

SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW: POLA SPASIAL, TREN DAN DINAMIKA DEFORESTASI HUTAN DALAM PRESPEKTIF PENGINDERAAN JAUH

Marwah Noer^{1,2*}, Muhammad Dimyati¹

¹Departemen Geografi, Universitas Indonesia, m.dimyati@sci.ui.ac.id.

²Kementerian Agraria dan Tata Ruang/ BPN, marwah.noer@ui.ac.id

ABSTRAK

Abstrak: Deforestasi merupakan hal yang menjadi perhatian dunia, laju deforestasi yang kian meningkat menjadi hal yang penting dikaji pola dan penyebabnya. Memahami pola, tren, dan dinamika deforestasi sangat penting untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan. Penginderaan jauh merupakan teknik yang paling sering digunakan dalam memetakan perubahan penggunaan lahan atau tutupan lahan termasuk deforestasi. Review ini dipandu oleh model PRISMA (Preferred Reporting Items for Systemic Review and Meta-Analyses). Lima artikel terkait deforestasi dan penginderaan jauh ditinjau dan dibandingkan menggunakan variabel judul, kata kunci, tujuan, sumber data, variabel, lokasi, metode, dan temuan utama. Hasil systematic literature review ini adalah metode penginderaan jauh yang dipadukan dengan GIS merupakan metode yang sangat baik dan cocok untuk melihat pola spasial, tren dan dinamika deforestasi hutan. Metode ini dianggap sangat efektif karena data penginderaan jauh saat ini sudah banyak tersedia dan dapat diakses dengan mudah. Landsat merupakan citra satelit yang paling banyak digunakan dalam kajian deforestasi. Variabel umum yang digunakan dalam penelitian deforestasi adalah luas hutan, lahan terbangun, lahan pertanian/ perkebunan dan tanah kosong. Dengan mengkaji tren dan dinamika deforestasi di berbagai negara, diharapkan dapat menghambat laju deforestasi di negara tersebut dan juga diharapkan adanya kebijakan yang sesuai untuk masing-masing negara dalam memperbaiki pengelolaan hutan.

Kata Kunci: Literature Review; Spasial; Deforestasi; Penginderaan Jauh.

Abstract: Deforestation is a matter of global concern. The increasing rate of deforestation is an important matter to study its pattern and causes. Understanding deforestation patterns, trends, and dynamics is essential to realizing sustainable development. Remote sensing is the most frequently used technique in mapping land use or cover changes, including deforestation. This review was guided by the PRISMA model (Preferred Reporting Items for Systemic Review and Meta-Analyses). Five articles related to deforestation and remote sensing were reviewed and compared using the variables title, keywords, objectives, data sources, variables, location, methods, and main findings. This systematic literature review shows that remote sensing combined with GIS is an excellent and suitable method for viewing spatial patterns, trends, and dynamics of forest deforestation. This method is considered very effective because currently remote sensing data is widely available and can be accessed easily. Landsat is the most widely used satellite imagery in deforestation studies. Common variables used in deforestation research are forest area, built-up land, agricultural/ plantation land, and vacant land. By studying the trends and dynamics of deforestation in various countries, it is hoped that this will inhibit the rate of deforestation in these countries and it is also hoped that appropriate policies will be developed for each country in

improving forest management.

Keywords: *Literature Review; Spatial; Deforestation; Remote Sensing.*

Article History:

Received: 10-08-2023

Revised : 06-09-2023

Accepted: 03-03-2024

Online : 06-04-2024



*This is an open access article under the
CC-BY-SA license*

A. LATAR BELAKANG

Berdasarkan data studi terbaru oleh *Global Forest Watch* yang didukung oleh lembaga nirlaba *World Resources Institute (WRI)*, dunia telah kehilangan kawasan hutan tropis seukuran negara Swiss pada sepanjang tahun 2022 (Reuters, 2023). *University of Maryland* mengumpulkan data dan mendapatkan hasil bahwa luas hutan yang hilang pada tahun 2022 adalah sekitar 41.000 km². Angka tersebut cukup mengecewakan mengingat dunia telah sepakat untuk memangkas angka deforestasi, namun pada tahun 2022 angka deforestasi yang terjadi justru melebihi angka yang terjadi pada tahun 2021. Hutan mendukung kehidupan banyak spesies dan menyediakan berbagai barang dan jasa yang bernilai ekonomi juga budaya (Bhatia & Cumming, 2020). Deforestasi saat ini masih merupakan salah satu ancaman terhadap ekosistem. Deforestasi dilakukan oleh berbagai pelaku dan untuk berbagai alasan (Barni et al., 2020). Analisis global menunjukkan bahwa secara keseluruhan, terdapat kecenderungan penyusutan dan degradasi hutan (Bhatia & Cumming, 2020). Hutan tropis adalah target konservasi utama karena merupakan ekosistem terkaya secara biologis di Bumi dan mendukung sekitar dua pertiga dari keanekaragaman hayati dunia (Bhatia & Cumming, 2020). Hutan tropis mengalami laju deforestasi yang tinggi terutama karena perubahan penggunaan lahan untuk produksi pertanian (Kinnebrew et al., 2022; Zvobgo & Tsoka, 2021), padahal hutan tropis merupakan penyimpan karbon dan keanekaragaman hayati yang penting secara global (Silva-Junior et al., 2022). Memahami perubahan penggunaan lahan atau tutupan lahan sangat penting untuk pembangunan berkelanjutan (Musetsho et al., 2021). Studi menunjukkan bahwa hutan tropis tua tidak tergantikan untuk konservasi keanekaragaman hayati (Helmer et al., 2018). Lima puluh lima persen kayu yang diambil dari hutan secara global digunakan untuk menghasilkan energi (Sedano et al., 2022). Hilangnya hutan biasa terjadi di daerah-daerah yang mudah di akses (Tun et al., 2021).

Kegiatan penebangan diperdebatkan karena terkadang dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat, tetapi dalam banyak kasus juga hal itu akhirnya merusak mata pencaharian masyarakat lokal dan adat (Meli Fokeng et al., 2020). Menurunnya luas hutan tropis, yang mengakibatkan berkurangnya stok kayu asli, diperparah dengan meningkatnya permintaan akan produk kayu (Koranteng et al., 2019). Diantara banyak konsekuensi yang negatif dari penembangan hutan, peningkatan suhu adalah salah satu ancaman terhadap produktifitas tanaman, ketahanan pangan dan kesehatan manusia (Crompton et al., 2021). Konserfasi hutan menjadi penggunaan lahan lain di daerah tropis menurunkan evapotranspirasi yang menyebabkan pemanasan permukaan (Crompton et al., 2021).

Melacak perubahan penggunaan lahan menggunakan penginderaan jauh penting untuk memahami tren dan dinamika deforestasi, Misalnya, data perubahan penggunaan lahan spasial dapat menunjukkan area mana yang memiliki potensi risiko deforestasi (misalnya karena penebangan atau pertanian), yang merupakan informasi kunci yang digunakan oleh pejabat pemerintah, organisasi konservasi, dan peneliti dalam merancang manajemen dan kebijakan. Penggunaan lahan memiliki dampak besar pada berfungsinya sistem sosial ekonomi dan lingkungan untuk keberlanjutan, ketahanan pangan, keanekaragaman hayati (Gull et al., 2022).

Penginderaan jauh merupakan teknik yang paling sering digunakan dalam memetakan perubahan penggunaan lahan atau tutupan lahan. Ketersediaan data penginderaan jauh dalam berbagai skala temporal dan spasial merupakan cara yang lebih efektif untuk memantau dan mengukur tingkat perubahan penggunaan lahan yang besar (Sin Foo & Numata, 2019). Metode tradisional memerlukan observasi langsung di lapangan biasanya mahal, tidak efektif, memakan waktu dan juga terbatas pada skala lokal. Oleh karena itu penginderaan jauh dengan teknik analisis sangat dianjurkan (Xie & Niculescu, 2021). Integrasi pendekatan penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografi dianggap sebagai metode terbaik untuk mengekstraksi dan menilai tren perubahan penggunaan lahan ataupun tutupan lahan (Ayenikafo & Wang, 2021).

Tinjauan Literatur Sistematis ini mencoba membandingkan dan mempelajari berbagai metode yang digunakan dalam penelitian untuk mengidentifikasi pola spasial, tren dan dinamika deforestasi hutan khususnya yang dipetakan menggunakan citra satelit atau penginderaan jauh.

B. METODE PELAKSANAAN

Review ini dipandu oleh model PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systemic Review and Meta-Analyses*). Pencarian literatur menggunakan database literatur akademik Scopus. Pertama dilakukan pencarian dengan kata kunci “deforestation” AND “land use” AND “land cover” AND “remote sensing” yang diterapkan pada judul, abstrak, dan kata kunci setiap artikel. Dari pencarian ini diperoleh 709 artikel. Kemudian artikel dibatasi dengan hanya menampilkan artikel tahun 2015-2023. Dengan pembatasan tahun, artikel yang diperoleh berkurang sebanyak 295 menjadi 414 artikel.

Pembatasan kembali diterapkan dalam tipe dokumen, hanya dokumen yang berupa artikel yang akan dijadikan literatur, hasilnya dari 414 artikel berkurang menjadi 316 artikel. Untuk memudahkan proses membaca dan mengkaji artikel yang akan diulas, pencarian dibatasi kembali dengan hanya menampilkan artikel yang dapat diunduh secara gratis atau *open access*. Dari pembatasan tersebut artikel berkurang sebanyak 131 menjadi 185 artikel. Pada akhirnya digunakan 185 artikel dalam pembuatan *Systematic Literature Review* ini. Kriteria dan pembatasan yang dilakukan dalam tinjauan ini dapat dilihat pada **tabel 1**.

Tabel 1. Kriteria yang digunakan dalam *Systematic Literature Review*

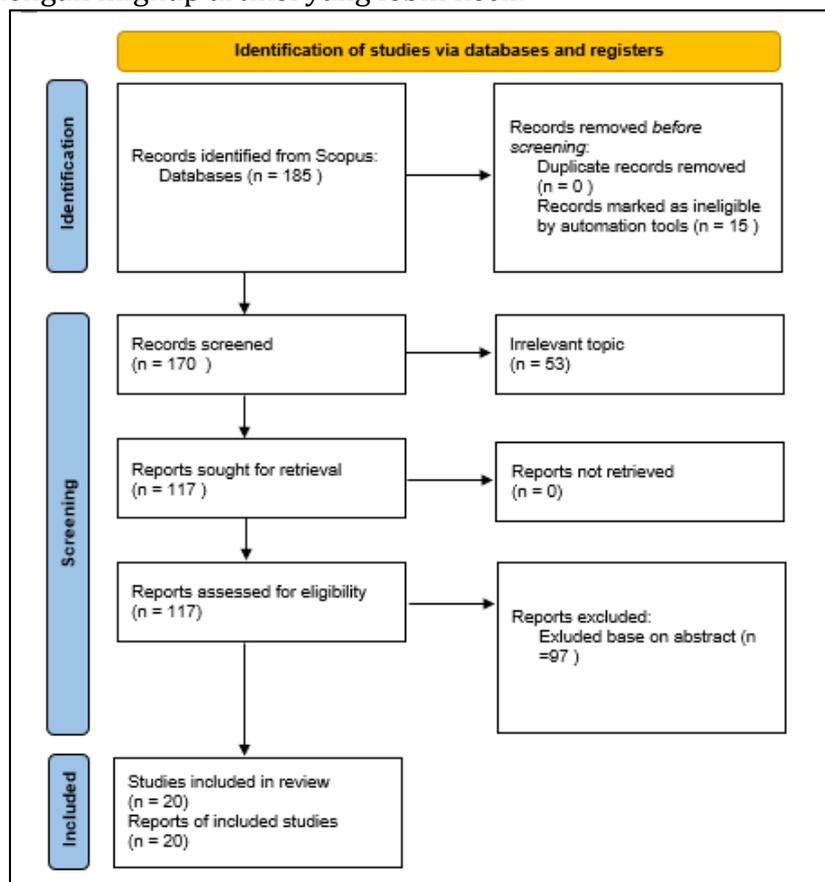
Kriteria	Detail
Kata Kunci	“deforestation” AND “land use” AND “land cover” AND “remote sensing”
Tahun	2015-2023
Tipe Dokumen	Artikel
Akses	Open Access

Sumber: Pengolahan Data 2023

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pencarian menggunakan kriteria diatas, selanjutnya dilakukan penyaringan artikel. Setiap artikel dibaca dengan hati-hati untuk menilai kesesuaian. Pertama dilakukan dengan membaca abstrak setiap artikel dan mengeluarkan artikel yang dinilai kurang sesuai. Dari 185 artikel pada akhirnya tersisa 20 artikel setelah dilakukan penyaringan terhadap artikel-artikel yang kurang relevan. Ringkasan proses tinjauan sistematis dapat dilihat pada **gambar 1**.

Dilakukan analisis terhadap gabungan 20 artikel tersebut yang hasilnya adalah keseluruhan dari tujuan artikel adalah untuk mengetahui laju deforestasi dan beberapa juga mencari penyebab dari deforestasi itu sendiri. Artikel-artikel ini juga memiliki kesamaan dalam sumber data yang digunakan yaitu menggunakan citra satelit. Citra satelit yang digunakan bervariasi, tergantung dari luasan daerah penelitian. Citra landsat merupakan citra yang paling banyak digunakan karena memiliki resolusi sedang dan dapat mencakup wilayah yang luas. Ditinjau dari segi metode yang digunakan dalam 20 artikel terpilih, diketahui bahwa ada banyak metode dalam penelitian deforestasi. Penggunaan metode akan dibahas secara lebih rinci dalam kajian komparatif dengan lingkup artikel yang lebih kecil. Variabel yang umum digunakan untuk menganalisa laju deforestasi dalam artikel-artikel terpilih ini antara lain adalah luas hutan, lahan terbangun, lahan pertanian/perkebunan dan tanah kosong. Lokasi dan temuan utama dari 20 artikel terpilih sangat bervariasi dan berbeda-beda sehingga akan dibahas dalam kajian komparatif dengan lingkup artikel yang lebih kecil.



Gambar 1. Flowchart proses *Systematic Literature Review*
Sumber: Pengolahan Data 2023

1. Kajian Deforestasi Indonesia

Hutan Indonesia merupakan bagian yang sangat penting bukan saja untuk Indonesia, namun juga untuk dunia. Hutan Indonesia sering disebut sebagai paru-paru dunia yang menyumbangkan oksigen untuk keberlangsungan makhluk hidup di seluruh dunia. Area hutan yang berkurang tentu menjadi kekhawatiran bagi semua pihak karena dapat menyebabkan permasalahan lingkungan yang dapat mengganggu keberlangsungan hidup berbagai spesies termasuk manusia.

Kerusakan hutan di Indonesia terus mengalami peningkatan. Menurut literatur, tingkat deforestasi hutan di Indonesia di tahun 1985 sampai 1998 melampaui 1,6 sampai 1,8 hektar di setiap tahunnya. Angka deforestasi yang tinggi setiap tahunnya akan menyebabkan hilangnya lahan hutan secara besar-besaran yang berdampak negatif pada keberlanjutan lingkungan maupun kehidupan sosial yang mampu menimbulkan efek buruk secara langsung maupun berdampak pada masa yang akan datang. Kemudian pada tahun 2000, deforestasi meningkat sekitar 2 juta hektar. Tingkat deforestasi di Indonesia dari tahun 1990 hingga 2020 dapat dilihat pada **gambar 2**.



Gambar 2. Angka Deforestasi Indonesia

Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK, 2020)

2. Kajian Deforestasi Dunia

Penelitian mengenai deforestasi di seluruh dunia merupakan hal yang cukup penting untuk dilakukan. Hutan berperan untuk mendukung banyak spesies dan menyediakan banyak hal yang bernilai ekonomi. Hal tersebut menjadikan hutan perlu dilindungi dan dijaga kelestariannya. Perubahan penggunaan lahan hutan menjadi penggunaan lahan lain perlu di pantau dan dianalisa. Saat ini *Geography Information System* (GIS) dan teknik penginderaan jauh dinilai sesuai untuk mengidentifikasi deforestasi, terutama untuk wilayah-wilayah yang luas karena dinilai cukup mudah dan murah, juga efektif. Selama beberapa dekade terakhir, teknik perubahan penggunaan dan tutupan lahan telah dikembangkan dan digunakan di seluruh dunia. Berbagai kategori penggunaan lahan dengan cepat menggantikan tutupan lahan di seluruh dunia.

Deforestasi menjadi perhatian dan ancaman di banyak negara berkembang yang memiliki iklim tropis. Kekhawatiran utama adalah laju deforestasi yang terjadi di dunia. Laporan menunjukkan bahwa 13 juta hektar hutan dunia hilang akibat deforestasi setiap tahunnya. Pemahaman mengenai penyebab yang kompleks dari deforestasi dan degradasi hutan sangat

penting untuk pengembangan kebijakan dan langkah-langkah yang bertujuan untuk mengubah kegiatan pembangunan sosial ekonomi menuju hasil yang lebih ramah terhadap iklim dan keanekaragaman hayati.

3. Kajian Komparatif

Lima artikel dibandingkan dengan tujuh variabel yaitu kata kunci, tujuan, sumber data, variabel, lokasi, metode, dan temuan utama. Semua judul artikel mewakili korelasi tema kajian sesuai dengan kata kunci utama “deforestasi”, “Land Use Land Cover Change (LULCC)”, dan “remote sensing”.

Secara umum, keseluruhan artikel memiliki tujuan yang sama yaitu melihat laju deforestasi atau perubahan penggunaan lahan dalam jangka waktu tertentu. Artikel 2 dan 5 bahkan mencari penyebab deforestasi atau apa yang menjadi pemicunya. Artikel 4 menganalisis pengaruh deforestasi terhadap pemanasan permukaan (**Tabel 2**).

Tabel 2. Perbandingan Kata Kunci dan Tujuan

No	Judul	Kata kunci	Tujuan
1	Multi-temporal forest cover change detection in the Metchie-Ngoum Protection Forest Reserve, West Region of Cameroon	Forest cover loss, Land cover/use, change detection, open source GIS.	Mengevaluasi perubahan tutupan hutan lindung
2	Deforestation rate and causes in Upper Manyame Sub-Catchment, Zimbabwe: Implications on achieving national climate change mitigation targets	Deforestasi, Land Use Land Cover Change, GIS dan Remote Sensing, CAMC, Paris Agreement	Menilai Laju dan penyebab deforestasi
3	Deforestation and forest fragmentation in and around Endau-Rompin National Park, Peninsular Malaysia	Konservasi keanekaragaman hayati, zona penyangga, land use land cover change, kawasan lindung, remote sensing, hutan hujan tropis.	Mengkaji dampak kawasan lindung terhadap hutan hujan tropis dengan memetakan dan menganalisis perubahan tutupan lahan antara tahun 1992 dan 2016
4	Deforestation-induced surface warming is influenced by the fragmentation and spatial extent of forest loss in Maritime Southeast Asia	Hutan, fragmentasi, land use land cover change, remote sensing, suhu, spatial pattern	Menganalisis pengaruh deforestasi terhadap pemanasan permukaan.
5	Patterns and Drivers of Deforestation and Forest Degradation in Myanmar	deforestasi, degradasi hutan, penggunaan lahan, perubahan tutupan lahan, Myanmar	Memahami pola dan pemicu deforestasi dan degradasi hutan di Myanmar sejak 2005 serta mengidentifikasi kemungkinan intervensi kebijakan untuk meningkatkan pengelolaan hutan.

Sumber: Pengolahan Data 2023

Dilihat dari sumber data, citra Landsat adalah citra yang paling banyak digunakan dalam penelitian deforestasi (**Tabel 3**). Dari keseluruhan 5 artikel hanya artikel 4 yang menggunakan citra MODIS, lainnya menggunakan

Landsat sebagai alat untuk menganalisa deforestasi atau perubahan tutupan dan penggunaan lahan. Citra Landsat memiliki resolusi spasial menengah sehingga sesuai untuk mengkaji deforestasi dalam lingkup luas. Data Landsat juga tersedia secara bebas dan mudah untuk didapatkan.

Variabel yang digunakan dalam masing-masing artikel bervariasi namun tetap ada kesamaan seperti identifikasi lahan terbangun, hutan, pertanian, dan lain sebagainya. Lokasi penelitian kelima artikel berasal dari negara yang berbeda-beda. Penelitian deforestasi cocok dilakukan di semua negara yang memiliki luas hutan yang cukup besar, setiap negara pasti memiliki cara untuk mengetahui laju deforestasi dan bagaimana cara penanganannya.

Tabel 3. Perbandingan Sumber Data, Variabel dan Lokasi

No	Judul	Sumber data	Variabel	Lokasi
1	Multi-temporal forest cover change detection in the Metchie-Ngoum Protection Forest Reserve, West Region of Cameroon	Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8, Sentinel-2, SRTM	Lahan terbangun, Hutan, Secondary Forest, Clearings/farms, Lowland Shurbs, Badan Air	Wilayah Barat Kamerun
2	Deforestation rate and causes in Upper Manyame Sub-Catchment, Zimbabwe: Implications on achieving national climate change mitigation targets	Landsat TM, landsat ETM+, Landsat ETM+, Landsat 8	Built up, Forest, Bare Land, Cultivated land, Cropped land, Water	Upper Manyame Sub-Catcment, Zimbabwe.
3	Deforestation and forest fragmentation in and around Endau-Rompin National Park, Peninsular Malaysia	Landsat, Land Use Map	Pertanian, daerah terbangun, hutan, badan air	Endau-Rompin National Park, Peninsular Malaysia
4	Deforestation-induced surface warming is influenced by the fragmentation and spatial extent of forest loss in Maritime Southeast Asia	Citra MODIS, data temperatur permukaan	Perubahan penggunaan dan tutupan lahan, Temperatur permukaan	Asia Tenggara
5	Patterns and Drivers of Deforestation and Forest Degradation in Myanmar	Land Use Map, Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM, Landsat 8 OLI	Hutan Tertutup, Hutan Terbuka, Mangrove, Badan Air, Salju	Myanmar

Sumber: Pengolahan Data 2023

Artikel 1 menggunakan metode penginderaan jauh dan dikombinasikan dengan observasi langsung ke lapangan dalam menganalisa perubahan tutupan lahan hutan lindung. Penelitian ini mengungkapkan bahwa tutupan hutan meskipun tetap relatif stabil selama periode studi (1984–2015), mengalami banyak degradasi yang mengakibatkan perkiraan tutupan hutan sekunder sebesar 36,11% pada tahun 1984. Hutan sekunder juga mengalami kerugian kumulatif akibat pembukaan lahan/pertanian dan kawasan terbangun. dari tahun 1984 hingga 2000. Tahun 2000 adalah tahun yang

paling memprihatinkan. Hilangnya hutan terkait dengan ekspansi kelapa sawit, peningkatan populasi dan area terbangun dan aktivitas terkait pemukiman seperti penebangan. Dihadapkan dengan meningkatnya ancaman terhadap cagar hutan, hanya tindakan bersama yang dapat memandu pengelolaan dan konservasi hutan lindung. Oleh karena itu, penelitian ini merekomendasikan desain dan implementasi kebijakan konservasi hutan terpadu yang secara bertahap menerapkan kepekaan yang tepat, seringnya kunjungan oleh penjaga lingkungan, mengurangi intimidasi, pemetaan hutan partisipatif dan penggabungan masyarakat hutan dalam pengelolaan hutan lindung.

Pada artikel 2 laju deforestasi bukan satu-satunya yang diteliti, namun mencari penyebabnya juga menjadi tujuan dalam penelitian ini. Metode *Markov Chain Cellular Automata* (MC-CA) digunakan untuk memprediksi penggunaan dan tutupan lahan dimasa yang akan datang yaitu tahun 2030. Metode lainnya yang digunakan adalah survei melalui kuisioner kepada rumah tangga di daerah penelitian dan wawancara dengan pemangku kepentingan yang berwenang. Temuan dari penelitian ini adalah selama 30 tahun, sub DAS kehilangan 9,4 % area vegetasinya karena perubahan tata guna lahan. Hal tersebut terutama dikarenakan perluasan kota-kota disekitarnya juga pertanian tembakau di pinggiran kota. Dengan menggunakan model CA-MC, studi tersebut memperkirakan bahwa pada tahun 2030 daerah tangkapan air akan kehilangan sekitar 3,3% dari luas tutupan lahan vegetasi saat ini. Ini berarti pengurangan luas vegetasi lebih lanjut dari 20,1% menjadi 16,8% pada tahun 2030.

Lokasi penelitian yang lebih kecil digunakan dalam artikel 3 yaitu sebuah National Park. Metode yang digunakan adalah Supervised Classification menggunakan citra satelit. Perubahan penggunaan lahan yang di analisis adalah antara tahun 1992 dan 2016. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa Hutan di National Park terjaga dengan baik, namun kehilangan hutan justru ditemukan di sekitar National Park. Hal ini karena konversi pertanian skala besar terutama untuk perkebunan kelapa sawit. Deforestasi di sekitar National park akan mengurangi efektivitas National Park untuk konservasi habitat satwa liar.

Artikel 4 mengaitkan pengaruh deforestasi dengan suhu permukaan dengan lokasi penelitian yang luas yaitu Asia Tenggara. Penelitian ini menemukan bahwa penggundulan hutan dapat meningkatkan suhu permukaan seperti yang telah diperkirakan. Pola pembukaan lahan yang berbeda, misalnya, yang mungkin dihasilkan oleh pertanian skala kecil sebagai lawan dari deforestasi skala besar, akan memiliki dampak yang berbeda pada iklim lokal. Melestarikan hutan dalam jarak 4 km dari lahan pertanian, daerah perkotaan, atau lingkungan sensitif lainnya dapat membantu menghindari peningkatan suhu yang mengurangi produktivitas lahan dan memperburuk kesehatan manusia.

Pada artikel yang terakhir yaitu artikel 5 yang memiliki tujuan memahami pola deforestasi dan degradasi hutan di Myanmar, digunakan metode supervised maximum likelihood classification dengan penginderaan jauh. Hasilnya menunjukkan tingkat kehilangan tutupan hutan tahunan keseluruhan adalah 2,58% antara tahun 2005 dan 2010, tetapi menurun menjadi 0,97% antara tahun 2010 dan 2015. Analisis deteksi perubahan menunjukkan bahwa deforestasi di Myanmar terjadi terutama melalui

degradasi kanopi hutan yang terkait dengan penebangan daripada pembukaan hutan. Penelitian ini mengusulkan penguatan sistem kawasan lindung di Myanmar, dan partisipasi masyarakat dalam konservasi dan pengelolaan hutan. Perlu ada pengurangan sentralisasi pengelolaan kehutanan dengan berbagi tanggung jawab dengan pemerintah daerah dan pemberantasan korupsi dalam industri perdagangan kayu melalui pembentukan usaha kecil dan menengah berbasis lokal. Penelitian ini juga merekomendasikan pengembangan program pemantauan hutan menggunakan teknologi penginderaan jauh dan GIS canggih.

Tabel 4. Perbandingan Metode dan Temuan Utama

No	Judul	Metode	Temuan Utama
1	Multi-temporal forest cover change detection in the Metchie-Ngoum Protection Forest Reserve, West Region of Cameroon	Penginderaan Jauh dan Observasi Lapangan	Terjadi peningkatan deforestasi dalam beberapa tahun terakhir yang diakibatkan meningkatnya populasi masyarakat yang tinggal di sekitar lingkungan cagar budaya. Tahun 2000 merupakan tahun yang paling memprihatinkan karena ekspansi kelapa sawit, peningkatan populasi dan meningkatnya area terbangun.
2	Deforestation rate and causes in Upper Manyame Sub-Catchment, Zimbabwe: Implications on achieving national climate change mitigation targets	Analisis Citra Satelit, MC-CA, Survei Kuisisioner Rumah Tangga, Wawancara Pemangku Kepentingan Utama	Selama 30 tahun, sub DAS kehilangan 9,4 % area vegetasinya karena perubahan tata guna lahan. Hal tersebut terutama dikarenakan perluasan kota-kota disekitarnya juga pertanian tembakau di pinggiran kota. Dengan menggunakan model <i>Markov Chain Cellular Automata</i> , studi tersebut memperkirakan bahwa pada tahun 2030 daerah tangkapan air akan kehilangan sekitar 3,3% dari luas tutupan lahan vegetasi saat ini. Ini berarti pengurangan luas vegetasi lebih lanjut dari 20,1% menjadi 16,8% pada tahun 2030.
3	Deforestation and forest fragmentation in and around Endau-Rompin National Park, Peninsular Malaysia	Penginderaan Jauh menggunakan Supervised Classification (Maximum Likelihood)	Hutan di National Park terjaga dengan baik, namun kehilangan hutan justru ditemukan di sekitar National Park. Hal ini karena konversi pertanian skala besar terutama untuk perkebunan kelapa sawit. Deforestasi di sekitar National park akan mengurangi efektivitas National Park untuk konservasi habitat satwa liar.

4	Deforestation-induced surface warming is influenced by the fragmentation and spatial extent of forest loss in Maritime Southeast Asia	Penginderaan Jauh dengan melihat perubahan suhu dan perubahan penggunaan lahan	Penggundulan hutan meningkatkan suhu permukaan. Pola pembukaan lahan yang berbeda, misalnya, yang mungkin dihasilkan oleh pertanian skala kecil sebagai lawan dari deforestasi skala besar, akan memiliki dampak yang berbeda pada iklim lokal. Melestarikan hutan dalam jarak 4 km dari lahan pertanian, daerah perkotaan, atau lingkungan sensitif lainnya dapat membantu menghindari peningkatan suhu yang mengurangi produktivitas lahan dan memperburuk kesehatan manusia.
5	Patterns and Drivers of Deforestation and Forest Degradation in Myanmar	Penginderaan jauh dengan supervised maximum likelihood classification	Tingkat kehilangan tutupan hutan tahunan keseluruhan adalah 2,58% antara tahun 2005 dan 2010, tetapi menurun menjadi 0,97% antara tahun 2010 dan 2015. Analisis deteksi perubahan menunjukkan bahwa deforestasi di Myanmar terjadi terutama melalui degradasi kanopi hutan yang terkait dengan penebangan daripada pembukaan hutan.

Sumber: Pengolahan Data 2023

D. SIMPULAN DAN SARAN

Teknologi penginderaan jauh yang dipadukan dengan GIS merupakan metode yang sangat baik dan cocok untuk melihat pola spasial, tren dan dinamika deforestasi hutan. Metode ini dianggap sangat efektif karena data penginderaan jauh saat ini sudah banyak tersedia dan dapat diakses dengan mudah. Dengan penginderaan jauh, survei dapat dilakukan dengan lebih mudah karena sudah terpantau dengan baik dan jelas secara spasial sehingga dapat menghemat waktu dan tidak perlu mengunjungi secara langsung semua lokasi di daerah penelitian. Data penginderaan jauh yang tidak berbayar dengan resolusi menengah seperti Landsat juga dapat di unduh di situs-situs resmi sehingga sangat memudahkan penelitian yang berbasis multi temporal. Terbukti Landsat merupakan citra satelit yang paling banyak digunakan dalam kajian deforestasi. Variabel umum yang digunakan dalam penelitian deforestasi adalah luas hutan, lahan terbangun, lahan pertanian / perkebunan dan tanah kosong.

Keseluruhan penelitian deforestasi yang dipilih menunjukkan bahwa deforestasi atau degradasi hutan benar terjadi dan meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini tentu menjadi perhatian dunia karena hutan merupakan kawasan yang sangat penting untuk dilestarikan. Keberlangsungan makhluk hidup sangat dipengaruhi oleh keberadaan hutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Geografi Universitas Indonesia yang telah mendukung penelitian ini. Terima kasih juga kami ucapkan kepada reviewers yang telah mengulas artikel ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Ayenikafo, O. M., & Wang, Y. F. (2021). Land use/land cover changes analysis in sudano guinean region of benin. *Applied Ecology and Environmental Research*, 19(1), 715–726. https://doi.org/10.15666/aeer/1901_715726
- Barni, P. E., Barbosa, R. I., Manzi, A. O., & Fearnside, P. M. (2020). Simulated deforestation versus satellite data in Roraima, Northern Amazonia, Brazil. *Sustentabilidade Em Debate*, 11(2), 78–94. <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n2.2020.27493>
- Bhatia, N., & Cumming, G. S. (2020). Deforestation and economic growth trends on oceanic islands highlight the need for meso-scale analysis and improved mid-range theory in conservation. *Ecology and Society*, 25(3), 1–14. <https://doi.org/10.5751/ES-11713-250310>
- Crompton, O., Correa, D., Duncan, J., & Thompson, S. (2021). Deforestation-induced surface warming is influenced by the fragmentation and spatial extent of forest loss in Maritime Southeast Asia. *Environmental Research Letters*, 16(11). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac2fdc>
- Gull, S., Shah, S. R., & Dar, A. M. (2022). Assessing land use/land cover change detection of north-eastern watersheds of Kashmir valley using GIS and remote sensing techniques. *Water Practice and Technology*, 17(8), 1603–1614. <https://doi.org/10.2166/wpt.2022.085>
- Helmer, E. H., Ruzycski, T. S., Wilson, B. T., Sherrill, K. R., Lefsky, M. A., Marcano-Vega, H., Brandeis, T. J., Erickson, H. E., & Rufenacht, B. (2018). Tropical deforestation and recolonization by exotic and native trees: Spatial patterns of tropical forest biomass, functional groups, and species counts and links to stand age, geoclimate, and sustainability goals. *Remote Sensing*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/rs10111724>
- Kinnebrew, E., Ochoa-Brito, J. I., French, M., Mills-Novoa, M., Shoffner, E., & Siegel, K. (2022). Biases and limitations of Global Forest Change and author-generated land cover maps in detecting deforestation in the Amazon. *PLoS ONE*, 17(7 July). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268970>
- Koranteng, A., Adu-Poku, I., & Zawila-Niedwiecki, T. (2019). Landuse and land cover dynamics in the Volta River Basin surrounding APSD forest plantation, Ghana. *Folia Forestalia Polonica, Series A*, 61(1), 78–89. <https://doi.org/10.2478/ffp-2019-0008>
- Meli Fokeng, R., Gadinga Forje, W., Meli Meli, V., & Nyuyki Bodzemo, B. (2020). Multi-temporal forest cover change detection in the Metchie-Ngoum Protection Forest Reserve, West Region of Cameroon. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 23(1), 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.12.002>
- Musetsho, K. D., Chitakira, M., & Nel, W. (2021). Mapping land-use/land-cover change in a critical biodiversity area of south africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph181910164>
- Reuters, R. (2023, June 27). *Deforestasi Hutan Tropis Dunia Melejit pada 2022*. VOA. <https://www.voaindonesia.com/a/deforestasi-hutan-tropis-dunia-melejit-pada-2022-/7154428.html>
- Sedano, F., Mizu-Siampale, A., Duncanson, L., & Liang, M. (2022). Influence of Charcoal Production on Forest Degradation in Zambia: A Remote Sensing Perspective. *Remote Sensing*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/rs14143352>
- Silva-Junior, C. H. L., Buna, A. T. M., Bezerra, D. S., Costa Jr., O. S., Santos, A. L., Basson, L. O. D., Santos, A. L. S., Alvarado, S. T., Almeida, C. T., Freire, A. T. G., Rousseau, G. X., Celentano, D., Silva, F. B., Pinheiro, M. S. S., Amaral, S., Kampel, M., Vedovato, L. B., Anderson, L. O., & Aragão, L. E. O. C. (2022). Forest Fragmentation and Fires in the Eastern Brazilian Amazon–Maranhão State, Brazil. *Fire*, 5(3). <https://doi.org/10.3390/fire5030077>
- Sin Foo, Y., & Numata, S. (2019). Deforestation and forest fragmentation in and around Endau-Rompin National Park, Peninsular Malaysia. *Tropics*, 28(2), 23–37. <https://doi.org/10.3759/tropics.ms18-16>

- Tun, Z. N., Dargusch, P., McMoran, D. J., McAlpine, C., & Hill, G. (2021). Patterns and drivers of deforestation and forest degradation in myanmar. *Sustainability (Switzerland)*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/su13147539>
- Xie, G., & Niculescu, S. (2021). Mapping and monitoring of land cover/land use (LCLU) changes in the crozon peninsula (Brittany, France) from 2007 to 2018 by machine learning algorithms (support vector machine, random forest, and convolutional neural network) and by post-classification comparison (PCC). *Remote Sensing*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/rs13193899>
- Zvobgo, L., & Tsoka, J. (2021). Deforestation rate and causes in Upper Manyame Sub-Catchment, Zimbabwe: Implications on achieving national climate change mitigation targets. *Trees, Forests and People*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100090>