

TERJEMAHAN

Coral bleaching: How warming seas are transforming the world's reefs

Rhett Ayers Butler

18 Feb 2026

<https://news.mongabay.com/2026/02/coral-bleaching-how-warming-seas-are-transforming-the-worlds-reefs/>

Dalam kondisi normal, terumbu karang merupakan salah satu ekosistem paling produktif di Bumi, yang terbentuk secara perlahan oleh hewan yang tampak seperti tumbuhan. Setiap polip karang menampung alga mikroskopis yang mengubah sinar matahari menjadi gula, menyediakan sebagian besar energi karang. Ketika kondisi memburuk, terutama ketika air menjadi terlalu hangat, kemitraan ini runtuh. Terumbu karang mengusir simbiannya, kehilangan warnanya, dan menjadi putih. Ini disebut pemutihan terumbu karang. Terumbu karang masih hidup, tetapi melemah. Jika kondisi stres terus berlanjut, banyak yang mati.

Pemutihan terumbu karang bukanlah fenomena baru, namun skalanya yang kini semakin besar. Sebelum akhir abad ke-20, peristiwa pemutihan massal jarang terjadi. Dalam empat dekade terakhir, peristiwa tersebut semakin sering dan parah, terutama disebabkan oleh pemanasan laut. Kenaikan suhu hanya 1–2 °C di atas suhu musim panas normal dapat memicu pemutihan massal di seluruh wilayah.

Pemutihan terumbu karang bukanlah fenomena baru, namun skalanya yang kini semakin besar. Sebelum akhir abad ke-20, peristiwa pemutihan massal jarang terjadi. Dalam empat dekade terakhir, peristiwa tersebut semakin sering dan parah, terutama disebabkan oleh pemanasan laut. Kenaikan suhu hanya 1–2 °C di atas suhu musim panas normal dapat memicu pemutihan massal di seluruh wilayah.

Pemutihan terumbu karang bukanlah fenomena baru, namun skalanya yang kini semakin besar. Sebelum akhir abad ke-20, peristiwa pemutihan massal jarang terjadi. Dalam empat dekade terakhir, peristiwa tersebut semakin sering dan parah, terutama disebabkan oleh pemanasan laut. Kenaikan suhu hanya 1–2 °C di atas suhu musim panas normal dapat memicu pemutihan massal di seluruh wilayah.

Pemutihan terumbu karang bukanlah fenomena baru, namun skalanya yang kini semakin besar. Sebelum akhir abad ke-20, peristiwa pemutihan massal jarang terjadi. Dalam empat dekade terakhir, peristiwa tersebut semakin sering dan parah, terutama disebabkan oleh pemanasan laut. Kenaikan suhu hanya 1–2 °C di atas suhu musim panas normal dapat memicu pemutihan massal di seluruh wilayah.

Pemutihan terumbu karang bukanlah fenomena baru, namun skalanya yang kini semakin besar. Sebelum akhir abad ke-20, peristiwa pemutihan massal jarang terjadi. Dalam empat dekade terakhir, peristiwa tersebut semakin sering dan parah, terutama disebabkan oleh pemanasan laut. Kenaikan suhu hanya 1–2 °C di atas suhu musim panas normal dapat memicu pemutihan massal di seluruh wilayah.

Pemutihan terumbu karang bukanlah fenomena baru, namun skalanya yang kini semakin besar. Sebelum akhir abad ke-20, peristiwa pemutihan massal jarang terjadi. Dalam empat dekade

terakhir, peristiwa tersebut semakin sering dan parah, terutama disebabkan oleh pemanasan laut. Kenaikan suhu hanya 1–2 °C di atas suhu musim panas normal dapat memicu pemutihan massal di seluruh wilayah.

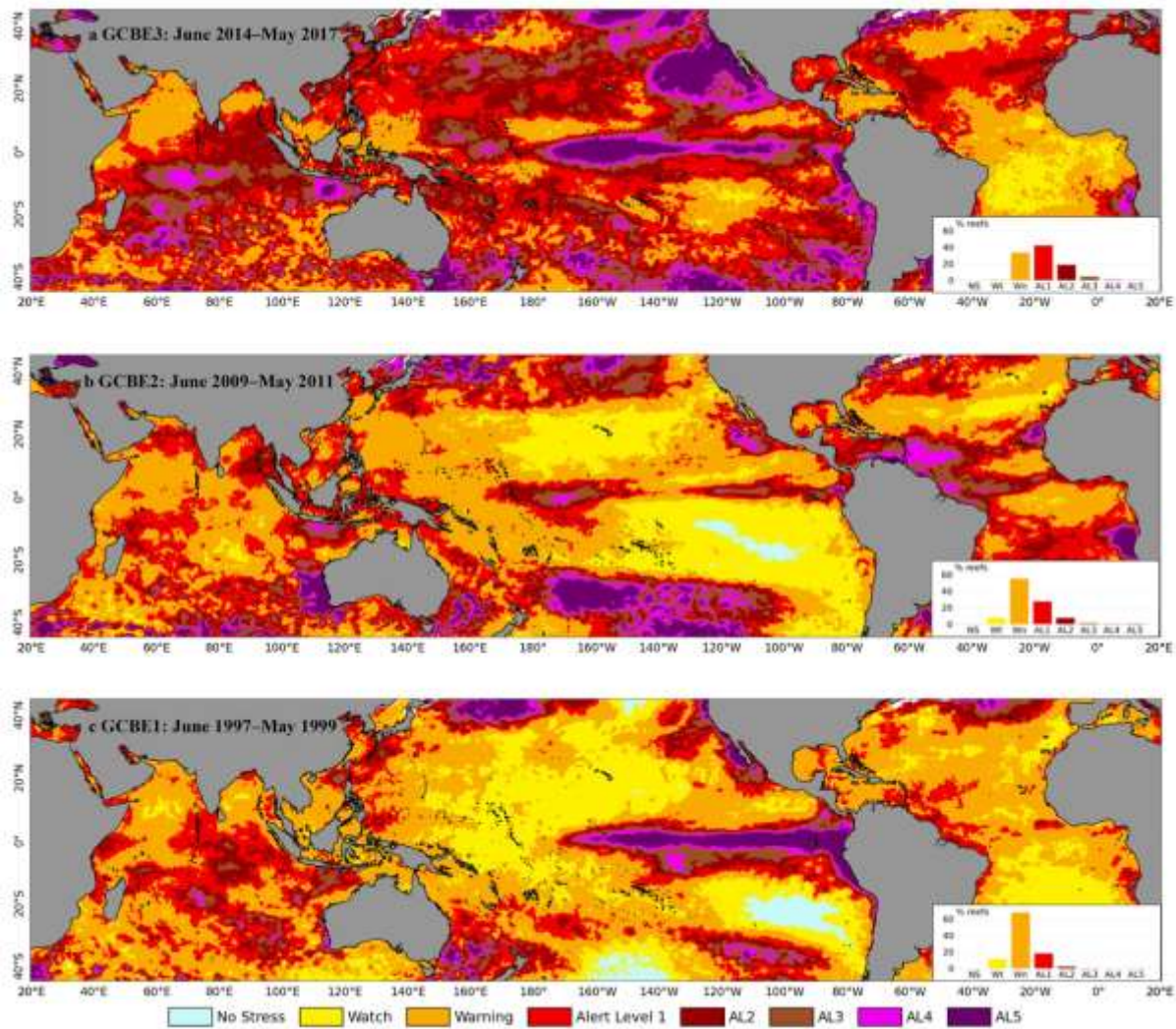
Pemutihan terumbu karang bukanlah fenomena baru, namun skalanya yang kini semakin besar. Sebelum akhir abad ke-20, peristiwa pemutihan massal jarang terjadi. Dalam empat dekade terakhir, peristiwa tersebut semakin sering dan parah, terutama disebabkan oleh pemanasan laut. Kenaikan suhu hanya 1–2 °C di atas suhu musim panas normal dapat memicu pemutihan massal di seluruh wilayah.

Pemutihan terumbu karang bukanlah fenomena baru, namun skalanya yang kini semakin besar. Sebelum akhir abad ke-20, peristiwa pemutihan massal jarang terjadi. Dalam empat dekade terakhir, peristiwa tersebut semakin sering dan parah, terutama disebabkan oleh pemanasan laut. Kenaikan suhu hanya 1–2 °C di atas suhu musim panas normal dapat memicu pemutihan massal di seluruh wilayah.

Pemutihan terumbu karang bukanlah fenomena baru, namun skalanya yang kini semakin besar. Sebelum akhir abad ke-20, peristiwa pemutihan massal jarang terjadi. Dalam empat dekade terakhir, peristiwa tersebut semakin sering dan parah, terutama disebabkan oleh pemanasan laut. Kenaikan suhu hanya 1–2 °C di atas suhu musim panas normal dapat memicu pemutihan massal di seluruh wilayah.

Pemutihan terumbu karang bukanlah fenomena baru, namun skalanya yang kini semakin besar. Sebelum akhir abad ke-20, peristiwa pemutihan massal jarang terjadi. Dalam empat dekade terakhir, peristiwa tersebut semakin sering dan parah, terutama disebabkan oleh pemanasan laut. Kenaikan suhu hanya 1–2 °C di atas suhu musim panas normal dapat memicu pemutihan massal di seluruh wilayah.

Sebuah analisis global terbaru yang diterbitkan di Nature Communications memberikan gambaran yang mengkhawatirkan. Selama Peristiwa Pemutihan Terumbu Karang Global Ketiga pada periode 2014 hingga 2017, gelombang panas laut mempengaruhi terumbu karang di seluruh dunia dalam periode yang tidak biasa lama. Berdasarkan lebih dari 15.000 survei terumbu karang, para peneliti memperkirakan bahwa lebih dari setengah terumbu karang di dunia mengalami pemutihan sedang atau lebih parah, dan sekitar 15% mengalami kematian sedang atau lebih parah. Skala kerusakan melebihi peristiwa pemutihan global sebelumnya yang tercatat, menyoroti dampak pemanasan laut yang semakin parah terhadap sistem terumbu karang.



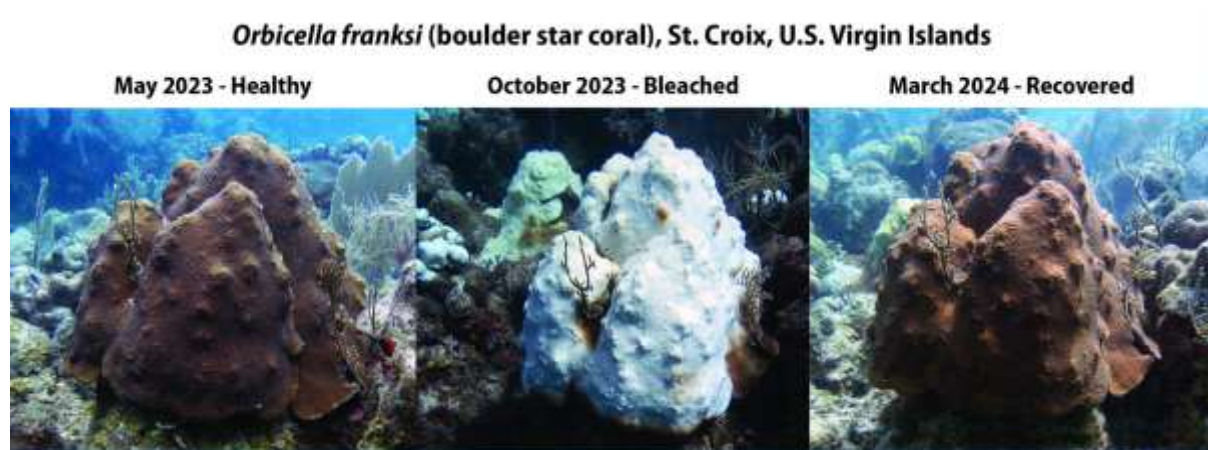
Gbr 1. Distribusi global stres panas dari tiga peristiwa pemutihan terumbu karang global pertama

Episode tersebut kini sering dijadikan acuan karena bersifat global dan berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Berbeda dengan peristiwa sebelumnya, episode ini berlangsung selama tiga tahun. Beberapa wilayah mengalami tekanan panas berulang selama periode tersebut, sehingga tidak ada waktu yang cukup untuk pemulihan. Di beberapa wilayah, gelombang panas laut berturut-turut terjadi sebelum terumbu karang dapat memulihkan cadangan energi atau kemampuan reproduksinya, sehingga memperparah kerusakan jangka panjang.

Bagaimana pemutihan bekerja — dan mengapa hal itu membunuh

Pemutihan pada dasarnya adalah penghancuran simbiosis. Karang sangat bergantung pada alga yang hidup di dalamnya, yang dapat menyediakan hingga 90% energi mereka. Saat mengalami stres panas, mesin fotosintesis alga mulai memproduksi radikal oksigen berbahaya. Untuk melindungi diri, karang mengusir alga tersebut. Karang yang memutih bukanlah karang yang mati, tetapi tiba-tiba kehilangan sumber makanan utamanya dan masuk ke dalam keadaan stres fisiologis.

Tanpa sumber energi ini, terumbu karang mengalami kekurangan nutrisi. Beberapa di antaranya dapat memulihkan simbiotiknya ketika kondisi membaik. Yang lain mati karena kelaparan, penyakit, atau pertumbuhan alga yang berlebihan. Bahkan yang selamat sering menunjukkan pertumbuhan yang lebih lambat, reproduksi yang berkurang, dan kerentanan yang meningkat terhadap gangguan selanjutnya.



Gbr 2. Gambar tiga panel ini menunjukkan karang bintang boulder di St. Croix, USVI, yang mengalami perubahan dari kondisi sehat (Mei 2023), menjadi memutih (Oktober 2023), hingga pulih (Maret 2024), setelah mengalami stres panas laut ekstrem di seluruh wilayah Karibia pada tahun 2023. Kredit gambar: NOAA

Keparahan bergantung pada suhu dan durasi. Para ilmuwan sering mengukur stres panas menggunakan “derajat minggu panas,” yang menggabungkan seberapa panas air dan seberapa lama air tetap panas. Ambang batas sekitar empat derajat minggu terkait dengan pemutihan; sekitar delapan derajat minggu terkait dengan kematian massal.

Peristiwa 2014–2017 melampaui rekor sebelumnya baik dalam luas maupun intensitas. Sekitar dua pertiga lokasi terumbu karang mengalami stres panas yang cukup untuk menyebabkan pemutihan, jauh lebih tinggi daripada peristiwa global sebelumnya.

Paparan berulang sangat merusak. Bahkan terumbu karang yang berhasil bertahan sekali pun mungkin kesulitan untuk pulih sebelum gelombang panas berikutnya. Pemulihan struktur terumbu karang dapat memakan waktu puluhan tahun, jika memang terjadi. Beberapa terumbu karang mungkin secara permanen beralih ke komunitas yang didominasi oleh spesies yang lebih tahan panas dengan peran ekologi yang berbeda.

Polanya kerusakan global

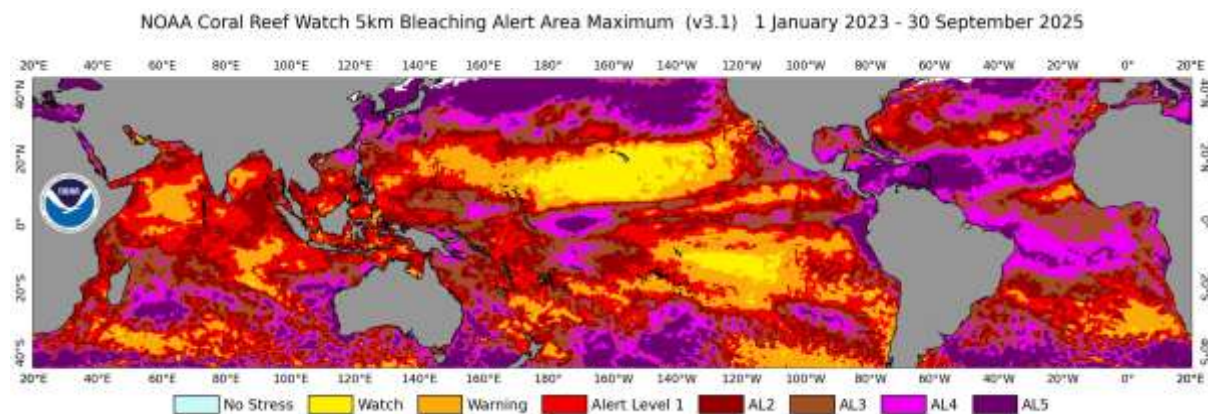
Peningkatan pemutihan massal cenderung terjadi secara bergelombang mengikuti pola iklim berskala besar seperti El Niño. Selama peristiwa 2014–2017, anomali panas terkuat pertama kali muncul di Pasifik Timur, kemudian menyebar ke barat melintasi Indo-Pasifik sebelum mencapai Samudra Hindia dan Karibia.

Tidak semua terumbu karang mengalami dampak yang sama. Kondisi lokal berperan penting: kedalaman air, arus, kekeruhan, dan paparan historis terhadap variabilitas suhu dapat memengaruhi ketahanan. Beberapa terumbu karang berfungsi sebagai tempat perlindungan

sementara. Yang lain, terutama di wilayah berlatitudo rendah dengan suhu historis yang stabil, sangat rentan.

Proyeksi masa depan menunjukkan masalah ini akan semakin parah. Studi modeling menunjukkan bahwa banyak terumbu karang akan mengalami musim pemutihan yang lebih panjang, awal terjadinya stres panas yang lebih dini, dan di beberapa tempat risiko sepanjang tahun pada akhir abad ini.

Proyeksi-proyeksi ini sudah mulai terwujud: Peristiwa Pemutihan Terumbu Karang Global Keempat dimulai pada awal 2023, mempengaruhi terumbu karang di berbagai basin laut dan menimbulkan kekhawatiran bahwa kerusakan kumulatif dapat menyamai atau melebihi kerusakan yang terjadi pada peristiwa 2014–2017.



Gbr 3. Peta Area Peringatan Pemutihan Terumbu Karang NOAA CRW dengan resolusi 5 km, untuk periode 1 Januari 2023 – 30 September 2025. Peta ini menampilkan akumulasi stres panas maksimum yang dialami oleh terumbu karang di seluruh dunia sejak 1 Januari 2023. Area berwarna merah tua/coklat menunjukkan akumulasi stres panas yang berpotensi menyebabkan pemutihan terumbu karang secara luas dengan kematian terumbu karang yang sensitif terhadap panas. Area coklat muda (Tingkat Peringatan 3), merah muda (Tingkat Peringatan 4), dan ungu gelap (Tingkat Peringatan 5) pada peta menandakan lokasi di mana magnitudo stres panas ekstrem melebihi ambang batas Tingkat Peringatan 2, dan dapat menyebabkan kematian multi-spesies atau hampir total pada terumbu karang.

Masalahnya bukan hanya peristiwa katastrofik tunggal, tetapi juga tekanan kumulatif. Terumbu karang mungkin menghadapi kondisi pemutihan setiap beberapa tahun sekali, terlalu sering untuk dapat pulih. Jarak waktu yang lebih singkat antara gangguan mengurangi kemungkinan terumbu karang dapat memulihkan kompleksitas struktural atau keanekaragaman hayati sebelum peristiwa berikutnya terjadi.

Pemutihan terumbu karang hanyalah salah satu ancaman

Pemutihan terumbu karang sering mendominasi berita, tetapi terumbu karang menghadapi berbagai tekanan yang berinteraksi secara kompleks.

- Asamifikasi laut. Saat air laut menyerap karbon dioksida, kimia air laut berubah, mengurangi ketersediaan ion karbonat yang dibutuhkan terumbu karang untuk membangun kerangka. Asamifikasi juga mempercepat erosi struktur terumbu karang yang sudah ada.

- Penangkapan ikan berlebihan. Menghilangkan ikan herbivora memungkinkan alga tumbuh berlebihan di atas karang, menghambat pemulihan setelah gangguan.
- Polusi dan aliran air. Beban nutrisi, sedimen, pestisida, dan logam berat secara langsung menekan karang dan memicu blooming alga.
- Penambangan dan konstruksi. Penambangan terumbu karang dan pengerukan secara fisik menghilangkan struktur terumbu.
- Pembangunan pesisir dan reklamasi. Proyek pembangunan lahan dapat menimbun terumbu atau mengubah sirkulasi air.

Stresor lokal ini sering memperkuat efek pemanasan. Terumbu karang yang terkena tekanan manusia tinggi umumnya pulih lebih lambat setelah pemutihan. Di area yang sangat terdampak, bahkan peristiwa panas moderat dapat memicu penurunan yang tidak proporsional.

Studi jangka panjang menunjukkan bahwa banyak terumbu karang Karibia, misalnya, mungkin beralih dari pertumbuhan bersih menjadi erosi dalam beberapa dekade seiring penambahan pemanasan, penyakit, dan polusi. [Mongabay stories]

Mengapa terumbu karang penting di luar keanekaragaman hayati

Terumbu karang menempati kurang dari 1% dasar laut tetapi mendukung sebagian besar spesies laut. Mereka juga menyediakan layanan yang kurang terlihat tetapi secara ekonomi signifikan.

Terumbu karang menyerap energi gelombang, mengurangi banjir pesisir dan erosi. Penurunan pertumbuhan terumbu karang yang dikombinasikan dengan kenaikan permukaan laut dapat membuat garis pantai lebih rentan. Sebuah analisis tentang terumbu karang di Samudra Atlantik menunjukkan bahwa jika pemanasan melebihi 2 °C, hampir semua terumbu karang dapat mengalami erosi pada akhir abad ini, sehingga mengurangi fungsi pelindungnya.

Ratusan juta orang bergantung pada perikanan terumbu karang untuk pangan atau penghasilan. Pariwisata yang terkait dengan terumbu karang menghasilkan pendapatan yang signifikan di banyak negara tropis. Kehilangan tutupan karang karenanya memiliki konsekuensi ekologi dan sosial. Di beberapa wilayah, terumbu karang berfungsi sebagai infrastruktur alami, melindungi komunitas dari gelombang pasang dan erosi pesisir.

Prospek adaptasi dan kelangsungan hidup

Tidak semua tren mengarah ke satu arah. Beberapa karang menunjukkan ketahanan yang mengejutkan.

Populasi yang terpapar suhu alami yang bervariasi, seperti wilayah yang dipengaruhi oleh arus naik, terkadang lebih toleran terhadap panas. Perbedaan dalam alga simbiosis dan komunitas mikroba juga dapat mempengaruhi toleransi panas. Penelitian tentang “holobiont” terumbu karang menunjukkan bahwa adaptasi mungkin terjadi tidak hanya melalui perubahan genetik pada terumbu karang itu sendiri, tetapi juga melalui pergeseran pada mikroba yang terkait.

Namun, adaptasi memiliki batasannya. Tingkat pemanasan saat ini tampaknya lebih cepat daripada kemampuan banyak terumbu karang untuk beradaptasi melalui seleksi alam saja.

Beberapa proyeksi mengidentifikasi potensi kawasan perlindungan iklim—daerah di mana kondisi lokal dapat melindungi terumbu karang dari stres panas yang parah. Melindungi zona-zona ini semakin dianggap sebagai prioritas dalam perencanaan konservasi. Misalnya, kawasan lindung baru di sebagian wilayah Segitiga Karang, seperti Pulau Panaon, telah ditetapkan sebagian karena tampaknya mempertahankan tutupan karang dan keanekaragaman hayati yang tidak biasa tinggi meskipun terjadi pemanasan regional.

Bisakah terumbu karang dipulihkan?

Pemulihan telah menjadi respons yang menonjol, mulai dari penanaman fragmen karang hingga pembangunan struktur terumbu buatan. Pada skala lokal, upaya ini dapat memulihkan habitat dalam hitungan tahun.

Namun, memperluas skala pemulihan sulit. Proyek pemulihan mahal, rumit secara logistik, dan sering rentan terhadap pemanasan yang sama yang awalnya merusak terumbu karang. Analisis menunjukkan biaya dapat berkisar dari ribuan hingga puluhan juta dolar per hektar, dengan tingkat kegagalan tinggi akibat stres lingkungan yang berkelanjutan.

Bahkan skenario optimis menunjukkan bahwa restorasi hanya dapat mengatasi sebagian kecil dari kehilangan terumbu karang global. Tanpa stabilisasi kondisi iklim, terumbu karang yang dipulihkan mungkin akan mengalami pemutihan kembali. Akibatnya, banyak peneliti menekankan restorasi sebagai alat untuk melestarikan layanan ekosistem lokal daripada membalikkan penurunan global.

Intervensi eksperimental

Ilmuwan dan insinyur sedang menguji pendekatan yang lebih ambisius. Kelayakan mereka bervariasi secara signifikan.

Evolusi terarah. Pemuliaan selektif atau peningkatan genetik terumbu karang untuk menoleransi panas. Masih largely eksperimental dan hanya berlaku untuk spesies terbatas.

Manipulasi mikrobioma. Pengenalan mikroba bermanfaat atau simbiotik yang tahan panas untuk meningkatkan ketahanan.

Peneduhan dan pemutihan awan. Mengurangi radiasi matahari untuk membatasi stres panas. Secara teknis menantang dan sulit diterapkan di area luas.

Upwelling buatan. Memompa air laut yang lebih dingin ke permukaan. Studi laboratorium menunjukkan hal ini dapat mengurangi respons stres panas, meskipun efek samping ekologi masih tidak pasti dan penerapan skala besar dapat mengubah dinamika nutrisi atau ekosistem lokal dengan cara yang tidak terduga.

Sebagian besar peneliti menganggap ini sebagai alat pelengkap, bukan pengganti pengurangan emisi.

Mengelola untuk ketahanan

Karena manajer lokal tidak dapat mengendalikan suhu laut, banyak strategi berfokus pada penguatan ketahanan terumbu karang.

Mengurangi polusi, mengelola perikanan, dan melindungi herbivora dapat mempercepat pemulihan setelah pemutihan. Kawasan lindung laut yang dirancang dengan mempertimbangkan paparan iklim mungkin dapat membantu melindungi populasi yang tahan banting.

Dokumen panduan untuk pengelola terumbu karang menekankan pentingnya kesiapan: memantau perkiraan suhu, menetapkan sistem peringatan dini, dan merencanakan tanggapan terhadap peristiwa pemutihan. Tujuannya bukanlah untuk mencegah pemutihan, yang sebagian besar di luar kendali lokal, tetapi untuk memaksimalkan peluang bertahan hidup dan pemulihan.

Prospek yang lebih luas

Nasib terumbu karang sangat bergantung pada kebijakan iklim global. Studi modeling menunjukkan bahwa dalam skenario emisi tinggi, banyak terumbu karang dapat menghadapi kondisi pemutihan kronis pada akhir abad ini. Dalam skenario pemanasan yang lebih rendah, beberapa wilayah mungkin tetap memiliki ekosistem terumbu karang yang berfungsi, meskipun dengan komposisi spesies yang berubah.

Terumbu karang telah bertahan dari perubahan lingkungan besar di masa lalu, tetapi laju perubahan saat ini tidak biasa. Terumbu karang di masa depan mungkin akan berbeda: lebih sedikit terumbu karang bercabang, lebih banyak spesies yang tahan panas, dan fungsi ekologi yang berubah.

Marginalitas yang semakin sempit untuk kelangsungan hidup

Penilaian global baru tentang peristiwa pemutihan terumbu karang pada tahun 2014–2017 tidak berarti bahwa terumbu karang akan segera menghilang. Namun, hal ini menunjukkan bahwa degradasi skala besar sudah berlangsung dan kemungkinan akan semakin parah tanpa mitigasi yang signifikan.

Pemutihan karang sebaiknya dipahami bukan sebagai bencana tunggal, melainkan sebagai stres berulang yang berinteraksi dengan banyak faktor lain. Beberapa terumbu karang akan bertahan, terutama di daerah dengan kondisi lokal yang menguntungkan atau tekanan manusia yang rendah. Yang lain mungkin beralih menjadi ekosistem yang didominasi oleh alga atau puing-puing.

Poin utama ini kurang dramatis daripada yang sering digambarkan, namun lebih bermakna. Pemutihan karang bukanlah ancaman yang jauh atau keruntuhan yang tidak dapat dibalikkan di mana-mana. Ini adalah proses yang berlangsung tidak merata di seluruh wilayah tropis, membentuk ulang salah satu ekosistem paling kompleks di planet ini dengan cara yang akan dirasakan oleh kehidupan laut dan masyarakat pesisir selama puluhan tahun ke depan.

Referensi:

- Eakin, C.M. et al (2026). Severe and widespread coral reef damage during the 2014-2017 Global Coral Bleaching Event. *Nature Communications* February 2026 17(1):1318 DOI:[10.1038/s41467-025-67506-w](https://doi.org/10.1038/s41467-025-67506-w)
- Marshall P.A. and Schuttenberg, H.Z. (2006). [A Reef Manager's Guide to Coral Bleaching](#). Great Barrier Reef Marine Park Authority, Australia (ISBN 1-876945-40-0)

- Glynn, V. M., Fernandes de Barros Marangoni, L., Guglielmetti, M., Tapia, E. R., Ali, V., Quintero, H., ... Barrett, R. D. H. (2025). The role of holobiont composition and environmental history in thermotolerance of Tropical Eastern Pacific corals. *Current Biology*, 35(13), 3048-3063. doi:[10.1016/j.cub.2025.05.035](https://doi.org/10.1016/j.cub.2025.05.035)
- Yvonne Sawall, Y. et al (2020). Discrete Pulses of Cooler Deep Water Can Decelerate Coral Bleaching During Thermal Stress: Implications for Artificial Upwelling During Heat Stress Events. *Frontiers in Marine Science* (7). DOI:[10.3389/fmars.2020.00720](https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00720)
- Mulà C, Bradshaw CJA, Cabeza M, Manca F, Montano S, Strona G. Restoration cannot be scaled up globally to save reefs from loss and degradation. *Nat Ecol Evol*. 2025 Jul;9(7):1295. doi: [10.1038/s41559-025-02758-9](https://doi.org/10.1038/s41559-025-02758-9).
- Mellin et al. (2024). Cumulative risk of future bleaching for the world's coral reefs. *Science Advances* Volume 10, Issue 26. DOI:[10.1126/sciadv.adn9660](https://doi.org/10.1126/sciadv.adn9660)
- Miller M.W., Mendoza Quiroz S, Lachs L, Banaszak AT, Chamberland VF, Guest JR, et al. (2024) Assisted sexual coral recruits show high thermal tolerance to the 2023 Caribbean mass bleaching event. *PLoS ONE* 19(9): e0309719. DOI: [10.1371/journal.pone.0309719](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0309719)
- Perry, Chris T. (2025). Reduced Atlantic reef growth past 2°C warming amplifies sea-level impacts *Nature* Volume 646. DOI: [10.1038/s41586-025-09439-4](https://doi.org/10.1038/s41586-025-09439-4)