TSAQOFAH
Jurnal Penelitian Guru Indonesia

p-ISSN: 2810-0395
e-ISSN: 2810-0042

Terindeks : Dimensions, Scilit, Lens, Semantic, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/tsaqofah.v5i6.7099

ANALISIS SPASIAL PERUBAHAN FRAGMENTASI HUTAN PADA KAWASAN PENYANGGA DI CAGAR ALAM MANINJAU

Spatial Analysis of Forest Fragmentation Change in Buffer Zones of the Maninjau Nature Reserve

Habib Azzakia & Hendry Frananda
Universitas Negeri Padang
habibazzakia3@gmail.com

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jun 28, 2025	Jul 22, 2025	Aug 3, 2025	Aug 8, 2025

Abstract

Forest fragmentation poses a significant threat to ecosystem sustainability, particularly in buffer zones that function to protect the core of conservation habitats. This study aims to analyze forest fragmentation changes in the Buffer Zone of the Maninjau Nature Reserve during the period 2006–2024 and to identify their driving factors. Landsat TM 5 and OLI 8 satellite imagery were processed using the *Random Forest* method on Google Earth Engine. Fragmentation analysis was conducted through landscape indices (Landscape Shape Index [LSI], Number of Patches [NP], Patch Density [PD], Edge Density [ED]) using the *landscapemetrics* packages in R Studio and *Fragmentation using GIS Tools v2* in ArcGIS. Driving factors were examined within the Driving forces–Pressures–State–Impacts–Responses (DPSIR) framework, focusing on population growth and agricultural land expansion. The results reveal a significant decline in LSI, NP, PD, and ED values in edge areas, indicating habitat loss and the subdivision of forests into smaller patches. The reduction in large core areas in mountainous regions reflects consistent agricultural expansion over the years. Fragmentation transition analysis confirms the continuous loss of forest cover,

Tsaqofah journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

particularly in edge zones. Key driving factors include population growth, which increases the demand for residential land, and extensive agricultural expansion, particularly oil palm plantations that converts forests into degraded lands. These findings highlight the importance of integrated landscape management to reduce deforestation and maintain the ecological functions of buffer zones.
Keywords: Forest Fragmentation; Landscape Indices; Random Forest; DPSIR Framework; Agricultural Land Expansion

Abstrak: Fragmentasi hutan merupakan ancaman signifikan terhadap keberlanjutan ekosistem, terutama di kawasan penyangga yang berfungsi melindungi inti habitat konservasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan fragmentasi hutan di Kawasan Penyangga Cagar Alam Maninjau selama periode 2006–2024 serta mengidentifikasi faktor-faktor pendorongnya. Data citra satelit *Landsat* TM 5 dan OLI 8 diolah menggunakan metode *Random Forest* pada *Google Earth Engine*. Analisis fragmentasi dilakukan melalui indeks lanskap (*Landscape Shape Index* [LSI], *Number of Patches* [NP], *Patch Density* [PD], *Edge Density* [ED]) menggunakan *packages landscapemetrics* di R Studio dan *Fragmentation using GIS Tools v2* di ArcGIS. Faktor pendorong dianalisis melalui kerangka *Driving forces–Pressures–State–Impacts–Responses* (DPSIR) dengan fokus pada pertumbuhan penduduk dan ekspansi lahan pertanian. Hasil menunjukkan penurunan signifikan nilai LSI, NP, PD, dan ED di area tepi, mengindikasikan *habitat loss* dan terpecahnya hutan menjadi petak-petak kecil. Penurunan *large core area* di wilayah pegunungan menunjukkan ekspansi lahan pertanian yang konsisten setiap tahun. Analisis transisi fragmentasi mengonfirmasi hilangnya tutupan hutan secara berkelanjutan, terutama di zona tepi. Faktor pendorong utama meliputi pertumbuhan penduduk yang meningkatkan kebutuhan lahan permukiman serta ekspansi masif lahan pertanian, termasuk perkebunan kelapa sawit, yang mengkonversi hutan menjadi lahan terdegradasi. Temuan ini menegaskan pentingnya pengelolaan lanskap terpadu untuk mengurangi deforestasi dan menjaga fungsi ekologis kawasan penyangga.

Kata Kunci: Fragmentasi Hutan; Indeks Lanskap; *Random Forest*; Kerangka DPSIR; Ekspansi Lahan Pertanian

PENDAHULUAN

Di Indonesia, hutan merupakan sumber daya tropis yang vital, menampung sebagian besar keanekaragaman hayati global dan memainkan peran penting dalam penyerapan karbon untuk mitigasi perubahan iklim. Hutan berkontribusi untuk mempertahankan siklus air, mendorong daerah aliran sungai yang berkelanjutan, dan bertindak sebagai penghalang alami terhadap bencana. Indonesia saat ini bergulat dengan masalah mendesak fragmentasi hutan yang sebagian besar berasal dari pembukaan hutan untuk ekspansi pertanian, urbanisasi, dan berbagai upaya pembangunan (Gunawan et al., 2024).

Dampak fragmentasi hutan melampaui masalah lingkungan, sangat mempengaruhi ekonomi dan masyarakat. Peningkatan erosi tanah akibat berkurangnya tutupan hutan berdampak buruk pada produktivitas pertanian dan kualitas air. Proses ini menyebabkan penurunan populasi spesies, terutama yang memiliki jangkauan rumah yang besar atau habitat khusus, menyebabkan isolasi populasi dan berkurangnya keanekaragaman hayati (Gunawan et al., 2024).

Fragmentasi hutan di Pulau Sumatera telah menjadi isu lingkungan yang serius dalam beberapa dekade terakhir. Proses ini mengacu pada pemecahan habitat hutan yang luas menjadi petak-petak kecil yang terisolasi akibat aktivitas manusia seperti penebangan liar, alih fungsi lahan untuk pertanian, dan pembangunan infrastruktur. Fragmentasi hutan tropis berdampak signifikan terhadap perubahan dinamika hutan, struktur komunitas, konektivitas, isolasi habitat, dan kelimpahan spesies (Sodik et al., 2019).

Cagar Alam Maninjau, yang terletak di Kabupaten Agam dan Padang Pariaman, Sumatera Barat, merupakan salah satu kawasan konservasi yang terdampak oleh fragmentasi hutan. Kawasan seluas 22.106 hektar ini berfungsi sebagai penyangga ekosistem Danau Maninjau dan habitat bagi berbagai flora dan fauna endemik (Firdaus & Yumarni, 2021). Fragmentasi hutan di kawasan ini tidak hanya mengancam keanekaragaman hayati, tetapi juga meningkatkan risiko konflik antara manusia dan satwa liar (Rahman et al., 2022).

Pada tahun 2014, menurut laporan dari situs Mongabay, hutan di kawasan Maninjau telah mengalami perambahan oleh masyarakat hingga mencapai luas sekitar 202 hektar. Perambahan ini bukanlah kejadian yang baru, melainkan telah berlangsung sejak tahun 2006 dan melibatkan sekitar 158 orang dari masyarakat setempat. Aktivitas tersebut dilakukan dengan tujuan untuk mengubah fungsi kawasan Cagar Alam menjadi lahan pertanian industri, yang tentu saja berdampak terhadap kelestarian lingkungan dan ekosistem yang ada di kawasan tersebut. Perambahan ini menunjukkan adanya tekanan besar terhadap kawasan konservasi yang seharusnya dilindungi, dan menimbulkan permasalahan serius berupa degradasi dan fragmentasi hutan yang dapat memengaruhi keanekaragaman hayati dan kestabilan fungsi ekologis kawasan tersebut. Selain itu, aktivitas ini juga menimbulkan konflik kepentingan antara upaya pelestarian lingkungan dengan kebutuhan ekonomi masyarakat sekitar, yang seringkali belum sepenuhnya memahami pentingnya keberadaan kawasan konservasi.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, peneliti merasa tertarik untuk mendalami lebih jauh dampak yang ditimbulkan oleh aktivitas perambahan tersebut terhadap struktur dan keberlanjutan kawasan hutan, khususnya dalam konteks fragmentasi habitat. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan judul *"Analisis Spasial Perubahan Fragmentasi Hutan pada Kawasan Penyangga di Cagar Alam Maninjau"*. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perubahan pola spasial tutupan hutan serta menganalisis tingkat fragmentasi yang terjadi di kawasan penyangga cagar alam akibat aktivitas manusia.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis perubahan fragmentasi hutan di Kawasan Cagar Alam Maninjau, Kabupaten Agam, Sumatera Barat yang memiliki luas 21.891,78 ha (Lubis & Putri, 2023). Area penelitian mencakup kawasan penyangga dengan buffer 5 kilometer dari batas konservasi sesuai rekomendasi Peraturan Direktur Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem tahun 2016. Data penelitian berupa citra satelit multitemporal Landsat TM 5 (2006) dan OLI 8 (2014, 2024) dengan resolusi 30 meter yang diperoleh dari *Google Earth Engine (*GEE). Analisis tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi terbimbing *Random Forest* melalui platform GEE. *Random forest* merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam penelitian spasial ekologi karena dapat memberikan hasil yang teliti dan akurat (Chen et al., 2024). Uji akurasi dilakukan menggunakan koefisien kappa dan *confusion matrix*. Pengolahan data spasial dilakukan dengan ArcMap 10.8.2, sementara analisis indeks lanskap menggunakan R Studio dengan package "landscapemetrics" untuk menghitung Number of Patches (NP), Patch Density (PD), Edge Density (ED), dan Landscape Shape Index (LSI) (McGarical et al., 1994). Analisis fragmentasi hutan menggunakan tools "Fragmentation in GIS Tools v2" pada ArcGIS untuk mengevaluasi pola dan tingkat fragmentasi (Gunawan et al., 2010). Faktor pendorong fragmentasi dianalisis menggunakan kerangka kerja DPSIR (*Driving Forces, Pressure, State, Impacts, and Responses*) dengan variabel pertumbuhan penduduk dan ekspansi lahan pertanian (Gunawan et al., 2024). Data pendukung meliputi observasi lapangan, peta fungsi kawasan hutan dari BKSDA Sumatera Barat, serta data jaringan transportasi dan administrasi dari BIG.

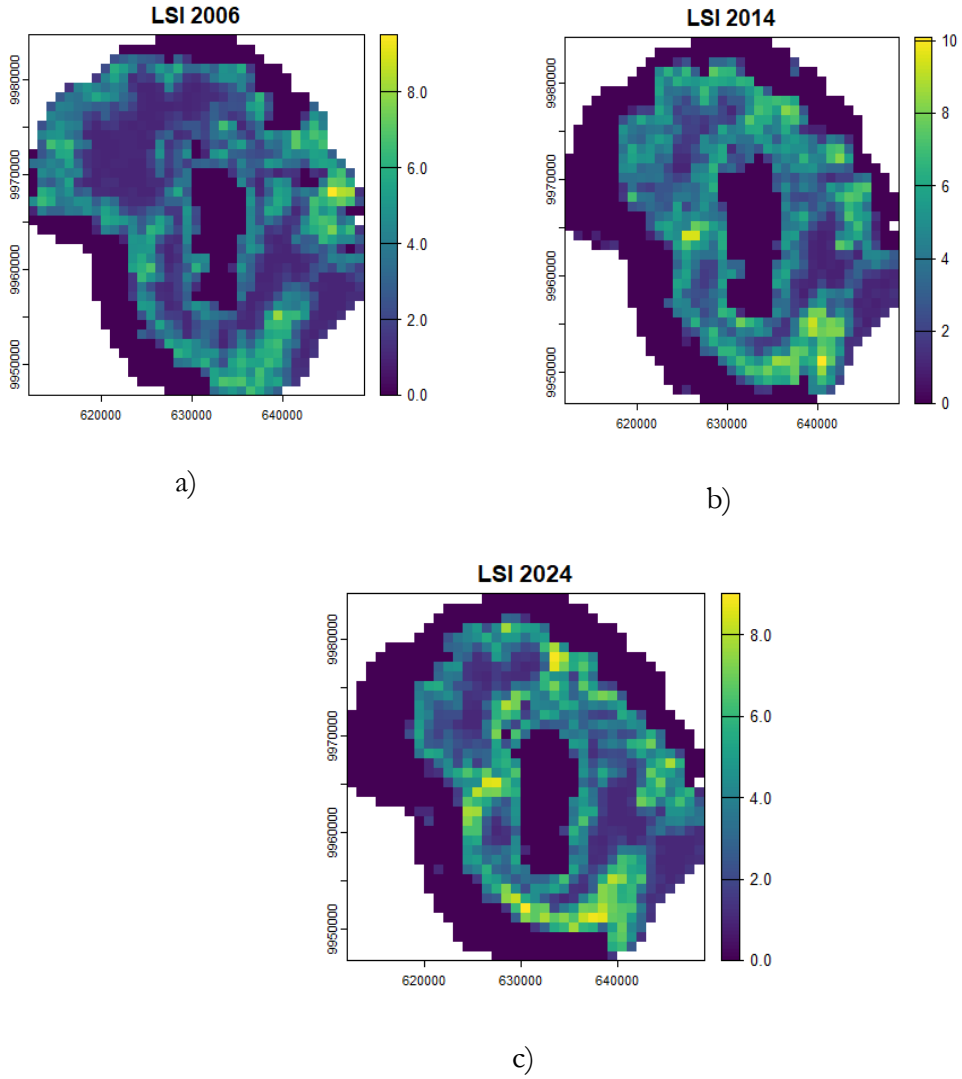
HASIL

1. Perubahan Fragmentasi Hutan pada Kawasan Penyangga di Cagar Alam Maninjau pada tahun 2006, 2014 dan 2024

A. *Landscapemetrics* 2006, 2014, dan 2024

1) *Landscape Shape Indeks* (LSI) 2006,2014, dan 2024

Berdasarkan hasil analisis data, dalam periode pengamatan tahun 2006, 2014 dan 2024, nilai LSI menunjukkan adanya perubahan yang signifikan dalam komposisi bentuk lanskap.

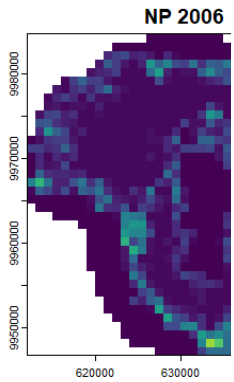


Gambar 1. a) Peta *Landscape Shape* Indeks (LSI) tahun 2006, b) Peta *Landscape Shape* Indeks (LSI) tahun 2014, c) Peta *Landscape Shape* Indeks (LSI) tahun 2024

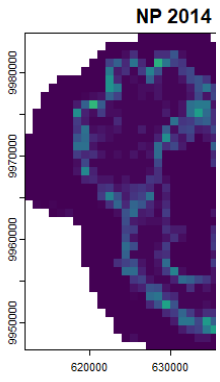
Pada tahun 2006 (Gambar 1 a), nilai LSI menunjukkan pola perubahan pada area tertentu di sebelah timur dan barat Danau Maninjau, yang ditandai dengan warna merah dan kuning, hal ini mengidentifikasikan kompleksitas bentuk lanskap yang lebih tinggi. Pada tahun 2014, terdapat perubahan pola nilai LSI, dimana area dengan nilai LSI tinggi sebelumnya pada sisi barat dan timur Danau Maninjau menjadi rendah (Habitat Loss), sedangkan tahun 2014 pola perubahan nilai LSI pada sisi utara dan selatan Danau Maninjau semakin tinggi (Gambar 1 b), Hal ini dikarenakan aktivitas manusia yang semakin meningkat yang mengakibatkan hutan terbagi menjadi patch-patch kecil akibat ekspansi lahan pertanian. Sedangkan pada tahun 2024, hasil analisis menunjukkan bahwa pola LSI pada bagian tepi Area of Interest (AOI) mengalami penurunan yang merata (habitat loss), sedangkan sisi utara, barat sampai selatan nilai LSI menunjukkan trend yang tinggi (Gambar 1 c), hal ini dikarenakan aktivitas masyarakat dalam kegiatan pertanian yang semakin tinggi sehingga menyebabkan hutan bagian utara, barat sampai selatan membentuk patch-patch kecil serta bentuk tepi yang lebih kompleks.

2) *Number of Patch* (NP) 2006, 2014 dan 2024

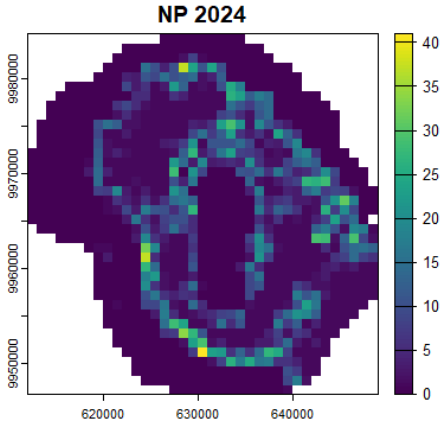
Perubahan *Number of Patch* (NP) di kawasan Cagar Alam Maninjau dianalisis berdasarkan data tutupan lahan multitemporal tahun 2006, 2014 dan 2024, hasil analisis menunjukkan variasi yang signifikan dalam distribusi wilayah yang mengalami peningkatan dan penurunan NP.



a)



b)



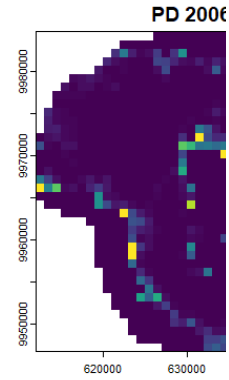
c)

Gambar 2. a) Peta *Number of Patch* (NP) (LSI) tahun 2006, b) Peta *Number of Patch* (NP) tahun 2014, c) Peta *Number of Patch* (NP) tahun 2024

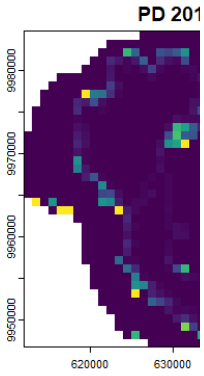
Pada tahun 2006, jumlah maksimum *patch* teridentifikasi mencapai 44, dengan banyaknya area yang didominasi warna hijau dan kuning pada sepanjang sisi barat dan selatan Cagar Alam Maninjau (Gambar 2.a), hal ini disebabkan karena banyaknya masyarakat yang memulai pembukaan lahan pertanian sehingga hutan terbagi menjadi *patch-patch* kecil. Pada tahun 2014, terjadi penurunan jumlah *patch* yang signifikan pada bagian tepi *Area of Interest* (AOI) (Gambar 2.b), hal ini disebabkan karena hutan yang awalnya terbagi menjadi *patch-patch* kecil menjadi hilang *(habitat loss)* akibat ekspansi lahan pertanian. Sementara itu pada sisi selatan tepatnya pada Kecamatan Malalak, tingkat NP menjadi tinggi, hal ini dikarenakan banyaknya masyarakat yang membuka lahan pertanian sehingga hutan menjadi *patch-patch* kecil. Pada tahun 2024, terjadi kenaikan jumlah *patch* yang merata pada sisi utara, selatan dan barat Danau Maninjau (Gambar 2.c), hal ini disebabkan banyaknya masyarakat yang membuka lahan pertanian baru sehingga hutan terbagi menjadi *patch-patch* kecil

3) *Patch Density* (PD) 2006,2014 dan 2024

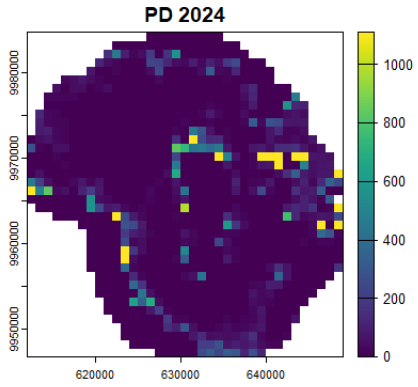
Perubahan *Patch Density* (PD) pada kawasan penyangga Cagar Alam Maninjau berdasarkan hasil analisis menunjukkan penurunan yang signifikan.



ea)



b)



c)

Gambar 3. a) Peta *Patch Density* (PD) (LSI) tahun 2006, b) Peta *Patch Density* (PD) tahun 2014, c) Peta *Patch Density* (PD) tahun 2024

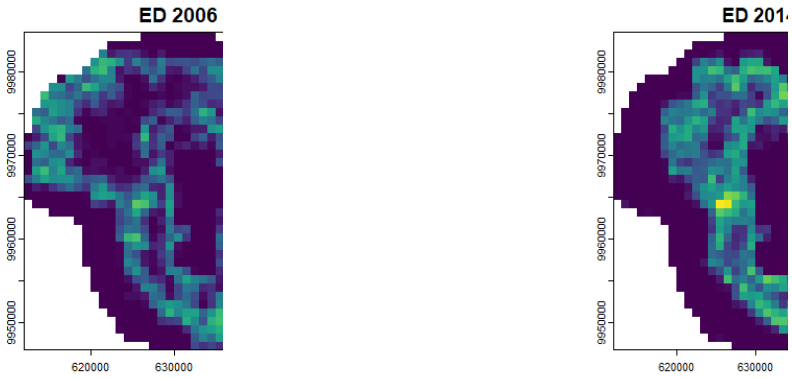
Pada tahun 2006, nilai PD menunjukkan tingkat fragmentasi lanskap yang tinggi, hal ini bisa dilihat dari sebagian besar area hutan berwarna kuning dan oren (Gambar 3.a), dilihat pada keseluruhan bagian tepi *Area of Interest* (AOI) mengalami kepadatan yang tinggi sehingga hutan yang awalnya homogen terpecah menjadi *patch-patch* kecil. Pada tahun 2014, terjadi penurunan tingkat kepadatan *patch* di area tepi AOI (Gambar 3.b), hal ini bisa dlihat dari hutan yang dulunya terpecah menjadi *patch-patch* kecil menjadi penggabungan *patch* atau *habitat loss* , sementara itu pada sisi selatan Cagar Alam Maninjau terjadi kenaikan kepadatan *patch*, hal ini disebabkan karena banyaknya ekspansi lahan pertanian.

Sementara itu, pada tahun 2024 (Gambar 3.c) tingkat kepadatan *patch* di area tepi AOI hampir sama dengan tingkat kepadatan *patch* pada tahun 2014 (Gambar 4.8), namun terjadi kenaikan kepadatan *patch* pada sisi utara, selatan dan

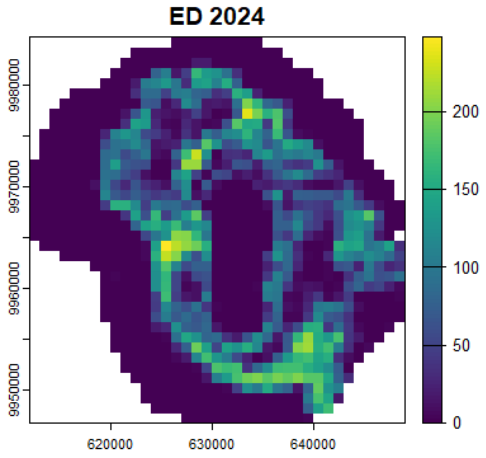
timur Cagar Alam Maninjau, hal ini menjadi dasar bahwa tingkat ekspansi lahan pertanian semakin meningkat pada tahun 2024.

4) *Edge Density* (ED) 2006,2014 dan 2024

Berdasarkan hasil analisis data, perubahan *Edge* Density (ED) pada kawasan penyangga Cagar Alam Maninjau menunjukkan penurunan yang signifikan.



a) b)



c)

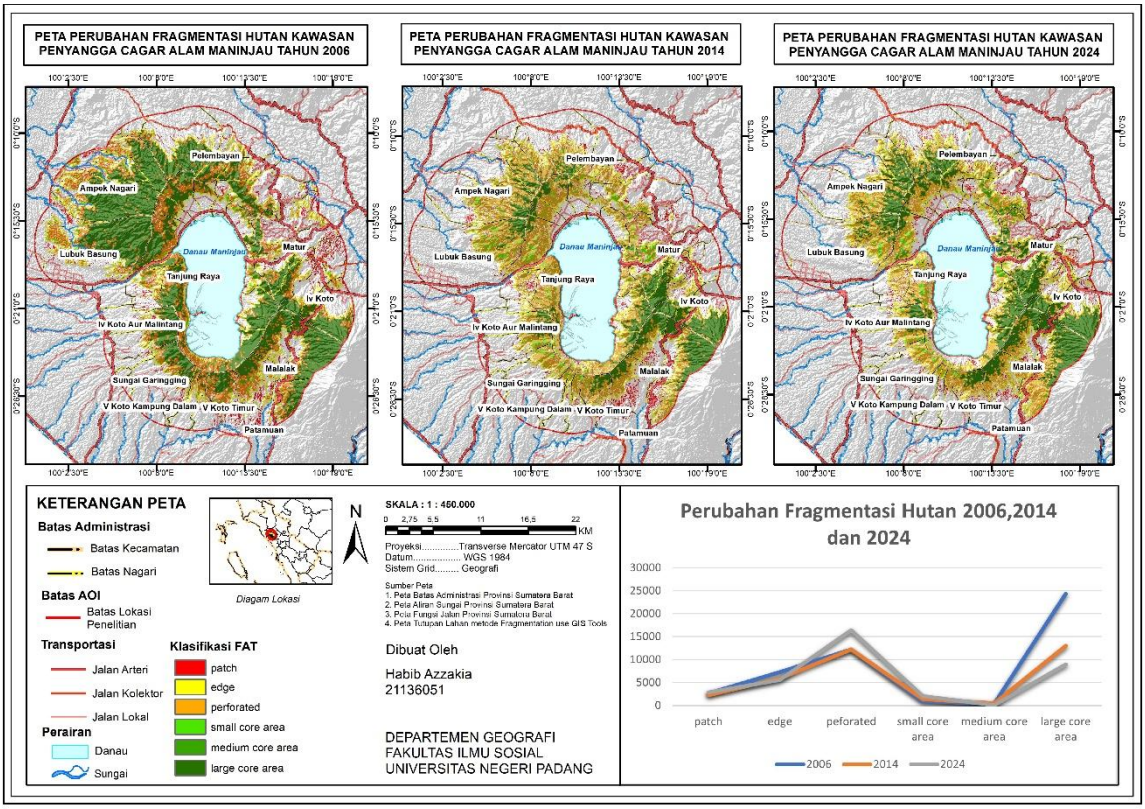
Gambar 4. a) Peta *Edge Density* (ED) (LSI) tahun 2006, b) Peta *Edge Density* (ED) tahun 2014, c) Peta *Edge Density* (ED) tahun 2024

Pada tahun 2006, nilai ED menunjukkan tingkat fragmentasi yang tinggi, dimana pada sisi selatan, barat dan timur *Area of Interest* (AOI) area *edge*/tepi mengalami fragmentasi yang tinggi (Gambar 4.a), hal ini, disebabkan pembukaan lahan pertanian oleh masyarakat pada area *edge*/tepi hutan. Pada tahun 2014,

terjadi penurunan tingkat kepadatan *edge* di area tepi AOI (Gambar 4.b), perubahan ini dilihat dari hutan yang mencerminkan berkurangnya kompleksitas batas *patch* maupun antarmuka antar habitat. Sementara itu, pada tahun 2024 (Gambar 4.b) tingkat kepadatan *edge* di area tepi AOI hampir sama dengan tingkat kepadatan *edge* pada tahun 2014, namun terjadi penurunan kepadatan *edge* pada setiap sisi Cagar Alam Maninjau, hal ini menjadi dasar bahwa tingkat ekspansi lahan pertanian semakin meningkat pada tahun 2024.

2. Perubahan Fragmentasi Hutan tahun 2006, 2014 dan 2024

Berdasarkan analisis menggunakan FAT v.2.0 didapatkan matrik transisi fragmentasi hutan 2006 ke 2024 dalam satuan hektar (Ha) (Gambar 5) merupakan transisi kelas-kelas perubahan spasial fragmentasi hutan di area studi. Hasil analisis menunjukkan adanya transisi yang signifikan di antara 6 kelas fragmentasi hutan. Perubahan paling tinggi terjadi pada 6 kelas fragmentasi, sekitar 3.716,63 ha berubah menjadi *forest loss* pada tahun 2014, hal ini disebabkan adanya proses deforestasi terus menerus sepanjang tahun, terutama pada area *edge*/tepi. Selain itu, 886, 15 ha area *forest loss* berubah menjadi *patch*, 1.311,24 ha menjadi *edge*/tepi, 886,14 ha menjadi perforated, 79,58 ha menjadi *small core area*, 18,1 ha menjadi *medium core area*, dan 217,42 ha menjadi *large core area*. Hal ini mengidentifikasikan adanya proses suksesi, namun dalam bentuk fragmen-fragmen kecil.



Gambar 5 Peta Perubahan Fragmentasi Hutan tahun 2006-2024

Secara keseluruhan, perubahan fragmentasi hutan tahun 2006,2014 dan 2024 terdapat pada grafik. Perubahan kelas fragmentasi hutan, grafik tersebut menunjukkan perubahan dalam kurun waktu 18 tahun, kelas *patch* mengalami penurunan, pada tahun 2006 luasan *patch* sebesar 2.646 ha turun menjadi 2.262 ha, namun pada tahun 2024 luasan *patch* mengalami kenaikan seluas 2.810 ha. Pada kelas *edge*/tepi, terjadi penurunan yang signifikan pada setiap periode, pada tahun 2006 luasan *edge* sebesar 7.285 ha, tahun 2014 sebesar 5.881 ha dan tahun 2024 sebesar 5.558 ha. Pada kelas *perforated* terjadi kenaikan setiap periode, pada tahun 2006 luasan *perforated* seluas 12.170 ha, pada tahun 2014 seluas 12.217 ha dan tahun 2024 seluas 16.390 ha. Pada kelas *small core area*, terjadi kenaikan fragmentasi dari kurun waktu 18 tahun, pada tahun 2006 luasan *small core area* seluas 906 ha, tahun 2014 seluas 1.364 ha dan tahun 2024 seluas ha. Kelas *medium core area* mengalami kenaikan tahun 2006 – 2014, luas tahun 2006 seluas 389 ha dan tahun 2014 seluas 465 ha, namun pada tahun 2024 mengalami penurunan seluas 107 ha, pada kelas *large core area* terjadi penurunan yang signifikan pada setiap periode, tahun 2006 luasan *large core area* seluas 24.304 ha, tahun 2014 seluas 12.986 ha dan tahun 2024 seluas 8.942 ha.

PEMBAHASAN

Studi ini mengkaji perubahan fragmentasi hutan pada kawasan penyangga Cagar Alam Maninjau serta menganalisis faktor pendorong perubahan fragmentasi hutan. Analisis perubahan fragmentasi hutan menggunakan packages landscapemetrics dalam perangkat lunak R Studio dan Fragmentation use GIS Tools v.2 pada ArcGIS, serta untuk mengkaji faktor pendorong perubahan fragmentasi hutan menggunakan analisis faktor pendorong (driving forces) dalam metode kerangka kerja DPSIR, dengan variabel yang digunakan adalah tingkat pertumbuhan penduduk dan ekspansi lahan pertanian.

Analisis perubahan fragmentasi hutan menggunakan packages landscapemetrics memberikan informasi terkait tingkat fragmentasi hutan di area studi dengan variabel yang dipakai adalah landscape shape index (LSI), Number of Patch (NP), Patch Density (PD) dan Edge Density (ED) (McGarical et al., 1994). Selama periode 18 tahun, terjadi penurunan yang signifikan pada nilai LSI, NP, PD dan ED, yang mengindikasikan adanya aktivitas anthropogenic yang tinggi pada area studi. Perubahan LSI menunjukkan penurunan nilai indeks di area tepi AOI, dengan penurunan nilai indeks paling tinggi terjadi pada sisi timur dan barat AOI, dimana nilai LSI turun secara drastis (habitat loss). Pada daerah Kecamatan Palembayan dan Kecamatan Malalak terjadi peningkatan nilai indeks LSI, yang mengindikasikan meningkatnya pembukaan lahan baru dari masyarakat untuk kegiatan pertanian.

Nilai NP menunjukkan penurunan nilai indeks pada area tepi, namun terjadi kenaikan nilai indeks pada area hutan sekunder, yang menunjukkan bahwa tambalan hutan besar telah terfragmentasi menjadi lebih banyak tambalan yang lebih kecil. Hal ini diikuti oleh nilai PD dan nilai ED yang juga mengalami penurunan nilai indeks pada area tepi AOI, serta mengalami peningkatan pada area hutan sekunder yang berarti bahwa proses fragmentasi mengubah bentuk petak hutan menjadi lebih kompleks dan meningkatkan total tepi hutan. Sebagaimana dalam (Widyastuti et al., 2023) menyampaikan bahwa meningkatnya fragmentasi hutan pada area konservasi disebabkan oleh deforestasi hutan yang terus meningkat yang didorong oleh beberapa faktor seperti kepadatan penduduk dan populasi yang memiliki pendapatan dari pertanian.

Analisis menggunakan Fragmentation using GIS Tools V2 pada ArcGIS memberikan informasi terkait luasan perubahan fragmentasi hutan tiap-tiap kelas fragmentasi seperti patch, edge, perforated, small core area, medium core area dan large core area. Hasil

analisis menunjukkan adanya perubahan hutan selama 18 tahun terutama hutan yang beralih fungsi menjadi lahan pertanian (forest loss). Grafik perubahan fragmentasi menunjukkan bahwa pada kelas large core area mengalami penurunan seluas 8.942 ha pada tahun 2024, diikuti medium core area seluas 107 ha, namun pada kelas small core area terjadi peningkatan seluas 2.009 ha. Fenomena ini menjelaskan bahwa large core area semakin menurun setiap tahun, yang menjadi dasar bahwa hilangnya area core hutan yang sudah menjadi lahan pertanian (habitat loss). Temuan ini memvalidasi bahwa hutan yang dulunya homogen terpecah menjadi patch-patch kecil seperti pada validasi lapangan. Area patch dan perforated mengalami peningkatan dan area edge mengalami penurunan, yang mengindikasikan bahwa setiap periode tahun hutan terpecah menjadi bagian-bagian kecil dan area tepi hutan yang mulai menipis setiap tahun dikarenakan ekspansi lahan oleh masyarakat.

Validasi lapangan menunjukkan salah satu perubahan fragmentasi hutan yang beralih fungsi menjadi lahan pertanian pada hutan di Jorong Talaok, Kenagarian Baringin, Kecamatan Palembayan (Gambar 4.24), yang mengindikasikan bahwa sebagian besar perubahan hutan berubah menjadi lahan pertanian. Hal ini memperkuat temuan bahwa area core hutan yang beralih fungsi menjadi lahan pertanian merupakan faktor utama dalam proses fragmentasi hutan di kawasan penyangga Cagar Alam Maninjau.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa selama periode pengamatan 18 tahun (2006-2024), analisis menunjukkan perubahan signifikan dalam struktur fragmentasi hutan di Kawasan Penyangga Cagar Alam Maninjau. Indeks lanskap seperti Landscape Shape Index (LSI), Number of Patch (NP), Patch Density (PD), dan Edge Density (ED) mengalami penurunan di area tepi *Area of Interest* (AOI), mengindikasikan terjadinya *habitat loss* dan fragmentasi hutan menjadi *patch-patch* kecil. Penurunan LSI paling drastis terjadi di sisi timur dan barat AOI, namun peningkatan terjadi di Kecamatan Palembayan dan Malalak akibat pembukaan lahan pertanian baru. Secara kuantitatif, *large core area* mengalami penurunan drastis dari 24.304 ha (2006) menjadi 8.942 ha (2024), diikuti *medium core area* dari 389 ha menjadi 107 ha. Sebaliknya, *small core area* meningkat menjadi 2.009 ha dan kelas *perforated* meningkat dari 12.170 ha menjadi 16.390 ha (2024). Kelas *edge* menurun konsisten dari 7.285 ha menjadi 5.558 ha. Perubahan ini mengkonfirmasi *forest loss* berkelanjutan dengan fragmentasi area inti hutan yang beralih fungsi menjadi lahan pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

Chen, Y., Wang, S., Gu, Z., & Yang, F. (2024). Modeling the Spatial Distribution of Population Based on Random Forest and Parameter Optimization Methods: A Case Study of Sichuan, China. *Applied Sciences (Switzerland)*, *14*(1). https://doi.org/10.3390/app14010446

Dutt, S., Kumar Batar, A., Sulik, S., & Kunz, M. (2024). Forest ecosystem on the edge: Mapping forest fragmentation susceptibility in Tuchola Forest, Poland. *Ecological Indicators*, *161*(April). https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111980

Fahrig, L. (2003). Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, *34*, 487–515. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419

Firdaus, A., & Yumarni. (2021). Populasi Rafflesia di Cagar Alam Maninjau Nagari Baringin Kecamatan Palembayan Kabupaten Agam. *STROFOR Journal*, *5*(1), 683–693.

Fischer, R., Taubert, F., Müller, M. S., Groeneveld, J., Lehmann, S., Wiegand, T., & Huth, A. (2021). Accelerated forest fragmentation leads to critical increase in tropical forest edge area. *Science Advances*, *7*(37), 1DUMMMY. https://doi.org/10.1126/sciadv.abg7012

Gómez-Fernández, D., López, R. S., Zabaleta-Santisteban, J. A., Medina-Medina, A. J., Goñas, M., Silva-López, J. O., Oliva-Cruz, M., & Rojas-Briceño, N. B. (2024). Landsat images and GIS techniques as key tools for historical analysis of landscape change and fragmentation. *Ecological Informatics*, *82*(October 2023). https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102738

Gunawan, H., Prasetyo, L. B., Mardiastuti, A., & Agus Kartono, and P. (2010). FRAGMENTASI HUTAN ALAM LAHAN KERING DI PROVINSI JAWA TENGAH (Fragmentation of Dryland Natural Forest in Central Java Province)*. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, *VII*(1), 75–91.

Gunawan, H., Setyawati, T., Atmoko, T., Subarudi, Kwatrina, R. T., Yeny, I., Yuwati, T. W., Effendy, R., Abdullah, L., Mukhlisi, Lastini, T., Arini, D. I. D., Sari, U. K., Sitepu, B. S., Pattiselanno, F., & Kuswanda, W. (2024). A review of forest fragmentation in Indonesia under the DPSIR framework for biodiversity conservation strategies. *Global Ecology and Conservation*, *51*(March), e02918. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e02918

Lubis, N. S. A., & Putri, I. L. E. (2023). Carbon Reserves in The Forest Stand In The Maninjau Natural Reserve Area, Silayang-Malabur Rehabilitation Block, Agam District. *Journal of Climate Change Society*, *1*(1), 51–58. https://doi.org/10.24036/jccs/vol1-iss1/12

Ma, J., Li, J., Wu, W., & Liu, J. (2023). Global forest fragmentation change from 2000 to 2020. *Nature Communications*, *14*(1), 1–10. https://doi.org/10.1038/s41467-023-39221-x

McGarical, K., Marks, B. J., McGarigal, K., Cushman, S. A., Neel, M. C., & Ene, E. (1994). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps. *General Technical Report PNW-GTR-351. US …*, *97331*(503), 134.

Rahman, H., Hidayat, R. A., & Nazar, A. H. (2022). Degradasi Landskap Hutan dan Pola Konflik Harimau Sumatra Dengan Manusia di Kabupaten Pesisir Selatan. *El-Jughrafiyah*, *2*(1), 30. https://doi.org/10.24014/jej.v2i1.16364

Sodik, M., Pudyatmoko, S., & Yuwono, P. S. H. (2019). Okupansi Kukang Jawa (Nycticebus javanicus E. Geoffroy 1812) di Hutan Tropis Dataran Rendah di Kemuning, Bejen, Temanggung, Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, *13*(1), 15. https://doi.org/10.22146/jik.46141

Widyastuti, S., Perwitasari-farajallah, D., Prasetyo, L. B., & Iskandar, E. (2023). *The Javan Gibbon (Hylobates moloch) Habitat Changes and Fragmentation in the Dieng Mountains , Indonesia*. *29*(August), 150–160. https://doi.org/10.7226/jtfm.29.2.150

Zhang, Y., Liu, X., Yang, Q., Liu, Z., & Li, Y. (2021). Extracting frequent sequential patterns of forest landscape dynamics in fenhe river basin, northern china, from landsat time series to evaluate landscape stability. *Remote Sensing*, *13*(19). https://doi.org/10.3390/rs13193963