

Terjemahan

## One-two punch for mangroves as seas rise and cyclones intensify

(Pukulan ganda bagi hutan mangrove akibat naiknya permukaan laut dan meningkatnya intensitas siklon)

Elizabeth Fitt

9 June 2025

<https://news.mongabay.com/2025/06/one-two-punch-for-mangroves-as-seas-rise-and-cyclones-intensify/>

Lebih dari separuh kawasan mangrove di seluruh dunia berpotensi menghadapi “risiko parah dan meluas” akibat siklon tropis yang semakin intensif akibat perubahan iklim serta kenaikan permukaan laut pada tahun 2100, menurut penelitian yang baru saja diterbitkan.

Studi ini menggunakan alat indeks risiko sumber terbuka yang pertama di kelasnya untuk memprediksi risiko bagi hutan mangrove, berdasarkan perkiraan pemanasan untuk tiga skenario berbeda emisi gas rumah kaca (sedang, tinggi, dan sangat tinggi) yang diproyeksikan oleh Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim (the Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) pada tahun 2021.

“Hampir semua wilayah akan mengalami peningkatan risiko yang tidak dapat diabaikan,” kata peneliti utama studi tersebut, Sarah Hülsen, dari Institut Keputusan Lingkungan ETH Zürich, kepada Mongabay.

Namun, menurut studi tersebut, Asia Tenggara kemungkinan akan menjadi wilayah yang paling parah terdampak, dengan jumlah siklon tropis yang lebih banyak dan kecepatan angin yang lebih tinggi daripada saat ini.

“Bahkan pada skenario emisi terendah ... Amerika Tengah, Afrika Tenggara, Asia Timur, dan Oseania, akan mulai terdampak oleh angin siklon tropis dengan intensitas sangat tinggi,” kata studi tersebut.

Alat tersebut memprediksi bahwa Filipina bagian timur mungkin mengalami 254% lebih banyak siklon tropis daripada rekor maksimum historis, terlepas dari skenario emisi mana pun. Ini berarti badai yang sebelumnya terjadi setiap 50 tahun kini dapat terjadi hingga empat kali dalam setengah abad, berpotensi menjadi badai yang terjadi setiap 12 tahun.



Struktur permeabel di lepas pantai Demak, Indonesia. Foto milik Building with Nature Indonesia.

### **Dampak yang luas**

Hilangnya hutan mangrove akibat badai besar bukan hanya masalah ekologis — hal ini juga memiliki implikasi ekonomi dan sosial yang signifikan. Nilai tahunan perlindungan banjir yang diberikan oleh hutan mangrove di seluruh dunia diperkirakan mencapai lebih dari \$65 miliar, sementara lebih dari 775 juta orang dianggap “sangat bergantung” pada ekosistem pesisir, demikian menurut studi tersebut.

Layanan ekosistem mangrove, atau manfaat bagi manusia, meliputi perlindungan garis pantai dari erosi dan banjir, peningkatan keanekaragaman hayati, penyimpanan karbon, dan dukungan bagi perikanan.

“Ekosistem mangrove yang memberikan manfaat tertinggi bagi manusia ... juga berada pada tingkat risiko tertinggi,” kata Hülsen.

Perkiraan studi tersebut mengisyaratkan potensi dampak sosial ekonomi yang besar: Hingga 98% hutan mangrove yang melindungi masyarakat di Asia Tenggara, dan 97% yang melindungi aset, akan berada pada risiko tinggi hingga sangat tinggi di bawah skenario emisi tinggi, menurut indeks tersebut. Prospeknya tidak jauh lebih baik di Amerika Tengah, dengan 75% hutan mangrove yang melindungi aset berada dalam kategori yang sama.

Untuk secara efektif mengurangi risiko-risiko terhadap ekosistem mangrove yang berharga ini, Hülsen mengatakan, “para perencana konservasi memerlukan informasi mengenai jenis, skala,

dan lokasi perubahan yang diperkirakan akan terjadi.” Baru setelah itu mereka dapat menerapkan praktik konservasi dinamis yang efektif, ujanya.

“Indeks risiko seperti milik kami membuat proyeksi iklim yang kompleks dan data bahaya alam menjadi lebih mudah diakses,” tambahnya.

Namun, tindakan tegas untuk mengurangi emisi gas rumah kaca harus menjadi prioritas, kata Hülsen. Meskipun semua skenario menunjukkan peningkatan risiko, jalur emisi menengah hanya mencatat 1% hutan mangrove dalam kategori risiko tertinggi, yang disebut “parah.” Angka itu melonjak menjadi 20% dari seluruh hutan mangrove pada jalur emisi sangat tinggi.



Memetik buah mangrove. Diperkirakan lebih dari 775 juta orang “sangat bergantung” pada ekosistem pesisir. Foto oleh Nanang Sujana, Wetlands International.

### **Apa yang membedakan indeks risiko ini dan mengapa hal itu penting?**

Indeks risiko ekosistem biasanya membahas perubahan pada satu faktor tekanan saja. Namun, indeks risiko yang dibuat oleh Hülsen dan timnya merupakan proyeksi global pertama yang spesifik berdasarkan lokasi untuk ekosistem mangrove yang menggabungkan dua faktor tekanan: siklon tropis yang dipicu oleh perubahan iklim dan perubahan permukaan laut.

“Menggabungkan hasil dari berbagai model dalam skala global untuk mengekstraksi informasi yang dapat digunakan umumnya merupakan tugas yang sangat kompleks dan sulit, yang menurut saya telah dilaksanakan dengan baik di sini,” kata Temilola Fatoyinbo, seorang peneliti di Laboratorium Ilmu Biosfer NASA yang berspesialisasi dalam studi lingkungan hutan dan pesisir menggunakan penginderaan jauh, kepada Mongabay. Fatoyinbo, yang tidak

terlibat dalam penelitian terbaru ini, menyebutnya sebagai “langkah penting” untuk meningkatkan perubahan kebijakan, konservasi, dan perencanaan restorasi.

Kerangka kerja risiko ini juga dapat diperluas dan disesuaikan, menurut studi tersebut. Hal ini dapat mencakup ancaman lain terhadap ekosistem mangrove yang dipicu oleh perubahan iklim, seperti gelombang panas laut dan kekeringan. Kerangka kerja ini juga dapat diterapkan pada kelompok ekosistem lain beserta faktor-faktor pemicunya.

### **Bagaimana cara kerjanya?**

Hülßen dan rekan-rekannya mengembangkan alat ini, yang didanai oleh ETH Zürich (Institut Teknologi Federal Swiss), dengan menggunakan skenario emisi yang dikembangkan oleh IPCC pada tahun 2021. Skenario-skenario ini memprediksi hasil sosial-ekonomi yang mungkin terjadi bagi umat manusia, tergantung pada pilihan kebijakan emisi bahan bakar fosil.

Mereka mengambil tiga skenario dari IPCC: masa depan menengah atau “jalan tengah” di mana keadaan berjalan seperti biasa; masa depan dengan emisi tinggi di mana nasionalisme bangkit kembali, yang mengakibatkan dunia yang lebih terfragmentasi; dan masa depan dengan emisi sangat tinggi dan tanpa batasan, di mana penggunaan energi dan output ekonomi tidak terkendali. Dikenal sebagai Shared Socioeconomic Pathways, atau SSP, skenario-skenario ini membantu memproyeksikan seberapa besar kemungkinan pemanasan Bumi pada tahun 2100.

Para peneliti menggabungkan proyeksi pemanasan global dengan data yang ada mengenai bagaimana kenaikan suhu diperkirakan akan memengaruhi kenaikan permukaan laut serta frekuensi dan intensitas siklon tropis di seluruh dunia. Kemudian, mereka menggunakan data penginderaan jauh dari platform pemantauan mangrove Global Mangrove Watch untuk mengidentifikasi kawasan mangrove yang kemungkinan besar akan menghadapi tantangan signifikan.

Terakhir, mereka mencocokkan temuan ini dengan layanan ekosistem mangrove yang diurutkan berdasarkan manfaat yang diberikan, sebagaimana ditetapkan dalam penelitian yang diterbitkan pada tahun 2023. Hal ini memungkinkan indeks tersebut memasukkan nilai mangrove ke dalam perhitungan risiko.

Namun, menurut Fatoyinbo, para perencana harus berhati-hati saat menggunakan analisis global seperti ini untuk mengevaluasi kelayakan proyek. “Saat bekerja di lapangan, kondisi lokasi lokal yang sebenarnya dan bagaimana responsnya terhadap badai serta kenaikan permukaan laut dapat sangat bervariasi, tergantung pada kondisi dan lokasi berskala lebih kecil,” katanya.

Penelitiannya sendiri menemukan bahwa ketahanan hutan mangrove sangat berbeda di berbagai wilayah Florida yang dilanda Badai Irma pada tahun 2017 di Amerika Serikat. Topografi lokal dan faktor gelombang badai memiliki “pengaruh yang jauh lebih besar,” katanya, daripada kecepatan angin dan tinggi pohon terhadap seberapa baik hutan mangrove bertahan dan pulih.

### **Efek akumulatif dan kemampuan beradaptasi**

“Keindahan ekosistem terletak pada kemampuan adaptasinya, yang memungkinkan ekosistem tersebut menghadapi dan menyesuaikan diri dengan gangguan,” kata Hülßen. “Namun,

kemampuan ini tidaklah tak terbatas, dan semakin tinggi tingkat pemanasan serta laju perubahan, semakin kecil kemungkinan sistem tersebut untuk dapat beradaptasi.”

Hutan mangrove tumbuh di zona pasang surut dan terbiasa dengan akarnya yang terendam air. Oleh karena itu, mereka dapat beradaptasi dengan kenaikan permukaan laut yang kecil — mereka hanya tumbuh ke atas dari akarnya dan, saat melakukannya, menahan lebih banyak sedimen di bawahnya, sehingga mencegah tenggelamnya akar. Namun, mereka hanya dapat mengikuti kenaikan yang kecil.

Begitu kenaikan permukaan laut relatif melebihi sekitar 7 milimeter (0,28 inci) per tahun, mereka akan mati, menurut penelitian tentang ekosistem mangrove saat ini serta bukti dari sekitar 10.000 tahun yang lalu.

Hutan mangrove umumnya tumbuh di daerah tropis dan subtropis, sehingga telah berevolusi untuk menjadi tangguh terhadap siklon tropis, mampu menahan angin kencang, dan melindungi garis pantai dari gelombang badai. Badai hebat memang berpotensi menyebabkan kerusakan struktural, tetapi kejadiannya tidak terlalu sering, dan ekosistem mangrove umumnya memiliki waktu untuk pulih di sela-sela kejadian tersebut.

Perkiraan risiko dalam studi ini menunjukkan bahwa siklon tropis kemungkinan akan terjadi begitu sering sehingga ekosistem mangrove tidak akan memiliki waktu yang cukup untuk pulih. Setidaknya, hal ini akan mengakibatkan “perubahan struktural yang signifikan,” menurut studi tersebut. Upaya restorasi mungkin mendukung pemulihan, tetapi diperkirakan dibutuhkan 55 tahun bagi hutan yang dipulihkan untuk menyamai kondisi alami mereka, kata studi tersebut.

Ditambah dengan kenaikan permukaan laut, hal ini memperparah tantangan bagi hutan mangrove. Dengan siklon tropis yang menyebabkan kerusakan struktural, yang berpotensi membatasi pertumbuhan ke atas hutan mangrove, hal ini kemungkinan akan memengaruhi kemampuan mereka untuk menyesuaikan diri secara vertikal terhadap perubahan permukaan laut, sehingga meningkatkan kemungkinan kematian massal.

### **Apa yang harus dilakukan?**

Meskipun kenaikan permukaan laut mungkin melampaui kemampuan hutan mangrove untuk beradaptasi secara vertikal, Hülsen mengatakan bahwa jika ada ruang yang tersedia, hutan mangrove dapat diperluas ke daratan melalui dataran banjir yang sudah ada maupun yang baru dibentuk.

Strategi semacam itu sedang diuji coba oleh Building With Nature, sebuah program pengembangan pesisir berkelanjutan berskala internasional, di Jawa, Indonesia. Program ini, antara lain, berupaya memperluas hutan mangrove ke daratan guna mempertahankan manfaatnya meskipun permukaan laut terus naik.

Jawa mengalami kenaikan permukaan laut rata-rata sekitar 6 mm (0,24 inci) per tahun, hampir dua kali lipat rata-rata global. Pengambilan air tanah yang berlebihan juga menyebabkan tanah tenggelam hingga 120 mm (4,7 inci) per tahun. Desa-desa dan sebagian kota telah hilang, hutan mangrove terendam, serta kawasan budidaya perairan dan pertanian tergenang.



Kolam budidaya mangrove di Timbuloko, Indonesia, yang menunjukkan proses pemulihan hutan mangrove secara alami. Foto milik Building with Nature Indonesia.

Bagi hutan mangrove, kenaikan permukaan laut atau penurunan permukaan tanah memiliki dampak yang hampir sama — mereka kini berada di perairan yang lebih dalam. Oleh karena itu, Jawa menjadi peringatan sekaligus peluang untuk mengembangkan solusi sejak dini bagi seluruh planet ini.

Di tempat-tempat di mana kawasan mangrove pesisir dan muara sebelumnya telah diubah menjadi tambak udang, proyek ini bertujuan untuk membalikkannya, dengan memindahkan tambak ke daratan dan “menawarkan pilihan budidaya udang yang berkelanjutan di belakang hutan mangrove kepada para petani,” kata Susanna Tol, petugas komunikasi dan advokasi di Wetlands International, mitra Building with Nature, kepada Mongabay.

Belum jelas seberapa sukses proyek percontohan ini nantinya. Proyek ini sebelumnya telah membangun struktur penangkap sedimen di sepanjang 20 kilometer (12 mil) garis pantai, dalam upaya memfasilitasi pertumbuhan kembali hutan mangrove secara alami. Meskipun hal ini dapat berhasil dalam kondisi yang tidak terlalu ekstrem, “struktur tersebut tidak mampu mengimbangi penurunan permukaan tanah dalam jangka panjang,” kata Tol.

Hülßen juga menganjurkan pemulihan kawasan yang telah ditebang dan terdegradasi, serta upaya penanggulangan polusi guna meningkatkan ketahanan hutan mangrove yang ada. Kawasan berisiko tinggi harus dipantau, katanya, agar kawasan yang terancam dapat segera terdeteksi dan dipulihkan secara aktif.

“Ini bukanlah masalah yang bersifat hitam-putih,” kata Hülßen. Semakin kita melindungi hutan mangrove, semakin banyak waktu yang kita berikan bagi penduduk pesisir dan ekosistem untuk beradaptasi, katanya. Namun, semakin kita mengurangi emisi, semakin sedikit pula kebutuhan mereka untuk beradaptasi.

“Kita berada dalam perjuangan jangka panjang ini, jadi setiap pengurangan pemanasan yang dapat kita hindari sangat berarti, begitu pula setiap bagian alam yang dapat kita selamatkan,” kata Hülsen. \*\*\*

### Citations:

Hülsen, S., Dee, L. E., Kropf, C. M., Meiler, S., & Bresch, D. N. (2025). Mangroves and their services are at risk from tropical cyclones and sea level rise under climate change. *Communications Earth & Environment*, 6(1). doi:[10.1038/s43247-025-02242-z](https://doi.org/10.1038/s43247-025-02242-z)

Dabalà, A., Dahdouh-Guebas, F., Dunn, D. C., Everett, J. D., Lovelock, C. E., Hanson, J. O., ... Richardson, A. J. (2023). Priority areas to protect mangroves and maximise ecosystem services. *Nature Communications*, 14(1). doi:[10.1038/s41467-023-41333-3](https://doi.org/10.1038/s41467-023-41333-3)

Lagomasino, D., Fatoyinbo, T., Castañeda-Moya, E., Cook, B. D., Montesano, P. M., Neigh, C. S. R., ... Morton, D. C. (2021). Storm surge and ponding explain mangrove dieback in southwest Florida following Hurricane Irma. *Nature Communications*, 12(1). doi:[10.1038/s41467-021-24253-y](https://doi.org/10.1038/s41467-021-24253-y)

Saintilan, N., Horton, B. P., Törnqvist, T. E., Ashe, E. L., Khan, N. S., Schuerch, M., ... Guntenspergen, G. (2023). Widespread retreat of coastal habitat is likely at warming levels above 1.5°C. *Nature*, 621(7977), 112-119. doi:[10.1038/s41586-023-06448-z](https://doi.org/10.1038/s41586-023-06448-z)

Saintilan, N., Khan, N. S., Ashe, E., Kelleway, J. J., Rogers, K., Woodroffe, C. D., & Horton, B. P. (2020). Thresholds of mangrove survival under rapid sea level rise. *Science*, 368(6495), 1118-1121. doi:[10.1126/science.aba2656](https://doi.org/10.1126/science.aba2656)

Aditiya, A., & Ito, T. (2023). Present-day land subsidence over Semarang revealed by time series InSAR new small baseline subset technique. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 125, 103579. doi:[10.1016/j.jag.2023.103579](https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103579)