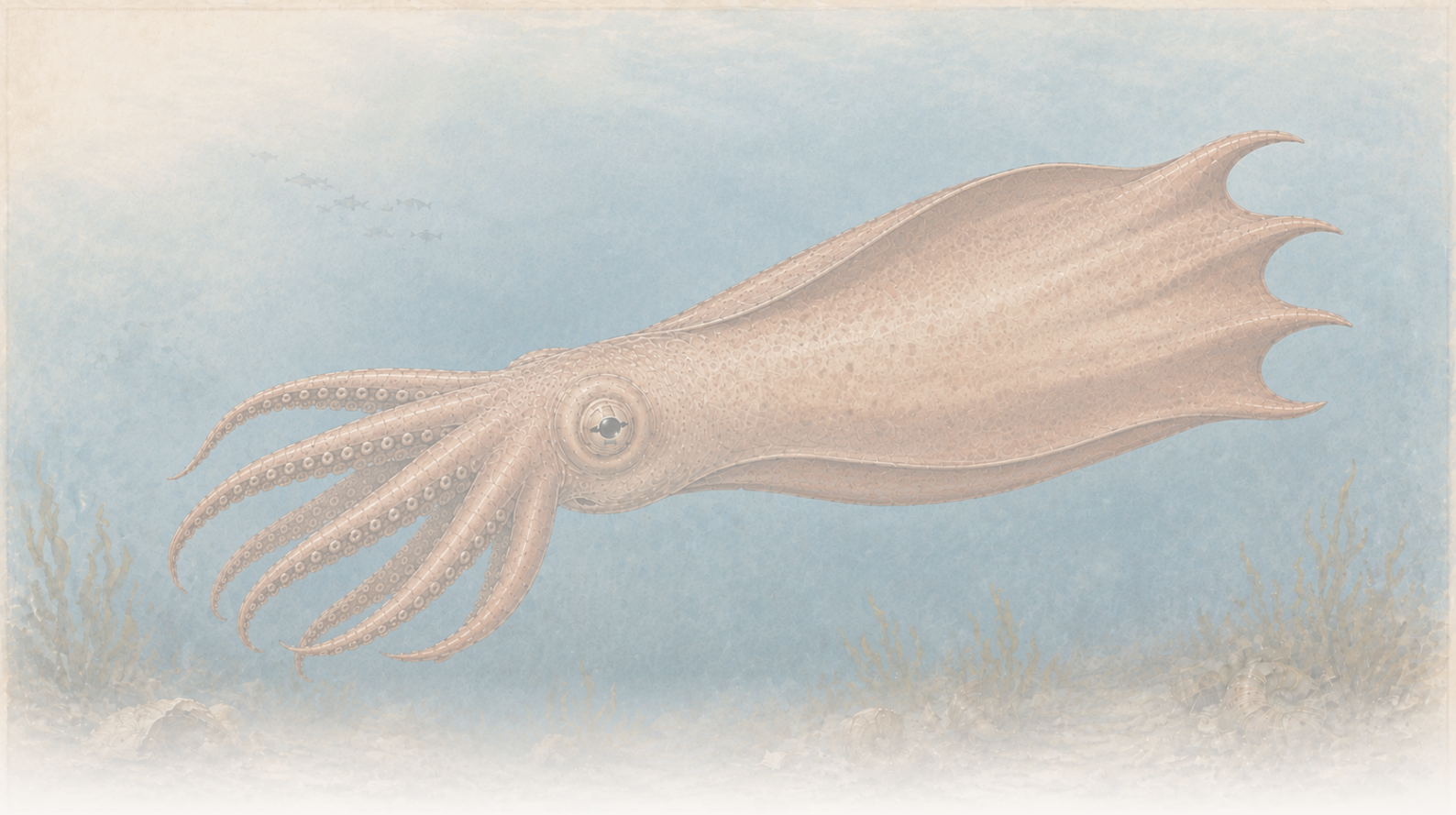


The Clean Paper

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

Gurita raksasa Kapur mungkin termasuk predator puncak — tetapi buktinya dimulai dari rahang, bukan monster laut

Sebuah makalah Science memeriksa ulang rahang sefalopoda Kapur yang sangat besar dan berargumen bahwa dua spesies Nanaimoteuthis adalah gurita bersirip awal, dengan estimasi ukuran tubuh beberapa meter dan mungkin hingga 18,6 m. Keausan berat pada rahang menunjukkan penghancuran mangsa keras; keausan asimetris mungkin mengisyaratkan perilaku lateral. Ini cerita fosil yang spektakuler, tetapi versi bersihnya bukan 'kraken benar-benar ada': ini rekonstruksi dari rahang, pola keausan, taksonomi, dan scaling.

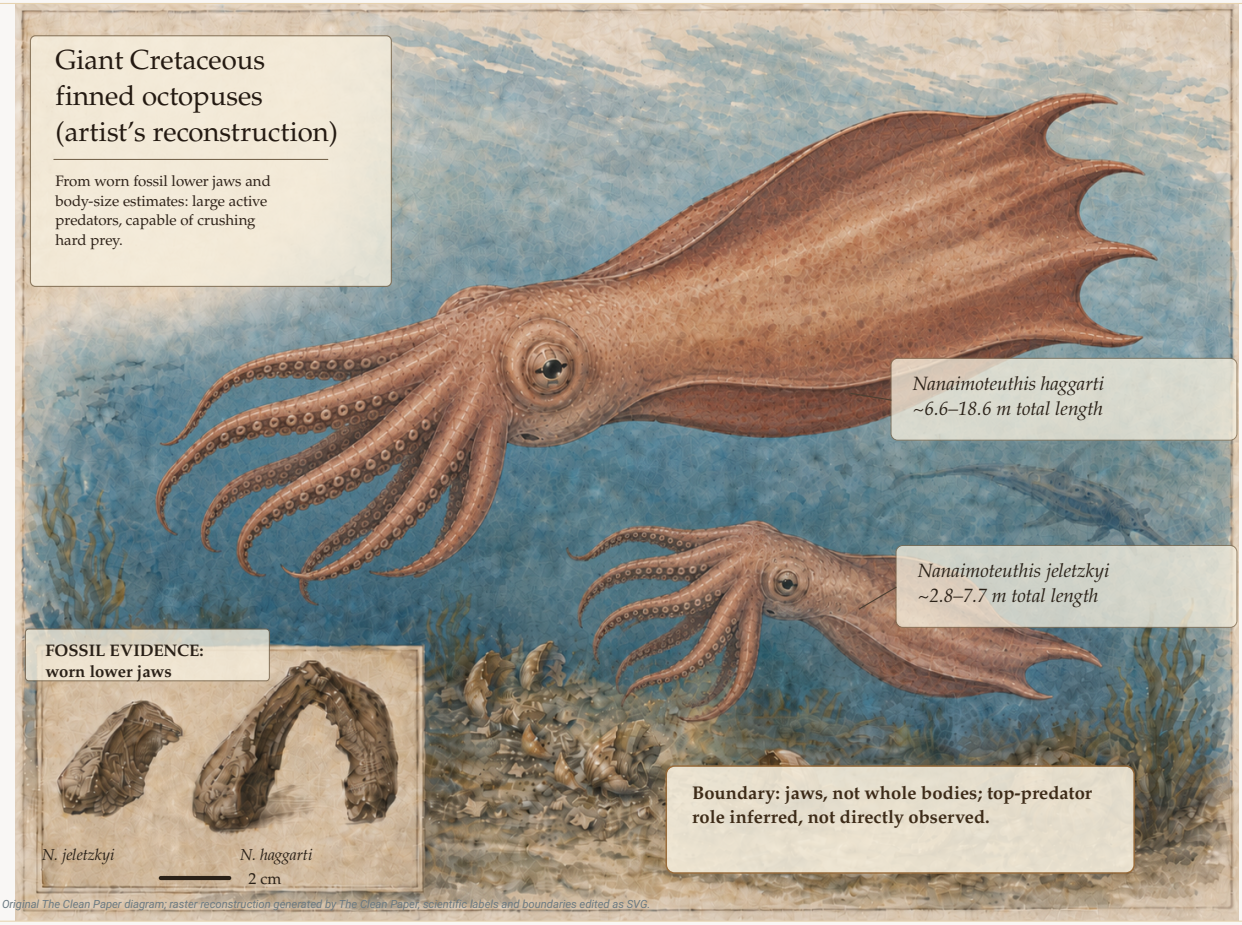
Written by Laura Nesso · Cross-checked by Lucio Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Earliest octopuses were giant top predators in Cretaceous oceans*, Shin Ikegami, Jörg Mutterlose, Kanta Sugiura, Yusuke Takeda, Mehmet Oguz Derin, Aya Kubota, Kazuki Tainaka, Takahiro Harada, Harufumi Nishida, and Yasuhiro Iba, Science 392, 406–410 (2026) · DOI: 10.1126/science.aea6285

Kisah kraken, dikembalikan ke fosilnya

Rahang fosil bukanlah seekor hewan. Ia adalah sisa keras dari tubuh lunak, fragmen yang harus dipakai paleontolog untuk merekonstruksi anatomi, perilaku, dan ekologi tanpa berpura-pura pernah melihat makhluk itu hidup. Itulah mengapa makalah ini sekaligus sangat menggoda dan mudah disederhanakan berlebihan. Versi judul beritanya menggoda: gurita raksasa mirip kraken menguasai lautan Kapur. Versi hati-hatinya lebih baik: rahang fosil yang terawetkan luar biasa menunjukkan bahwa beberapa gurita bersirip paling awal yang diketahui adalah karnivor sangat besar yang berulang kali menghancurkan mangsa keras dan mungkin menempati tingkat teratas jaring makanan laut Kapur Akhir.

Itu tetap spektakuler. Namun kisahnya sebaiknya dibaca bukan sebagai cerita monster laut, melainkan sebagai rekonstruksi dari rahang, pola keausan, taksonomi, dan scaling ukuran tubuh.



Rekonstruksi artistik dua spesies **Nanaimoteuthis** yang dibahas dalam makalah, dengan rahang bawah fosil ditampilkan sebagai bukti langsung di balik rekonstruksi ukuran tubuh. Gambar ini adalah rekonstruksi, bukan foto fosil: bukti yang benar-benar terawetkan adalah rahang, sedangkan panjang tubuh dan peran sebagai predator puncak disimpulkan dari scaling, pola keausan, dan ekologi.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Apa yang dilakukan para penulis

Para penulis meninjau kembali rahang fosil sefalopoda octobrachia dari Kapur — kelompok luas yang mencakup gurita dan kerabatnya. Lima belas rahang fosil besar sebelumnya telah dilaporkan dari Jepang dan Pulau Vancouver. Tim juga menemukan dua belas rahang tambahan di dalam lima konkresi karbonat dari Jepang menggunakan penambangan fosil digital.

Metode tersebut menggabungkan tomografi penggerindaan berwarna penuh beresolusi tinggi dengan model AI zero-shot, artinya model tidak dilatih khusus pada fosil-fosil ini. Peneliti menggerinda setiap konkresi pada **interval 50 mikrometer**, memotret setiap permukaan baru yang terbuka untuk membangun rangkaian besar gambar berwarna. Model segmentasi bernama DEVA menghasilkan garis digital, atau mask, untuk rahang pada setiap gambar. Peneliti memeriksa garis tersebut terhadap gambar asli, lalu menumpuk dan menggabungkannya menjadi model 3D berwarna asli dengan smoothing minimal. Dengan cara ini mereka dapat mendeteksi rahang yang tersembunyi di dalam batu dan memeriksa serpihan kecil, goresan, serta ciri keausan lain pada permukaannya. Tomografi penggerindaan menghancurkan lima sampel batuan, tetapi data gambar, mask, dan model 3D hasilnya diarsipkan.

Kemudian mereka melakukan empat hal yang saling terhubung.

Pertama, mereka merevisi taksonomi. Rahang fosil yang sebelumnya dibagi ke lima spesies direorganisasi menjadi dua spesies: **Nanaimoteuthis jeletzkyi** dan **Nanaimoteuthis haggarti**. Genus yang sebelumnya dianggap kerabat cumi vampir di sini ditempatkan di dalam **Cirrata**, gurita bersirip.

Kedua, mereka memperpanjang garis waktu. Material baru mendorong **N. jeletzkyi** mundur hingga Cenomanian paling awal, sekitar **100 juta tahun lalu**, memperpanjang catatan gurita bersirip sekitar 15 juta tahun dan gurita secara umum sekitar 5 juta tahun.

Ketiga, mereka memperkirakan ukuran tubuh dari ukuran rahang. Menggunakan hubungan alometrik dari gurita bersirip bertubuh panjang modern, mereka memperkirakan panjang mantel lalu panjang total. Rentangnya lebar: **N. jeletzkyi** diperkirakan mencapai sekitar **2,8 hingga 7,7 meter** panjang total, dan **N. haggarti** sekitar **6,6 hingga 18,6 meter**. Batas atas inilah sumber bahasa "kraken".

Metode suplemen membuat rantai scaling itu eksplisit. Peneliti merekonstruksi garis rahang yang aus atau lapuk jika diperlukan, lalu menggunakan **12 hubungan spesifik-spesies** antara panjang hood rahang bawah dan panjang mantel. Mereka memperhitungkan rata-rata **39% penyusutan akibat fiksasi** pada spesimen modern relevan, lalu mengubah panjang mantel menjadi panjang total dengan rasio **4,2** dari gurita bersirip hidup bertubuh panjang. Pilihan-pilihan itu menghasilkan rentang, bukan pengukuran langsung tubuh fosil.

Keempat, mereka memeriksa keausan. Rahang terbesar tumpul dan membulat di tempat elemen rahang individu muda seharusnya lebih tajam. Ada serpihan, goresan, permukaan terpolish, retakan, dan kehilangan tepi rahang yang asimetris. Para penulis menafsirkannya sebagai bukti penghancuran mangsa keras berulang, dan mungkin perilaku yang lebih sering menggunakan satu sisi.

Apa yang mereka temukan

Kemungkinan besar ini gurita bersirip awal, bukan cumi vampir. Taksonomi suplemen memisahkan dua langkah yang saling terkait. Setiap bridge adalah pita material rahang yang menghubungkan hood ke dinding lateral. Pada **Nanaimoteuthis**, bridge ini seluruhnya tersembunyi oleh pelat rahang bagian dalam dan luar, pola yang mendukung penempatan genus dalam Cirrata. Sayap rahangnya yang lebar kemudian mendukung penempatan pada kelompok gurita bersirip bertubuh panjang. Ini penting karena makalah tidak hanya mengatakan "sefalopoda besar"; ia mengubah posisi fosil dalam sejarah gurita.

Mereka tua. Spesimen baru menempatkan gurita bersirip sekitar **100 juta tahun lalu**, pada Kapur Akhir. Itu menjadikannya salah satu hewan garis gurita paling awal yang diketahui.

Mereka mungkin sangat besar. Estimasi ukuran tubuh bukan pengukuran tunggal dari tubuh yang terawetkan; itu adalah perhitungan dari rahang. Namun angkanya besar bahkan jika dinyatakan hati-hati. Spesies lebih kecil, N. jeletzkyi, diperkirakan panjang total beberapa meter. Yang lebih besar, N. haggarti, diperkirakan hingga kira-kira **18,6 meter**, sebanding skalanya dengan predator laut terbesar masa itu dan sefalopoda hidup terbesar.

Rahangnya sangat aus. Pada spesimen terbesar, material rahang yang hilang mencapai kira-kira **10% panjang total rahang**. Makalah berargumen bahwa keausan ini bukan kerusakan preparasi atau abrasi transportasi: spesimen berasal dari endapan paparan luar berenergi rendah, serpihan dan goresan terawetkan dengan pola konsisten dengan penggunaan, dan rahang cumi fosil yang ditemukan bersama tidak menunjukkan pola sama. Para penulis membandingkan keausan tersebut dengan sefalopoda durofagus modern — hewan yang makan mangsa keras.

Keausannya asimetris. Tepi rahang kanan lebih aus daripada kiri pada kedua spesies. Para penulis menafsirkannya sebagai kemungkinan lateralisasi perilaku: preferensi menggunakan satu sisi lebih sering. Karena perilaku lateral pada hewan modern berkaitan dengan sistem saraf kompleks, mereka mengusulkan bahwa gurita awal ini mungkin sudah memiliki kecerdasan maju.

Apa arti yang paling mungkin

Interpretasi ekologis terkuat adalah bahwa gurita bersirip Kapur Akhir tidak semuanya hewan kecil di latar belakang ekosistem yang didominasi vertebrata besar. Kasus predator puncak yang dibuat penulis menggabungkan dua temuan: ukuran tubuh perkiraan yang sangat besar dan karnivori durofagus — pengolahan berulang mangsa hewan bercangkang atau keras — yang disimpulkan dari keausan rahang. Bersama-sama, keduanya mendukung kemungkinan bahwa garis invertebrata ikut menempati tingkat teratas jaring makanan yang biasanya diasosiasikan dengan mosasaurus, plesiosaurus, ikan besar, dan hiu.

Cerita evolusinya juga menarik. Predator vertebrata laut dan sefalopoda garis gurita menempuh jalur sangat berbeda menuju predasi. Vertebrata memperoleh rahang, tubuh streamline, dan sering mengurangi pelindung luar. Kerabat gurita mengurangi atau menginternalisasi cangkang, men-

jadi bertubuh lunak dan bergerak bebas, tetapi mempertahankan rahang kuat dan lengan fleksibel. Makalah membingkai ini sebagai jalur konvergen menuju predator laut besar dan cerdas.

Bagian yang lebih spekulatif adalah perilaku. Keausan luas mendukung pemberian makan pada mangsa keras. Ukuran besar mendukung pentingnya secara ekologis. Keausan asimetris mendukung kemungkinan perilaku lateral. Namun "kecerdasan maju" adalah inferensi, bukan pengukuran langsung pada fosil. Ia masuk akal dalam konteks biologi gurita, tetapi tidak boleh dibuat lebih kuat daripada bukti.

Apa yang *tidak* dibuktikan

- Makalah ini **tidak** memiliki tubuh utuh gurita raksasa yang membatu. Rekonstruksi terutama didasarkan pada rahang, dengan ukuran tubuh disimpulkan dari scaling gurita bersirip modern.
- Makalah ini **tidak** menunjukkan isi lambung atau sisa mangsa langsung. Makan mangsa keras disimpulkan dari keausan rahang, bukan makanan yang terfosilisasi.
- **Artikel penelitian yang ditulis para penulis tidak** mengusulkan bahwa mereka memakan mosasaurus, plesiosaurus, atau reptil laut besar lainnya. Teks penelitian hanya menyebut hewan-hewan itu sebagai pembanding ukuran tubuh dan posisi ekologis.
- Makalah ini **tidak** memberikan panjang tubuh yang presisi. Estimasi berupa rentang, dan klaim terbesar adalah batas atas estimasi.
- Makalah ini **tidak** mengukur kecerdasan secara langsung. Keausan rahang lateral ditafsirkan sebagai kemungkinan lateralisasi perilaku, yang mungkin mengisyaratkan perilaku kompleks; itu beberapa langkah inferensi dari mengetahui kemampuan mental hewan.
- Ini **tidak** berarti semua gurita awal adalah raksasa. Klaim menyangkut spesies Nanaimoteuthis ini, terutama N. haggarti, bukan seluruh garis gurita awal.

Seberapa kuat buktinya?

Untuk keberadaan rahang garis gurita Kapur yang sangat besar, buktinya kuat: makalah menyajikan spesimen yang dideskripsikan, model digital, konteks stratigrafi, dan perbandingan dengan rahang sefalopoda modern serta fosil.

Untuk makan mangsa keras, buktinya juga cukup kuat. Pola keausan dirinci — serpihan, goresan, polish, retakan, kehilangan asimetris — dan para penulis berusaha menyingkirkan kerusakan preparasi serta abrasi transportasi. Perbandingan dengan sefalopoda durofagus modern adalah jembatan inferensial yang masuk akal.

Untuk ukuran tubuh tepat dan status predator puncak, keyakinan sebaiknya lebih moderat. Estimasi ukuran bergantung pada scaling alometrik dari gurita bersirip hidup bertubuh panjang. Peran ekologis disimpulkan dari gabungan ukuran perkiraan dan karnivori durofagus, bukan diamati langsung. Argumennya koheren, tetapi ini rekonstruksi ekologi, bukan sensus langsung jaring makanan.

Mengapa ini penting

Makalah ini adalah contoh bagus bagaimana paleontologi membuat klaim kuat dari bukti parsial tanpa sihir. Rahang adalah objeknya. Keausan adalah jejak perilaku. Kurva scaling adalah jembatan dari fosil keras ke tubuh lunak. Setiap langkah menambah kekuatan, dan setiap langkah menambah ketidakpastian. Itulah pelajaran yang layak dipertahankan.

Ia juga memperbaiki gambaran umum yang familier. Lautan Kapur biasanya dibayangkan sebagai dunia predator vertebrata besar dengan mangsa bercangkang lebih kecil. Fosil ini menunjukkan bahwa beberapa invertebrata bertubuh lunak bukan sekadar bersembunyi di bawah jaring makanan tersebut. Mereka mungkin bersaing di lapisan atasnya.

Hasilnya sangat visual, tetapi cerita bersihnya bukan "kraken benar-benar ada." Ceritanya adalah bahwa gurita bersirip awal berukuran besar meninggalkan rahang yang memungkinkan peneliti merekonstruksi tubuh raksasa dan aktivitas menghancurkan mangsa keras berulang — kombinasi yang membuat kasus serius, meski masih inferensial, untuk predator puncak invertebrata di zaman reptil laut.

Singkatnya

Peneliti memeriksa ulang rahang fosil sefalopoda Kapur dari Jepang dan Pulau Vancouver, dan menggunakan tomografi penggerindaan berwarna penuh plus segmentasi AI zero-shot untuk merekonstruksi secara digital rahang tersembunyi sebagai spesimen 3D rinci dari batuan Jepang. Mereka mengorganisasi kembali beberapa takson fosil menjadi dua spesies **Nanaimoteuthis**, yang di sini ditafsirkan sebagai gurita bersirip awal. Fosil memperpanjang catatan gurita bersirip hingga sekitar **100 juta tahun lalu**. Dari scaling ukuran rahang, penulis memperkirakan panjang total sekitar **2,8–7,7 m** untuk **N. jeletzkyi** dan **6,6–18,6 m** untuk **N. haggarti**. Keausan rahang berat — serpihan, goresan, polish, retakan, dan kehilangan tepi asimetris — menunjukkan penghancuran mangsa keras berulang dan mungkin perilaku lateral. Ukuran perkiraan raksasa ditambah karnivori durofagus mendukung interpretasi bahwa gurita ini mungkin menempati tingkat teratas jaring makanan laut. Bukti tidak mencakup tubuh utuh, panjang tepat, mangsa yang teridentifikasi, atau pengukuran langsung kecerdasan. Artikel penelitian para penulis tidak mengusulkan predasi pada reptil laut besar.

Penilaian tanpa berlebihan

Apa yang ditunjukkan makalah: Rahang besar dari garis gurita Kapur, direvisi sebagai dua spesies Nanaimoteuthis dan ditempatkan di dalam gurita bersirip; catatan Cirrata yang lebih tua; estimasi ukuran tubuh mencapai beberapa meter dan mungkin hingga 18,6 m; keausan rahang dewasa luas yang konsisten dengan makan mangsa keras; keausan asimetris yang konsisten dengan kemungkinan perilaku lateral.

Apa yang masuk akal tetapi belum terbukti: Bahwa N. haggarti termasuk invertebrata terbesar yang pernah diketahui; bahwa hewan ini benar-benar menempati peran predator puncak; bahwa keausan asimetris mencerminkan lateralisasi perilaku dan kognisi maju.

Apa yang tidak ditunjukkan: Fosil seluruh tubuh; mangsa langsung atau isi lambung; panjang tubuh pasti; predasi pada reptil laut besar; bukti langsung kecerdasan; bahwa semua gurita awal adalah raksasa.

Keterbatasan utama: Ukuran tubuh disimpulkan melalui model scaling multi-langkah dari rahang ke mantel ke panjang total; status predator puncak disimpulkan dari ukuran perkiraan ditambah karnivori durofagus; perilaku disimpulkan dari keausan asimetris; fosil mengawetkan rahang, bukan seluruh hewan atau mangsa langsung.

Seberapa besar keyakinan yang layak dimiliki pembaca umum? Keyakinan tinggi bahwa fosil ini mencakup rahang gurita bersirip awal yang sangat besar dengan bukti keausan kuat. Keyakinan sedang bahwa hewan terbesar mencapai ujung atas estimasi 6,6–18,6 m. Keyakinan sedang bahwa mereka benar-benar predator puncak alih-alih sekadar karnivor mangsa keras yang sangat besar. Keyakinan rendah bahwa kita dapat berkata banyak secara spesifik tentang kecerdasannya. Sikap yang tepat: cerita fosil yang spektakuler, tetapi dibangun dari rahang dan inferensi, bukan dari monster laut yang lengkap.

Pembaruan setelah publikasi

- **Koreksi · 2026-07-26**

  Setelah menerima masukan dari corresponding author Yasuhiro Iba, kami menyatakan secara eksplisit bahwa artikel penelitian yang ditulis para penulis memperlakukan reptil laut besar sebagai pembanding, bukan mangsa, dan memperjelas perbedaan antara artikel penelitian tersebut dan Editor's Summary terpisah dari Science mengenai atribusi mangsa. Kami juga memperluas penjelasan metode penambangan fosil digital dan bukti predator puncak, serta memeriksa paket suplemen lengkap.

Sumber

Science 392, 406–410 (2026)
https://doi.org/10.1126/science.aea6285

Supplementary methods, text, figures S1–S6, and references
https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aea6285/suppl_file/science.aea6285_sm.pdf

Supplementary tables S1–S6
https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aea6285/suppl_file/science.aea6285_tables_s1_to_s6.zip

MDAR reproducibility checklist
https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aea6285/suppl_file/science.aea6285_

mdar_reproducibility_checklist.pdf

Fossil lower jaws dataset — Figshare
https://doi.org/10.6084/m9.figshare.27933759

Tomographic animations — Figshare
https://doi.org/10.6084/m9.figshare.27935904

CPU-enabled AI segmentation code — Zenodo
https://doi.org/10.5281/zenodo.15176344