

PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DAN KONFIGURASI POLA SPASIAL LANSEKAP DI SEKITAR KAWASAN HUTAN LINDUNG GUNUNG NONA AMBON

LAND USE CHANGE AND CONFIGURATION OF LANDSCAPE SPATIAL PATTERN AROUND THE PROTECTED FOREST AREA OF GUNUNG NONA AMBON

Aryanto Boreel¹⁾, Lydia. R. Parera²⁾, Nitha N. Farneubun³⁾

^{1), 2)} Dosen Jurusan Kehutanan Faperta-Unpatti jl Ir.M.Putuhena Kampus Poka Ambon, 97233

³⁾ Alumni Jurusan Kehutanan Faperta-Unpatti

Corresponding Author: boreelarie@gmail.com

Diterima: 22 Maret 2023

Disetujui: 6 April 2023

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengamati perubahan penggunaan lahan dan menganalisis konfigurasi pola spasial lansekap disekitar kawasan Hutan Lindung Gunung Nona Ambon tahun 2014 – 2020. Penelitian ini dilakukan dengan dua analisis. Tahap pertama mengidentifikasi perubahan penutupan/penggunaan lahan dalam kurun waktu 6 tahun terakhir (2014 – 2020) melalui analisis spasial (overlay). Tahap kedua adalah analisis konfigurasi pola spasial lansekap hutan menggunakan metode *spatial metrics*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Selama periode waktu 6 tahun (2014-2020), kelas hutan mengalami perubahan yang cukup signifikan. Perubahan penggunaan lahan hutan di sekitar kawasan HLG N yang dominan terjadi pada kelas pemukiman, diikuti kelas semak belukar dan lahan terbuka masing-masing 5,62%, 5,37% dan 3,38% dari luas hutan yang ada di wilayah studi. konfigurasi pola spasial lahan pemukiman seperti kepadatan (*density*) dan kontinuitas (*continuity*) menunjukkan pola spasial semakin terkonsentrasi dan padat serta secara fisik wilayah terkoneksi satu sama lain. Demikian pula indikator fragmentasi (*fragmentation*) yang menunjukkan pola lahan pemukiman semakin masif dan mengelompok.

Kata Kunci: *Perubahan Lahan, Pola Spasial, Lansekap, Kepadatan, fragmentasi*

Abstract

This research aims to observe land use changes and analyze the configuration of spatial landscape patterns around the protected forest area of Gunung Nona Ambon in 2014 - 2020. This research was conducted with two analyses. The first stage is identifying land cover/land use changes in the last 6 years (2014 - 2020) through spatial analysis (overlay). The second stage is to analyze the configuration of spatial patterns of forest landscapes using the spatial metrics method. The results showed that during the 6-year period (2014-2020), the forest class experienced significant changes. Changes in forest land use around the HLG N area dominantly occurred in the settlement class, followed by shrubs and open land classes of 5.62%, 5.37% and 3.38% respectively of the existing forest area in the study area. The configuration of spatial patterns of settlement land such as density and continuity showed that the spatial patterns were increasingly concentrated and dense and the areas were physically connected to each other. Similarly, the fragmentation indicator shows that the settlement land pattern is increasingly massive and clustered.

Keywords: *Landuse Change, Spatial Pattern, Landscape, Density, Fragmentation*

PENDAHULUAN

Perubahan penggunaan lahan tidak hanya terjadi pada skala administrasi terkecil di suatu wilayah tetapi juga pada skala bentang lahan (*landscape*). Perubahan penutup/penggunaan lahan merupakan fenomena yang kompleks dan sangat dinamis. Salah satu pemicu utamanya adalah jumlah populasi manusia yang meningkat dan secara langsung menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan ruang (*space*) untuk mawadahi kegiatan/aktivitas manusia (Saputra et al., 2022). Tingginya permintaan lahan terbangun tidak lain dipengaruhi oleh semakin tingginya tingkat pertumbuhan penduduk (fertilitas dan mortalitas) di perkotaan baik secara alami, maupun migrasi. Jenis pembangunan yang dilakukan cukup beragam seperti pembangunan kawasan permukiman, perdagangan dan jasa, perindustrian dan lain-lain (Agung et al., 2018; Boreel et al., 2022).

Menurut Cullingswoth (1997) yang diadaptasi oleh Sari & Dewanti, (2019), faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan penggunaan lahan antara lain adanya konsentrasi penduduk dengan segala aktivitasnya, Aksesibilitas terhadap pusat kegiatan dan pusat kota, jaringan jalan dan sarana transportasi, dan orbitasi (jarak dari pusat pemerintahan). Informasi perubahan penggunaan lahan sangat penting dalam pengelolaan sumberdaya alam dan monitoring perubahan iklim global dengan segala konsekuensinya (Loveland and Belward, 1997; Ariez et al., 2022).

Hutan Lindung Gunung Nona (HLGN) ditetapkan dengan SK Menteri Kehutanan Republik Indonesia No.430/KPTS-II/1996, yang secara administratif berada di Kecamatan Nusaniwe kota Ambon (Farneubun et al., 2023). Sebagai sistem penyangga kehidupan, Hutan lindung memiliki fungsi penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem alam, mengatur tata air, mencegah intrusi air laut maupun mengendalikan erosi tanah dan banjir. Aset utama dari hutan lindung yaitu pepohonan yang berdiri sebagai penghalang untuk menurunkan gerakan massa seperti batu karang, erosi, longsor tanah, aliran puing dan banjir (Hastuti et al., 2021).

Faktanya, keberadaan HLGN saat ini mengalami tekanan yang cukup tinggi akibat pertumbuhan penduduk dan tuntutan akan lahan untuk bermukim maupun aktivitas sosial ekonomi yang cukup masif di sekitar kawasan. Tingginya kompetisi penggunaan lahan berpengaruh terhadap ketersediaan lahan yang relatif, namun desakan akan kebutuhan sosial ekonomi merupakan prioritas utama dalam perubahan penggunaan lahan (Permana et al., 2021). Perubahan penggunaan lahan tentunya menimbulkan ketidakseimbangan ekosistem, seperti gangguan biodiversitas dan berdampak pada munculnya kejadian bencana alam seperti banjir, longsor dan kebakaran hutan. Selain itu, keberadaan pemukiman di sekitar kawasan hutan memiliki resiko yang tinggi terhadap terjadinya perambahan hutan, pembukaan lahan, hingga kebakaran hutan (Andryannur et al., 2022).

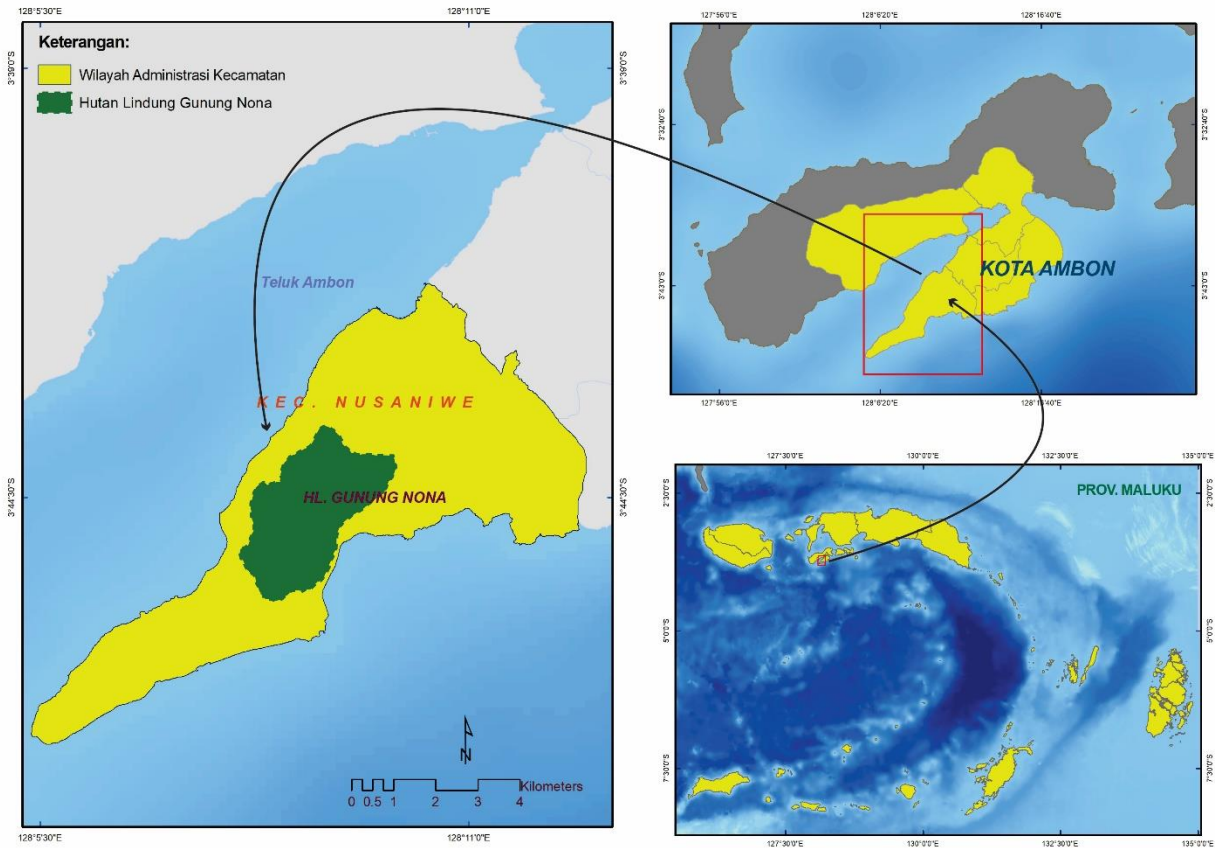
Fenomena yang diuraikan diatas idealnya dilakukan cara terbaik untuk mengelola lansekap pada berbagai skala baik spasial maupun temporal (McGarigal & Marks, 1995). Struktur lansekap mengeskpresikan pola spasial dari suatu elemen lansekap yang dinyatakan dalam jumlah, ukuran maupun bentuk (Forman & Godron, 1986; Palmer et al., 2004; Kirabira, 2022). *Landscape metrics* merupakan salah satu tools yang dapat digunakan untuk memahami struktur lansekap dan perubahannya pada suatu waktu. *Landscape metrics* juga membantu memahami perubahan dalam lansekap dari perspektif yang berbeda seperti visual, ekologi dan kultur (Cushman et al., 2008; Kirabira, 2022).

Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*) diakui sebagai *tools* praktis untuk memetakan penggunaan lahan dan analisis perubahan penggunaan lahan karena efektifitas biaya dan memiliki performa yang tinggi dalam bekerja (Parsa dan Salehi, 2016; Sajib & Moniruzzaman, 2022). Selain itu untuk memantau lokasi yang mengalami perubahan penggunaan lahan dengan memperhatikan penampakan visual maupun estimasi peningkatan serta penurunan luas lahan (As-syakur et al., 2008; Nuraeni et al., 2017; (Nabila, 2023). Analisis spasial dengan SIG dapat digunakan dalam mengkaji pemodelan perubahan penggunaan lahan pada kurun waktu tertentu (Hapsary et al., 2021).

Kombinasi antara SIG, RS dan *spatial metrics* akan meningkatkan kedalaman analisis terkait konfigurasi struktur maupun pola spasial dari lansekap baik hutan maupun perkotaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati perubahan penggunaan lahan dan menganalisis konfigurasi pola spasial lansekap disekitar kawasan Hutan Lindung Gunung Nona Ambon tahun 2014 – 2020.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan selama 3 (tiga) bulan mulai September – Desember tahun 2022 dengan maksud untuk mendapatkan data perubahan penggunaan lahan hutan beserta konfigurasi pola spasial lansekapnya di sekitar kawasan Hutan Lindung Gunung Nona Ambon. Lokasi penelitian secara administrasi berada di Kecamatan Nusaniwe kota Ambon seperti disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui pengecekan lapangan (*ground checking*) dan observasi yang selanjutnya digunakan untuk memvalidasi penutupan/penggunaan lahan tahun 2020 dengan kondisi realnya. Data sekunder berupa peta batas kawasan Hutan Lindung Gunung Nona yang bersumber dari BPKH wilayah IX Ambon, batas administrasi kecamatan Nusaniwe yang bersumber dari Bappeda Kota Ambon dan sumber lain yang relevan dengan penelitian ini.

Penelitian ini dilakukan dengan 2 (dua) tahapan analisis. Analisis pertama dilakukan dengan mengidentifikasi perubahan penutupan/penggunaan lahan dalam kurun waktu 6 tahun terakhir (2014 – 2020) melalui analisis spasial (*overlay*). Tujuh kelas penggunaan lahan tahun 2014 dan 2020 yang diamati diperoleh dari hasil digitasi dan interpretasi citra satelit google earth menggunakan software ArcGIS. Tahap kedua adalah analisis konfigurasi pola spasial lansekap hutan menggunakan metode *spatial metrics*. *Spatial metrics* adalah suatu metode untuk mengkuantifikasi pola spasial penggunaan lahan berdasarkan beberapa *metrics* atau indeks menggunakan data raster yang terdefinisi dari suatu lansekap (Garigal et al., 1995; Gustafson, 1998; Jatayu et al., 2020). Proses analisis dalam penelitian ini, menggunakan software ArcGIS

dan Fragstat. *Spatial metrics* dalam penelitian ini dapat menghitung bentuk dan struktur spasial *landscape* hutan berdasarkan data raster atau pixel.

Tabel 1. Pendekatan model analisis konfigurasi pola spasial lansekap hutan di lokasi penelitian

No	Data	Pendekatan	Sumber
1.	LPI (<i>Largest Patch Index</i>)	$\rightarrow \text{LPI} = \frac{\max(a_{ij})^n_{j=1}}{A} (100)$	McGarigal & Marks, (1995)
2.	PD (<i>Patch Density</i>)	$\rightarrow \text{PD} = \frac{n_i}{A} (10000)$	
3.	COHESION	$\rightarrow \text{COHESION} = \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^n P_{ij}}{\sum_{j=1}^n P_{ij} \sqrt{a_{ij}}} \right] \left[1 - \frac{1}{\sqrt{Z}} \right]^{-1} (100)$	
4.	CONTIG (<i>Contiguity Index</i>)	$\rightarrow \text{CONTIG} = \frac{\left[\frac{\sum_{i=1}^n c_{ijr}}{a_{ij}} \right] - 1}{v-1} (100)$	
5.	MESH	$\rightarrow \text{MESH} = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}{A} (100)$	
6.	SPLIT	$\rightarrow \text{SPLIT} = \frac{A}{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}$	

Keterangan : P_i = Proporsi sebagian lansekap yang memiliki satu jenis kelas tertentu; a_{ij} (m^2) = Luas areal kelas ij ; A = Total luas lansekap yang diamati (m^2); n_i = Jumlah patch dalam kelas i ; P_{ij} = Perimeter patch ij yang merepresentasikan jumlah sel pada tepi patch yang terkoneksi secara fisik; Z = Jumlah sel pada suatu lansekap yang diamati; C_{ijr} = Nilai ketetanggaan pixel r dalam patch ij ; V = Jumlah nilai pixel dalam template 3×3 ; $\sum a_{ij}^2$ = Total luas class- i

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan Lahan di Wilayah Studi Tahun 2014 dan 2020

Perubahan penggunaan lahan yang terjadi di sekitar kawasan Hutan Lindung Gunung Nona menunjukkan hasil yang cukup signifikan. Perubahan penggunaan lahan terjadi pada kelas hutan yang berkurang sebesar 12,09% selama periode waktu 6 tahun (2014-2020). Demikian pula pada kelas semak belukar yang mengalami peningkatan luas areal hingga mencapai 202,12%, diikuti kelas tempat wisata sebesar 147%. Kelas pemukiman bertumbuh sebesar 25,67%. Perbandingan penggunaan lahan di lokasi studi tahun 2014-2020 dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 2. Perbandingan penggunaan lahan di wilayah studi Tahun 2014-2016

No	Penggunaan Lahan	Periode Waktu (Tahun)				Perubahan	
		2014		2020		Hektar	%
		Piksel	Hektar	Piksel	Hektar		
1	Hutan	381533	3.815,33	335411	3.354,11	(461,22)	(12,09)
2	Semak Belukar	7606	76,06	22979	229,79	153,73	202,12
3	Lahan Terbuka	7091	70,91	19413	194,13	123,22	73,77
4	Permukiman	63448	634,48	79738	797,38	162,90	25,67
5	Pusperjas	2504	25,04	2925	29,25	4,21	16,81
6	Fasilitas Umum	3637	36,37	4008	40,08	3,71	10,20
7	Tempat Wisata	911	9,11	2256	22,56	13,45	147,64

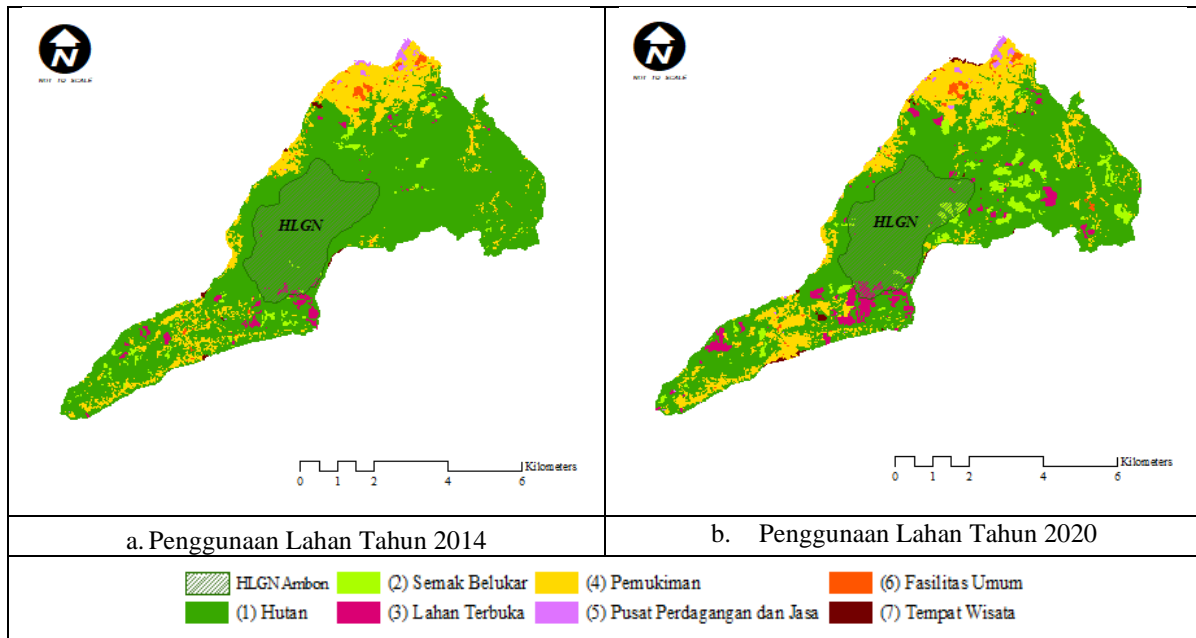
No	Penggunaan Lahan	Periode Waktu (Tahun)				Perubahan	
		2014		2020		Hektar	%
		Piksel	Hektar	Piksel	Hektar		
	Total	466730	4.667,30	466730	4.667,30		

Sumber: Analisis Spasial, 2023

Selama periode waktu 6 tahun (2014-2020), kelas hutan mengalami perubahan yang cukup signifikan. Perubahan penggunaan lahan hutan di sekitar kawasan HLGN yang dominan terjadi pada kelas pemukiman, diikuti kelas semak belukar dan lahan terbuka masing-masing 5,62%, 5,37% dan 3,38% dari luas hutan yang ada di wilayah studi. Faktor penyebab terjadinya perubahan ini disebabkan perkembangan wilayah pemukiman di sekitar kawasan yang bergerak secara dinamis. Kebutuhan akan lahan untuk pemukiman seiring bertambahnya jumlah penduduk memicu terjadinya alih fungsi lahan hutan menjadi pemukiman. Hasil serupa juga disampaikan dalam penelitian Hussain et al (2022) bahwa lahan yang digunakan untuk area vegetasi berubah menjadi area terbangun karena meningkatnya area infrastruktur dan komersial. Oleh karena itu, pengamatan yang tepat terhadap perubahan penggunaan lahan akan membantu instansi terkait, pemerintah dan pembuat kebijakan untuk mengembangkan pengelolaan lahan.

Perubahan lahan hutan menjadi semak belukar maupun lahan terbuka cukup mendominasi di wilayah studi selama periode waktu amatan. Pertumbuhan pemukiman yang sangat pesat dan bergerak secara dinamis di sekitar kawasan HLGN berdampak pada aktivitas masyarakat salah satunya pembukaan lahan untuk berkebun dan atau bertani. Ladang yang telah ditinggalkan lambat laun ditumbuhi oleh semak belukar, herba, pionir serta vegetasi lainnya hingga membentuk suatu komunitas baru. Hal lain yang teridentifikasi adalah munculnya lahan terbuka yang diamati selama periode ini. Lahan terbuka yang teramati berupa bekas kebun, maupun areal bekas kebakaran di sekitar wilayah studi.

Hasil amatan juga menunjukkan terjadi perubahan pada kelas lahan terbuka menjadi semak belukar sebesar 10,54%. Perubahan ini menunjukkan bahwa telah terjadi suksesi karena adanya aktivitas manusia di wilayah tersebut. Selama proses suksesi berlangsung, perkembangan yang terjadi merupakan perubahan yang menuju pada perbaikan habitat untuk membentuk komunitas baru (Indriyanto, 2015; Reneng et al., 2022). Vegetasi baru membutuhkan waktu 4 bulan untuk tumbuh di wilayah yang terbuka/rusak, kemudian disusul munculnya rumput yang tumbuh pesat dan pohon berkayu (Uhl et al., 1981; Setiawan, 2021).



Gambar 2. Perbandingan Penggunaan Lahan di Wilayah Studi (a). Tahun 2014; (b). Tahun 2020

Konfigurasi Pola Spasial Lansekap di Lokasi Studi

Konfigurasi pola spasial lansekap yang diamati dalam studi ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan *spatial metrics*. Beberapa kriteria yang digunakan untuk menggambarkan pola spasial lansekap diantaranya LPI (*Large Patch Index*), PD (*Patch Density*), COHESION (*Cohesion Index*), CONTIG (*Contiguity Index*), MESH dan SPLIT. LPI dan PD digunakan sebagai indikator *Density*, COHESION dan CONTIG untuk *Continuity*, MESH dan SPLIT untuk *Clustering* (Jatayu et al., 2020). Perbandingan konfigurasi pola spasial lansekap di wilayah studi tahun 2014 dan 2020 disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan konfigurasi pola spasial lansekap di wilayah studi Tahun 2014 dan 2020

Penggunaan Lahan	LPI	PD	COHESION	CONTIG	MESH	SPLIT
2014	81,36	8,19	99,21	0,19	3116,76	1,49
2020	72,36	9,67	99,11	0,22	2478,41	1,88

LPI (*Large Patch Index*) menggambarkan persentase terbesar dari patch dalam suatu kelas dibandingkan dengan total luas lansekap. Peningkatan nilai LPI menunjukkan bahwa ada perluasan area pada penggunaan lahan yang mendominasi area tersebut. Mengacu pada nilai LPI (Tabel 3.2.), patch terbesar mengalami intervensi dari kelas penggunaan lahan yang sedang berkembang. Dalam hal ini, hutan sebagai *patch* terbesar mengalami intervensi dari pertumbuhan pemukiman. *Patch Density* (PD) menggambarkan kepadatan pemukiman yang diamati, dimana nilai yang meningkat menunjukkan bahwa distribusi spasial lahan pemukiman semakin terkonsentrasi dan padat (Jatayu et al., 2020).

Untuk indikator kontinuitas, COHESION mengalami peningkatan seiring dengan meningkatkannya total distribusi dan total luas lahan pemukiman, sehingga secara fisik wilayah cenderung

terkoneksi satu sama lain (Firmansyah, 2018). Sementara, CONTIG mengalami sedikit peningkatan karena semakin meluasnya persebaran lahan pemukiman yang ditunjukkan dengan semakin meningkatnya jarak rata-rata antar kluster pemukiman.

Indikator yang mengalami penurunan adalah fragmentasi, dimana peningkatan nilai SPLIT dan penurunan nilai MESH terjadi karena lahan pemukiman yang sebelumnya memiliki pola kecil dan menyebar menjadi semakin masif dan mengelompok. Sementara itu semak belukar dan lahan terbuka juga menunjukkan pola yang sama. Berbeda halnya dengan penelitian (Jatayu et al., 2020) yang menjelaskan bahwa area non terbangun seperti sawah dan kebun campuran menunjukkan pola yang berlawanan dengan karakteristik area terbangun.

KESIMPULAN

Lansekap di sekitar kawasan Hutan Lindung Gunung Nona Ambon pada periode waktu 6 tahun (2014-2020) cenderung bergerak dinamis seiring dengan pertumbuhan pemukiman maupun aktivitas pertanian yang dilakukan masyarakat. Kelas penggunaan lahan yang mengalami perubahan cukup signifikan selama periode amatan yaitu semak belukar, lahan terbuka, permukiman dan tempat wisata.

Lahan hutan berpeluang terkonversi masif akibat intervensi pemukiman dengan konfigurasi pola spasial lahan pemukiman seperti kepadatan (*density*) dan kontinuitas (*continuity*) yang menunjukkan pola spasial semakin terkonsentrasi dan padat serta secara fisik wilayah terkoneksi satu sama lain. Demikian pula indikator fragmentasi (*fragmentation*) yang menunjukkan pola lahan pemukiman semakin masif dan mengelompok.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, A., Sigit, A., Putra, P., & Satiawan, R. (2018). Perumusan Faktor- Faktor Perubahan Tol Waru- Juanda di Kelurahan Tambakoso Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Teknik ITS*, Vol 7(2), pp: 173–179.
- Andryannur, H., Akbar, A. A., & Sulastri, A. (2022). Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Jasa Ekosistem Pangan Di Taman Nasional Danau Sentarum. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, Vol 20(3), pp: 615–
- Ariez, M., Gul, K., Larwai, M. I., & Amin, A. (2022). *Forest Cover Change Detection In Paktia Province Of Afghanistan Using Remote Sensing And GIS: 1998-2018*. 5(2), 169–177. <https://doi.org/10.29303/jbl.v5i2.887>
- Boreel, A., Parera, L., & Meliani. (2022). Analisis Faktor Pendorong Perubahan Penggunaan Lahan Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process* (Ahp) (Kasus : Das Waeruhu Kota Ambon). *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*, Vol 6(2), pp: 203–210.
- Firmansyah, F. (2018). Spatial pattern analysis using spatial metrics : a case study in Surabaya , Indonesia Spatial pattern analysis using spatial metrics : a case study in Surabaya , Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science PAPER*.
- Farneubun, N. N., Boreel, A., & Loppies, R. (2023). *Jurnal Agrosilvopasture-Tech Dinamika Perubahan Lahan di Sekitar Kawasan Hutan Lindung Gunung Nona serta Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya Dynamics of Landuse Change Around the Gunung Nona Protected Forest Area*

and Influencing Factors. Vol 2(1),pp: 29–36.

- Hapsary, M. S. A., Subiyanto, S., & Firdaus, H. S. (2021). Analisis Prediksi Perubahan Penggunaan Lahan Dengan Pendekatan Artificial Neural Network Dan Regresi Logistik Di Kota Balikpapan. *Jurnal Geodesi UNDIP*, Vol 10(2), pp: 88–97.
- Hastuti, Mappamiring, & Abdi. (2021). Pengelolaan kawasan hutan lindung di unit pelaksana teknis kesatuan pengelolaan hutan mata allo Kabupaten Enrekang. *Jurnal Universitas Muhammadiyah Makassar*, Vol 2(1),pp: 172–185.
- Hussain S., Mubeen M., Karuppanaan S. 2022. Land use and land cover (LULC) change analysis using TM, ETM+ and OLI Landsat images in district of Okara, Punjab, Pakistan. *Physic and Chemistry of The Earth, Parts A/B/C*. Volume 126. Elsevier.
- Jatayu, A., Rustiadi, E., & Pribadi, D. O. (2020). A quantitative approach to characterizing the changes and managing urban form for sustaining the suburb of a mega-urban region: The case of north cianjur. *Sustainability (Switzerland)*, Vol 12(19), pp:1–21.
- Kirabira, A. (2022). *TOPIC: Urban growth monitoring using spatial landscape*. March, 0–2. <https://doi.org/10.14293/S2199-1006.1.SOR-.PPF7VSL.v1>
- McGarigal, K., & Marks, B. J. (1995). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. *General Technical Report - US Department of Agriculture, Forest Service, PNW-GTR-351*.
- Nabila, D. A. (2023). Pemodelan prediksi dan kesesuaian perubahan penggunaan lahan menggunakan Cellular Automata-Artificial Neural Network (CA-ANN). *Tunas Agraria*, Vol 6(1), pp:41–55.
- Permana, M., Sitorus, S. R. P., & Darmawan, D. (2021). Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Dan Prediksinya dengan Menggunakan Markov – Cellular Automata Di Wilayah Peri Urban Kota Malang. *Tataloka*, Vol 23(3),pp: 307–319.
- Reneng, A. W., Ekamawanti, A. H., & Astiani, D. (2022). *Jurnal Lingkungan Hutan Tropis*. Vol 1(1),pp: 121–137.
- Sajib, A. M., & Moniruzzaman, M. (2022). Driving Forces of Landuse and Landcover Changes in the North-eastern Part of Dhaka Conurbation. *The Dhaka University Journal of Earth and Environmental Sciences*, Vol 10(2),pp: 53–66. <https://doi.org/10.3329/dujees.v10i2.57515>
- Saputra, M., Nugraha, I., Agus, F., & Hidayah, A. (2022). Prediksi Perubahan Penutup Lahan menggunakan Integrasi *Celullar Automata* dan *Analytical Hierarchy Process* (AHP)(Studi Kasus: Kota Pekanbaru). *Journal of Urban Regional Planning and Sustainable Environment*, Vol 1(1),pp: 1–13.
- Sari, Y. A., & Dewanti, D. (2019). Perubahan Penggunaan Lahan Dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Di Sekitar Area Panam Kota Pekanbaru. *Seminar Nasional Geomatika*, Vol 3, pp:751.
- Setiawan, F. (2021). Analisis Perubahan Tutupan/Penggunaan Lahan Kabupaten Bangka Selatan Tahun 2015-2020. *Proceedings of National Colloquium*, 209–213.