



Deteksi Perubahan Tutupan Lahan menggunakan Citra Planetscope di Desa Pandiri Kecamatan Lage Kabupaten Poso

(Land Cover Change Detection using Planetscope Imagery in Pandiri Village, Lage District, Poso Regency)

Berkat Laia^{1*}, Hasriani Muis¹, Misrah¹, Amati Eltriman Hulu²

¹ Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Tadulako, Kampus Bumi Tadulako Tondo Jl. Soekarno Hatta Km. 9, Palu, Sulawesi Tengah 94111, Indonesia

² Program Studi Pascasarjana Ilmu Pengelolaan Hutan, Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

Informasi Artikel:

Submission : 10 Juli 2025
Revised : 25 Oktober 2025
Accepted : 01 November 2025
Published : 01 Desember 2025

*Penulis Korespondensi:

Berkat Laia
Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan,
Universitas Tadulako, Kampus Bumi Tadulako
Tondo Jl. Soekarno Hatta Km. 9, Palu, Sulawesi
Tengah 94111, Indonesia
e-mail: berkatlaia2002@gmail.com
Telp: +62 813-5589-7847

Makila 19 (2) 2025: 359-369

DOI: <https://doi.org/10.30598/makila.v19i2.20733>



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Copyright ©2025 Author(s): Berkata Laia, Hasriani Muis, Misrah, Amati Eltriman Hulu
Journal homepage:
<https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/makila>
Journal e-mail: makilajournal@gmail.com

Research Article · [Open Access](#)

ABSTRACT

Land cover change reflects the dynamics of spatial use and the environmental condition of a region. This study aims to detect land cover changes in Pandiri Village, Lage District, Poso Regency, using PlanetScope satellite imagery acquired in 2019 and 2024. Land cover classification was performed using the Maximum Likelihood Classification (MLC) method, while change detection was conducted through a post-classification comparison of the resulting classified maps. The results identified six primary land cover classes: forest, dryland agriculture, open land, settlement, paddy fields, and water bodies. Over the 2019–2024 period, forest area decreased by 88.46 hectares, and dryland agriculture declined by 31.35 hectares. Conversely, increases occurred in open land (44.21 ha), settlement (24.23 ha), paddy fields (25.99 ha), and water bodies (25.38 ha). Accuracy assessment yielded an overall accuracy of 96.67% with a Kappa coefficient of 0.95, indicating a highly reliable classification. These findings confirm the capability of PlanetScope imagery in detecting village-scale land cover changes. The outcomes of this study are essential for supporting the evaluation of spatial planning policies and controlling land conversion to achieve sustainable natural resource management.

KEYWORDS: *land cover change; PlanetScope; Maximum Likelihood Classification; remote sensing*

INTISARI

Perubahan tutupan lahan mencerminkan dinamika pemanfaatan ruang serta kondisi lingkungan suatu wilayah. Penelitian ini bertujuan mendeteksi perubahan tutupan lahan di Desa Pandiri, Kecamatan Lage, Kabupaten Poso, menggunakan citra satelit PlanetScope tahun 2019 dan 2024. Klasifikasi tutupan lahan dilakukan dengan metode Maximum Likelihood Classification (MLC), sedangkan analisis perubahan dilakukan melalui post-classification comparison terhadap peta hasil klasifikasi. Hasil penelitian mengidentifikasi enam kelas utama tutupan lahan, yaitu hutan, pertanian lahan kering, lahan terbuka, permukiman, sawah, dan tubuh air. Selama periode 2019–2024, luas hutan menurun sebesar 88,46 hektare, sementara pertanian lahan kering berkurang 31,35 hektare. Sebaliknya, terjadi peningkatan pada lahan terbuka (44,21 ha), permukiman (24,23 ha), sawah (25,99 ha), dan tubuh air (25,38 ha). Hasil uji akurasi menunjukkan nilai akurasi keseluruhan sebesar 96,67% dengan koefisien Kappa 0,95, yang menandakan klasifikasi sangat andal. Temuan ini menegaskan kemampuan citra PlanetScope dalam mendeteksi perubahan tutupan lahan pada skala desa. Hasil penelitian ini penting sebagai dasar evaluasi kebijakan tata ruang desa dan pengendalian alih fungsi lahan menuju pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan.

KATA KUNCI: perubahan tutupan lahan; PlanetScope; Maximum Likelihood Classification; penginderaan jauh

PENDAHULUAN

Perubahan tutupan lahan merupakan fenomena global yang terjadi akibat interaksi kompleks antara aktivitas manusia dan dinamika lingkungan (Zhu *et al.*, 2022). Perubahan ini berdampak signifikan terhadap fungsi ekosistem, keanekaragaman hayati, dan kesejahteraan masyarakat (Hussain & Karuppannan, 2023; Leta *et al.*, 2021; Regasa *et al.*, 2021). Di banyak wilayah, perubahan tutupan lahan yang tidak terkendali telah menyebabkan degradasi tanah, penurunan kualitas air, perubahan siklus hidrologi, dan berkontribusi terhadap perubahan iklim global (Garg *et al.*, 2019; Hulu *et al.*, 2023; Kalnay & Cai, 2003; Wedajo *et al.*, 2024).

Fenomena tersebut semakin signifikan di negara berkembang, termasuk Indonesia, yang mengalami konversi lahan dalam skala besar untuk memenuhi kebutuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk (Molotoks *et al.*, 2021; Seto *et al.*, 2012). Kabupaten Poso merupakan satu wilayah di Sulawesi Tengah, yang mengalami transformasi tutupan lahan dalam beberapa dekade terakhir. Perubahan tersebut terutama terjadi di wilayah seperti Desa Pandiri, Kecamatan Lage, yang memiliki sumber daya alam berlimpah namun tertekan oleh perkembangan sosial-ekonomi, pertumbuhan penduduk, dan perubahan tata guna lahan (Nahib *et al.*, 2018).

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh yang terus berkembang, didukung oleh ketersediaan data Citra Satelit Resolusi Tinggi (CSRT), memberikan peluang besar dalam peningkatan akurasi deteksi dan pemetaan tutupan lahan. Salah satu jenis CSRT yang banyak digunakan adalah citra PlanetScope, yang memiliki resolusi spasial hingga 5 meter dan cakupan temporal harian, sehingga memungkinkan pemantauan perubahan tutupan lahan secara lebih detail dan berkelanjutan. Penelitian Hulu & Alexis (2025) menunjukkan bahwa citra PlanetScope memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mengidentifikasi berbagai kelas tutupan lahan dengan tingkat akurasi yang baik, sehingga berpotensi besar untuk dimanfaatkan dalam kajian lingkungan, perencanaan tata ruang, serta pemantauan perubahan ekosistem secara spasial dan temporal.

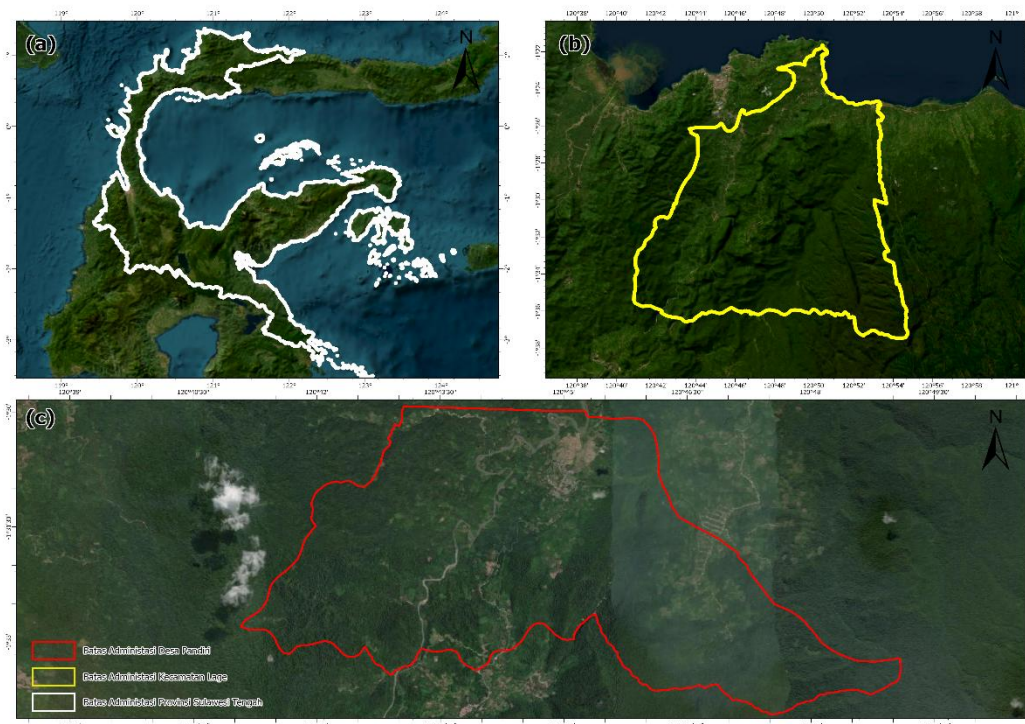
Informasi kuantitatif dan analisis spasial mengenai pola dan laju perubahan tutupan lahan di Desa Pandiri masih terbatas. Studi terdahulu telah menunjukkan efektivitas teknologi penginderaan jauh dan SIG dalam menganalisis perubahan tutupan lahan (Navin & Agilandeewari, 2020). Namun, belum ada kajian komprehensif yang secara spesifik menggunakan citra satelit resolusi tinggi seperti *PlanetScope* dengan metode *Maximum Likelihood Classification* (MLC) untuk menganalisis perubahan di tingkat desa secara detail.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan di Desa Pandiri antara tahun 2019 hingga 2024, menggunakan citra *PlanetScope* dengan pendekatan MLC, penelitian ini diharapkan menghasilkan informasi geospasial yang akurat untuk mendukung pengambilan kebijakan pembangunan berkelanjutan di tingkat lokal.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan, yaitu pada bulan Oktober hingga bulan November 2024, di Desa Pandiri, Kecamatan Lage, Kabupaten Poso, Provinsi Sulawesi Tengah. Secara geografis, Desa Pandiri terletak pada koordinat 01°31'27" LS dan 120°44'06" BT dengan luas 5.741.49 Ha (**Gambar 1**).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (a) Provinsi Sulawesi Tengah, (b) Kecamatan Lage, (c) Desa Pandiri

Alat dan Data

Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan, antara lain laptop, perangkat lunak ArcGIS Pro, Microsoft Word 2021, dan Microsoft Excel 2021. Selain itu, digunakan pula alat tulis, GPS, kamera, serta aplikasi Avenza Maps untuk mendukung kegiatan survei lapangan (*ground check*). Sedangkan data yang digunakan yaitu data citra *PlanetScope* NICFI Level 1 perekaman Oktober 2019 dan oktober 2024 (**Tabel 1**), data administrasi Kecamatan Lage tahun 2024 (format *shapefile*) bersumber dari Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), dan data hasil survei lapangan atau *ground check*.

Tabel 1. Karakteristik Citra *PlanetScope* NICFI Level 1

Jenis Data	Band Spektral	Resolusi Spasial
Citra <i>PlanetScope</i> NICFI Level 1	Blue	4,7 Meter
	Green	
	Red	
	Near-Infrared	

Pengolahan dan Analisis Data

Pra Pengolahan Data Citra

Mosaik Reflektansi Permukaan *PlanetScope* yang disediakan melalui program NICFI dirancang sebagai data siap analisis (*analysis ready*), citra tersebut telah melalui serangkaian proses pra-pengolahan untuk meminimalkan pengaruh atmosfer dan sensor, sehingga merepresentasikan reflektansi permukaan bumi secara akurat. Sebelum digunakan dalam analisis, citra *PlanetScope* terlebih dahulu dikoreksi secara geometrik agar sejajar dengan sistem koordinat dan posisi spasial wilayah penelitian. Setelah itu, citra dipotong (*cropping*) berdasarkan batas administratif area kajian

untuk membatasi wilayah analisis sesuai kebutuhan penelitian. Tahap berikutnya adalah pembuatan citra komposit dengan mengombinasikan kanal Merah, Hijau, dan Biru (RGB) guna mempermudah proses interpretasi visual terhadap objek tutupan lahan.

Training Area (TA)

Berdasarkan hasil survei lapangan dan interpretasi visual dilakukan TA sebagai penciri dari masing-masing tutupan lahan. Jaya & Etyarsah (2021) merekomendasikan untuk melakukan TA pixel sebanyak 10 sampai 100 kali dari jumlah band yang digunakan. Evaluasi TA dilakukan berdasarkan nilai separabilitas menggunakan *Transformed Divergence*. Sebanyak enam skema kelas yang akan di deteksi yaitu hutan lahan kering, pertanian lahan kering, permukiman, badan air, lahan terbuka, dan permukiman.

Klasifikasi dan Perubahan Tutupan Lahan

Deteksi tutupan lahan menggunakan metode *Maximum Likelihood Classification*. Akurasi hasil klasifikasi dievaluasi menggunakan matriks kesalahan (*confusion matrix*) dengan membandingkan data hasil klasifikasi dengan data hasil pengamatan lapangan. Selanjutnya dihitung nilai *producer accuracy*, *user accuracy*, *overall accuracy*, dan *Kappa accuracy* (Jaya & Etyarsah, 2021). Untuk mengetahui luasan perubahan dan lintasan perubahan tutupan lahan dilakukan dengan operasi spasial *Overlay* hasil klasifikasi tahun 2019 dan 2024 sehingga menghasilkan matriks perubahan tutupan lahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tutupan Lahan Desa Pandiri Tahun 2019

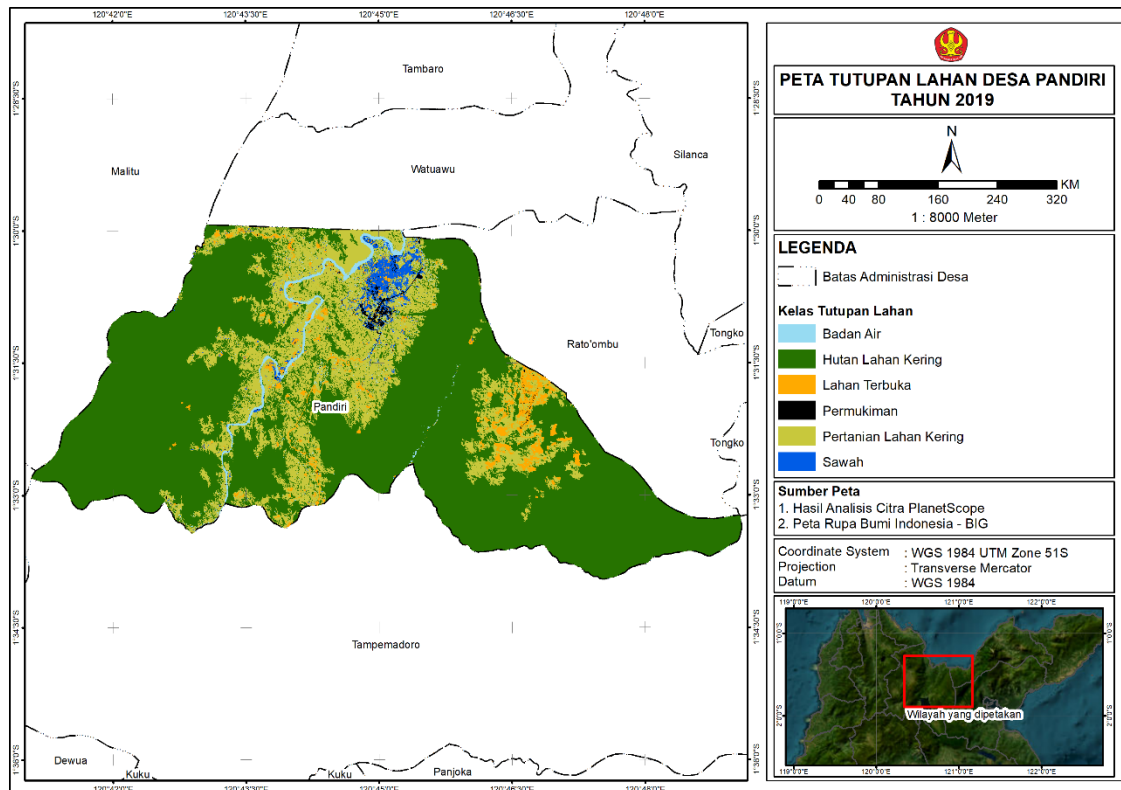
Evaluasi separabilitas pada area pelatihan menggunakan parameter *Transformed Divergence* (TD) menghasilkan nilai rata-rata sebesar 1900, yang mampu memisahkan spektral antar kelas tutupan lahan dalam kategori sangat baik. Klasifikasi tutupan lahan dengan algoritma *Maximum Likelihood Classification* (MLC) berhasil membedakan enam kelas tutupan lahan berdasarkan karakteristik spektralnya.

Tabel 2. Tutupan lahan Desa Pandiri 2019

No	Kelas Tutupan Lahan 2019	Luas 2019 (Ha)
1	Hutan Lahan Kering	4.094,27
2	Lahan Terbuka	159,06
3	Permukiman	26,89
4	Pertanian Lahan Kering	1.275,33
5	Sawah	92,17
6	Badan Air	93,77
Total		5.741.49

Sumber: Olah data primer, 2025

Berdasarkan hasil klasifikasi citra tahun 2019, wilayah studi didominasi oleh kelas hutan lahan kering sebesar 71,31% dari total keseluruhan. Hal ini mencerminkan bahwa sebagian besar area di Desa Pandiri masih merupakan vegetasi lebat. Kelas pertanian lahan kering menempati posisi kedua sebesar 22,21%, distribusi pertanian lahan kering menunjukkan bahwa kegiatan pertanian cukup signifikan namun tidak melebihi luas tutupan hutan lahan kering.



Gambar 2. Tutupan lahan Desa Pandiri 2019

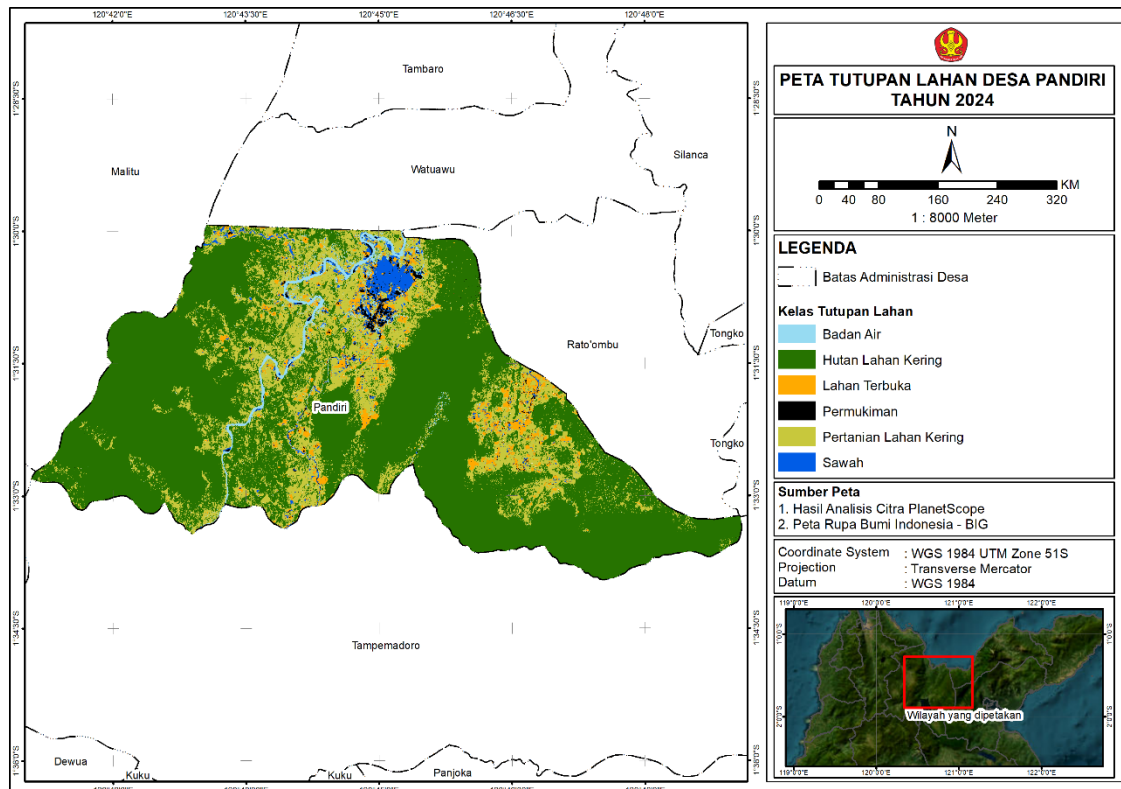
Tutupan Lahan Desa Pandiri Tahun 2024

Berdasarkan hasil klasifikasi, teridentifikasi enam kelas tutupan lahan utama yang terdistribusi di wilayah Desa Pandiri pada tahun 2024 (Tabel 3).

Tabel 3 Tutupan lahan Desa Pandiri 2024		
No	Kelas Tutupan Lahan 2024	Luas 2024 (Ha)
1	Hutan	4.005,81
2	Lahan Terbuka	203,27
3	Permukiman	51,13
4	Pertanian Lahan Kering	1.243,97
5	Sawah	118,16
6	Badan Air	119,15
Total		5.741.49

Sumber: Olah data primer, 2025

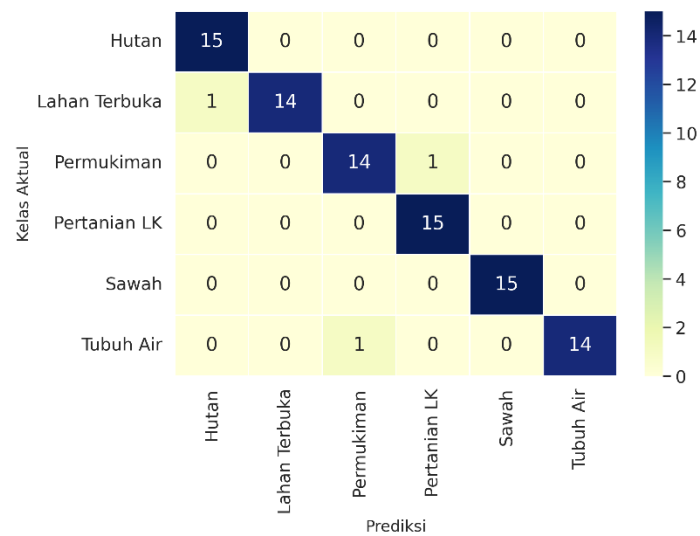
Pada tahun 2024, tutupan lahan didominasi oleh hutan lahan kering 69,77% dari total luasan wilayah. Ini menunjukkan bahwa area tersebut masih memiliki tutupan vegetasi yang luas dan relatif belum banyak mengalami perubahan fungsi lahan. Pertanian Lahan kering mencakup 21,67%, menandakan bahwa pertanian masih menjadi aktivitas ekonomi utama masyarakat, khususnya jenis pertanian yang tidak membutuhkan irigasi intensif. Sementara itu, lahan terbuka mencapai 3,54% yang merupakan area tidak produktif atau sedang dalam transisi pemanfaatan untuk kegiatan lahan pertanian.



Gambar 3. Tutupan lahan Desa Pandiri 2019

Uji Akurasi

Berdasarkan analisis *confusion matrix*, klasifikasi tutupan lahan menunjukkan hasil yang sangat baik dengan *overall accuracy* sebesar 96,67% dan kappa sebesar 0,96, yang menandakan tingkat kesesuaian yang hampir sempurna antara hasil klasifikasi dan kondisi aktual. Nilai *producer accuracy* dan *user accuracy* untuk sebagian besar kelas berada pada kisaran 93,33% hingga 100%, menunjukkan bahwa model mampu mengidentifikasi dan memprediksi kelas dengan sangat akurat. Meskipun terdapat sedikit kesalahan pada kelas Lahan Terbuka, Permukiman, dan Tubuh Air, jumlahnya sangat kecil dan tidak berpengaruh signifikan terhadap akurasi keseluruhan.



Gambar 4. Confusion matrix tutupan lahan

Perubahan Tutupan Lahan Desa Pandiri

Berdasarkan data tutupan lahan tahun 2019 dan 2024 di Desa Pandiri, diketahui arah perubahan masing-masing tutupan lahan dengan rentang 5 tahun. Nilai pada masing-masing sel menunjukkan luas lahan (dalam hektar) yang mengalami perubahan dari satu kelas tutupan ke kelas lainnya.

Tabel 4. Matriks Perubahan Tutupan Lahan

Jenis Tutupan Lahan		Tahun 2024						Jumlah
		BA	HLK	LT	PMK	PLK	SW	
Tahun 2019	BA	54,82	8,06	3,71	4,74	16,38	6,08	93,77
	HLK	13,99	3.648,22	38,17	3,32	384,33	6,27	4.094,30
	LT	3,67	10,10	38,20	8,83	78,98	19,28	159,06
	PMK	0,94	0,19	3,19	13,63	2,37	6,57	26,89
	PLK	40,02	337,63	106,00	11,59	744,08	35,99	1.275,30
	SW	5,71	1,54	14,01	9,02	17,92	43,97	92,17
Jumlah		119,15	4.005,73	203,27	51,12	1.244,06	118,16	

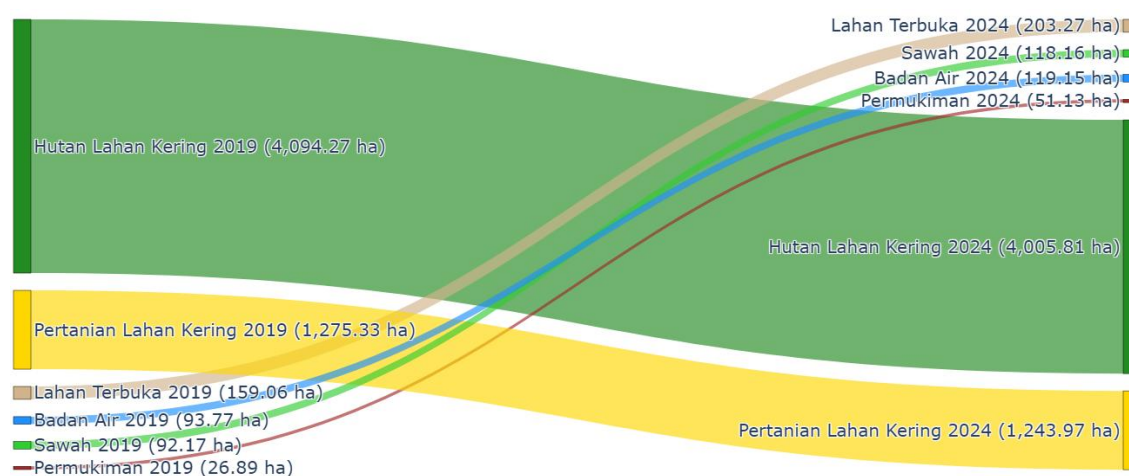
Sumber: Olah data primer, 2025

Keterangan : HLK (Hutan Lahan Kering), LT (Lahan Terbuka), Permukiman (PMK), Pertanian Lahan Kering (PLK), Sawah (SW), Badan Air (BA)

Selama periode 2019 hingga 2024, terjadi perubahan yang cukup signifikan pada tutupan lahan di wilayah penelitian. Konversi lahan dari hutan menjadi pertanian lahan kering tercatat mencapai 384,33 hektar, yang menunjukkan tekanan terhadap kawasan berhutan. Secara spasial, pola perubahan ini memperlihatkan fragmentasi yang dominan terjadi pada tepi-tepi tutupan hutan (Ma *et al.*, 2023), mengindikasikan adanya aktivitas pembukaan lahan secara bertahap oleh masyarakat atau perluasan area budidaya. Di sisi lain, terdapat pula proses rehabilitasi alami maupun hasil intervensi manusia, yang ditunjukkan oleh perubahan lahan pertanian menjadi hutan

lahan kering sekunder seluas 337,63 hektar. Temuan ini mengindikasikan dinamika dua arah antara deforestasi dan regenerasi vegetasi yang berlangsung secara simultan selama periode pengamatan.

Selama periode pengamatan teridentifikasi dinamika perubahan antara kelas pertanian lahan kering dan lahan terbuka. Luas lahan yang mengalami konversi dari pertanian lahan kering menjadi lahan terbuka mencapai 106,00 hektar, hal ini menunjukkan adanya proses degradasi atau penelantaran lahan pasca-pertanian. Sebaliknya, perubahan dari lahan terbuka menjadi pertanian lahan kering seluas 78,98 hektar terjadi karena adanya upaya pemanfaatan kembali lahan tidak produktif untuk kegiatan budidaya. Pola perubahan dua arah ini menggambarkan adanya fluktuasi dalam pemanfaatan lahan yang dipengaruhi oleh faktor sosial-ekonomi, ketersediaan sumber daya, serta dinamika penggunaan lahan di tingkat lokal (Shi *et al.*, 2018).



Gambar 5. Grafik perubahan tutupan lahan Desa Pandiri tahun 2019-2024

Secara umum, selain kelas hutan lahan kering dan pertanian lahan kering, perubahan tutupan lahan selama periode 2019–2024 menunjukkan dinamika yang relatif kecil namun tetap mencerminkan adanya aktivitas pemanfaatan lahan di wilayah penelitian. Kelas badan air cenderung stabil dengan luas 54,82 hektar yang tidak berubah secara signifikan, sehingga dapat dikatakan bahwa kondisi perairan di wilayah ini relatif terjaga.

Kelas permukiman menunjukkan kecenderungan peningkatan luas, dengan sebagian area tetap sebagai permukiman (13,63 ha) dan adanya tambahan lahan dari lahan terbuka serta pertanian lahan kering. Hal ini mencerminkan pertumbuhan wilayah terbangun yang sejalan dengan peningkatan kebutuhan ruang dan aktivitas penduduk. Sementara itu, kelas sawah juga relatif stabil dengan luas 43,97 hektar yang tetap, disertai sedikit perubahan menjadi pertanian lahan kering dan lahan terbuka, yang umumnya terjadi akibat pergiliran penggunaan lahan atau perubahan sistem budidaya.

KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa selama periode 2019–2024 telah terjadi dinamika perubahan tutupan lahan yang paling menonjol pada kelas hutan dan pertanian lahan kering, sedangkan kelas badan air, lahan terbuka, permukiman, dan sawah menunjukkan perubahan yang relatif stabil. Pemanfaatan citra PlanetScope terbukti memiliki kinerja yang sangat baik dalam mendeteksi perubahan tutupan lahan, dengan tingkat akurasi klasifikasi mencapai 96%, yang mencerminkan kemampuan resolusi spasial tinggi dalam mengidentifikasi variasi penutup lahan secara detail. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan penggunaan pendekatan berbasis machine learning guna meningkatkan akurasi dan keandalan dalam mendeteksi kelas tutupan lahan yang lebih kompleks. Secara strategis, hasil penelitian ini menjadi landasan ilmiah bagi perencanaan tata ruang yang berkelanjutan serta pengelolaan sumber daya alam yang berbasis pada bukti empiris, khususnya dalam konteks pengambilan keputusan berbasis data geospasial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Unit Pelaksana Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) Fakultas Kehutanan Universitas Tadulako yang telah menyelenggarakan Program Magang Mandiri Batch 2 serta memfasilitasi kegiatan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) Sintuwu Maroso atas bantuan dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Garg, V., Nikam, B. R., Thakur, P. K., Aggarwal, S. P., Gupta, P. K., & Srivastav, S. K. (2019). Human-induced land use land cover change and its impact on hydrology. *HydroResearch*, 1. <https://doi.org/10.1016/j.hydres.2019.06.001>
- Hulu, A. E., & Alexis, M. (2025). Model Deteksi Tutupan Lahan di Kecamatan Gunungsitoli Menggunakan Algoritma Decision Tree Berbasis Machine Learning. *Techno.Com*, 24(3), 658-668. <https://doi.org/10.62411/tc.v24i3.12955>
- Hulu, A. E., Muis, H., Massiri, S. D., Naharuddin, N., Toknok, B., Pribadi, H., Rahman, A., Maiwa, A., Baharuddin, R. F., Suni, M. A., & Istiqamah, N. (2023). Spatial Analysis of Water Infiltration Potential in the Miu Watershed of Sigi Regency. *Advance Sustainable Science Engineering and Technology*, 5(2), 0230208. <https://doi.org/10.26877/asset.v5i2.16626>
- Hussain, S., & Karuppannan, S. (2023). Land use/land cover changes and their impact on land surface temperature using remote sensing technique in district Khanewal, Punjab Pakistan. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 7(1). <https://doi.org/10.1080/24749508.2021.1923272>
- Jaya, I. N. S., & Etyarsah, S. (2021). Analisis Citra Digital Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam (Vol. 1). PT Penerbit IPB Press.
- Kalnay, E., & Cai, M. (2003). Impact of urbanization and land-use change on climate. *Nature*, 423(6939). <https://doi.org/10.1038/nature01675>

- Leta, M. K., Demissie, T. A., & Tränckner, J. (2021). Modeling and prediction of land use land cover change dynamics based on land change modeler (Lcm) in nashe watershed, upper blue Nile basin, Ethiopia. *Sustainability (Switzerland)*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/su13073740>
- Ma, J., Li, J., Wu, W., & Liu, J. (2023). Global forest fragmentation change from 2000 to 2020. *Nature Communications*, 14(1), 3752. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39221-x>
- Molotoks, A., Smith, P., & Dawson, T. P. (2021). Impacts of land use, population, and climate change on global food security. *Food and Energy Security*, 10(1). <https://doi.org/10.1002/fes3.261>
- Nahib, I., Turmudi, T., Windiastuti, R., Suryanta, J., Dewi, R. S., & Lestari, S. (2018). Comparing of Land Change Modeler and Geomod Modeling for the Assessment of Deforestation (Case Study: Forest Area at Poso Regency, Central Sulawesi Province). *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, 4(8). <https://doi.org/10.22161/ijaems.4.8.4>
- Navin, M. S., & Agilandeewari, L. (2020). Comprehensive review on land use/land cover change classification in remote sensing. In *Journal of Spectral Imaging* (Vol. 9). <https://doi.org/10.1255/jsi.2020.a8>
- Regasa, M. S., Nones, M., & Adeba, D. (2021). A review on land use and land cover change in Ethiopian basins. *Land*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/land10060585>
- Seto, K. C., Güneralp, B., & Hutyra, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(40). <https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>
- Shi, G., Jiang, N., & Yao, L. (2018). Land Use and Cover Change during the Rapid Economic Growth Period from 1990 to 2010: A Case Study of Shanghai. *Sustainability*, 10(2), 426. <https://doi.org/10.3390/su10020426>
- Wedajo, G. K., Muleta, M. K., & Awoke, B. G. (2024). Impacts of combined and separate land cover and climate changes on hydrologic responses of Dhidhessa River basin, Ethiopia. *International Journal of River Basin Management*, 22(1). <https://doi.org/10.1080/15715124.2022.2101464>
- Zhu, Z., Qiu, S., & Ye, S. (2022). Remote sensing of land change: A multifaceted perspective. In *Remote Sensing of Environment* (Vol. 282). <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113266>