The Clean Paper

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

Pertambangan membuka lebih dari area tambang — kehilangan hutan tersembunyi di sekitar ekstraksi

Sebuah studi Nature terhadap 16.627 klaster tambang di Afrika sub-Sahara menemukan bahwa pertambangan di hutan lebat menyebabkan sekitar 187.000 hektare deforestasi langsung dari 2001 hingga 2020, tetapi cerita yang lebih besar ada di luar lokasi. Dibanding area yang tidak ditambang, deforestasi setelah sepuluh tahun 8 poin lebih tinggi pada skala 0–100 dalam radius 1 km dari tambang, dan efek bertahan hingga 20 km. Rata-rata, setiap hektare yang dibuka langsung oleh tambang dikaitkan dengan 33,9 hektare tambahan kehilangan hutan offsite dalam lima tahun. Itu tidak berarti transisi energi buruk. Artinya rantai pasok mineral memiliki geografi, dan biaya hutannya sering lebih besar daripada pit.

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: *Mining triggers extensive additional deforestation in sub-Saharan Africa*, Oscar Morton, Christopher G. Bousfield, Prince Dégny Valé, Ieuan Lamb, Victor Maus, Robert G. Bryant, and David P. Edwards, Nature (2026) · DOI: 10.1038/s41586-026-10551-2

Jejaknya bukan hanya lubang di hutan

Sebuah tambang memiliki bentuk yang mudah dikenali. Lubang tambang, kolam tailing, timbunan batuan buangan, jalan yang dibelah menembus hutan. Itulah tanda yang dapat dilihat satelit dan digambar batasnya oleh regulator.

Namun ekstraksi juga mengubah lahan di sekitarnya. Orang datang. Jalan membuat hutan lebih mudah dijangkau. Permukiman tumbuh. Pertanian meluas. Tambang bukan hanya luka di peta; ia dapat menjadi pusat gravitasi baru.

Sebuah makalah *Nature* memberi angka pada perbedaan itu di seluruh Afrika sub-Sahara. Para penulis memperkirakan deforestasi langsung yang didorong pertambangan di hutan lebat dari 2001 hingga 2020, lalu bertanya berapa banyak kehilangan hutan tambahan yang muncul di sekitar tambang dibanding lokasi serupa yang saat itu belum ditambang. Kesimpulannya sederhana dan tidak nyaman: jejak langsung tambang hanyalah bagian yang terlihat.

Citra Landsat warna alami menunjukkan bekas pertambangan emas skala besar dan artisanal di sabuk emas Ashanti, Ghana. Studi yang dibahas di sini menanyakan seberapa jauh kehilangan hutan terkait pertambangan meluas di luar jejak tambangnya sendiri.

NASA Earth Observatory / Lauren Dauphin Public domain

Itu hasil yang berguna bagi politik iklim dan keanekaragaman hayati karena menahan dua pikiran dalam satu bingkai. Infrastruktur modern dan transisi energi membutuhkan mineral. Namun mineral tidak muncul dari ketiadaan. Pertanyaan bersihnya bukan apakah pertambangan “baik” atau “buruk” dalam satu slogan. Pertanyaannya adalah apakah seluruh biaya hutannya diukur secara jujur.

Apa yang dilakukan para penulis

Studi menggabungkan data hutan dan penggunaan lahan skala benua dengan desain inferensi kausal. Para penulis memetakan **16.627 klaster tambang** di wilayah berhutan Afrika sub-Sahara antara 2001 dan 2020. Mereka memisahkan dua jenis kehilangan hutan.

Yang pertama adalah **deforestasi langsung yang didorong pertambangan**: pembukaan di dalam jejak tambang sendiri, termasuk pit, kolam tailing, timbunan limbah, shaft, dan fitur lain yang berhubungan langsung dengan operasi pertambangan.

Yang kedua adalah **deforestasi offsite**: kehilangan hutan di sekitar tambang yang bukan pit itu sendiri, tetapi mungkin dipicu oleh pembukaan tambang lewat aktivitas pendamping — pertanian, permukiman, jalan, dan akses lain.

Untuk memperkirakan bagian kedua, para penulis memakai kerangka difference-in-differences. Dalam bahasa biasa, mereka membandingkan kehilangan hutan di sekitar tambang sebelum dan sesudah penambangan dimulai dengan kehilangan hutan di tempat serupa yang belum ditambang. Mereka lalu melihat lingkaran jarak konsentris dari pusat tambang: dalam 1 km, 1–5 km, 5–10 km, dan 10–20 km.

Desain ini penting karena makalah bukan sekadar menghitung kehilangan hutan dekat tambang. Ia berusaha memperkirakan kehilangan *tambahan* yang dapat diatribusikan pada pembukaan tambang, dibanding tren kontrafaktual di area yang belum ditambang.

Apa yang mereka temukan

Kehilangan langsung akibat pertambangan besar. Di seluruh hutan lebat Afrika sub-Sahara, para penulis memperkirakan **187.070 hektare** deforestasi langsung akibat pertambangan antara 2001 dan 2020. Republik Demokratik Kongo, Ghana, dan Côte d'Ivoire bersama-sama menyumbang **45%** kehilangan langsung tersebut.

Kehilangan di sekitarnya lebih besar daripada jejaknya. Setelah tambang dibuka, deforestasi kumulatif dalam 1 km **8 poin lebih tinggi pada skala 0–100** setelah sepuluh tahun dibanding area yang tidak ditambang. Itu celah absolut dalam tingkat deforestasi, bukan peningkatan relatif 8%. Efek melemah dengan jarak tetapi tidak hilang: setelah sepuluh tahun studi memperkirakan celah tambahan 3,6 poin pada 1–5 km, 1,9 poin pada 5–10 km, dan 1,1 poin pada 10–20 km.

Angka-angka itu spesifik terhadap waktu. Itu efek sepuluh tahun, bukan kehilangan instan.

Rasio offsite/langsung sangat mencolok. Dalam perhitungan terpisah, para penulis memperkirakan bahwa untuk setiap hektare yang dibuka langsung oleh jejak tambang, tambahan **33,9 hektare** hutan lebat hilang offsite dalam lima tahun. Sebagian besar kehilangan offsite tambahan tersebut dikaitkan dengan perluasan pertanian yang dipicu pembukaan tambang, dengan pertumbuhan permukiman juga penting dan jalan menyumbang bagian lebih kecil dalam pemecahan mereka.

Angka ini juga spesifik terhadap waktu: rasio offsite/langsung lima tahun. Ia tidak boleh dicampur dengan efek sepuluh tahun pada skala 0–100.

Efeknya tidak sama di semua tempat. Studi menyoroti kekhawatiran serius untuk Republik Demokratik Kongo karena negara itu menggabungkan jejak pertambangan langsung besar dengan kehilangan offsite tambahan besar. Negara lain menunjukkan dampak offsite relatif tinggi tetapi jejak langsung lebih kecil. Pada tingkat komoditas, tambang kobalt dan tembaga — mineral penting bagi baterai, infrastruktur listrik, dan transisi energi — menghasilkan total deforestasi tambahan tertinggi dalam estimasi studi.

Mengapa bagian offsite penting

Penilaian lingkungan sering dimulai dari batas proyek langsung. Itu masuk akal. Pit terlihat, izin memiliki perimeter, dan perusahaan dapat mendeskripsikan infrastruktur yang akan dibangun.

Namun hutan tidak hanya merespons batas hukum. Hutan merespons akses dan insentif. Tambang dapat membawa jalan, pekerja, uang, permukiman, dan permintaan makanan. Hal itu dapat membuat hutan di sekitarnya lebih mudah, lebih menguntungkan, atau lebih perlu untuk dibuka.

Inilah mengapa gagasan terkuat makalah bukan satu angka. Ia adalah perbedaan antara kehilangan **langsung** dan kehilangan yang **dipicu**.

Jika rantai pasok hanya menghitung jejak tambang, perubahan penggunaan lahan yang disebabkan ekstraksi mungkin terhitung terlalu rendah. Jika penilaian dampak lingkungan berhenti di batas konsesi, ia mungkin melewatkan kehilangan hutan yang menjadi lebih mungkin karena proyek tersebut. Dan jika sebuah produk dipasarkan “bersih” karena mendukung energi terbarukan, itu tidak otomatis membuat rantai materialnya bersih.

Apa yang *tidak* dibuktikan

- Ini **tidak** menunjukkan transisi energi buruk. Makalah menunjukkan bahwa mineral yang digunakan dalam infrastruktur modern, termasuk mineral transisi energi, dapat membawa biaya penggunaan lahan yang besar.
- Ini **tidak** berarti setiap tambang menyebabkan tepat 33,9 hektare kehilangan offsite untuk setiap hektare langsung. Itu estimasi rata-rata lintas kumpulan besar klaster tambang, bukan prediksi untuk satu proyek tertentu.
- Ini **tidak** membuktikan setiap pohon yang hilang dekat tambang ditebang karena tambang tersebut. Studi memakai desain kuasi-eksperimental untuk memperkirakan kehilangan tambahan pada skala populasi.
- Ini **tidak** menetapkan tanggung jawab pada perusahaan, izin, atau pembeli individual. Itu memerlukan penelusuran tingkat proyek di luar artikel ini.
- Ini **tidak** mencakup semua dampak pertambangan. Pencemaran air, kondisi kerja, fragmentasi

keanekaragaman hayati, konflik hak, dan pemindahan sosial berada di luar pengukuran utama kehilangan hutan di sini.
- Ini **tidak** mencakup seluruh dunia. Analisis berfokus pada hutan lebat di Afrika sub-Sahara.

Seberapa kuat buktinya?

Untuk estimasi deforestasi langsung, buktinya kuat pada skala benua. Studi memakai kumpulan data penggunaan lahan dan tutupan hutan yang dipublikasikan untuk mengidentifikasi kehilangan hutan yang berhubungan langsung dengan fitur pertambangan.

Untuk kehilangan offsite tambahan, buktinya juga substansial tetapi berbasis model. Difference-in-differences dirancang untuk memperkirakan efek kausal dari data observasional, khususnya ketika eksperimen acak tidak mungkin dilakukan. Para penulis memakai metode mutakhir yang tahan terhadap heterogenitas dan menguji robustness dengan estimator alternatif. Itu praktik yang baik.

Namun hasil tetap harus dibaca pada skala yang tepat. Makalah merupakan bukti kuat bahwa pembukaan tambang berkaitan dengan deforestasi tambahan di luar jejak tambang di seluruh sistem studi. Ia bukan "pengakuan satelit" dari setiap pohon individual.

Karena itu pembacaan publik yang paling berguna bukan panik atau menolak. Ia adalah disiplin pengukuran: jika tambang membuka suatu lanskap, penilaian dampaknya perlu melihat melampaui pagar.

Mengapa ini penting

Frasa "energi bersih" dapat menyembunyikan dunia material. Panel surya, baterai, jalur transmisi, kendaraan listrik, dan pusat data semuanya membutuhkan bahan tambang. Sebagian bahan tersebut berasal dari wilayah dengan hutan dan keanekaragaman hayati penting secara global.

Itu tidak menjadikan dekarbonisasi sebuah kesalahan. Alternatifnya — terus bergantung pada bahan bakar fosil — memiliki biaya lahan, udara, air, dan iklim yang sangat besar juga. Namun itu berarti sebuah transisi dapat lebih bersih daripada sistem fosil dan tetap tidak otomatis bersih.

Nilai makalah ini adalah membuat geografi tersembunyi lebih sulit diabaikan. Pesannya: jangan hanya hitung pit. Hitung perubahan hutan di sekitar pit. Hitung jalan, kebun, dan permukiman yang mengikuti ekstraksi. Masukkan deforestasi offsite ke penilaian dampak lingkungan, klaim no-net-loss, dan rantai pasok zero-deforestation.

Itu cerita yang lebih dewasa daripada "mineral hijau baik" atau "mineral hijau buruk." Ceritanya adalah: basis material transisi memiliki konsekuensi, dan konsekuensi tersebut harus terlihat sebelum rantai pasok menyebut dirinya bersih.

Singkatnya

Sebuah studi *Nature* menganalisis 16.627 klaster tambang di hutan lebat Afrika sub-Sahara dari 2001 hingga 2020. Studi memperkirakan **187.070 hektare** deforestasi langsung akibat pertambangan dari fitur seperti pit, kolam tailing, dan timbunan limbah. Menggunakan kerangka difference-in-differences, para penulis juga memperkirakan deforestasi tambahan di sekitar tambang dibanding area yang tidak ditambang: setelah sepuluh tahun, deforestasi kumulatif **8 poin lebih tinggi pada skala 0–100** dalam 1 km dan tetap lebih tinggi hingga 20 km. Dalam perhitungan lima tahun terpisah, setiap hektare deforestasi langsung pertambangan dikaitkan dengan rata-rata **33,9 hektare** kehilangan hutan lebat offsite tambahan, terutama melalui perluasan pertanian dan permukiman. Tambang kobalt dan tembaga menyumbang total deforestasi tambahan tertinggi dalam studi. Hasil ini tidak menunjukkan bahwa transisi energi buruk. Ia menunjukkan bahwa rantai pasok mineral memiliki biaya penggunaan lahan yang melampaui jejak tambang.

Penilaian tanpa berlebihan

Apa yang ditunjukkan makalah: Pertambangan di hutan lebat Afrika sub-Sahara menyebabkan kehilangan hutan langsung yang substansial dari 2001 hingga 2020; pembukaan tambang diikuti deforestasi tambahan di sekitar tambang dibanding area yang belum ditambang; kehilangan offsite dapat jauh melampaui jejak tambang langsung; dan beberapa mineral transisi energi berhubungan dengan total deforestasi tambahan tinggi dalam kumpulan data ini.

Apa yang masuk akal tetapi belum terbukti: Bahwa banyak tambang individual memiliki dampak offsite lebih besar daripada yang tercermin oleh batas izin; bahwa penilaian dampak lingkungan dan aturan rantai pasok yang lebih ketat dapat mengurangi sebagian kehilangan; bahwa efek offsite tersembunyi yang serupa mungkin penting di wilayah pertambangan tropis lain.

Apa yang tidak ditunjukkan: Bahwa semua pertambangan sama merusaknya; bahwa setiap kehilangan hutan di sekitar tambang disebabkan satu tambang tertentu; bahwa transisi energi buruk; bahwa perusahaan atau pembeli individual bertanggung jawab atas kehilangan tertentu tanpa penelusuran tingkat proyek; atau bahwa kehilangan hutan adalah satu-satunya biaya lingkungan atau sosial yang penting.

Keterbatasan utama: Inferensi kausal observasional, bukan bukti acak; estimasi skala benua, bukan atribusi tingkat proyek; fokus pada hutan lebat Afrika sub-Sahara; efek langsung dan offsite bergantung pada kualitas data, deteksi tambang, dan asumsi model.

Seberapa besar keyakinan yang layak dimiliki pembaca umum? Keyakinan tinggi bahwa deforestasi langsung akibat pertambangan di wilayah studi cukup besar. Keyakinan baik bahwa pembukaan tambang terkait dengan deforestasi offsite tambahan pada skala populasi. Lebih rendah untuk menerapkan rasio rata-rata 33,9:1 pada satu tambang tertentu. Sikap yang tepat: rantai pasok mineral dapat diperlukan dan tetap membutuhkan pembukuan yang jujur di luar pit.

Sumber

Nature (2026)
https://doi.org/10.1038/s41586-026-10551-2

White Rose Research Online — published version
https://eprints.whiterose.ac.uk/id/eprint/241799/

Processed outputs and analysis code — GitHub
https://github.com/OMorton/AFR_MiningForestLoss

Post-deforestation land-use dataset — Zenodo
https://doi.org/10.5281/zenodo.11065705