



Peta Pengetahuan Penelitian Deforestasi dan Bencana di Indonesia: Analisis Bibliometrik dan Implikasi Transformasi Digital



Muslimin Mahmud*, Asep Adang Supriyadi

Republic of Indonesia Defense University, Indonesia

*E-mail: muslimin@tni-au.mil.id

DOI: <https://doi.org/10.33369/pendipa.10.1.55-65>

ABSTRACT

Indonesia's forests play a strategic role in maintaining ecosystem balance, but increasing deforestation and land degradation have increased the risk of environmental disasters, particularly flooding in Sumatra. As scientific attention has increased, research on Indonesian forests has grown rapidly but remains multidisciplinary and fragmented. This study aims to map the knowledge structure, thematic dynamics, and patterns of global collaboration in deforestation and disaster research in Indonesia, and to examine the integration of digital transformation into these studies. This study uses a descriptive quantitative approach through bibliometric analysis of 175 Scopus-indexed journal articles extracted using the keyword "Indonesian forest." The analysis was conducted using VOSviewer to map keyword co-occurrence and author collaboration by country, and to interpret the role of digital technologies such as Geographic Information Systems (GIS), remote sensing, and spatial analysis. The analysis shows that deforestation and forest fires are dominant themes closely related to disaster risk, air pollution, and health impacts. Digital technologies, particularly remote sensing and GIS, have become key methodological components in forest cover monitoring, carbon emission analysis, and flood-prone area mapping in Sumatra. Indonesia occupies a central position in global collaboration networks, with strong involvement from countries with high technological capacity, although the use of predictive and early warning systems remains relatively limited. The novelty of this research lies in the integration of bibliometric analysis with disaster and digital transformation perspectives, linking the thematic structure of research, international collaboration patterns, and their implications for flood mitigation in Sumatra. These findings provide important contributions to the development of forestry research and policy, and the strengthening of digital transformation in forest management and disaster risk reduction in Indonesia.

Keywords: Indonesian Forests, Deforestation, Bibliometric Analysis, Geographic Information Systems (GIS), Digital Transformation.

ABSTRAK

Hutan Indonesia memiliki peran strategis dalam menjaga keseimbangan ekosistem, namun deforestasi dan degradasi lahan yang meningkat telah memperbesar risiko bencana lingkungan, khususnya banjir di wilayah Sumatra. Seiring meningkatnya perhatian ilmiah terhadap isu tersebut, penelitian mengenai Indonesian forest berkembang pesat tetapi bersifat multidisipliner dan terfragmentasi. Penelitian ini bertujuan memetakan struktur pengetahuan, dinamika tematik, dan pola kolaborasi global dalam penelitian deforestasi dan bencana di Indonesia, serta mengkaji integrasi transformasi digital dalam kajian tersebut. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif melalui analisis bibliometrik terhadap 175 artikel jurnal terindeks Scopus yang diekstraksi menggunakan kata kunci "Indonesian forest". Analisis dilakukan dengan VOSviewer untuk memetakan ko-okurensi kata kunci dan kolaborasi penulis berdasarkan negara (co-author country), serta menginterpretasikan peran teknologi digital seperti GIS (Geographic Information System) penginderaan jauh dan analisis spasial. Hasil analisis menunjukkan bahwa deforestasi dan kebakaran hutan merupakan tema dominan yang berkaitan erat dengan risiko bencana, polusi udara, dan dampak kesehatan. Teknologi digital, khususnya penginderaan jauh dan GIS,

telah menjadi komponen metodologis utama dalam pemantauan tutupan hutan, analisis emisi karbon, dan pemetaan wilayah rawan banjir di Sumatra. Indonesia menempati posisi sentral dalam jejaring kolaborasi global, dengan keterlibatan kuat negara-negara berkapasitas teknologi tinggi, meskipun pemanfaatan sistem prediktif dan peringatan dini masih relatif terbatas. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi analisis bibliometrik dengan perspektif kebencanaan dan transformasi digital, dengan mengaitkan struktur tematik penelitian, pola kolaborasi internasional, dan implikasinya terhadap mitigasi banjir di Sumatra. Temuan ini memberikan kontribusi penting bagi pengembangan riset, kebijakan kehutanan, dan penguatan transformasi digital dalam pengelolaan hutan dan pengurangan risiko bencana di Indonesia.

Kata kunci: Hutan Indonesia, Deforestasi, Analisis bibliometrik, Sistem Informasi Geografis (SIG), Transformasi digital.

PENDAHULUAN

Hutan Indonesia memiliki peran strategis dalam menjaga keseimbangan ekosistem melalui fungsi pengendalian hidrologi, penyimpanan karbon, dan perlindungan keanekaragaman hayati (Hartshorn, 2004). Namun, dalam beberapa dekade terakhir, tekanan terhadap hutan Indonesia meningkat secara signifikan akibat deforestasi dan degradasi lahan. Kondisi ini berdampak langsung terhadap meningkatnya risiko bencana lingkungan, salah satunya adalah bencana banjir yang terjadi di beberapa wilayah Sumatra (Nababan et al., 2024). Perubahan tutupan hutan di daerah hulu daerah aliran sungai (DAS) di Sumatra telah melemahkan fungsi resapan air, meningkatkan limpasan permukaan, dan memperbesar potensi banjir di wilayah hilir, baik di kawasan perkotaan maupun pedesaan.

Banjir di Pulau Sumatra tidak dapat dilepaskan dari dinamika perubahan penggunaan lahan dan degradasi hutan, khususnya di wilayah Sumatra Utara, Aceh dan Sumatra Barat. Ekspansi perkebunan, pembukaan lahan, serta kebakaran hutan dan lahan telah berkontribusi terhadap menurunnya kapasitas ekosistem hutan dalam mengatur siklus air. Akibatnya, banjir tidak hanya menjadi bencana musiman, tetapi berkembang menjadi ancaman lingkungan yang bersifat struktural dan berulang. Fenomena ini menunjukkan bahwa deforestasi di Indonesia memiliki implikasi langsung terhadap ketahanan wilayah dan pengelolaan risiko bencana (Heo & Lee, 2025). Seiring meningkatnya intensitas dan dampak bencana banjir di wilayah Indonesia, perhatian ilmiah terhadap isu hutan Indonesia (Indonesian forest) mengalami pertumbuhan yang signifikan. Berbagai penelitian telah mengkaji hubungan antara deforestasi, perubahan tutupan lahan, dan bencana hidrometeorologi,

termasuk banjir. Namun, meskipun jumlah publikasi terus meningkat, kajian-kajian tersebut berkembang secara terfragmentasi dalam berbagai disiplin ilmu, sehingga pemahaman mengenai struktur pengetahuan dan tema dominan penelitian deforestasi dan bencana di Indonesia masih belum terpetakan secara komprehensif.

Dalam konteks tersebut, analisis bibliometrik menjadi pendekatan yang relevan untuk menyusun peta pengetahuan penelitian secara sistematis (Blakeman, 2018). Dengan menggunakan kata kunci utama “Indonesian forest” pada basis data Scopus (Meho, 2019), analisis bibliometrik memungkinkan eksplorasi menyeluruh terhadap literatur yang membahas hutan Indonesia, termasuk keterkaitannya dengan deforestasi, kebakaran hutan, degradasi lingkungan, dan bencana banjir. Pendekatan ini tidak hanya mengidentifikasi tema penelitian yang dominan, tetapi juga mengungkap evolusi fokus kajian seiring meningkatnya perhatian terhadap risiko bencana di wilayah Indonesia.

Selain aspek tematik, perkembangan penelitian hutan Indonesia juga ditandai oleh transformasi digital dalam metodologi penelitian. Pemanfaatan teknologi seperti Geographic Information System (GIS), penginderaan jauh, dan analisis data spasial semakin banyak digunakan untuk memantau perubahan tutupan hutan, menganalisis degradasi DAS (Daerah Aliran Sungai), serta memetakan wilayah rawan banjir di Sumatra (Gusain, 2019). Transformasi digital ini telah meningkatkan kapasitas pemantauan dan analisis risiko bencana berbasis bukti, sekaligus membentuk paradigma baru dalam penelitian deforestasi dan kebencanaan. Di sisi lain, penelitian mengenai hutan Indonesia menunjukkan pola kolaborasi internasional yang

luas. Indonesia menjadi fokus penelitian global, khususnya dalam isu kebakaran hutan, emisi karbon, dan bencana hidrometeorologi seperti banjir. Namun, kajian yang secara sistematis memetakan pola kolaborasi tersebut serta implikasinya terhadap penguatan kapasitas riset nasional, khususnya dalam konteks transformasi digital dan pengelolaan banjir di Sumatra, masih terbatas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memetakan peta pengetahuan penelitian deforestasi dan bencana di Indonesia melalui analisis bibliometric (Marvi & Foroudi, 2023), terhadap publikasi terindeks Scopus dengan kata kunci "Indonesian forest". Penelitian ini secara khusus menganalisis struktur tematik penelitian melalui analisis co-occurrence kata kunci, memetakan pola kolaborasi internasional melalui analisis co-author country, serta mengkaji implikasi transformasi digital, khususnya pemanfaatan GIS dan penginderaan jauh, dalam mendukung penelitian dan mitigasi bencana banjir di Sumatra (Wikipedia, 2025). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik dan praktis dalam penguatan kebijakan pengelolaan hutan dan pengurangan risiko bencana berbasis bukti dan teknologi di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode analisis bibliometrik untuk memetakan struktur pengetahuan penelitian deforestasi dan bencana di Indonesia (Sugiyono, 2013). Analisis bibliometrik dipilih karena mampu mengidentifikasi pola tematik, dinamika perkembangan penelitian, serta jaringan kolaborasi ilmiah berdasarkan metadata publikasi secara sistematis. Pendekatan ini digunakan untuk memahami evolusi kajian deforestasi dan bencana serta implikasi transformasi digital dalam konteks hutan Indonesia.

1. Sumber Data dan Strategi Penelusuran

Pada studi ini pengambilan data bersumber dari database scopus, scopus digunakan untuk studi bibliometrik yang melibatkan analisis

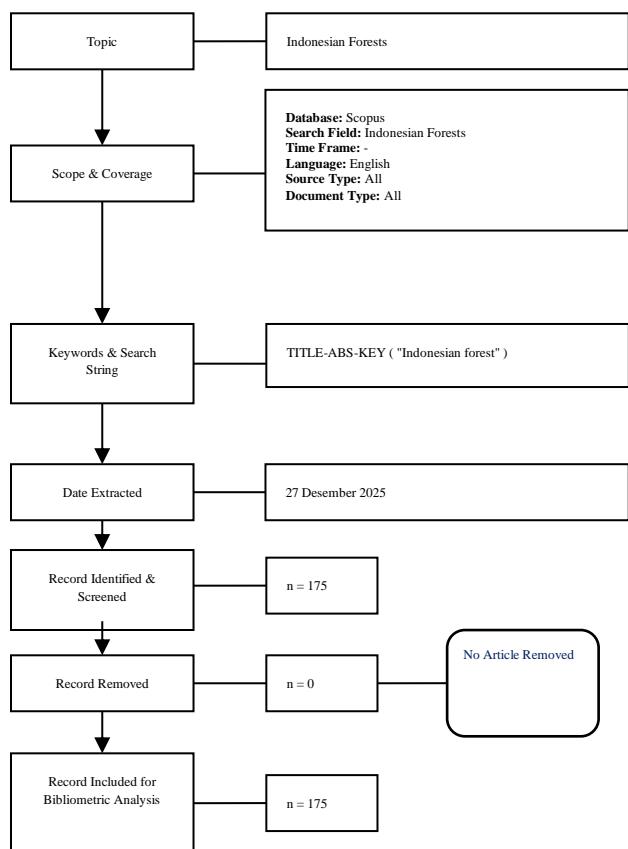
seperti pola publikasi, jumlah kutipan dan dampak penulis (Zhu & Liu, 2020). Pemilihan sumber artikel terbatas pada tipe jurnal, sedangkan buku, makalah konfrensi dan publikasi lainnya tidak dimasukkan karena jenis publikasi tersebut proses peninjauannya jarang sebanding dengan peninjauan sejauh double-blind(Hallinger, 2020), untuk memudahkan pembaca jurnal yang dipilih adalah jurnal yang diterbitkan dalam Bahasa inggris. Selain itu penulis memilih Gold Open Access (OA), yaitu jurnal yang menyediakan akses tanpa batas dan langsung ke hasil penelitian,yang didanai melalui biaya pemrosesan artikel. Jurnal Gold Open Access (OA) menunjukkan peningkatan pertumbuhan dan dampak di berbagai disiplin ilmu, didukung oleh tren serta terwakili dengan baik di Scopus (Gumpenberger et al., 2013) (Kipnis & Brush, 2023) (Thelwall & Sud, 2022). Pengambilan data dari database scopus dilakukan pada tanggal 27 Desember 2025. Ekstraksi dengan kata kunci "Indonesian Forests", string pencarian sebagai berikut: TITLE-ABS-KEY ("Indonesian forest"). Hasil publikasi jurnal terkait drone dalam database Scopus muncul sebanyak 175 dokumen publikasi. Hasil publikasi jurnal terkait drone dalam database Scopus sebanyak 175 dokumen publikasi. selanjutnya penelitian ini menerapkan pendekatan tinjauan sistematis dengan menggunakan Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (Alhasan & Hasaneen, 2021), PRISMA merupakan alat bantu penulis untuk melaporkan dengan jelas mengapa suatu tinjauan dilakukan, apa yang telah dilakukan dan ditemukan. Hal ini juga berguna bagi peninjau sejauh, editor dan pembaca untuk menilai validitas dan reliabilitas temuan yang dilaporkan (Page et al., 2021), protocol ini telah dimodifikasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Data diekstraksi dari database Scopus.

2. Analisis Bibliometrik dan Pemetaan Pengetahuan

Analisis bibliometrik dan visualisasi jaringan dilakukan menggunakan perangkat lunak VOSviewer. Dua jenis analisis utama diterapkan antara lain:

a. Analisis Co-occurrence Kata Kunci

Analisis co-occurrence kata kunci digunakan untuk mengidentifikasi struktur tematik dan klaster pengetahuan dalam penelitian mengenai hutan Indonesia. Analisis ini memetakan keterkaitan antara topik deforestasi, kebakaran hutan, degradasi lahan, bencana lingkungan, serta pemanfaatan teknologi digital seperti remote sensing dan Sistem Informasi Geografis (GIS).



Gambar 1. Diagram alir strategi pencarian.

b. Analisis Co-author Country

Analisis co-author country bertujuan untuk memetakan pola kolaborasi internasional dalam penelitian terkait hutan Indonesia. Negara-negara dianalisis berdasarkan keterlibatan penulis dalam publikasi yang sama, sehingga dapat diidentifikasi negara mitra utama dan posisi Indonesia dalam jaringan penelitian global. Ambang batas minimum kemunculan kata kunci dan jumlah publikasi per negara ditetapkan untuk menjaga keterbacaan dan relevansi visualisasi jaringan.

3. Analisis Implikasi Transformasi Digital

Implikasi transformasi digital dianalisis melalui interpretasi hasil pemetaan bibliometrik dengan menyoroti kata kunci yang berkaitan dengan teknologi digital, seperti remote sensing, GIS, pemantauan satelit, biomassa, dan emisi karbon. Analisis ini digunakan untuk memahami peran transformasi digital dalam mendukung pemantauan hutan, mitigasi bencana, serta pengelolaan deforestasi di Indonesia.

4. Validitas dan Keterbatasan Penelitian

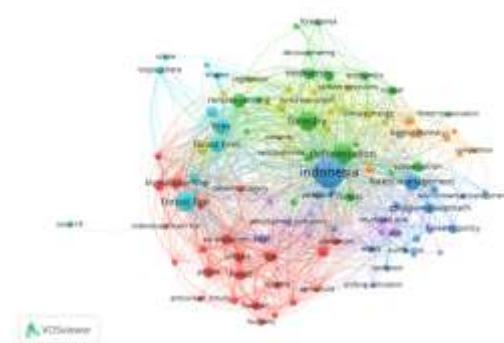
Validitas penelitian dijaga melalui penggunaan basis data bereputasi, strategi penelusuran yang transparan, serta prapemrosesan data yang sistematis. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan berupa ketergantungan pada satu basis data (Scopus) dan penggunaan satu kata kunci utama, yang berpotensi membatasi cakupan publikasi. Meskipun demikian, pendekatan ini tetap memberikan gambaran komprehensif mengenai peta pengetahuan penelitian hutan Indonesia dalam konteks deforestasi dan bencana.

Berdasarkan tujuan penelitian, studi ini merumuskan tiga pertanyaan penelitian utama, yaitu: (1) bagaimana tren dan dinamika publikasi penelitian terkait hutan Indonesia dalam konteks deforestasi dan bencana; (2) tren global dalam penelitian hutan Indonesia dan (3) sejauh mana transformasi digital, termasuk pemanfaatan GIS dan teknologi penginderaan jauh, terintegrasi dalam penelitian tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tren dan Dinamika Publikasi Penelitian

Analisis bibliometrik terhadap publikasi bertema Indonesian forest menunjukkan bahwa penelitian mengenai deforestasi dan bencana di Indonesia mengalami perkembangan yang signifikan dan bersifat multidisipliner. Hal ini tercermin pada gambar 2 dari peta Co-koorensi kata kunci yang dihasilkan menggunakan VOSviewer dan tabel 1, di mana kata kunci "Indonesia" muncul sebagai simpul sentral dengan keterhubungan yang kuat terhadap berbagai klaster tematik utama. Tabel 1 menunjukkan karakteristik responden yang mengisi kuesioner.



Gambar 2. Peta Co-Occurrence Keyword VosViewer

Tabel 1. Daftar 20 Keyword Utama Penelitian Deforestasi dan Bencana di Indonesia

No.	Kata
1	Indonesia
2	Deforestation
3	Forestry
4	Forest fire
5	Forest fires
6	Forest management
7	Conservation
8	Biodiversity
9	Climate change
10	Remote sensing
11	Satellite imagery
12	Governance approach
13	Forestry policy
14	Environmental management
15	Environmental protection
16	Sustainable development
17	Economics
18	Laws and legislation
19	Timber
20	Logging (forestry)

1.1 Dominasi Tema Deforestasi dan Kebakaran Hutan

Pada klaster inti, kata kunci “deforestation”, “forest fire”, dan “forest fires” memiliki ukuran node yang besar dan tingkat keterhubungan tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa isu deforestasi di Indonesia sangat erat dikaitkan dengan bencana ekologis, khususnya kebakaran hutan dan lahan. Tren ini konsisten dengan realitas empiris di Indonesia, terutama di wilayah Sumatra dan Kalimantan, di mana deforestasi berkontribusi terhadap peningkatan risiko kebakaran hutan, kabut asap (haze), dan banjir. Keterkaitan erat antara deforestasi kebakaran

hutan polusi udara tercermin dari kemunculan kata kunci seperti air pollution, smoke, haze, dan atmospheric pollution dalam klaster yang sama. Hal ini menunjukkan pergeseran fokus penelitian dari sekadar degradasi hutan menuju dampak bencana lingkungan dan kesehatan manusia.

1.2 Perkembangan Pendekatan Teknologi dan Transformasi Digital

Tren penting lainnya adalah meningkatnya penggunaan teknologi digital dalam penelitian deforestasi dan bencana. Kata kunci “remote sensing”, “satellite imagery”, dan “carbon emissions” muncul secara konsisten dan terhubung dengan klaster deforestasi dan kebakaran hutan. Hal ini menandakan bahwa transformasi digital khususnya pemanfaatan data satelit, penginderaan jauh, dan analisis spasial telah menjadi pendekatan utama dalam memantau perubahan tutupan hutan, emisi karbon, serta dinamika bencana.

Kemunculan kata kunci “decision making” dan “environmental management” menunjukkan bahwa penelitian tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga mulai diarahkan untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data, terutama dalam konteks mitigasi bencana dan pengelolaan sumber daya hutan.

1.3 Integrasi Isu Tata Kelola dan Kebijakan

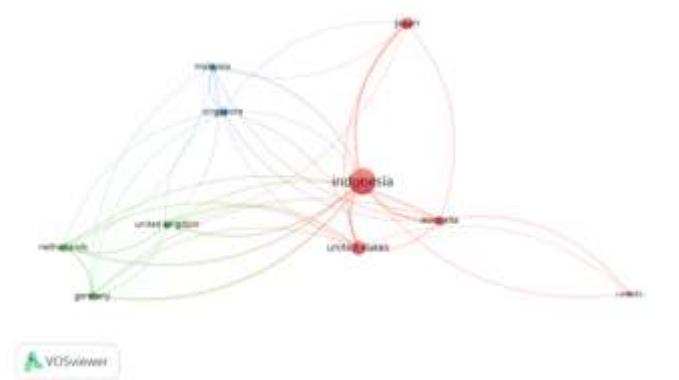
Selain aspek teknis, dinamika publikasi juga memperlihatkan penguatan dimensi tata kelola. Kata kunci seperti “governance approach”, “forestry policy”, dan “forest management” membentuk klaster tersendiri yang terhubung dengan isu konservasi dan deforestasi. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian semakin menekankan pentingnya kebijakan publik, regulasi kehutanan, serta pendekatan tata kelola berkelanjutan dalam mengurangi risiko bencana ekologis. Keterhubungan antara governance, conservation, dan forest management mencerminkan kesadaran akademik bahwa deforestasi dan bencana tidak hanya merupakan persoalan lingkungan, tetapi juga masalah institusional dan kebijakan.

1.4 Dinamika Tematik yang Bersifat Regional dan Global

Peta kata kunci juga menunjukkan keterkaitan antara Indonesia dengan konteks regional dan global melalui kemunculan istilah seperti "Southeast Asia", "Asia", dan "tropics". Hal ini menandakan bahwa penelitian tentang deforestasi dan bencana di Indonesia diposisikan sebagai bagian dari diskursus global mengenai perubahan iklim, konservasi hutan tropis, dan pembangunan berkelanjutan. Secara keseluruhan, tren publikasi menunjukkan pergeseran dari penelitian yang berfokus pada eksplorasi dan dampak lokal menuju pendekatan yang lebih integratif, menggabungkan analisis spasial, teknologi digital, tata kelola, dan mitigasi bencana. Dinamika ini menegaskan bahwa penelitian deforestasi dan bencana di Indonesia telah berkembang menjadi bidang strategis yang relevan bagi kebijakan nasional, mitigasi bencana termasuk banjir di Sumatra serta agenda transformasi digital di sektor lingkungan.

2 Tren global dalam penelitian hutan Indonesia.

Hasil analisis bibliometrik berdasarkan Gambar.3 dan Tabel.2 berbasis co-authorship country menunjukkan bahwa hutan Indonesia memiliki daya tarik yang sangat kuat dalam lanskap penelitian global. Indonesia menempati posisi sentral dalam jaringan kolaborasi internasional, yang mengindikasikan bahwa kajian mengenai Indonesian forest tidak hanya dipandang sebagai isu nasional, tetapi sebagai komponen penting dalam diskursus ilmiah global terkait deforestasi, bencana, dan perubahan iklim.



Gambar 3. Peta Co-authorship Country VosViewer

Tabel 2. Daftar Negara Co-authorship Country VosViewer

No.	Country	Total Link Strength
1	Australia	26
2	Canada	5
3	Germany	21
4	Indonesia	51
5	Japan	17
6	Malaysia	12
7	Netherlands	21
8	Singapore	11
9	United Kingdom	20
10	United States	30

2.1 Indonesia sebagai Simpul Pengetahuan Strategis.

Hasil analisis co-author country menunjukkan bahwa Indonesia berada di pusat jaringan kolaborasi penelitian terkait Indonesian forest. Indonesia muncul dengan ukuran node terbesar dan keterhubungan paling tinggi dalam peta VOSviewer, yang merefleksikan perannya sebagai lokasi studi utama, sumber data empiris, dan fokus teoritis kajian hutan tropis. Posisi ini bukan hanya indikator volume publikasi, tetapi juga intensitas ketergantungan ilmiah internasional terhadap kondisi ekosistem hutan di Indonesia.

Fenomena pusat pengetahuan ini menguatkan argumentasi bahwa hutan Indonesia merupakan laboratorium alami skala besar, dengan kompleksitas ekologis yang menarik bagi komunitas akademik global.

2.2 Kepentingan Ekologi dan Perubahan Iklim.

Kolaborasi kuat Indonesia dengan Amerika Serikat, Australia, dan Jepang sering diwarnai oleh fokus pada isu ekologi makro, karbon, dan perubahan iklim. Negara-negara ini memiliki tradisi penelitian kuat di bidang model emisi karbon, siklus karbon global, dan dampak deforestasi terhadap perubahan iklim. Ketertarikan mereka terhadap hutan Indonesia berkaitan erat dengan:

- a. Karbon tropis sebagai komponen sistemik perubahan iklim
- b. Emisi dari kebakaran hutan sebagai sumber polutan lintas batas
- c. Kontribusi hutan tropis terhadap target net-zero negara maju

Keterlibatan peneliti dari negara-negara ini menunjukkan bahwa hutan Indonesia dipahami sebagai bagian tak terpisahkan dari “arsitektur global iklim”.

2.3 Relevansi Kebakaran Hutan dan Isu Transboundary

Negara-negara Asia Tenggara seperti Malaysia dan Singapura menunjukkan pola kolaborasi non-sepele dengan Indonesia. Ini tidak terlepas dari isu kabut asap lintas batas, yang dampaknya paling dirasakan secara regional. Ketertarikan mereka bukan saja ilmiah, tetapi juga sosial dan kebijakan publik, karena kabut asap mempengaruhi:

- a. Kualitas udara nasional dan regional
- b. Kesehatan masyarakat
- c. Mobilitas ekonomi

Kolaborasi ini sering mencakup aspek pemodelan lintas batas, peraturan lingkungan regional, dan manajemen risiko kebakaran hutan lintas negara.

2.4 Ketertarikan Negara Industri pada Tata Kelola dan Kebijakan

Kolaborasi antara Indonesia dan negara-negara Eropa seperti Inggris, Jerman, dan Belanda nampaknya lebih dominan terkait tata kelola, kebijakan kehutanan, dan konservasi lingkungan. Hal ini bisa dijelaskan oleh:

- a. Tradisi akademik kuat di bidang governance, environmental governance, dan legislasi kehutanan
- b. Fokus pada model pengelolaan hutan berkelanjutan
- c. Ketertarikan pada sistem kebijakan market based dan regulatory frameworks

2.5 Faktor Teknologi Digital dan Remote Sensing

Kolaborasi dengan negara-negara maju juga berkaitan dengan transformasi digital dalam penelitian hutan khususnya teknologi penginderaan jauh (remote sensing), GIS, dan

big data analitik. Negara yang memiliki kapasitas besar dalam teknologi ini (misalnya Amerika, Australia, Jepang) cenderung berkolaborasi erat dengan peneliti Indonesia untuk:

- a. Mengembangkan perangkat monitoring perubahan tutupan hutan
- b. Memetakan wilayah rawan bencana secara dinamis
- c. Mendukung sistem mitigasi dan early warning
- d. Mengintegrasikan dataset spasial skala besar

Ketertarikan ini memperlihatkan bahwa peran hutan Indonesia bukan hanya sebagai objek studi, tetapi juga lahan ujicoba teknologi digital tingkat lanjut yang dapat direplikasi di wilayah tropis lain.

2.6 Posisi Indonesia dalam Jaringan Ilmu Pengetahuan Global

Dari sudut pandang ilmiah, posisi Indonesia dalam jaringan kolaborasi global menunjukkan sifat “hub of knowledge production”, meskipun peran penulis lokal masih sering bersifat:

- a. Contributor data
- b. Reviewer domain local

2.7 Implikasi Akademik dan Kebijakan Berdasarkan Pola Co-Authorship Negara

Analisis co-authorship by country menunjukkan bahwa penelitian mengenai deforestasi dan bencana di Indonesia berkembang dalam kerangka kolaborasi internasional yang intens dan asimetris, dengan Indonesia berperan sebagai simpul utama dalam jejaring produksi pengetahuan global. Dominasi Indonesia sebagai pusat kolaborasi mencerminkan posisinya bukan hanya sebagai lokasi studi empiris, tetapi juga sebagai referensi ilmiah strategis dalam diskursus global tentang hutan tropis, perubahan iklim, dan bencana lingkungan. Implikasi akademiknya adalah bahwa penelitian tentang hutan Indonesia telah membentuk ekosistem pengetahuan transnasional, di mana kontribusi ilmuwan Indonesia dan mitra internasional saling melengkapi antara keunggulan kontekstual lokal dan kapasitas analitis-teknologis global.

Keterlibatan negara-negara seperti Amerika Serikat, Australia, Jepang, dan negara-negara Eropa dalam kolaborasi penelitian menunjukkan bahwa transformasi digital khususnya pemanfaatan GIS, penginderaan jauh, dan analisis spasial menjadi jembatan epistemik utama dalam kerja sama ilmiah lintas negara. Negara-negara dengan kapasitas teknologi tinggi berkontribusi pada pengembangan metodologi canggih, seperti pemodelan spasial, analisis data skala besar, dan integrasi citra satelit multitemporal, sementara Indonesia menyediakan konteks ekologis dan data lapangan yang krusial. Pola ini memperkuat standar metodologis penelitian deforestasi dan bencana, sekaligus mendorong konvergensi pendekatan analitis yang semakin berbasis data, prediktif, dan replikatif di tingkat global.

Dari perspektif kebijakan, pola kolaborasi internasional tersebut memiliki implikasi strategis bagi transformasi digital nasional di sektor kehutanan dan kebencanaan. Ketertarikan negara-negara mitra terhadap isu kebakaran hutan, kabut asap lintas batas, dan emisi karbon memperlihatkan bahwa pengelolaan hutan Indonesia memiliki dampak kebijakan yang melampaui batas negara. Oleh karena itu, integrasi sistem pemantauan berbasis GIS dan penginderaan jauh tidak hanya relevan untuk kebutuhan domestik, tetapi juga menjadi instrumen diplomasi lingkungan dan kerja sama regional. Penguatan sistem early warning, decision support system, dan pemantauan deforestasi berbasis data spasial berpotensi meningkatkan kredibilitas Indonesia dalam tata kelola lingkungan global, sekaligus memperkuat posisi tawar dalam forum internasional terkait perubahan iklim dan mitigasi bencana.

Lebih lanjut, temuan co-authorship juga mengindikasikan perlunya reposisi peran peneliti Indonesia dalam kolaborasi global. Meskipun Indonesia menjadi pusat jejaring, peran ilmuwan lokal masih sering terbatas pada penyedia data dan konteks empiris. Implikasi kebijakannya adalah pentingnya investasi nasional dalam peningkatan kapasitas sumber daya manusia, infrastruktur data geospasial, dan kedaulatan data lingkungan. Dengan memperkuat kompetensi analisis spasial dan pengembangan teknologi digital secara mandiri, Indonesia dapat

bertransformasi dari sekadar data provider menjadi knowledge leader dalam penelitian deforestasi dan bencana di kawasan tropis.

Secara keseluruhan, pola co-author by country menegaskan bahwa transformasi digital dalam penelitian deforestasi dan bencana di Indonesia tidak dapat dilepaskan dari dinamika kolaborasi internasional. Integrasi teknologi digital menjadi faktor kunci yang menyatukan kepentingan akademik global dan kebutuhan kebijakan nasional, sekaligus membuka peluang strategis bagi Indonesia untuk mengarahkan agenda riset dan kebijakan kehutanan berbasis data menuju mitigasi bencana yang lebih efektif dan berkelanjutan.

3. Integrasi Transformasi Digital dalam Penelitian Deforestasi dan Bencana di Indonesia

Hasil analisis bibliometrik berbasis peta lokurensi kata kunci dan jejaring kolaborasi negara menunjukkan bahwa transformasi digital telah terintegrasi secara substantif dalam penelitian deforestasi dan bencana di Indonesia. Integrasi ini tidak hanya tercermin dari meningkatnya frekuensi penggunaan teknologi digital, tetapi juga dari posisi strategis teknologi tersebut dalam struktur tematik dan kolaboratif penelitian global. Kata kunci seperti remote sensing, satellite imagery, GIS, dan spatial analysis muncul sebagai node penting yang memiliki keterhubungan langsung dengan kata kunci inti seperti deforestation, forest fire, carbon emissions, dan disaster risk. Pola ini menegaskan bahwa teknologi digital telah bertransformasi dari sekadar alat bantu analisis menjadi kerangka metodologis utama dalam memahami dinamika deforestasi dan bencana di Indonesia.

Pemanfaatan penginderaan jauh dan data satelit memungkinkan pemantauan perubahan tutupan hutan secara temporal dan spasial dengan cakupan wilayah yang luas dan konsisten. Hal ini sangat relevan dalam konteks Indonesia sebagai negara kepulauan dengan kompleksitas ekosistem hutan tropis yang tinggi. Keterkaitan kuat antara remote sensing dan isu kebakaran hutan, emisi karbon, serta degradasi lahan mencerminkan pergeseran paradigma penelitian dari pendekatan lokal berbasis observasi lapangan menuju analisis berbasis data spasial berskala besar dan berorientasi jangka panjang.

Integrasi GIS dan analisis spasial selanjutnya memperkuat kemampuan penelitian dalam mengidentifikasi wilayah rawan bencana, memodelkan risiko banjir, dan menganalisis hubungan antara deforestasi, perubahan tata guna lahan, dan kejadian bencana, termasuk banjir di wilayah Sumatra.

Dari perspektif kolaborasi internasional, analisis co-authorship country menunjukkan bahwa integrasi transformasi digital sangat dipengaruhi oleh keterlibatan negara-negara dengan kapasitas teknologi tinggi seperti Amerika Serikat, Australia, Jepang, dan negara-negara Eropa. Kolaborasi ini umumnya berfokus pada pengembangan metode pemantauan berbasis citra satelit, pemodelan spasial risiko bencana, serta analisis emisi karbon dan dampak perubahan iklim. Posisi Indonesia sebagai simpul utama dalam jejaring kolaborasi tersebut menegaskan perannya bukan hanya sebagai objek studi, tetapi juga sebagai ruang eksperimental bagi penerapan dan pengujian teknologi digital dalam konteks hutan tropis. Dengan demikian, integrasi transformasi digital dalam penelitian deforestasi dan bencana di Indonesia bersifat ko-produktif, di mana pengetahuan lokal dan teknologi global saling melengkapi.

Namun demikian, peta ko-okurensi juga menunjukkan bahwa kata kunci seperti monitoring system, early warning system, dan decision support masih memiliki tingkat kemunculan dan keterhubungan yang relatif lebih rendah dibandingkan remote sensing dan GIS. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun transformasi digital telah mapan pada tahap pemantauan dan analisis, pemanfaatannya dalam pengembangan sistem prediktif dan peringatan dini berbasis data real time masih berada pada tahap awal. Kesenjangan ini menandakan adanya ruang strategis untuk mengembangkan penelitian yang lebih aplikatif dan berorientasi kebijakan, khususnya dalam mendukung mitigasi bencana hidrometeorologis seperti banjir akibat deforestasi di daerah aliran sungai utama Sumatra.

Implikasi kebijakan dari temuan ini menegaskan pentingnya integrasi transformasi digital ke dalam kerangka kebijakan kehutanan

dan manajemen bencana nasional. Pemerintah perlu memperkuat ekosistem kebijakan berbasis data spasial melalui integrasi lintas sektor dan lintas lembaga, termasuk sinkronisasi antara kebijakan kehutanan, tata ruang, dan mitigasi bencana. Pengembangan sistem peringatan dini berbasis GIS dan penginderaan jauh harus menjadi bagian integral dari agenda transformasi digital nasional, sejalan dengan upaya penguatan ketahanan bencana dan pengelolaan hutan berkelanjutan. Selain itu, peningkatan kapasitas sumber daya manusia dan penguatan peran peneliti domestik dalam kolaborasi internasional menjadi kunci agar transformasi digital tidak hanya meningkatkan kualitas riset, tetapi juga menghasilkan dampak kebijakan yang nyata bagi pengurangan risiko bencana dan perlindungan hutan Indonesia.

KESIMPULAN

Studi ini menyajikan pemetaan komprehensif terhadap perkembangan penelitian mengenai deforestasi dan bencana di Indonesia melalui pendekatan bibliometrik berbasis data Scopus dan visualisasi VOSviewer. Hasil analisis menunjukkan bahwa penelitian bertema Indonesian forest mengalami pertumbuhan yang signifikan dan bersifat multidisipliner, dengan isu deforestasi dan kebakaran hutan sebagai fokus utama yang saling terkait dengan risiko bencana, polusi udara, dan dampak terhadap kesehatan manusia. Dominasi kata kunci seperti deforestation, forest fire, dan forest fires menegaskan bahwa degradasi hutan masih menjadi isu sentral dalam lanskap penelitian lingkungan di Indonesia.

Analisis tren global dan kolaborasi internasional mengungkapkan bahwa Indonesia menempati posisi strategis sebagai simpul utama dalam jejaring penelitian global. Tingginya tingkat kolaborasi dengan negara-negara maju dan negara tetangga di kawasan Asia Tenggara mencerminkan pentingnya hutan Indonesia dalam konteks perubahan iklim global, bencana lintas batas, dan pengelolaan sumber daya alam berkelanjutan. Pola kolaborasi ini menempatkan Indonesia tidak hanya sebagai objek kajian empiris, tetapi juga sebagai pusat produksi pengetahuan dalam studi hutan tropis dan mitigasi bencana.

Lebih lanjut, temuan penelitian menegaskan bahwa transformasi digital telah terintegrasi secara nyata dalam penelitian deforestasi dan bencana di Indonesia. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh, sistem informasi geografis (GIS), dan analisis spasial telah berkembang dari sekadar alat pendukung menjadi bagian dari kerangka metodologis utama dalam memantau perubahan tutupan hutan, menganalisis risiko bencana, dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Meskipun demikian, integrasi teknologi digital yang bersifat prediktif dan real-time, seperti sistem peringatan dini berbasis data spasial dinamis, masih menunjukkan ruang pengembangan yang signifikan.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi teoretis dan metodologis dengan memetakan struktur pengetahuan, dinamika tematik, serta arah perkembangan penelitian deforestasi dan bencana di Indonesia. Temuan ini memiliki implikasi penting bagi pengembangan kebijakan kehutanan, mitigasi bencana termasuk bencana banjir di wilayah Sumatra serta penguatan transformasi digital di sektor lingkungan. Ke depan, penelitian lanjutan disarankan untuk mengintegrasikan pendekatan bibliometrik dengan analisis spasial empiris dan model prediktif berbasis data besar guna memperkuat peran penelitian ilmiah dalam mendukung pengelolaan hutan berkelanjutan dan ketahanan bencana di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhasan, M., & Hasaneen, M. (2021). Digital imaging, technologies and artificial intelligence applications during COVID-19 pandemic. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 91(May), 101933. <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2021.101933>
- Blakeman, K. (2018). *Bibliometrics in a digital age : help or hindrance*. 101, 293–310. <https://doi.org/10.3184/003685018X15337564592469>
- Gumpenberger, C., Ovalle-Perandones, M. A., & Gorraiz, J. (2013). On the impact of Gold Open Access journals. *Scientometrics*, 96(1), 221–238. <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0902-7>
- Gusain, H. S. (2019). Development of avalanche information system using remote sensing and GIS technology in the Indian Karakoram Himalaya. *Current Science*, 117(1), 104–109. <https://doi.org/10.18520/cs/v117/i1/104-109>
- Hallinger, P. (2020). Science mapping the knowledge base on educational leadership and management from the emerging regions of Asia, Africa and Latin America, 1965–2018. *Educational Management Administration and Leadership*, 48(2), 209–230. <https://doi.org/10.1177/1741143218822772>
- Hartshorn, G. S. (2004). *Tropical Forest Ecosystems*.
- Heo, S., & Lee, D. K. (2025). Assessing disasters in East Kalimantan: machine learning approaches for sustainable urban development. *Environmental Research Letters*, 20(10). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/adf97c>
- Kipnis, D. G., & Brush, D. A. (2023). An Investigation of Gold Open Access Publications of STEM Faculty at a Public University in the United States. *Science and Technology Libraries*, 42(4), 417–427. <https://doi.org/10.1080/0194262X.2023.2175103>
- Marvi, R., & Foroudi, M. M. (2023). Bibliometric analysis: Main procedure and guidelines. *Researching and Analysing Business: Research Methods in Practice*,

- 43–54.
<https://doi.org/10.4324/9781003107774-4>
- Meho, L. I. (2019). Using Scopus's CiteScore for assessing the quality of computer science conferences. *Journal of Informetrics*, 13(1), 419–433.
<https://doi.org/10.1016/j.joi.2019.02.006>
- Nababan, D., Rotua, T. N., & Perangin, P. A. B. R. (2024). Determining factors of preparedness of heads of families in facing flood disasters in river watersheds. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1314(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1314/1/012103>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Journal of Clinical Epidemiology*, 134, 178–189.
<https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.03.001>
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Alfabeta, cv.
- Thelwall, M., & Sud, P. (2022). Scopus 1900–2020: Growth in articles, abstracts, countries, fields, and journals. *Quantitative Science Studies*, 3(1), 37–50.
https://doi.org/10.1162/qss_a_00177
- Wikipedia. (2025). *Banjir dan longsor Sumatra 2025*.
https://id.wikipedia.org/wiki/Banjir_dan_longsor_Sumatra_2025.
- Zhu, J., & Liu, W. (2020). A tale of two databases: the use of Web of Science and Scopus in academic papers. *Scientometrics*, 123(1), 321–335.
<https://doi.org/10.1007/s11192-020-03387-8>