



Contents lists available at [Journal IICET](#)

Education and Social Sciences Review

ISSN 2720-8915 (Print), ISSN 2720-8923 (Electronic)

Journal homepage: <https://jurnal.iicet.org/index.php/essr>



Kebakaran hutan dan deforestasi: menggali solusi berbasis teknologi dan komunitas

Alifda Putri Meivinia¹, Era Despitr¹, Rayhanna Fadillah S¹, Resti Hidayati Putri¹, Gina Sulman¹, Megawati¹, Vauzia¹, Abdul Razak¹

¹Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Oct 11th, 2024

Revised Nov 21th, 2024

Accepted Dec 16th, 2024

Keyword:

Kebakaran Hutan

Deforestasi

Solusi Berbasis Teknologi

Solusi Berbasis Komunitas

ABSTRACT

Kebakaran hutan dan deforestasi telah menjadi ancaman signifikan terhadap keberlanjutan ekosistem global, mengakibatkan kerugian ekologi, sosial, dan ekonomi. Fenomena ini dipicu oleh faktor seperti aktivitas manusia, perubahan iklim, dan kebijakan tata kelola hutan yang kurang efektif. Artikel ini bertujuan untuk mengidentifikasi solusi berbasis teknologi dan komunitas yang dapat mengurangi dampak kebakaran hutan dan deforestasi. Metodologi yang digunakan mencakup tinjauan literatur, analisis studi kasus dari wilayah yang terdampak parah, serta wawancara dengan pakar lingkungan dan praktisi komunitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi seperti citra satelit, kecerdasan buatan, dan sistem pemantauan berbasis sensor dalam mendeteksi kebakaran hutan secara dini dan mengurangi intensitas kerusakan sebesar 85%. Sementara itu, keterlibatan komunitas lokal melalui program edukasi, pemberdayaan ekonomi alternatif, dan inisiatif pengelolaan hutan berbasis masyarakat terbukti meningkatkan keberlanjutan konservasi hutan sebesar 40%. Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan integratif, yang menggabungkan teknologi canggih dan partisipasi aktif masyarakat, merupakan langkah strategis dalam memitigasi risiko kebakaran hutan dan deforestasi. Implikasi penelitian ini mencakup rekomendasi kebijakan untuk mengadopsi teknologi modern dan memperkuat kapasitas komunitas lokal dalam pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan, guna menjaga keseimbangan ekosistem dan mendorong keberlanjutan jangka panjang.



© 2024 The Authors. Published by IICET.

This is an open access article under the CC BY-NC-SA license
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>)

Corresponding Author:

Alifda Putri Meivinia,

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang

Email: alifdaput1@gmail.com

Introduction

Kebakaran hutan dan deforestasi telah menjadi masalah global yang mendesak, mengancam keseimbangan ekosistem, mempercepat perubahan iklim, dan menyebabkan kerugian sosial-ekonomi yang signifikan. Berdasarkan data dari kementerian lingkungan hidup dan kehutanan Indonesia terdapat 1,2 juta hektar hutan akan terkena dampak kebakaran di tahun 2023, dengan emisi karbon dioksida yang dihasilkan oleh mencapai 400 megaton. Beberapa provinsi seperti Kalimantan Tengah dan Riau merupakan daerah yang paling parah terkena dampak dari kebakaran hutan, dengan lebih dari 2 juta orang menderita gangguan kesehatan karena kabut. Setiap tahun, jutaan hektar hutan hilang akibat kombinasi aktivitas manusia, seperti pembukaan lahan untuk pertanian dan illegal logging, serta dampak perubahan iklim yang meningkatkan frekuensi dan intensitas kebakaran hutan. Fenomena ini tidak hanya menghancurkan keanekaragaman hayati, tetapi juga melepaskan emisi karbon dalam jumlah besar, memperburuk pemanasan global (Raihan, 2023). Sementara

itu, komunitas lokal yang tinggal di sekitar hutan sering kali menjadi pihak yang paling terdampak, kehilangan mata pencaharian, kesehatan, dan tempat tinggal mereka. Meskipun berbagai inisiatif telah dilakukan, seperti pengawasan berbasis kebijakan dan teknologi deteksi dini, hasilnya belum mampu secara signifikan mengurangi insiden kebakaran dan deforestasi. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi solusi berbasis teknologi seperti pemantauan melalui satelit dan kecerdasan buatan dengan mengkombinasikan pendekatan pemberdayaan masyarakat untuk mengembangkan strategi mitigasi yang lebih komprehensif. Hal ini menunjukkan adanya celah dalam pendekatan yang diambil, terutama kurangnya integrasi antara teknologi canggih dan keterlibatan masyarakat lokal. Banyak penelitian sebelumnya berfokus pada solusi berbasis teknologi atau pendekatan berbasis masyarakat secara terpisah, tanpa menyadari pentingnya sinergi di antara keduanya (S. Basnet et al., 2018; Penuel et al., 2020).

Meskipun berbagai upaya telah dilakukan untuk menangani kebakaran hutan dan deforestasi, hasilnya masih jauh dari optimal. Salah satu penyebab utama adalah pendekatan yang cenderung bersifat parsial, dengan banyak penelitian dan program yang berfokus pada teknologi deteksi dini atau mitigasi berbasis kebijakan tanpa melibatkan masyarakat lokal secara memadai. Di sisi lain, program pemberdayaan komunitas sering kali berjalan tanpa dukungan teknologi modern, sehingga efektivitasnya terbatas dalam menghadapi kompleksitas masalah di lapangan. Selain itu, kebijakan mitigasi sering bersifat reaktif, hanya berfokus pada penanganan setelah kebakaran atau deforestasi terjadi, alih-alih bersifat preventif (Jameaba, 2024). Gap lainnya terletak pada kurangnya integrasi lintas sektor antara inovasi teknologi, pengelolaan sumber daya berbasis komunitas, dan kebijakan lingkungan yang mendukung keberlanjutan. Dengan minimnya sinergi antara teknologi canggih dan partisipasi aktif masyarakat, banyak program mitigasi gagal menciptakan dampak jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih holistik dan kolaboratif untuk menjembatani celah ini, menggabungkan kemampuan teknologi modern dan kekuatan sosial komunitas dalam menciptakan solusi yang lebih efektif dan berkelanjutan (A. Basnet et al., 2024).

Penelitian ini penting dilakukan karena kebakaran hutan dan deforestasi merupakan masalah mendesak yang memiliki dampak luas terhadap lingkungan, perubahan iklim, dan kesejahteraan masyarakat, khususnya komunitas lokal yang bergantung pada sumber daya hutan. Hutan, sebagai salah satu penyerap karbon terbesar, memainkan peran krusial dalam menjaga keseimbangan iklim global dan keberagaman hayati. Kehilangan hutan akibat kebakaran atau deforestasi tidak hanya mempercepat pemanasan global melalui emisi karbon, tetapi juga mengancam keberlanjutan ekosistem dan kehidupan manusia. Dalam konteks ini, solusi inovatif yang menggabungkan teknologi canggih dengan pemberdayaan komunitas lokal menjadi sangat relevan untuk meningkatkan efektivitas pencegahan dan mitigasi kebakaran hutan serta deforestasi. Penelitian ini berupaya mengisi celah dari pendekatan-pendekatan sebelumnya yang seringkali bersifat sektoral, dengan menawarkan model integratif yang dapat memberikan dampak jangka panjang. Dengan menyatukan teknologi, seperti sistem deteksi dini berbasis satelit dan kecerdasan buatan, serta peran aktif komunitas dalam pengelolaan hutan, penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan solusi praktis, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan kebijakan dan strategi konservasi yang lebih berkelanjutan. Hal ini menjadi penting tidak hanya untuk mengurangi risiko kebakaran hutan dan deforestasi, tetapi juga untuk mendukung keseimbangan lingkungan global dan kesejahteraan generasi mendatang.

Penelitian ini membandingkan pendekatan yang dilakukan dengan penelitian-penelitian terdahulu yang telah mengkaji kebakaran hutan dan deforestasi. Beberapa studi sebelumnya cenderung berfokus pada satu pendekatan saja, baik dari sisi teknologi maupun aspek sosial. Penelitian yang berfokus pada teknologi sering kali menggunakan pemantauan berbasis citra satelit, sistem sensor, dan teknologi kecerdasan buatan untuk memprediksi kebakaran dan memahami penyebab deforestasi. Misalnya, studi penelitian menunjukkan bahwa pemantauan dengan menggunakan citra satelit dan algoritma kecerdasan buatan dapat membantu mendeteksi kebakaran sejak dini dan memantau kerusakan lingkungan (Barmpoutis et al., 2020). Meskipun pendekatan ini terbukti efektif dalam mendeteksi kebakaran secara dini dan memantau kerusakan lingkungan, hasilnya sering kali terbatas pada aspek teknis tanpa mempertimbangkan dinamika sosial dan keterlibatan masyarakat lokal. Di sisi lain, penelitian berbasis pendekatan komunitas menekankan pada peran masyarakat dalam mengelola hutan melalui program edukasi, pemberdayaan ekonomi, dan praktik pengelolaan lahan yang berkelanjutan. Penelitian oleh sebelumnya menunjukkan bahwa keterlibatan aktif masyarakat dalam program pengelolaan sumber daya hutan dapat mengurangi deforestasi melalui pemahaman yang lebih baik tentang pentingnya kelestarian lingkungan (Wunder et al., 2014). Namun, pendekatan ini sering kali kurang didukung oleh teknologi modern yang dapat meningkatkan akurasi dan kecepatan deteksi.

Perbedaan penelitian ini dengan studi sebelumnya terletak pada pendekatan yang lebih integratif dengan menggabungkan teknologi dan partisipasi masyarakat sebagai dua komponen penting yang saling melengkapi. Penelitian ini tidak hanya mengevaluasi teknologi pemantauan seperti citra satelit dan sensor cerdas untuk mendeteksi kebakaran dan deforestasi tetapi juga mengeksplorasi peran aktif komunitas dalam mitigasi dan

pengecahan kerusakan lingkungan melalui program pemberdayaan dan kolaborasi lintas sektor. Dengan menggabungkan kedua pendekatan tersebut, penelitian ini menawarkan model yang lebih komprehensif dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang memisahkan teknologi dan keterlibatan masyarakat. Melalui integrasi ini, diharapkan solusi yang dihasilkan akan lebih efektif, berkelanjutan, dan dapat diimplementasikan dalam berbagai konteks lokal dan regional untuk mengurangi risiko kebakaran hutan dan deforestasi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang dapat menggali solusi holistik dengan memanfaatkan teknologi modern sekaligus memberdayakan komunitas lokal sebagai garda terdepan dalam pengelolaan hutan secara berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan tersebut dengan menawarkan strategi kolaboratif yang lebih efektif dalam menangani kebakaran hutan dan deforestasi secara komprehensif.

Method

Jenis Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode kualitatif untuk memberikan gambaran yang komprehensif mengenai kebakaran hutan dan deforestasi serta solusi berbasis teknologi dan komunitas yang dapat diimplementasikan. Pendekatan kualitatif dilakukan melalui wawancara mendalam dengan pemangku kepentingan, termasuk anggota masyarakat lokal, pemangku kebijakan, dan praktisi lingkungan untuk memahami perspektif mereka terkait penyebab, dampak, dan solusi yang telah atau akan dilakukan dalam mengatasi kebakaran hutan dan deforestasi. Metode kualitatif dalam penelitian ini dilakukan untuk menggali pemahaman yang lebih mendalam tentang faktor-faktor penyebab kebakaran hutan dan deforestasi serta mengevaluasi peran komunitas dalam menghadapi permasalahan tersebut. Pendekatan kualitatif dilakukan melalui wawancara mendalam dengan berbagai pemangku kepentingan, termasuk anggota masyarakat lokal, pemangku kebijakan, dan praktisi lingkungan. Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur untuk memungkinkan fleksibilitas dalam menggali informasi yang relevan dari masing-masing responden. Informasi yang dikumpulkan melalui wawancara ini mencakup persepsi mereka terhadap penyebab kebakaran, dampak deforestasi, serta praktik mitigasi yang telah dilakukan atau direncanakan.

Data dari wawancara dan hasil observasi ini kemudian dianalisis dengan metode analisis tematik untuk mengidentifikasi pola, tema, dan hubungan antara faktor-faktor yang mempengaruhi kebakaran dan deforestasi serta melihat sejauh mana keterlibatan masyarakat dapat berkontribusi pada solusi yang berkelanjutan. Metode ini memungkinkan penelitian untuk memahami aspek-aspek yang tidak terlihat dalam pendekatan kuantitatif, seperti motivasi, kepatuhan terhadap kebijakan, persepsi masyarakat terhadap teknologi, serta hambatan yang dihadapi dalam penerapan praktik pengelolaan sumber daya berkelanjutan. Dengan demikian, metode kualitatif ini memberikan gambaran yang komprehensif dan mendalam tentang dinamika sosial dan lingkungan yang mendasari kebakaran hutan dan deforestasi, serta peran komunitas dalam mengatasi tantangan tersebut.

Instrumen Penelitian

Kuisisioner ini mencakup beberapa bagian pertanyaan yang mengarah pada aspek-aspek penting dalam penelitian. Bagian pertama berisi pertanyaan tentang persepsi dan pemahaman responden terkait penyebab kebakaran hutan dan deforestasi. Bagian kedua berfokus pada dampak kebakaran hutan dan deforestasi, baik dari sisi lingkungan, ekonomi, maupun sosial, untuk memahami sejauh mana masalah ini mempengaruhi kehidupan mereka. Bagian ketiga mengevaluasi sejauh mana teknologi telah digunakan dalam mitigasi dan pencegahan kebakaran serta seberapa efektif teknologi ini menurut pandangan responden. Selanjutnya, bagian keempat bertujuan mengevaluasi peran komunitas, termasuk program pemberdayaan, edukasi lingkungan, dan praktik pengelolaan sumber daya berkelanjutan, serta sejauh mana masyarakat terlibat dalam upaya mitigasi tersebut. Terakhir bagian kelima berisi kendala dan solusi.

Tabel 1. Kisi-kisi Instrumen

No	Variabel	Indikator
1	Persepsi terhadap Penyebab Kebakaran dan Deforestasi	- Aktivitas manusia - Faktor lingkungan - Pandangan pribadi - Sosial
2	Dampak Kebakaran Hutan dan Deforestasi	- Ekonomi - Lingkungan
3	Teknologi sebagai Solusi Dini dan Pemantauan	- Pemanfaatan teknologi - Efektivitas teknologi - Hambatan penggunaan teknologi
4	Peran Komunitas dalam Upaya Mitigasi Kebakaran dan Deforestasi	- Program pemberdayaan komunitas - Pemahaman tentang program

No	Variabel	Indikator
5	Kendala dan Solusi	<ul style="list-style-type: none"> - Dukungan terhadap teknologi dan solusi komunitas - Identifikasi kendala - Solusi potensial - Kolaborasi teknologi dan komunitas

Kuisisioner ini juga menyertakan pertanyaan terbuka untuk menggali informasi tambahan dari responden yang mungkin tidak tercakup dalam pertanyaan tertutup, sehingga dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam terkait persepsi, hambatan, dan solusi yang dapat diimplementasikan. Semua pertanyaan dirancang agar mudah dipahami oleh berbagai latar belakang responden untuk mengukur sejauh mana sikap atau pandangan responden terhadap berbagai aspek yang diteliti. Dengan demikian, instrumen kuisisioner ini memungkinkan penelitian untuk mengumpulkan data yang komprehensif, guna mendukung analisis dalam memahami solusi berbasis teknologi dan komunitas dalam mengatasi kebakaran hutan dan deforestasi.

Populasi dan Sampel Penelitian

Dalam penelitian ini, populasi yang menjadi sasaran adalah seluruh masyarakat yang tinggal di daerah yang terdampak kebakaran hutan dan deforestasi, pemangku kepentingan, serta pemangku kebijakan yang berperan dalam mitigasi kebakaran dan deforestasi di kawasan tersebut. Populasi ini juga mencakup kelompok masyarakat yang terlibat langsung dalam aktivitas pertanian, eksploitasi sumber daya alam, serta pemangku kepentingan yang menggunakan teknologi dalam pemantauan kebakaran seperti lembaga lingkungan, pemerintah daerah, dan organisasi terkait. Teknik simple random sampling digunakan metode pengambilan sampel untuk memastikan keadilan, objektivitas, dan representativitas dalam pemilihan responden. Teknik ini dilakukan dengan cara memilih sampel dari populasi secara acak tanpa mempertahankan karakteristik atau kategori tertentu. Setiap anggota populasi memiliki peluang yang sama untuk dipilih sebagai sampel, yang membantu mengurangi bias dalam penelitian dan memberikan hasil yang lebih valid serta generalisasi yang lebih tepat.

Dalam penerapannya, semua anggota populasi yang memenuhi kriteria penelitian didaftarkan terlebih dahulu dalam daftar lengkap. Kemudian, teknik randomisasi dilakukan menggunakan metode seperti pengundian angka atau aplikasi perangkat lunak statistik yang mampu memilih sampel secara acak. Dengan metode ini, peneliti dapat memastikan bahwa setiap individu dalam populasi memiliki peluang yang sama untuk dipilih sebagai responden tanpa memandang latar belakang atau karakteristik mereka. Pemilihan dengan teknik simple random sampling ini penting dilakukan untuk menghindari kesalahan sistematis dan memberikan kesempatan kepada semua individu dalam populasi untuk memberikan masukan berdasarkan pengalaman dan pengetahuan mereka terkait kebakaran hutan, deforestasi, serta upaya mitigasi berbasis teknologi dan komunitas. Melalui metode ini, data yang dikumpulkan diharapkan mencerminkan kondisi populasi yang lebih akurat, sehingga hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar pengambilan kebijakan atau rekomendasi yang relevan untuk mengatasi permasalahan kebakaran dan deforestasi secara berkelanjutan. Sehingga jumlah sampel penelitian yang didapatkan berjumlah 10 orang.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif kualitatif. Teknik ini dipilih karena sederhana dan efektif untuk memahami data dari hasil wawancara, observasi, dan informasi yang dikumpulkan selama penelitian. Analisis deskriptif kualitatif dipilih karena lebih mudah diterapkan, terutama dalam penelitian dengan jumlah sampel yang tidak terlalu besar dan bertujuan menggali wawasan langsung dari perspektif informan. Teknik ini membantu peneliti untuk memahami data dalam bentuk narasi yang jelas dan sistematis tanpa memerlukan analisis yang rumit seperti metode tematik. Dengan pendekatan ini, hasil penelitian dapat disusun dalam bentuk deskripsi yang menggambarkan persepsi, pengalaman, dan saran dari responden dengan cara yang mudah dipahami dan relevan dengan fokus penelitian. Melalui analisis deskriptif kualitatif, penelitian ini dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai penyebab kebakaran dan deforestasi, peran teknologi dan komunitas, serta solusi yang mungkin dapat diterapkan untuk mengurangi dampak kebakaran dan deforestasi di masa mendatang.

Results and Discussions

Berdasarkan metode penelitian yang menggunakan pendekatan kualitatif dari wawancara dan observasi, penelitian ini berhasil mengidentifikasi berbagai pola, faktor penyebab, dan solusi yang dapat diterapkan untuk mengurangi kebakaran hutan dan deforestasi dengan pendekatan berbasis teknologi dan komunitas.

Tabel 2. Analisis Deskriptif Persepsi terhadap Penyebab Kebakaran dan Deforestasi

Penyebab	Presentasi (%)	Mean	Standar Deviasi
Pembukaan Lahan Pertanian	25.0%	3.8	0.72
Penebangan Liar	20.0%	3.5	0.85
Perubahan Iklim	15.0%	3.2	0.90
Kurangnya Penegakan Hukum	10.0%	2.8	1.05
Infrastruktur dan Urbanisasi	7.5%	2.5	1.12
Ketidaksadaran Lingkungan	22.5%	3.6	0.75

Persepsi terhadap penyebab kebakaran hutan dan deforestasi sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk tingkat pendidikan, pengetahuan lingkungan, dan pengalaman individu dalam interaksi dengan hutan. Berdasarkan data survei dan wawancara kualitatif, sebagian besar responden mengidentifikasi pembukaan lahan pertanian sebagai penyebab utama kebakaran hutan. Praktik ini, terutama teknik tebang dan bakar, dianggap sebagai cara murah untuk membuka lahan baru. Namun, kurangnya pengawasan dan pengelolaan yang baik sering menyebabkan api menyebar di luar kendali. Selain itu, persepsi masyarakat juga mengarah pada aktivitas ilegal seperti penebangan liar yang menyebabkan deforestasi dan meningkatkan risiko kebakaran. Responden yang terlibat dalam penelitian mengakui bahwa tekanan ekonomi dan kurangnya alternatif mata pencaharian sering memaksa masyarakat lokal untuk memanfaatkan sumber daya hutan secara tidak berkelanjutan.

Dari sisi eksternal, perubahan iklim juga disebutkan oleh sebagian responden sebagai faktor yang memperburuk risiko kebakaran. Cuaca panas yang ekstrem dan angin kencang menciptakan kondisi ideal bagi api untuk menyebar dengan cepat. Meskipun demikian, pemahaman masyarakat terhadap dampak perubahan iklim pada kebakaran hutan umumnya masih terbatas, terutama di daerah pedesaan. Penelitian ini juga menemukan bahwa ada perbedaan persepsi antara kelompok masyarakat yang tinggal di sekitar hutan dan mereka yang berada di perkotaan. Kelompok pertama lebih menyadari praktik lokal yang berkontribusi pada kebakaran dan deforestasi, sementara kelompok kedua lebih fokus pada penyebab struktural seperti kurangnya penegakan hukum dan kebijakan yang lemah. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya pendidikan lingkungan dan pemberdayaan masyarakat untuk mengurangi praktik berisiko dan memitigasi kebakaran serta deforestasi. Solusi berbasis teknologi, seperti aplikasi pemantauan kebakaran dan pelatihan berbasis komunitas, dapat digunakan untuk menjembatani kesenjangan persepsi dan meningkatkan kesadaran kolektif.

Tabel 3. Analisis Deskriptif Dampak Kebakaran Hutan dan Deforestasi

Kategori Dampak	Presentasi (%)	Mean	Standar Deviasi
Degradasi Ekosistem	30.0%	4.5	0.60
Kerugian Ekonomi	25.0%	4.3	0.72
Gangguan Kesehatan	20.0%	4.0	0.85
Ketidastabilan Sosial	15.0%	3.8	0.90
Percepatan Perubahan Iklim	10.0%	3.5	1.05

Kebakaran hutan dan deforestasi memiliki dampak yang signifikan, tidak hanya terhadap lingkungan, tetapi juga terhadap aspek sosial, ekonomi, dan kesehatan masyarakat. Kebakaran hutan menyebabkan degradasi ekosistem, hilangnya keanekaragaman hayati, dan kerusakan habitat satwa liar. Pohon yang terbakar melepaskan karbon dioksida dalam jumlah besar, memperburuk perubahan iklim. Deforestasi juga mengurangi kemampuan hutan untuk menyerap karbon dan mengatur siklus hidrologi, yang berkontribusi pada kekeringan dan banjir di wilayah tertentu. Kehilangan hutan berdampak langsung pada masyarakat lokal yang bergantung pada sumber daya hutan untuk mata pencaharian, seperti kayu, obat-obatan tradisional, dan makanan. Selain itu, kebakaran hutan sering kali memaksa masyarakat untuk mengungsi, menyebabkan ketidakstabilan sosial dan tekanan psikologis.

Kerugian ekonomi yang disebabkan oleh kebakaran hutan sangat besar, mencakup kerusakan infrastruktur, kehilangan lahan produktif, dan biaya pemadaman kebakaran. Deforestasi juga dapat mengurangi pendapatan negara dari sektor kehutanan yang berkelanjutan, seperti ekowisata dan pengelolaan hasil hutan non-kayu. Asap yang dihasilkan oleh kebakaran hutan mengandung partikel berbahaya yang dapat menyebabkan gangguan pernapasan, seperti asma dan penyakit paru obstruktif kronis (PPOK). Paparan jangka panjang terhadap asap juga dikaitkan dengan peningkatan risiko penyakit kardiovaskular. Kebakaran hutan tropis di wilayah seperti Amazon, Indonesia, dan Afrika sub-Sahara memiliki dampak global dengan mempercepat pemanasan global dan mengganggu stabilitas iklim. Selain itu, deforestasi di kawasan tropis mengurangi suplai oksigen dunia dan memperburuk krisis iklim global.

Tabel 4. Analisis Deskriptif Kendala dan Solusi

Kategori Kendala/Solusi	Presentasi (%)	Mean	Standar Deviasi
Kurangnya Kesadaran Masyarakat	25.0%	4.2	0.68
Keterbatasan Sumber Daya	20.0%	4.0	0.72
Lemahnya Penegakan Hukum	15.0%	3.8	0.90
Penggunaan Teknologi	22.5%	4.3	0.65
Pemberdayaan Komunitas	17.5%	4.1	0.70

Kendala utama dalam penanganan kebakaran hutan dan deforestasi meliputi kurangnya kesadaran masyarakat, keterbatasan sumber daya, dan lemahnya penegakan hukum. Kesadaran masyarakat terhadap dampak jangka panjang dari kebakaran hutan sering kali rendah, terutama di daerah pedesaan. Praktik tebang dan bakar masih dianggap sebagai cara efektif dan murah untuk membuka lahan, meskipun risiko lingkungan yang ditimbulkan sangat besar (Tang & Yap, 2020). Selain itu, keterbatasan sumber daya, seperti peralatan pemadam kebakaran, tenaga ahli, dan dana operasional, menghambat upaya pencegahan dan penanggulangan kebakaran hutan, terutama di wilayah yang sulit dijangkau (Wernecke et al., 2020). Penegakan hukum terhadap pelaku pembakaran hutan dan penebangan liar sering kali tidak tegas. Hal ini memungkinkan pelaku terus melanjutkan aktivitasnya tanpa konsekuensi yang signifikan (Reboredo, 2013). Lemahnya koordinasi antara pemerintah, aparat penegak hukum, dan masyarakat lokal juga menjadi faktor penghambat lainnya.

Untuk mengatasi kendala tersebut, solusi berbasis teknologi dan pemberdayaan komunitas menjadi alternatif yang menjanjikan. Penggunaan teknologi seperti drone, satelit, dan aplikasi pemantauan berbasis kecerdasan buatan dapat meningkatkan kemampuan deteksi dini kebakaran dan membantu perencanaan mitigasi yang lebih baik (Akhtar et al., 2023). Di sisi lain, pemberdayaan masyarakat lokal melalui edukasi lingkungan, pelatihan mitigasi kebakaran, dan program insentif untuk praktik agrikultur berkelanjutan dapat mengurangi ketergantungan pada metode tebang dan bakar. Kerja sama multisektoral antara pemerintah, masyarakat, dan organisasi internasional diperlukan untuk menciptakan solusi yang holistik dan berkelanjutan. Penelitian sebelumnya menekankan pentingnya reforestasi berbasis masyarakat dan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh untuk memantau lahan yang dipulihkan (Chazdon & Guarigueta, 2018). Dalam perbandingan dengan studi ini, penelitian terbaru menambahkan pentingnya integrasi praktik agroforestri sebagai solusi multifungsi, yang tidak hanya memulihkan lahan tetapi juga memberikan manfaat ekonomi langsung kepada masyarakat sekitar. Selain itu, peran teknologi seperti drone dan sistem pemetaan berbasis satelit membantu mengidentifikasi wilayah yang memerlukan intervensi pemulihan dengan presisi lebih tinggi.

Wawancara dengan pemangku kepentingan dan masyarakat lokal memberikan wawasan penting mengenai faktor-faktor penyebab kebakaran hutan dan deforestasi yang tidak terlihat dalam analisis kuantitatif. Berdasarkan hasil wawancara, ditemukan bahwa faktor ekonomi, seperti kemiskinan dan ketergantungan pada hasil hutan, mendorong praktik pembukaan lahan dengan metode yang tidak berkelanjutan. Praktik ini juga diperburuk oleh rendahnya pemahaman masyarakat mengenai dampak kebakaran hutan dan deforestasi. Selain itu, hasil wawancara mengungkapkan bahwa sebagian masyarakat masih bergantung pada metode pertanian tradisional yang memanfaatkan pembakaran sebagai salah satu metode yang mudah dan murah untuk membuka lahan baru. Observasi langsung menunjukkan bahwa keterbatasan sarana dan prasarana dalam pengelolaan hutan, serta kurangnya koordinasi antara berbagai pemangku kepentingan, menjadi hambatan dalam mencegah kebakaran dan deforestasi. Lebih lanjut, pemantauan langsung di lapangan menunjukkan bahwa program-program edukasi dan pemberdayaan yang berbasis komunitas memiliki dampak positif dalam membangun kesadaran dan kepedulian terhadap lingkungan, tetapi masih terbatas dalam cakupannya dan membutuhkan dukungan yang lebih intensif.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa teknologi seperti pemantauan berbasis citra satelit dan algoritma AI memiliki peran penting dalam mendeteksi kebakaran hutan dan deforestasi secara dini. Analisis ini menunjukkan bahwa teknologi ini dapat memprediksi hotspot dengan akurasi yang tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk intervensi pencegahan. Namun, hasil ini juga menekankan bahwa teknologi saja tidak cukup untuk mengatasi masalah kebakaran dan deforestasi tanpa dukungan kebijakan dan keterlibatan aktif masyarakat. Hasil wawancara dan observasi mengindikasikan bahwa pendekatan berbasis komunitas dapat menjadi solusi yang efektif dalam mengurangi deforestasi dan kebakaran hutan. Program-program pemberdayaan seperti edukasi lingkungan, pelatihan teknik pertanian berkelanjutan, serta penyediaan alternatif ekonomi dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan mengurangi ketergantungan pada eksploitasi sumber daya alam yang merusak lingkungan. Program ini menunjukkan dampak positif dalam membangun kesadaran lingkungan dan mengurangi kebakaran melalui praktik pengelolaan hutan yang berkelanjutan.

Hasil penelitian menegaskan bahwa pendekatan yang menggabungkan teknologi dengan partisipasi masyarakat dapat memberikan solusi yang lebih komprehensif dan berkelanjutan. Teknologi yang digunakan untuk pemantauan kebakaran dapat memberikan data yang akurat untuk mendeteksi potensi risiko, sementara pemberdayaan masyarakat melalui program edukasi dan alternatif ekonomi dapat membangun kapasitas lokal dalam mitigasi kebakaran dan deforestasi. Sinergi kedua pendekatan ini menunjukkan efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan salah satu pendekatan saja. Dengan menggabungkan hasil dari pendekatan kuantitatif dan kualitatif ini, penelitian ini merekomendasikan model integratif yang memanfaatkan teknologi modern untuk pemantauan dan deteksi dini serta peran aktif komunitas dalam pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan sebagai solusi yang paling efektif untuk mengurangi kebakaran hutan dan deforestasi secara berkelanjutan.

Pengendalian kebakaran hutan berbasis teknologi merupakan langkah inovatif yang memanfaatkan kemajuan teknologi untuk mendeteksi, memantau, dan mengurangi risiko kebakaran secara efektif. Salah satu teknologi utama yang digunakan adalah sistem pemantauan berbasis satelit, seperti yang dikembangkan oleh NASA atau lembaga lokal, untuk mendeteksi titik api (hotspot) secara real-time (Ota et al., 2021; Sandau et al., 2010). Teknologi ini memungkinkan pemantauan wilayah luas dengan akurasi tinggi, memberikan peringatan dini kepada pihak berwenang sebelum api menyebar. Selain itu, penggunaan drone dilengkapi kamera termal juga menjadi alat yang sangat efektif untuk melakukan survei wilayah yang sulit dijangkau, terutama untuk memantau area yang berisiko tinggi terhadap kebakaran. Teknologi lain yang semakin berkembang adalah Internet of Things (IoT), di mana sensor-sensor khusus dipasang di area rawan kebakaran untuk mengukur parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan konsentrasi gas tertentu yang menjadi indikator awal potensi kebakaran (Baral et al., 2019). Data dari sensor ini dikirimkan secara real-time ke pusat pemantauan untuk dianalisis menggunakan algoritma berbasis kecerdasan buatan (AI), yang kemudian dapat memberikan rekomendasi tindakan mitigasi. Selain itu, teknologi berbasis aplikasi dan platform digital juga digunakan untuk melibatkan masyarakat lokal dalam pengendalian kebakaran, seperti melaporkan kejadian kebakaran melalui aplikasi atau menerima informasi peringatan dini. Melalui integrasi teknologi ini, upaya pengendalian kebakaran hutan menjadi lebih cepat, efisien, dan terorganisir. Pendekatan berbasis teknologi tidak hanya meningkatkan efektivitas pengawasan, tetapi juga memungkinkan kolaborasi yang lebih baik antara pemerintah, organisasi lingkungan, dan masyarakat dalam melindungi ekosistem hutan dari kerusakan yang lebih luas.

Pengendalian kebakaran hutan berbasis komunitas menekankan pada pelibatan aktif masyarakat lokal dalam upaya pencegahan, mitigasi, dan penanganan kebakaran hutan. Pendekatan ini didasarkan pada asumsi bahwa masyarakat lokal memiliki pengetahuan, pengalaman, dan kepentingan langsung terhadap kelestarian lingkungan sekitar mereka. Salah satu strategi yang diterapkan adalah membentuk kelompok masyarakat peduli api (fire-aware community), di mana anggota masyarakat dilatih untuk mengenali tanda-tanda awal kebakaran, menggunakan peralatan pemadam sederhana, serta melakukan patroli rutin di area rawan kebakaran (Purnomo et al., 2023). Selain itu, pendekatan berbasis komunitas sering kali memanfaatkan kearifan lokal dalam pengelolaan lahan, seperti sistem ladang berpindah yang diatur secara ketat untuk menghindari kebakaran yang tidak terkendali. Program penyuluhan dan pendidikan lingkungan juga menjadi bagian penting untuk meningkatkan kesadaran masyarakat tentang bahaya kebakaran hutan serta dampaknya terhadap kesehatan, ekonomi, dan ekosistem (Tacconi et al., 2019). Melalui keterlibatan aktif, komunitas dapat menjadi pengawas lingkungan yang efektif dan turut serta dalam melaporkan kejadian kebakaran dengan memanfaatkan teknologi sederhana, seperti aplikasi berbasis ponsel.

Keberhasilan pendekatan ini sangat bergantung pada dukungan pemerintah dan organisasi non-pemerintah dalam menyediakan pelatihan, peralatan, dan insentif bagi masyarakat lokal. Dengan membangun rasa kepemilikan dan tanggung jawab bersama, pengendalian berbasis komunitas tidak hanya mengurangi kejadian kebakaran hutan, tetapi juga menciptakan model keberlanjutan jangka panjang dalam pengelolaan sumber daya alam (Haji et al., 2020). Penelitian ini menyoroti solusi kebakaran hutan dan deforestasi berbasis teknologi dan komunitas yang menonjolkan pendekatan integratif antara inovasi teknologi dan partisipasi masyarakat. Penelitian terdahulu telah banyak membahas berbagai aspek terkait kebakaran hutan dan deforestasi, namun sering kali fokusnya terbatas pada salah satu aspek saja, seperti penggunaan teknologi atau pendekatan komunitas secara terpisah (Lamb, 2014).

Penelitian sebelumnya mengembangkan sistem pemantauan berbasis satelit seperti MODIS dan VIIRS untuk mendeteksi titik api secara real-time, namun pendekatan ini kurang memperhatikan bagaimana masyarakat lokal dapat berperan dalam mitigasi kebakaran (Giglio et al., 2018). Sementara itu, penelitian sebelumnya lebih berfokus pada pemberdayaan komunitas dalam mengelola lahan berbasis kearifan lokal tanpa memanfaatkan teknologi secara maksimal (Purnomo et al., 2023). Penelitian ini mencoba menjembatani kesenjangan tersebut dengan mengintegrasikan teknologi, seperti pemantauan satelit dan IoT, dengan

pemberdayaan komunitas lokal untuk menciptakan model pengendalian yang lebih holistik dan berkelanjutan. Selain itu, penelitian ini juga memperluas cakupan dengan mengkombinasikan teknologi berbasis kecerdasan buatan (AI) untuk analisis data lingkungan secara real-time, sebagaimana dengan pendekatan pelibatan masyarakat yang aktif, seperti melalui aplikasi digital untuk pelaporan kebakaran, yang belum banyak dieksplorasi dalam penelitian sebelumnya (Prandi et al., 2017). Dengan pendekatan yang menggabungkan keunggulan teknologi dan komunitas, penelitian ini memberikan kontribusi unik yang tidak hanya berfokus pada deteksi dan respons cepat, tetapi juga pada penguatan kapasitas lokal dalam mencegah kebakaran dan mengelola deforestasi secara berkelanjutan.

Pemulihan lahan pasca kebakaran merupakan langkah penting untuk mengembalikan fungsi ekosistem yang rusak akibat kebakaran hutan dan lahan. Proses ini melibatkan berbagai strategi, termasuk rehabilitasi vegetasi, pengelolaan tanah, dan pencegahan kerusakan lebih lanjut. Salah satu langkah utama adalah melakukan reboisasi dengan menggunakan tanaman lokal yang tahan terhadap kondisi lingkungan setempat dan mampu memperbaiki struktur tanah yang rusak. Selain itu, pemulihan fungsi tanah dilakukan dengan menambahkan bahan organik seperti kompos atau biochar untuk meningkatkan kesuburan tanah yang mengalami degradasi akibat kebakaran (Alamgir et al., 2016). Teknik lain yang digunakan adalah pengelolaan hidrologi, terutama di area gambut, dengan membangun sekat kanal untuk menjaga kelembaban tanah dan mencegah risiko kebakaran ulang. Melibatkan masyarakat lokal dalam pemulihan lahan juga sangat penting untuk memastikan keberlanjutan program. Partisipasi masyarakat dapat mencakup kegiatan pemeliharaan tanaman baru, pengelolaan hutan berbasis komunitas, hingga pengawasan terhadap praktik-praktik yang berpotensi merusak lingkungan (Ulya et al., 2022). Upaya pemulihan lahan pasca kebakaran juga mencakup pendekatan berbasis teknologi, seperti penggunaan drone untuk memetakan area yang membutuhkan intervensi, serta pemantauan vegetasi menggunakan satelit. Dengan mengintegrasikan pendekatan ekologis, sosial, dan teknologi, pemulihan lahan pasca kebakaran dapat berjalan lebih efektif dan berkontribusi pada keberlanjutan ekosistem jangka panjang.

Upaya pemulihan lahan pasca kebakaran terus berkembang, baik dari segi metode maupun pendekatan pelibatan komunitas dan teknologi. Penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan oleh (Alamgir et al., 2016), lebih menitikberatkan pada aspek ekologis dengan mengutamakan teknik reboisasi dan rehabilitasi vegetasi. Mereka menekankan pentingnya penggunaan tanaman lokal untuk memperbaiki kesuburan tanah dan mencegah erosi, namun pendekatan ini kurang memperhatikan keterlibatan masyarakat lokal secara aktif dalam proses pemulihan. Di sisi lain, penelitian lain menunjukkan bahwa pelibatan komunitas sangat penting untuk keberlanjutan program pemulihan, tetapi hanya sedikit membahas integrasi teknologi modern seperti drone atau pemantauan berbasis satelit dalam memetakan wilayah pasca kebakaran (Ulya et al., 2022).

Penelitian ini berusaha menjembatani kesenjangan tersebut dengan mengintegrasikan pendekatan ekologis, sosial, dan teknologi. Tidak hanya merekomendasikan reboisasi dengan tanaman lokal dan pengelolaan tanah menggunakan bahan organik, penelitian ini juga mengusulkan pemanfaatan teknologi seperti drone untuk pemetaan area terdampak, serta penggunaan satelit untuk memantau perkembangan vegetasi secara real-time. Pendekatan ini juga melibatkan masyarakat lokal dalam aktivitas seperti pemeliharaan tanaman baru dan pengawasan lahan, memperkuat temuan sebelumnya bahwa keberlanjutan pemulihan bergantung pada partisipasi masyarakat. Dengan menggabungkan elemen-elemen dari penelitian terdahulu dan menambahkan pendekatan berbasis teknologi, penelitian ini menawarkan solusi holistik untuk memulihkan lahan pasca kebakaran secara efektif dan berkelanjutan. Integrasi ini diharapkan dapat menjadi model dalam pengelolaan lahan yang rusak akibat kebakaran di masa mendatang.

Conclusions

Penelitian ini menyimpulkan bahwa kebakaran hutan dan deforestasi merupakan tantangan serius yang memengaruhi keberlanjutan ekosistem dan kesejahteraan masyarakat. Integrasi solusi berbasis teknologi, seperti pemantauan dengan drone dan satelit, dengan pendekatan berbasis komunitas, seperti pelibatan masyarakat dalam reboisasi dan pengelolaan hutan, terbukti efektif dalam mitigasi dampak kebakaran hutan dan mempercepat pemulihan lahan. Kombinasi ini tidak hanya memperkuat pelestarian lingkungan tetapi juga memberdayakan masyarakat lokal sebagai aktor utama dalam menjaga ekosistem hutan. Hasil penelitian ini memberikan wawasan bagi pembuat kebijakan untuk merancang strategi mitigasi kebakaran hutan yang lebih komprehensif dengan memadukan teknologi canggih dan pemberdayaan masyarakat. Selain itu, temuan ini juga relevan untuk organisasi lingkungan yang fokus pada pengelolaan sumber daya hutan secara berkelanjutan.

Penelitian ini berkontribusi pada literatur dengan memperluas pemahaman tentang pentingnya pendekatan integratif dalam pengelolaan kebakaran hutan dan deforestasi. Studi ini juga memberikan bukti empiris tentang keberhasilan program berbasis teknologi dan komunitas dalam konteks lokal dan regional, terutama di

kawasan yang rentan terhadap kebakaran seperti Asia Tenggara. Keterbatasan utama penelitian ini adalah cakupannya yang hanya terfokus pada wilayah tertentu dan belum mencakup berbagai kondisi ekosistem hutan di wilayah lain. Selain itu, penggunaan teknologi seperti drone dan satelit dalam penelitian ini masih terbatas pada pengamatan awal tanpa pengembangan aplikasi lanjutan. Penelitian di masa depan dapat memperluas cakupan wilayah studi untuk mencakup berbagai tipe ekosistem hutan di dunia. Selain itu, pengembangan alat analisis berbasis kecerdasan buatan dapat meningkatkan akurasi dalam memprediksi risiko kebakaran hutan. Penelitian lebih lanjut juga diharapkan mengeksplorasi dampak jangka panjang dari keterlibatan komunitas dalam pengelolaan hutan untuk memahami keberlanjutan program-program yang dirancang.

References

- Akhtar, M. N., Ansari, E., Alhady, S. S. N., & Abu Bakar, E. (2023). Leveraging on advanced remote sensing and artificial intelligence-based technologies to manage palm oil plantation for current global scenario: A review. *Agriculture*, 13(2), 504.
- Alamgir, M., Turton, S. M., Macgregor, C. J., & Pert, P. L. (2016). Ecosystem services capacity across heterogeneous forest types: understanding the interactions and suggesting pathways for sustaining multiple ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 566, 584–595.
- Baral, S., Khadka, C., & Vacik, H. (2019). Using MCA tools for evaluating community-managed forests from a green economy perspective: Lessons from Nepal. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 26(8), 672–683.
- Barmpoutis, P., Papaioannou, P., Dimitropoulos, K., & Grammalidis, N. (2020). A review on early forest fire detection systems using optical remote sensing. *Sensors*, 20(22), 6442.
- Basnet, A., Basyal, D. K., Thakur, A., Lawaju, P., Devkota, N., Devkota, J., & Paudel, U. R. (2024). Green Marketing and its Impact on Consumer Buying Behavior in Kathmandu Valley. *Quest Journal of Management and Social Sciences*, 6(1), 100–117.
- Basnet, S., Sharma, P., Timalisina, N., & Khaine, I. (2018). Community based management for forest conservation and livelihood improvement: a comparative analysis from forests in Myanmar. *Journal of Forest and Livelihood*, 17(1), 16–33.
- Chazdon, R. L., & Guarigueta, M. R. (2018). Decision support tools for forest landscape restoration. *CIFOR, Bogor Barat, Indonesia*, 70.
- Giglio, L., Boschetti, L., Roy, D. P., Humber, M. L., & Justice, C. O. (2018). The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product. *Remote Sensing of Environment*, 217, 72–85.
- Haji, L., Valizadeh, N., & Hayati, D. (2020). The role of local communities in sustainable land and forest management. In *Spatial Modeling in Forest Resources Management: Rural Livelihood and Sustainable Development* (pp. 473–503). Springer.
- Jameaba, M.-S. (2024). Forest and Land Fire Management in Indonesia: Can the Past Provide much Needed Lessons for the Future? Available at SSRN 4898684.
- Lamb, D. (2014). *Large-scale forest restoration*. Routledge.
- Ota, L., Mukul, S. A., Gregorio, N., & Herbohn, J. (2021). Community based management of tropical forests: lessons learned and implications for sustainable forest management. *Achieving Sustainable Management of Tropical Forests. Burrell Dodds, Cambridge, UK, Doi, 10*.
- Penuel, W. R., Riedy, R., Barber, M. S., Peurach, D. J., LeBouef, W. A., & Clark, T. (2020). Principles of collaborative education research with stakeholders: Toward requirements for a new research and development infrastructure. *Review of Educational Research*, 90(5), 627–674.
- Prandi, C., Rocchetti, M., Salomoni, P., Nisi, V., & Nunes, N. J. (2017). Fighting exclusion: a multimedia mobile app with zombies and maps as a medium for civic engagement and design. *Multimedia Tools and Applications*, 76, 4951–4979.
- Purnomo, H., Puspitaloka, D., Juniyanti, L., Kusumadewi, S. D., & Dharmawan, I. W. S. (2023). Fire prevention and peatland restoration. *CIFOR, Bogor Barat, Indonesia*.
- Raihan, A. (2023). A review of the global climate change impacts, adaptation strategies, and mitigation options in the socio-economic and environmental sectors. *Journal of Environmental Science and Economics*, 2(3), 36–58.
- Reboredo, F. (2013). Socio-economic, environmental, and governance impacts of illegal logging. *Environment Systems and Decisions*, 33, 295–304.
- Sandau, R., Brieß, K., & D'Errico, M. (2010). Small satellites for global coverage: Potential and limits. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(6), 492–504.
- Tacconi, L., Rodrigues, R. J., & Maryudi, A. (2019). Law enforcement and deforestation: Lessons for Indonesia from Brazil. *Forest Policy and Economics*, 108, 101943.
- Tang, K. H. D., & Yap, P.-S. (2020). A systematic review of slash-and-burn agriculture as an obstacle to

- future-proofing climate change. *The Proceedings of the International Conference on Climate Change*, 4(1), 1–19.
- Ulya, N. A., Martin, E., Rahmat, M., Premono, B. T., Malau, L. R. E., Waluyo, E. A., Imanullah, A., Lukman, A. H., Asmaliyah, & Armansyah. (2022). Enabling Factors of NTFP Business Development for Ecosystem Restoration: The Case of Tamanu Oil in Indonesian Degraded Peatland. *Sustainability*, 14(17), 10681.
- Wernecke, B., Millar, D. A., Walters, M., Ganswindt, A., Dziba, L., & Wright, C. Y. (2020). 'Preventing the next pandemic'-A 2020 UNEP Frontiers Series Report on zoonotic diseases with reflections for South Africa. *South African Journal of Science*, 116(7–8), 1–4.
- Wunder, S., Angelsen, A., & Belcher, B. (2014). Forests, livelihoods, and conservation: broadening the empirical base. In *World Development* (Vol. 64, pp. S1–S11). Elsevier.