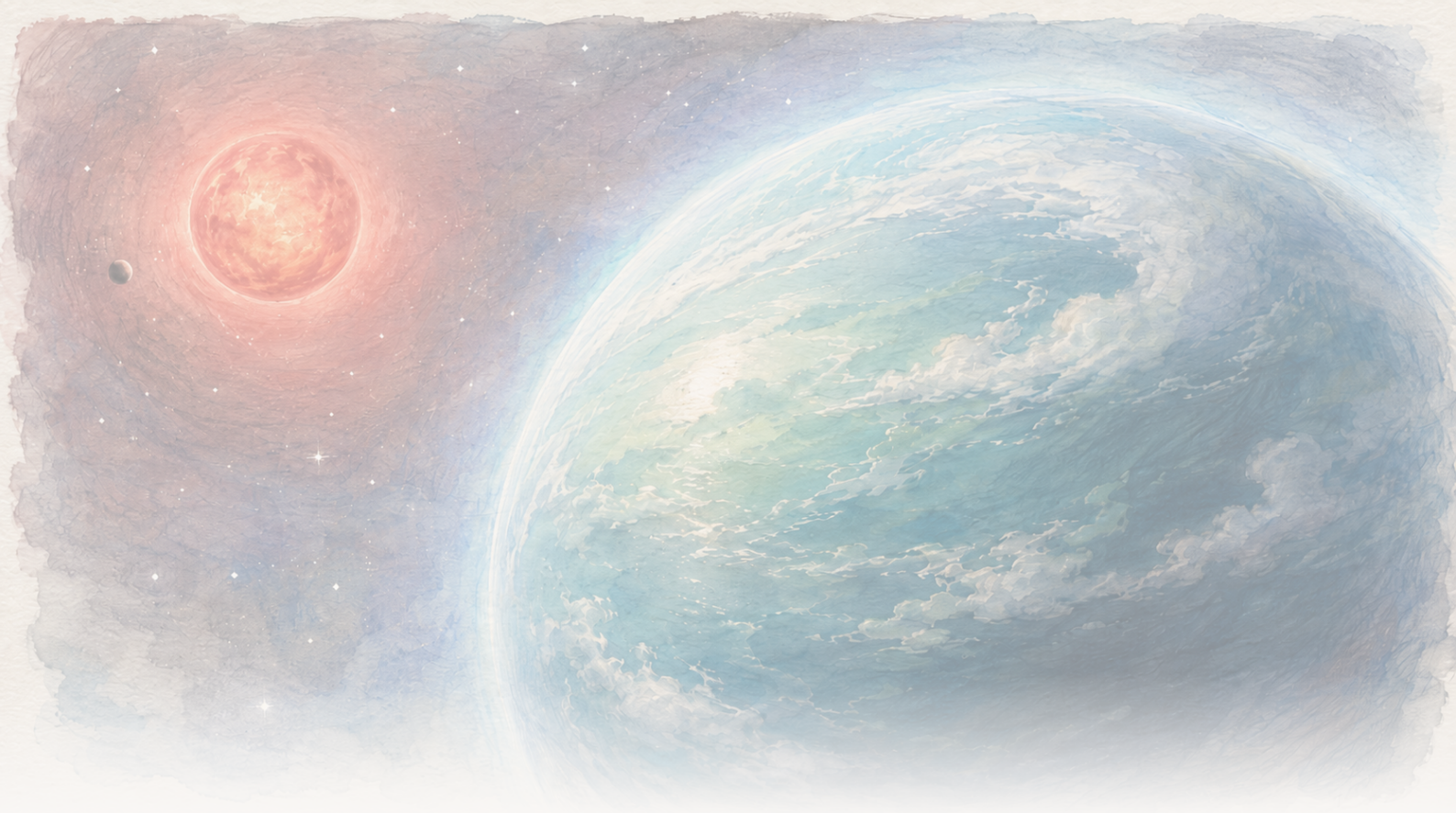

The Clean Paper

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

K2-18 b: jarak antara petunjuk dan judul berita

Pada April 2025, pengamatan JWST atas sub-Neptunus K2-18 b dilaporkan sebagai tanda-tanda kehidupan terkuat yang pernah ditemukan di luar tata surya. Makalahnya sendiri jauh lebih berhati-hati: sebuah petunjuk sekitar 3σ — di bawah ambang bahkan untuk sebuah deteksi yang solid — bahwa salah satu dari dua molekul belerang serupa, kemungkinan biosignature, hadir, pada sebuah planet yang sifat lautan-layak-huninya sendiri belum pasti. Para penulis menandai sumber non-biologis dan meminta lebih banyak data; tim independen sejak itu menemukan buktinya lebih lemah. Sebuah pengukuran yang nyata, bukan penemuan kehidupan.

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

Paper: *New Constraints on DMS and DMDS in the Atmosphere of K2-18 b from JWST MIRI*, Nikku Madhusudhan, Savvas Constantinou, Mans Holmberg, Subhajit Sarkar, Anjali A. A. Piette, and Julianne I. Moses, The Astrophysical Journal Letters 983, L40 (2025) · DOI: 10.3847/2041-8213/adc1c8

Jarak antara petunjuk dan judul berita

Pada April 2025, sebuah planet berjarak 124 tahun cahaya sempat menjadi dunia paling terkenal di langit. Tim yang dipimpin Nikku Madhusudhan melaporkan bahwa Teleskop Antariksa James Webb telah menangkap, di atmosfer sub-Neptunus K2-18 b, kemungkinan jejak dimetil sulfida — molekul yang di Bumi hampir seluruhnya dihasilkan oleh makhluk hidup, terutama plankton laut. Liputan yang menyusul memilih kata-kata paling besar yang tersedia: tanda-tanda kehidupan di luar tata surya yang terkuat yang pernah ditemukan. Makalahnya sendiri jauh lebih berhati-hati, dan jarak antara dua hal itulah keseluruhan ceritanya.

K2-18 b sungguh merupakan tempat yang menarik. Massanya sekitar 8,6 kali massa Bumi dan jari-jarinya 2,6 kali jari-jari Bumi, mengorbit di zona sedang sebuah bintang merah kecil. Salah satu gagasan tentang planet seperti ini adalah bahwa ia bisa jadi dunia *hycean* — sebuah lautan global di bawah atmosfer hidrogen yang tebal — yang akan menjadikannya tempat yang lapang dan dapat diamati untuk mencari kehidupan. Namun identitas itu belum pasti: pengukuran yang sama juga konsisten dengan sebuah mini-Neptunus atau sebuah "gas dwarf" berbatu, dan K2-18 b sebenarnya yang mana masih menjadi pertanyaan terbuka. Pembacaan sebagai lautan layak huni adalah hipotesis yang penuh harapan, bukan fakta yang mapan.

Dengan latar itu, makalah ini menambahkan satu bukti baru, dari bagian spektrum — inframerah menengah, kira-kira 6 hingga 12 mikron — yang tidak dicakup oleh pengamatan K2-18 b sebelumnya. Dan cara yang jujur untuk menggambarkan bukti itu adalah dengan angka-angka makalah itu sendiri, bukan kata sifat dari judul berita.

Yang dilaporkan makalah itu adalah petunjuk statistik sekitar 3σ bahwa *salah satu dari dua* molekul serupa hadir — di bawah ambang yang biasanya diminta para ilmuwan bahkan sekadar untuk menyebut sesuatu sebagai deteksi yang solid, dan beberapa langkah jauhnya dari tanda kehidupan. Jarak antara itu dan "kehidupan ditemukan" adalah tempat pembacaan yang cermat menjadi penting.

Apa arti sebenarnya DMS, "biosignature", dan "3σ" di sini

Dimetil sulfida (DMS) dan dimetil disulfida (DMDS) adalah molekul yang mengandung belerang. Di Bumi keduanya sebagian besar dihasilkan oleh kehidupan — mikroba laut — dan tidak diproduksi dalam jumlah besar oleh kimia non-biologis biasa. Itulah yang menjadikannya *kandidat biosignature*: gas yang kehadirannya, dalam konteks yang tepat, mungkin menunjuk pada biologi. Kata "kandidat" benar-benar bekerja dalam frasa itu.

Sebuah biosignature bukanlah deteksi, dan deteksi bukanlah kehidupan. Menemukan molekul adalah satu hal; menunjukkan bahwa ia benar-benar ada (bukan artefak pemodelan atau keanehan instrumen) adalah hal lain; dan menunjukkan bahwa kehidupan adalah penjelasan terbaik — alih-alih suatu kimia non-biologis — adalah hal ketiga yang jauh lebih sulit. Setiap langkah bisa gagal secara terpisah.

"3σ" adalah ukuran seberapa kecil kemungkinan sebuah sinyal hanyalah kebetulan dari derau — di sini, sangat kasarnya, sepersekian persen. Kedengarannya kuat, tetapi dalam fisika dan astronomi 3σ adalah tingkat sebuah *petunjuk*: konvensi untuk mengklaim sebuah penemuan adalah 5σ, dan bahkan itu pun hanya akan menjadi klaim tentang molekulnya, bukan tentang

> kehidupan. Para penulis mengatakannya sendiri: bukti mereka berada “di ujung bawah ketangguhan yang biasanya diperlukan untuk bukti ilmiah.”

[figure_pair pending]

Dimetil sulfida (DMS) dan dimetil disulfida (DMDS) adalah molekul kecil yang mengandung belerang, berbeda hanya oleh satu atom belerang. Makalah JWST/MIRI melaporkan kemungkinan ciri spektral yang konsisten dengan molekul-molekul ini — tetapi tidak pada signifikansi yang akan menjadikannya deteksi yang pasti, dan data tidak dapat membedakan keduanya.

Apa yang dilakukan para penulis

- Mengamati K2-18 b dengan instrumen MIRI milik JWST dalam mode resolusi rendah, menangkap spektrum transmisinya dari sekitar 6 hingga 12 mikron — rentang panjang gelombang yang tidak dicakup oleh data inframerah dekat sebelumnya.
- Mereduksi data melalui dua pipeline independen dan menjalankan serangkaian uji ketangguhan, secara konservatif membuang bagian spektrum yang lebih berderau di bawah 5,6 mikron.
- Mencocokkan spektrum dengan model atmosfer, menguji 20 molekul kandidat untuk melihat mana yang bisa menjelaskan bentuk ciri-cirinya.
- Membandingkan signifikansi model hanya-DMS, hanya-DMDS, dan gabungan DMS+DMDS terhadap spektrum tanpa ciri, di kedua pipeline.
- Mendedikasikan bagian-bagian eksplisit untuk positif palsu — apakah kimia non-biologis bisa menghasilkan molekul-molekul ini — dan untuk apa yang diperlukan guna memperkuat atau membalikkan hasil tersebut.

Apa yang mereka temukan

- Spektrum inframerah menengah tidak datar: ia menyimpang dari garis tanpa ciri pada 3,4σ terhadap model kanonik para penulis. Sesuatu sedang membentuknya.
- Dari 20 molekul yang diuji, para penulis melaporkan bahwa ciri-ciri itu paling baik dijelaskan oleh DMS dan/atau DMDS, dengan bukti sekitar 3σ (kecocokan model individual berkisar dari 2,9σ hingga 3,2σ di kedua pipeline).
- Kelimpahan yang disimpulkan tinggi — dalam orde 10 bagian per juta berdasarkan volume — untuk setidaknya satu dari dua molekul itu.
- Data tidak dapat membedakan DMS dan DMDS: keduanya degeneratif, sehingga bahkan bila sinyal diterima apa adanya, *molekul mana* ia sebenarnya tetap tidak terpecahkan.
- Petunjuk DMS sebelumnya di inframerah dekat lemah (sekitar 2σ) dan sensitif terhadap pengaturan instrumen; ini adalah jalur bukti independen dari instrumen dan rentang panjang gelombang yang berbeda, itulah sebabnya para penulis menganggapnya sebagai langkah maju.

Apa yang tidak dibuktikan hal ini

- Ini **bukan** deteksi. Sekitar 3σ adalah petunjuk, bukan 5σ yang secara konvensional diminta para ilmuwan bahkan untuk mengklaim bahwa sebuah molekul benar-benar ada — sebuah poin yang dibuat para penulis sendiri, yang menyebut hasilnya rendah dalam ketangguhan dan perlu verifikasi.
- Ini **tidak** mengidentifikasi molekul tertentu. Degenerasi DMS/DMDS berarti data mendukung "salah satu dari dua ini", bukan salah satunya secara khusus.
- Ini **tidak** menunjukkan kehidupan. DMS dan DMDS hanyalah biosignature yang *mungkin*. Bagian positif-palsu makalah itu sendiri mencatat bahwa molekul semacam itu dapat terbentuk secara abiotik (dalam eksperimen laboratorium, dan DMS bahkan pernah terlihat pada sebuah komet), dan menyatakan dengan jelas bahwa biosignature yang konklusif memerlukan penilaian ketangguhan, konteks lingkungan, dan positif palsu secara bersama-sama — dan "tidak mungkin bersifat instan atau tanpa ambiguitas."
- Ini **tidak** memastikan bahwa K2-18 b adalah dunia lautan yang layak huni. Interpretasi hycean adalah salah satu dari beberapa yang diizinkan oleh keseluruhan data, dan tetap diperdebatkan.
- Identifikasi molekuler bersandar pada pengukuran laboratorium tentang bagaimana gas-gas ini menyerap cahaya — penampang serapan yang menurut para penulis masih perlu dipastikan.

Seberapa kuat buktinya

- **Sinyal nyata dalam spektrum, tetapi maknanya lemah terbatasi.** Bahwa spektrum inframerah menengah tidak tanpa ciri ($3{,}4\sigma$) adalah bagian yang paling kokoh; lompatan dari "ada ciri-ciri" ke "itu adalah DMS dan/atau DMDS" ke "ini mengisyaratkan kehidupan" menjadi semakin lunak di setiap langkah.
- **Para penulis bersikap terukur; pembesarannya berasal dari luar.** Makalah itu berhati-hati di sepanjang teks — "mungkin", "tentatif", "diperlukan kerja lebih lanjut" — dan mencatat bahwa signifikansinya bisa didorong ke 4–5σ hanya dengan tambahan 8–24 jam waktu JWST, atau bisa gagal direproduksi. Bingkai percaya diri "tanda-tanda kehidupan" datang dari liputan, bukan dari klaimnya.
- **Pengawasan independen telah memberikan bantahan.** Dalam bulan-bulan setelah publikasi, tim lain menganalisis ulang data yang sama dan tidak menemukan sinyalnya tangguh. Taylor (2025) bertanya secara langsung apakah spektrum MIRI benar-benar memuat ciri spektral, dan tidak menemukan bukti statistik yang kuat untuknya — hanya sekitar 2σ dukungan di atas garis datar. Analisis ulang gabungan atas pengamatan NIRISS, NIRSpec, dan MIRI oleh Luque dan rekan (2025) melaporkan *bukti yang tidak memadai* untuk DMS atau DMDS, tanpa deteksi yang signifikan secara statistik di berbagai reduksi data. Dan penilaian yang lebih luas yang dipimpin Stevenson (2025) menyimpulkan bahwa data tidak memenuhi standar bukti untuk sebuah biosignature, dengan mengaitkan ciri-ciri inframerah menengah itu pada sistematika instrumental. Bolak-balik itu bukan kegagalan proses; itu *adalah* prosesnya, dan itulah sebabnya sebuah petunjuk 3σ adalah permulaan, bukan kesimpulan.

Mengapa ini penting

Ini adalah salah satu contoh paling jernih dalam ingatan terkini tentang bagaimana hasil yang cermat dan judul berita yang lepas kendali bisa berbagi hari yang sama. Sains di sini nyata dan layak dikerjakan: JWST kini dapat menyelidiki atmosfer planet-planet kecil bersuhu sedang, dan molekul belerang adalah sesuatu yang masuk akal untuk dicari. Namun status jujur K2-18 b adalah petunjuk yang samar dan ambigu tentang satu-dari-dua molekul, pada sebuah planet yang sifatnya sendiri belum pasti, pada tingkat keyakinan yang oleh para penemunya sendiri disebut rendah — dan diperdebatkan oleh analisis-analisis lain sejak itu. Tidak ada yang mengecewakan dari semua itu — kecuali bagi mereka yang telah dijanjikan alien. Cara yang tepat untuk menyikapinya adalah cara kerja bidang ini yang sebenarnya: sebagai benang menarik untuk ditarik, dengan lebih banyak waktu JWST dan pemeriksaan independen, selama beberapa tahun ke depan. Pencarian kehidupan di tempat lain tidak akan tiba sebagai satu judul berita tunggal; ia akan menumpuk, atau larut, satu pengukuran cermat pada satu waktu.

Singkatnya

Menggunakan instrumen inframerah menengah JWST, para astronom menemukan bahwa spektrum K2-18 b tidak tanpa ciri, dan bahwa penjelasan yang paling cocok di antara molekul-molekul yang mereka uji adalah dimetil sulfida dan/atau dimetil disulfida — gas biosignature yang mungkin — pada sekitar 3σ, dengan kedua molekul tidak dapat dibedakan dalam data. Itu adalah petunjuk, bukan deteksi, dan deteksi dengan sendirinya pun bukan tanda kehidupan: para penulis mengatakannya, menandai kemungkinan sumber non-biologis, dan meminta lebih banyak pengamatan. Analisis ulang independen sejak itu menemukan buktinya bahkan lebih lemah lagi. K2-18 b adalah target yang nyata dan berharga, dan ini adalah pengukuran yang nyata. Ini bukan penemuan kehidupan, dan makalah itu tidak pernah mengklaim demikian.

Sumber

Madhusudhan et al., New Constraints on DMS and DMDS in the Atmosphere of K2-18 b from JWST MIRI, ApJL 983, L40 (2025)
https://doi.org/10.3847/2041-8213/adc1c8

J. Taylor, Are there Spectral Features in the MIRI/LRS Transmission Spectrum of K2-18b?, Research Notes of the AAS (2025), DOI 10.3847/2515-5172/add881 (arXiv:2504.15916)
https://doi.org/10.3847/2515-5172/add881

R. Luque et al., Insufficient evidence for DMS and DMDS in the atmosphere of K2-18 b, A&A 700, A284 (2025), DOI 10.1051/0004-6361/202555580 (arXiv:2505.13407)
https://doi.org/10.1051/0004-6361/202555580

K. B. Stevenson et al., K2-18b Does Not Meet the Standards of Evidence for Life, AJ 170, 257 (2025), DOI

10.3847/1538-3881/ae0338 (arXiv:2508.05961)
https://doi.org/10.3847/1538-3881/ae0338