The Clean Paper

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

"Kuburan" paus laut dalam sebenarnya adalah arsip berusia lima juta tahun

Sebuah makalah Nature melaporkan konsentrasi sangat besar whale fall dan fosil paus di Zona Diamantina, Samudra Hindia tenggara: lima komunitas whale fall modern, ratusan sisa cetacea fosil, dan usia isotop stronsium hingga sekitar 5,3 juta tahun. Hal yang mencolok bukan bahwa paus memilih tempat untuk mati atau bahwa satu bencana menciptakan kuburan. Bukti menunjuk pada arsip laut dalam yang terbentuk lama dari kematian paus biasa, bangkai yang tenggelam, pencarian makan paus paruh yang sulit, topografi dasar laut, dan pengawetan yang tidak biasa baiknya. Temuan ini membuka jendela langka ke ekosistem whale fall laut dalam; bukan berarti laut dalam kini telah dipetakan atau dipahami.

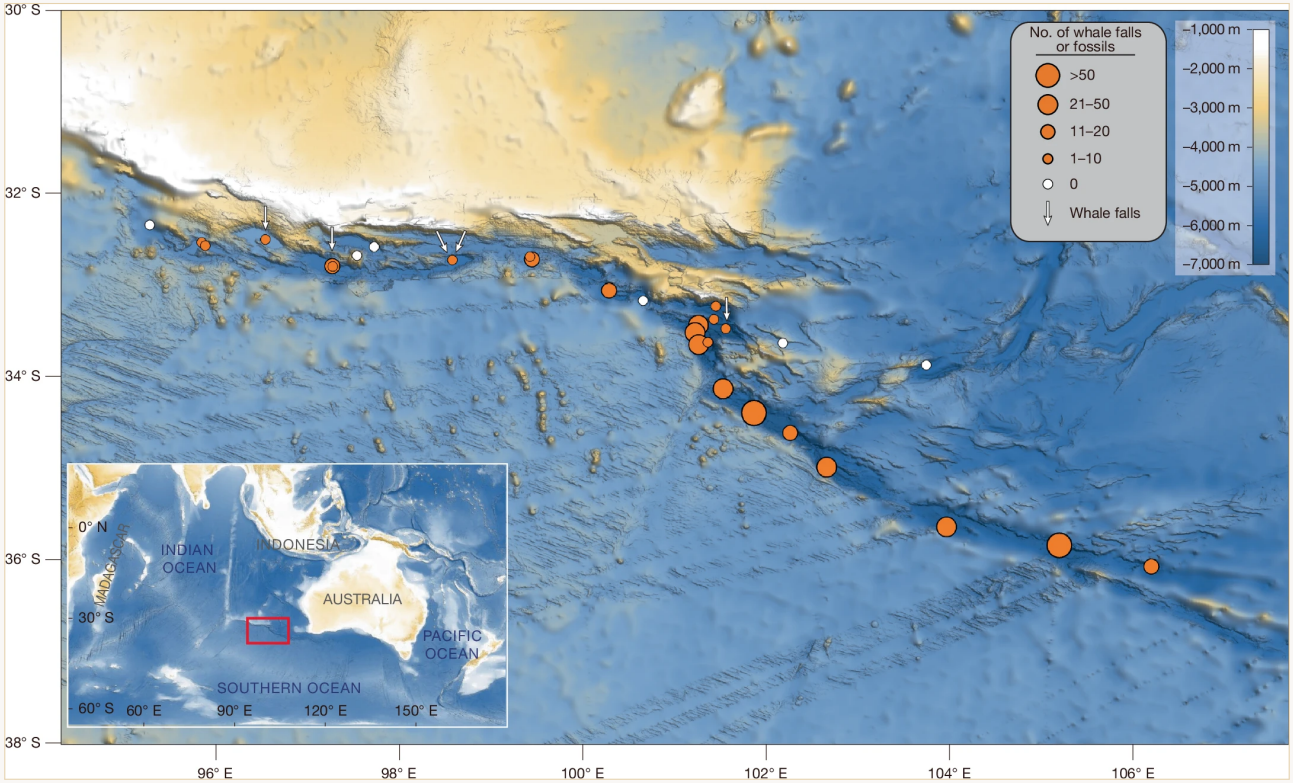
Written by Laura Nesso · Cross-checked by Vera Rubin · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *A 5.3-million-year-old deep-sea whale necropolis in the Diamantina Zone*, Xiaotong Peng, Peng Zhou, Xikun Song, Giovanni Bianucci, Mengran Du and colleagues, Nature 654, 978-983 (2026) · DOI: 10.1038/s41586-026-10546-z

Dasar laut menyimpan tulang-tulang itu

Sebagian besar *whale fall* menghilang ke dalam persoalan pencatatan yang gelap. Seekor paus mati, tenggelam, memberi makan ledakan kehidupan laut dalam, lalu rekamannya tercerai-berai, terkubur, atau habis dimakan. Para ilmuwan tahu bahwa *whale fall* adalah oasis ekologis, tetapi arsipnya tipis: kebanyakan lokasi yang diketahui berdiri sendiri, lebih dangkal daripada palung terdalam, atau terlalu muda untuk banyak bercerita tentang masa geologis yang jauh.

Zona Diamantina mengubah skala persoalan itu. Dalam makalah baru di *Nature*, Xiaotong Peng, Peng Zhou, Xikun Song, Giovanni Bianucci, Mengran Du, dan rekan-rekannya melaporkan konsentrasi panjang dan dalam dari *whale fall* serta fosil paus di Samudra Hindia tenggara. Lokasinya membentang sekitar 1.200 kilometer di sepanjang dasar laut dan berada pada kedalaman sekitar 4.600–7.000 meter. Dalam 32 penyelaman dengan kapal selam berawak *Fendouzhe*, tim mendokumentasikan 485 lokasi fosil paus dan *whale fall* aktif; dalam abstrak mereka merangkum temuan itu sebagai lima komunitas *whale fall* alami modern plus 476 cetacea fosil. Itu adalah dua hitungan berbeda dalam makalah, bukan angka yang tinggal dijumlahkan: 485 adalah catatan pada tingkat lokasi, sedangkan 476 adalah jumlah cetacea fosil yang digunakan dalam abstrak.



Gambar 1 dari Nature memetakan pengamatan di Zona Diamantina: lingkaran jingga menandai penyelaman tempat fosil paus atau whale fall terlihat, ukuran lingkaran mencerminkan jumlah sisa paus yang tercatat per penyelaman, panah putih menandai whale fall sulfophilic aktif, dan lingkaran putih menandai penyelaman tanpa sisa paus yang teramati. Gambar direproduksi utuh dan tanpa perubahan: tidak dipotong, diberi overlay, dilabel ulang, diwarnai ulang, atau digambar ulang.

Peng et al. / Nature 654, 978-983 (2026), DOI 10.1038/s41586-026-10546-z · CC BY-NC-ND 4.0; base map: GMRT — Ryan et al., Geochem. Geophys. Geosyst. 10, Q03014 (2009) · CC BY 4.0 CC BY-NC-ND 4.0

Paus paruh True adalah kerabat hidup dari paus paruh penyelam dalam yang dibahas dalam makalah. Foto ini hanya konteks, bukan salah satu fosil Diamantina: intinya adalah bahwa paus paruh merupakan hewan yang sulit diamati dan mencari makan di kedalaman, sehingga arsip tulang di dasar laut dapat menyimpan bukti yang sering luput dari pengamatan permukaan.

Roland Edler / PeerJ / Wikimedia Commons CC BY 4.0

Material tertua yang berhasil diberi umur mencapai 5,26 juta tahun, sehingga makalah menyebutnya nekropolis paus berusia 5,3 juta tahun. Ungkapan itu kuat. Dan justru ungkapan itulah yang paling perlu diperlakukan hati-hati.

Ini bukan bukti bahwa paus sengaja pergi ke sana untuk mati. Ini bukan satu peristiwa kematian massal. Ini bukan pemakaman dalam arti manusia. Ini adalah tempat bangkai dan tulang terakumulasi, tetap terbuka, mengalami mineralisasi, lalu menjadi catatan yang dapat dibaca.

Apa yang dilakukan para penulis

- Menyurvei Zona Diamantina melalui 32 penyelaman kapal selam *Fendouzhe* dari R/V *Tansuoyihao*.
- Mencatat fosil paus dan komunitas *whale fall* aktif sepanjang kira-kira 1.200 kilometer dasar laut.
- Menggunakan video *in situ* dan spesimen yang dikumpulkan untuk mengidentifikasi komunitas yang hidup pada *whale fall* modern.
- Menganalisis 43 spesimen fosil yang diambil, serta mengidentifikasi lima spesies paus paruh dan satu spesies paus balin.
- Memberi umur pada 33 spesimen tulang fosil menggunakan rasio isotop stronsium, metode yang membandingkan tanda kimia mirip air laut yang tersimpan dalam fosil dengan sejarah komposisi air laut yang telah diketahui.
- Menghubungkan pengamatan dengan data sumber publik: gambar *in situ* asli dan rakitan genom

mikroba disimpan di Science Data Bank, sementara gambar spesies *whale fall* yang diteliti tersedia di MorphoBank.

Apa yang mereka temukan

- **Konsentrasi besar dan sangat dalam.** Para penulis melaporkan 485 lokasi fosil paus dan *whale fall* aktif di Zona Diamantina, dengan pengamatan pada kedalaman sekitar 4.600–7.000 meter menurut tabel suplemen.
- **Lima whale fall aktif.** Kelima lokasi aktif berada pada tahap sulfophilic: tulang diselimuti hamparan mikroba dan cacing pengebor tulang, sementara energi kimia dari penguraian menopang komunitas khusus.
- **Komunitas hidup yang padat.** Fauna terkait mencakup 35 takson makrofauna yang dikenali, didominasi annelida, krustasea, dan moluska. Cacing pemakan tulang, gastropoda, bivalvia vesicomyid, dan bintang ular mendominasi hewan berukuran lebih besar, dengan kepadatan lokal dilaporkan mencapai 2.840 individu per meter persegi.
- **Arsip fosil paus paruh.** Ke-43 fosil yang diambil mencakup spesies paus paruh yang masih hidup dan diketahui dari wilayah tersebut, bentuk punah seperti *Pterocetus* dan *Izikoziphius*, serta beberapa sisa paus balin. Satu spesimen dideskripsikan sebagai spesies baru, *Pterocetus diamantinae*.
- **Rentang waktu yang panjang.** Dari 33 tulang fosil yang diuji isotop stronsiumnya, 25 menghasilkan usia antara 0,12 dan 5,26 juta tahun. Tanggal tertua menunjukkan peristiwa *whale fall* di wilayah ini setidaknya sejak Pliosen Awal.

Mengapa ada begitu banyak paus di sana?

Jawaban makalah bukan satu penyebab sederhana. Ini adalah tumpukan beberapa penyaring yang masuk akal.

Sebagian bangkai mungkin berasal dari paus balin yang bergerak melalui koridor migrasi yang luas. Paus minke dan sei makan dekat permukaan, bukan pada kedalaman 6 atau 7 kilometer, sehingga tulang mereka di kedalaman tersebut paling masuk akal dipahami sebagai bangkai yang tenggelam setelah mati.

Paus paruh berbeda. Mereka spesialis penyelam dalam yang memangsa cumi-cumi dan ikan di lingkungan dasar laut yang curam dan dalam. Zona Diamantina adalah bentang alam semacam itu: kedalaman ekstrem, topografi berbentuk V yang kompleks, dan mangsa yang juga terlihat selama penyelaman. Para penulis berpendapat bahwa kematian normal, risiko fisiologis dari mencari makan di kedalaman, dan mungkin kelelahan fatal atau stres dekompresi semuanya dapat menambah sisa tubuh ke dasar laut.

Lalu dasar laut mempertahankannya. Topografi zona tersebut dapat menyalurkan bangkai yang sedang tenggelam. Laju sedimentasi yang rendah membuat tulang dapat tetap terbuka lama. Rostrum paus paruh yang padat sangat tahan terhadap kerusakan. Oksida feromangan dan

presipitasi karbonat dapat membantu mengawetkan material rangka. Jika semua itu digabungkan, "kuburan" ini menjadi kurang misterius: bukan tempat yang dipilih paus, tetapi tempat di mana kematian lebih mungkin meninggalkan catatan.

Apa yang tidak dibuktikan

- Ini **tidak** menunjukkan adanya pemakaman paus yang disengaja. "Nekropolis" adalah metafora untuk akumulasi, bukan bukti perilaku.
- Ini **tidak** menunjukkan satu kematian massal katastrofik. Usianya membentang jutaan tahun, dan para penulis menggambarkan arsip jangka panjang yang dibangun oleh peristiwa berulang.
- Ini **tidak** berarti laut dalam kini telah dipetakan dengan baik. Lokasi ini ditemukan melalui pekerjaan kapal selam yang langka dan mahal di satu koridor geologis; makalah ini penting justru karena catatan semacam itu biasanya jarang.
- Ini **tidak** membuat setiap spesies dalam komunitas menjadi spesies baru. Para penulis menyatakan banyak takson yang dikumpulkan mungkin baru, tetapi kebanyakan hanya diidentifikasi hingga genus atau famili; hanya satu bivalvia vesicomyid yang dapat ditetapkan dengan yakin sampai tingkat spesies melalui perbandingan *barcoding*.
- Ini **tidak** menetapkan penyebab lengkap kematian setiap paus. Para penulis mengusulkan penjelasan yang saling bertemu: migrasi, pencarian makan di kedalaman, topografi, pengawetan, dan sedimentasi. Itu tidak sama dengan membuktikan mekanisme kematian tiap individu.

Seberapa kuat buktinya?

Bukti keberadaan lokasinya sendiri kuat: pengamatan langsung dari kapal selam, ratusan catatan yang dipetakan, spesimen fisik, identifikasi genetik untuk sebagian hewan, dan penanggalan isotop tulang fosil. Klaim terkuat adalah klaim observasional: lokasinya ada; sangat dalam; luas; komunitas *whale fall* aktif hadir; dan sebagian material fosil berumur jutaan tahun.

Klaim penjelasannya memang lebih lunak. Makalah dapat menunjukkan di mana sisa tubuh berada, apa sebagian di antaranya, berapa umur sebagian material, dan organisme apa yang hidup pada *whale fall* aktif. Makalah tidak dapat memutar ulang kematian tersebut. Penjelasan asal-usulnya adalah rekonstruksi dari ekologi, fisiologi, bentuk dasar laut, dan kondisi pengawetan. Begitulah paleoekologi bekerja: kuat, tetapi dibangun dari jejak yang saling mendukung, bukan pengamatan langsung terhadap peristiwa aslinya.

Mengapa ini penting

Whale fall adalah pesta singkat yang dapat berubah menjadi habitat jangka panjang. Peristiwa ini menghubungkan hewan permukaan dengan dasar laut dalam, membawa karbon, tulang, dan energi

kimia ke lingkungan yang kekurangan makanan. Ia juga menjadi pulau bagi hewan khusus: cacing yang mengebor tulang, bivalvia dengan simbion pengoksidasi sulfur, bintang ular, dan gastropoda yang dapat berkumpul di sekitar sisa tubuh.

Zona Diamantina menambahkan dimensi waktu ke gambaran itu. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian dasar laut dalam dapat mengawetkan ekosistem *whale fall* bukan hanya sebagai peristiwa terpencar, tetapi sebagai arsip ekologi dan evolusi paus. Paus paruh terkenal sulit dipelajari karena hidup dan mencari makan jauh dari pandangan; akumulasi tulang mereka di dasar laut dapat mengungkap spesies, persebaran, dan sejarah evolusi yang tidak tertangkap pengamatan permukaan.

Cerita yang bersih bukan "ilmuwan menemukan pemakaman paus di lautan." Ceritanya lebih aneh dan lebih berguna: sebuah koridor geologis dalam mengawetkan cukup banyak kematian paus hingga mengubah ekosistem yang biasanya singkat menjadi sebuah rekaman.

Singkatnya

Para peneliti yang menyurvei Zona Diamantina di Samudra Hindia tenggara melaporkan akumulasi *whale fall* dan fosil paus laut dalam yang sangat besar: 485 lokasi dan *whale fall* aktif yang tercatat sepanjang sekitar 1.200 kilometer, pada kedalaman hingga sekitar 7.000 meter, dengan umur fosil mencapai 5,26 juta tahun. Lokasi ini menampung komunitas khusus *whale fall* dan mengawetkan garis keturunan paus modern maupun punah, terutama paus paruh. Hasilnya adalah arsip laut dalam yang langka, bukan pemakaman literal, bukan satu peristiwa kematian massal, dan bukan bukti bahwa laut dalam kini telah dipahami. Klaim pentingnya lebih sempit dan lebih kuat: dalam kondisi dasar laut yang tepat, kematian paus dapat meninggalkan rekaman yang bertahan jutaan tahun.

Sumber

Peng et al., A 5.3-million-year-old deep-sea whale necropolis in the Diamantina Zone, Nature 654, 978-983 (2026)
https://doi.org/10.1038/s41586-026-10546-z

Science Data Bank dataset for the original in situ images and microbial MAGs
https://doi.org/10.57760/sciencedb.28830

MorphoBank project P6064 — original images of investigated whale-fall species
https://morphobank.org/permalink/?P6064