The Clean Paper

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

Rekaman fosil New Mexico membuat bab terakhir dinosaurus lebih rumit

Sebuah studi Science menanggal ulang Naashoibito Member di New Mexico ke beberapa ratus ribu tahun terakhir sebelum tumbukan asteroid. Itu penting karena sebagian besar bukti terbaik dinosaurus akhir Cretaceous berasal dari lebih jauh ke utara. Rekaman selatan yang baru menunjukkan Amerika Utara barat masih memiliki fauna dinosaurus yang berbeda secara regional menjelang akhir, bukan satu komunitas seragam yang sedang memudar. Ia tidak membuktikan setiap ekosistem dinosaurus di dunia berkembang hingga tumbukan; ia menunjukkan mengapa rekaman fosil regional dapat membuat cerita global terlalu mulus.

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

Paper: *Late-surviving New Mexican dinosaurs illuminate high end-Cretaceous diversity and provinciality*, Andrew G. Flynn, Stephen L. Brusatte, Alfio Alessandro Chiarenza, Jorge Garcia-Giron, Adam J. Davis, C. Will Fenley IV, Caitlin E. Leslie, Ross Secord, Sarah Shelley, Anne Weil, Matthew T. Heizler, Thomas E. Williamson, and Daniel J. Peppe, Science 390, 400-404 (2025) · DOI: 10.1126/science.adw3282

Saksi dari selatan menjelang akhir

Kisah dinosaurus terakhir sering diceritakan melalui Great Plains bagian utara: Montana, Dakota, dunia Hell Creek. Rekamannya cukup baik hingga menjadi akrab, dan keakraban sering menyamar sebagai kelengkapan. Fosil tidak tersebar merata karena sejarah tidak cukup baik hati untuk mengarsipkan dirinya bagi kita.

Sebuah makalah baru di *Science* menambahkan saksi dari selatan. Para penulis mempelajari Naashoibito Member di San Juan Basin, New Mexico, satuan batuan berfosil yang usianya diperdebatkan selama puluhan tahun. Jika fosil itu lebih tua, ia tidak banyak mengatakan tentang saat-saat terakhir sebelum tumbukan asteroid. Jika usianya sangat akhir Cretaceous, nilainya jauh lebih besar.

Jawaban makalah adalah yang kedua. Dengan geokronologi dan magnetostratigrafi baru, tim berpendapat bahwa horizon utama yang mengandung dinosaurus di Naashoibito Member berada dalam sekitar **340.000 tahun** dari batas Cretaceous–Paleogene. Itu menempatkan dinosaurus New Mexico cukup dekat dengan akhir untuk berbicara pada pertanyaan lama: apakah dinosaurus sudah berada dalam kemunduran panjang, atau banyak ekosistem masih beragam secara regional ketika tumbukan terjadi?

Jawaban hati-hati bukan “semua dinosaurus baik-baik saja, lalu boom”. Kalimat itu enak dibaca tetapi kurang sopan terhadap data. Jawaban yang lebih baik lebih sempit dan lebih berguna: di Amerika Utara bagian barat, rekaman selatan yang bertanggal baik mendukung gambaran fauna dinosaurus akhir yang masih berbeda secara regional, bukan satu komunitas berkeanekaragaman rendah yang memudar serentak di mana-mana.

Itu sudah cukup. Tidak perlu topi yang lebih heboh.

Bisti/De-Na-Zin Wilderness di New Mexico, lanskap badlands di wilayah San Juan Basin yang lebih luas. Gambar ini adalah konteks, bukan bukti dari makalah Science: argumen studi bertumpu pada lapisan batuan berfosil yang bertanggal, bukan pemandangan.

Bob Wick / BLM California CC BY 2.0

Apa arti “dalam 340.000 tahun” di sini?

Tumbukan asteroid dan batas Cretaceous–Paleogene bertanggal sekitar **66,052 juta tahun lalu**. Pertanyaannya adalah di mana batuan berfosil berada relatif terhadap garis itu.

Para penulis tidak menanggal tulang dinosaurus secara langsung lalu menganggap persoalan selesai. Mereka menanggal butiran mineral vulkanik, terutama sanidin, dari batupasir pada penampang Naashoibito memakai **geokronologi $^{40}Ar/^{39}Ar$**, lalu menggabungkan tanggal itu dengan **magnetostratigrafi**: rekaman pembalikan medan magnet Bumi yang tersimpan dalam batuan.

Versi singkatnya: satu sampel memberikan usia deposisi maksimum **66,87 ± 0,04 juta tahun**, sampel lain yang mengandung dinosaurus memberikan **66,38 ± 0,08 juta tahun**, dan pola magnetik menempatkan bagian atas penampang dalam interval polaritas terbalik terakhir pada Cretaceous. Bersama-sama, batasan itu menempatkan horizon utama dinosaurus sangat dekat dengan batas. Ini jam geologi, bukan stopwatch, tetapi cukup dekat untuk mengubah argumen.

Apa yang dilakukan para penulis

Tim menggabungkan dua jenis pekerjaan yang saling membutuhkan. Pertama, mereka memperketat usia Naashoibito Member. Satuan ini berada di atas batuan Campanian yang lebih tua dan di bawah batuan Paleocene awal, tetapi usia tepatnya diperdebatkan: beberapa interpretasi lama menempatkannya sekitar 70–69 juta tahun lalu, yang lain berpendapat usia Cretaceous paling akhir, dan beberapa klaim bahkan mendorong sebagian rekamannya ke Paleocene. Para penulis mengukur penampang, mengambil sampel dari lokasi yang mengandung dinosaurus, menanggal butiran sanidin detrital dengan metode $^{40}Ar/^{39}Ar$, dan mengikat penampang pada interval polaritas magnetik yang diketahui.

Kedua, mereka menanyakan seperti apa faunanya dalam konteks yang lebih luas. Mereka mengumpulkan data kemunculan vertebrata darat dan air tawar dari Amerika Utara bagian barat sepanjang Campanian, Maastrichtian, dan Paleocene awal, lalu memakai metode ekologi dan biogeografi untuk menguji apakah fauna bersifat regional atau seragam. Kata kuncinya adalah **provinsialitas**: apakah daerah berbeda memiliki komunitas berbeda, bukan hewan yang sama di mana-mana.

Ini penting karena satu versi sejarah dinosaurus akhir mengatakan Amerika Utara barat menjadi lebih homogen pada Maastrichtian, dengan lebih sedikit perbedaan regional dan fauna yang lebih kosmopolitan. Sistem yang lebih seragam dan kurang beragam lebih mudah dibayangkan sudah rentan sebelum asteroid. Sistem yang masih terstruktur secara regional menceritakan kisah lain.

Apa yang mereka temukan

Penanggalan adalah titik engsel. Dua sampel Naashoibito yang mengandung dinosaurus memberi batasan Maastrichtian akhir. Sampel batupasir H08-Sand-08 menghasilkan usia deposisi maksimum **66,87 ± 0,04 juta tahun**. Sampel dari "34-Bone Site", yang memuat kerangka parsial hadrosaur lambeosaurine, memberi usia deposisi maksimum **66,38 ± 0,08 juta tahun**. Digabung dengan rekaman polaritas magnetik, para penulis menempatkan horizon utama dinosaurus Naashoibito dalam sekitar **340.000 tahun** dari batas K-Pg.

Itu membuat rekaman San Juan Basin secara umum sezaman dengan fauna Hell Creek yang lebih terkenal jauh di utara. Ia juga memisahkan dinosaurus Naashoibito dari fauna Nacimiento Paleocene paling awal sekitar **700.000 tahun**, yang penting karena kita tentu tidak ingin secara tidak sengaja menempatkan dinosaurus non-unggas di sisi batas kepunahan yang salah. Itu akan berantakan, dan juga keliru.

Hasil ekologis adalah separuh lainnya. Sepanjang interval Cretaceous paling akhir yang dianalisis, para penulis menemukan bukti untuk **dua bioprovinsi** di Amerika Utara bagian barat. Ketika dinosaurus dianalisis sendiri, mereka terpisah menjadi dua bioprovinsi pada seluruh interval waktu Cretaceous akhir dalam studi. Makalah berargumen bahwa perbedaan regional ini tidak begitu saja runtuh menjadi satu fauna seragam sebelum tumbukan asteroid.

Pendorongnya bukan sekadar garis utara–selatan. Analisis mereka menunjuk **suhu** sebagai faktor

utama yang membentuk bioprovinsi Cretaceous, dengan geografi sebagai faktor sekunder. Daerah selatan yang lebih hangat mungkin menguntungkan hewan tertentu seperti sauropoda, sementara daerah utara yang lebih sejuk menguntungkan yang lain seperti hadrosaurine. Intinya bukan setiap provinsi lebih "sehat" daripada yang lain. Intinya peta Cretaceous akhir masih memiliki struktur.

Apa yang *tidak* dibuktikan

- Studi ini **tidak** membuktikan dinosaurus di seluruh dunia berkembang baik sampai asteroid menghantam. Para penulis tegas bahwa gambaran ini masih terutama Amerika Utara.
- Studi ini **tidak** menghapus bukti kemunduran pada kelompok, wilayah, atau analisis tertentu. Ia menentang cerita seluruh benua yang terlalu mulus, bukan setiap kemungkinan stres sebelum kepunahan.
- Studi ini **tidak** menunjukkan asteroid tidak penting. Tumbukan tetap peristiwa utama di batas; makalah ini menanyakan jenis ekosistem apa yang dihantam.
- Studi ini **tidak** menjadikan New Mexico jendela sempurna ke seluruh planet. Ia menambahkan titik data selatan yang sebelumnya hilang dari rekaman yang didominasi lokasi utara.
- Studi ini **tidak** membuat "berkembang subur sampai tumbukan" menjadi judul yang aman. Itu versi klaim paling luas, bukan hasil paling bersih.

Seberapa kuat buktinya?

Untuk usia horizon Naashoibito yang mengandung dinosaurus, bukti dalam teks utama cukup kuat untuk penting. Para penulis menggabungkan tanggal radioisotop dari butiran sanidin detrital dengan magnetostratigrafi, dan tanggal kuncinya konsisten dengan interpretasi Cretaceous paling akhir. Makalah juga secara langsung menghadapi kontroversi lama apakah fosil ini jauh lebih tua, Cretaceous paling akhir, atau bahkan Paleocene.

Masih ada satu catatan teknis. Rincian geokronologi, interpretasi magnetik, dan tabel data berada di materi suplementer *Science*. Makalah utama memberi klaim dan angka yang diperlukan, tetapi pass publikasi final sebaiknya memeriksa suplemen sebelum menganggap setiap detail metodologis sudah tertutup.

Untuk klaim ekologis yang lebih luas, buktinya menarik dan berguna, tetapi lebih bergantung pada model. Para penulis memakai kumpulan data kemunculan, clustering, dan resampling untuk menginferensikan bioprovinsi. Itu alat yang tepat untuk pertanyaannya, tetapi hasil juga bergantung pada sampling fosil, penetapan taksonomi, pembagian waktu, dan cara menangani ketiadaan data. Rekaman fosil adalah data dengan beberapa gigi hilang.

Jadi pembacaan paling aman perlu dibelah: New Mexico memang memberi rekaman selatan Cretaceous akhir yang nyata dan penting; kesimpulan bahwa Amerika Utara barat mempertahankan struktur fauna regional menjelang akhir didukung baik oleh analisis penulis; lompatan dari itu ke "kesehatan dinosaurus global" harus ditahan.

Mengapa ini penting

Perdebatan lama tentang kemunduran dinosaurus bukan hanya tentang dinosaurus. Ia juga tentang seberapa besar beban cerita yang boleh kita letakkan pada satu rekaman fosil.

Jika rekaman akhir Cretaceous terbaik berasal dari Great Plains utara, mudah tergoda membiarkannya mewakili benua, lalu membiarkan benua mewakili dunia. Efisien. Dan begitulah pola regional naik lift tanpa tiket lalu berubah menjadi cerita global.

Hasil New Mexico membuat ceritanya kurang mulus. Ia berkata: lihat ke selatan. Ada satuan batuan berisi dinosaurus dekat batas. Ada fauna yang tidak sekadar menduplikasi fauna utara. Ada bukti bahwa suhu dan ekologi regional masih penting menjelang akhir.

Itu tidak membuat asteroid kurang katastrofik. Jika ada, justru membuat katastrofenya lebih tajam. Tumbukan tidak datang di akhir satu ekosistem sederhana yang seragam. Ia menghantam sekumpulan dunia regional yang masih memiliki susunannya sendiri.

Ada juga pelajaran yang lebih tenang. Penanggalan yang baik mengubah narasi. Kumpulan fosil tanpa usia yang aman bisa menjadi rumor dengan tulang. Letakkan pada bagian jam yang benar, dan fosil yang sama menjadi bukti.

Singkatnya

Sebuah studi *Science* meninjau ulang Naashoibito Member di New Mexico, satuan berisi dinosaurus yang usianya lama diperdebatkan. Dengan penanggalan sanidin detrital $^{40}Ar/^{39}Ar$ dan magnetostratigrafi, para penulis membatasi horizon utama dinosaurus hingga sekitar 340.000 tahun dari batas Cretaceous–Paleogene, menjadikannya di antara dinosaurus non-unggas terakhir yang diketahui di Amerika Utara dan secara umum sezaman dengan fauna Hell Creek lebih jauh di utara. Mereka lalu menggunakan analisis ekologi dan biogeografi atas kemunculan vertebrata Amerika Utara barat untuk berargumen bahwa fauna Cretaceous akhir tetap memiliki struktur regional: dinosaurus terpisah menjadi dua bioprovinsi, dan suhu tampak sebagai pendorong utama perbedaan tersebut. Hasil ini menentang gagasan satu fauna dinosaurus berkeanekaragaman rendah di seluruh benua yang memudar seragam sebelum asteroid. Ia tidak membuktikan dinosaurus secara global sehat, menyelesaikan semua perdebatan kemunduran, atau menunjukkan semua dinosaurus berkembang hingga akhir. Ia menunjukkan bahwa rekaman selatan yang ditanggal lebih baik membuat bab terakhir Amerika Utara lebih regional, lebih terstruktur, dan kurang mulus.

Penilaian tanpa berlebihan

Apa yang ditunjukkan makalah: Horizon Naashoibito Member yang mengandung dinosaurus di New Mexico berasal dari Cretaceous paling akhir, kemungkinan dalam sekitar 340.000 tahun dari batas K-Pg, dan rekaman vertebrata Amerika Utara bagian barat mendukung bioprovinsi regional

yang bertahan mendekati akhir.

Apa yang masuk akal tetapi belum terbukti: Bahwa banyak ekosistem dinosaurus masih kuat tepat sebelum tumbukan asteroid; bahwa suhu membantu mempertahankan dunia fauna utara dan selatan yang berbeda; bahwa gagasan lama tentang kemunduran sederhana seluruh benua terlalu mulus.

Apa yang tidak ditunjukkan: Bahwa dinosaurus di mana-mana berkembang; bahwa tidak ada kelompok atau wilayah yang menurun; bahwa asteroid bukan pemicu utama kepunahan; bahwa New Mexico sendiri menulis ulang akhir Cretaceous secara global.

Keterbatasan utama: Rekaman fosil regional; analisis provinsialitas yang bergantung pada model; bias sampling fosil; rincian geokronologi dan metode kemunculan masih perlu pemeriksaan final terhadap materi suplementer *Science*.

Seberapa besar keyakinan yang sebaiknya dimiliki pembaca umum? Tinggi bahwa New Mexico kini memberi rekaman dinosaurus selatan Cretaceous akhir yang penting. Baik bahwa Amerika Utara bagian barat mempertahankan struktur fauna regional menjelang akhir. Rendah bahwa semua ini dapat dipadatkan menjadi “dinosaurus baik-baik saja di mana-mana sampai asteroid”. Hasil sebenarnya lebih baik: bab terakhir bukan satu cerita benua yang datar.

Sumber

Flynn et al., Late-surviving New Mexican dinosaurs illuminate high end-Cretaceous diversity and provinciality, Science 390, 400-404 (2025)
https://doi.org/10.1126/science.adw3282