organisma tinggi dan menerima gangguan seperti ombak, percikan air atau pergerakan dalam air, ia akan menghasilkan cahaya berwarna biru kehijauan melalui tindak balas melibatkan sebatian lusiferin dan enzim lusiferase. Cahaya tersebut bukan disebabkan oleh pantulan cahaya bulan atau pencemaran, tetapi merupakan hasil proses biologi yang berlaku secara semula jadi. Dari perspektif evolusi, pancaran cahaya ini dipercayai merupakan salah satu mekanisme pertahanan diri bagi organisma tersebut terhadap pemangsa.

Waktu terbaik untuk melihat fenomena bioluminesens di Malaysia adalah pada waktu malam apabila fenomena ini lebih menyerlah, terutamanya bila kekurangan cahaya pada waktu malam dan cahaya dari aktiviti manusia. Pada masa yang sama ketika keadaan laut lebih tenang dan cuaca baik, peluang untuk melihat fenomena ini adalah lebih tinggi. Walau bagaimanapun, setakat ini berdasarkan pemerhatian, tidak terdapat musim yang khusus yang boleh menjamin kemunculan fenomena ini. Ini adalah kerana fenomena ini sangat bergantung kepada gabungan faktor biologi dan persekitaran yang berlaku pada sesuatu masa.

Fenomena bioluminesens di Pantai Tembeling, Kuantan

Fenomena yang berlaku di Pantai Tembeling baru-baru ini mempunyai ciri-ciri bioluminesens. Walau bagaimanapun, spesies sebenar organisma yang menyebabkan fenomena tersebut perlu dikenal pasti menggunakan kaedah saintifik. Pensampelan air laut dan analisis makmal adalah antara aktiviti yang perlu dijalankan oleh para penyelidik.

Pelbagai hidupan marin dan mikrob mempunyai keupayaan menghasilkan cahaya sendiri. Mikroorganisma marin yang dikenali sebagai dinoflagellata, iaitu sejenis fitoplankton yang bersaiz

mikroskopik sering dikaitkan dengan fenomena bioluminesens. Bioluminesens merupakan sumber cahaya biologi yang sangat penting dalam persekitaran marin, khususnya di zon laut dalam yang menerima sedikit atau tiada cahaya matahari.

Bioluminesens hampir tiada dilaporkan dalam habitat air tawar kecuali pada sesetengah larva pada serangga dan haiwan bercengkerang. Di darat, kelip-kelip adalah satu contoh yang paling diketahui umum manakala serangga seperti tebuan dan lalat, serta organisma lain seperti fungi, siput babi dan juga cacing tanah turut dilaporkan mempunyai kebolehan dalam menghasilkan bioluminesens.

Perbezaan antara bioluminesens marin dan daratan ini tidak difahami sepenuhnya, tetapi beberapa ciri lautan sangat menggalakkan evolusi luminesens: (a) wujud keadaan persekitaran yang agak stabil dengan sejarah evolusi yang panjang tanpa gangguan; (b) air laut terbuka lazimnya mempunyai keadaan optik yang lebih sesuai untuk penghantaran isyarat cahaya berbanding banyak habitat air tawar yang lebih keruh; (c) sebahagian besar habitat hanya menerima cahaya malap, atau wujud dalam kegelapan berterusan; dan (d) interaksi berlaku antara pelbagai jenis taksa, termasuk pemangsa, parasit, dan mangsa.

Bioluminesens jelas merupakan salah satu bentuk komunikasi utama di laut, dengan kesan penting terhadap migrasi dan interaksi pemangsa-mangsa, dan aliran bahan melalui rangkaian makanan.

Secara umumnya, fenomena bioluminesens berlaku apabila berlaku peningkatan sementara populasi organisma marin yang mampu menghasilkan cahaya, khususnya dinoflagellata. Keadaan ini biasanya dipengaruhi oleh gabungan beberapa faktor seperti suhu air, kandungan nutrien, keadaan arus, pasang surut, dan kestabilan persekitaran laut.

Fenomena bioluminesens pernah dilaporkan berlaku di beberapa lokasi lain di Malaysia termasuk Kuala Selangor, Pulau Pangkor, Pulau Langkawi, dan beberapa kawasan pulau di Pantai Timur Semenanjung Malaysia.

Namun, kejadian ini tidak berlaku secara berterusan dan kemunculannya sangat bergantung kepada keadaan persekitaran pada sesuatu masa. Setiap lokasi juga mungkin melibatkan spesies organisma yang berbeza kerana komuniti plankton dipengaruhi oleh keadaan setempat seperti suhu, arus, nutrien dan faktor oseanografi.

Kesan Bioluminesens Terhadap Alam dan Manusia

Secara umum, cahaya yang terhasil daripada fenomena bioluminesens tidak membahayakan manusia kerana ia hanyalah hasil tindak balas biologi dalam organisma tersebut. Namun, masyarakat perlu memahami bahawa bioluminesens tidak sama dengan fenomena ledakan alga berbahaya atau Harmful Algal Bloom (HAB). Tidak semua organisma yang menghasilkan cahaya menghasilkan toksin dan tidak semua ledakan alga menyebabkan cahaya.

Oleh itu, kewujudan cahaya biru di laut tidak boleh dijadikan satu-satunya penanda bahawa air tersebut selamat atau berbahaya. Sekiranya berlaku perubahan luar biasa seperti kematian ikan, perubahan warna air yang ketara atau bau yang tidak normal, pemeriksaan lanjut perlu dilakukan.

Fenomena bioluminesens secara dasarnya boleh menunjukkan perubahan terutamanya peningkatan dalam populasi plankton dari masa ke semasa. Walau bagaimanapun, kemunculan fenomena ini bukanlah penanda muktamad bagi kesihatan ekosistem marin. Ini adalah kerana mikroorganisma yang menghasilkan fenomena bioluminesens boleh meningkat secara semula jadi bergantung pada

musim atau keadaan laut yang tertentu. Fenomena ini lebih menyerlah apabila terdapat terlalu banyak nutrien yang merupakan punca utama pertumbuhan berlebihan plankton. Pemantauan rutin kualiti air, kandungan nutrien, status oksigen terlarut, suhu air, peratusan kemasinan dan populasi pelbagai organisma marin boleh menunjukkan kesihatan persekitaran marin.

Interaksi di antara mikrorganisma ini dan faktor luaran juga sangat mempengaruhi. Faktor ini termasuklah suhu air laut, keadaan arus yang sesuai, proses pasang surut dan kandungan nutrien seperti fosforus dan nitrogen yang mempercepatkan pertumbuhan mikrorganisma bioluminesens ini. Fenomena ini juga bertambah menyerlah pada waktu malam yang tiada cahaya bulan.

Kajian terhadap bioluminesens

Fenomena bioluminesens di Pantai Tembeling merupakan satu contoh yang baik bagaimana proses semula jadi pada skala mikroskopik boleh menghasilkan kesan yang menarik perhatian manusia. Selain daripada ia kelihatan sebagai fenomena visual yang cantik, ia juga memberi kita peluang untuk lebih memahami biodiversiti mikroorganisma marin dari perspektif saintifik, perubahan dalam ekosistem pantai dan pentingnya proses pemantauan berterusan kesihatan marin.

Terdapat banyak persoalan yang masih perlu dikaji berkenaan fenomena ini, terutamanya mekanisma penghasilannya seperti panjang gelombang cahaya yang dipancarkan, sistem bioluminesen dan komponen molekul yang terlibat, proses kawalan fisiologi, peranan ekologi dan sejarah kehadiran organisma bioluminesen ini. Asal-usul evolusi bioluminesens juga masih tidak jelas. Terdapat dua hipotesis yang dicadangkan dalam penerbitan saintifik (*Haddock et al., 2010*).

Hipotesis pertama merujuk kepada substrat kerana kebanyakan lusiferin adalah antioksidan dan fenomena ini mungkin pada asalnya merupakan satu mekanisme pertahanan terhadap spesies oksigen reaktif yang toksik kepada sel. Enzim bioluminesens ini terubah menjadi pemancar cahaya dalam persekitaran dengan tekanan oksidatif yang lebih rendah. Hipotesis kedua ialah enzim bermutasi dan fungsi intraselularnya berubah daripada fungsi oksigenase asalnya kepada pemangkin penghasil cahaya. Bioluminesens telah berkembang secara bebas lebih daripada 90 kali, menunjukkan peranan ekologi yang penting dan bahawa pemerolehan cahaya adalah proses yang agak mudah dan pantas (Haddock et al. 2010).

Sebagai sebuah fakulti yang menggabungkan kepakaran dalam bidang bioteknologi industri, kimia industri, teknologi material dan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan (OSH), Fakulti Sains dan Teknologi Industri (FSTI) Universiti Malaysia Pahang Al-Sultan Abdullah (UMPSA) melihat fenomena ini sebagai peluang untuk membangunkan penyelidikan rentas disiplin yang melibatkan kerjasama antara ahli biologi marin, ahli bioteknologi, pakar data, industri teknologi, dan agensi berkaitan alam sekitar. Pendekatan kolaboratif seperti ini penting bagi memahami dinamik ekosistem pesisir secara lebih menyeluruh dan membangunkan teknologi pemantauan marin yang bersesuaian dengan keperluan negara.

Sumber Rujukan:

1. Laurent, D and Dupont, S. 2025. “Marine eukaryote bioluminesens: A review of species and their functional biology”. Marine Life Science & Technology, 7:366-381.

2. Haddock,S. H. D, Moline, M and Case, J.F. “Bioluminesens in the Sea”. Annual Review of Marine Science. Annu.Rev.Mar.Sci.2010.2:443-93.



Disediakan Oleh: Profesor Madya Dr. Nina Suhaity Azmi

E-mel: nina@umpsa.edu.my

Penulis adalah Pensyarah Fakulti Sains dan Teknologi Industri yang juga berkepakaran dalam bidang Bioteknologi dan Biokimia

- 108 views

View PDF