

**DINAMIKA PENGGUNAAN LAHAN DAN KERAPATAN VEGETASI BERBASIS
CITRA SENTINEL-2 DI SUB DAS MALILI, LUWU TIMUR**

*Land Use Dynamics and Vegetation Density Based On Sentinel-2 Imagery In The Malili
Sub Watershed, East Luwu District*

Nindya Safira¹, La Sumange¹, Anugrahadini Nasir¹

¹*Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Islam Makassar*
e-mail: safiranindya670@gmail.com

ABSTRACT

Land use changes in the Malili Sub-Watershed, East Luwu Regency, continue to increase due to the pressure of human activities, especially nickel mining, which has the potential to affect vegetation cover and hydrological function. Although studies of land use change have been widely conducted in various watersheds in Indonesia, long-term research integrating the analysis of land use change and vegetation dynamics at the sub-watershed scale is still limited. This study aims to analyze land use changes and vegetation density levels in the Malili Sub-Watershed in 2015 and 2024 using Sentinel-2 imagery through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) approach and guided classification Maximum Likelihood Classification (MLC). The results showed a decrease in the area of primary dryland forest from 268.81 ha to 111.74 ha. On the other hand, secondary dryland forests increased by 128.07 ha and shrubs increased by 69.17 ha. The NDVI value in 2015 ranged from -0.18 to 0.65 and increased in 2024 to -0.09 to 0.67, indicating the predominance of medium to high density vegetation. The accuracy test resulted in an Overall Accuracy of 90%, so the classification map was considered feasible. The uniqueness of this research lies in the integration of NDVI and transition matrix in uncovering the dynamics of degradation and vegetation regeneration in mining areas.

Keywords: *Changes in Land Use; GIS; Malili Sub-Watershed; NDVI, Sentinel-2*

ABSTRAK

Perubahan penggunaan lahan di Sub DAS Malili, Kabupaten Luwu Timur, terus meningkat akibat tekanan aktivitas manusia, terutama pertambangan nikel, yang berpotensi memengaruhi tutupan vegetasi dan fungsi hidrologis. Meskipun kajian perubahan penggunaan lahan telah banyak dilakukan di berbagai DAS di Indonesia, penelitian jangka panjang yang mengintegrasikan analisis perubahan penggunaan lahan dan dinamika vegetasi pada skala sub DAS masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan penggunaan lahan dan tingkat kerapatan vegetasi di Sub DAS Malili pada tahun 2015 dan 2024 menggunakan citra Sentinel-2 melalui pendekatan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan klasifikasi terbimbing *Maximum Likelihood Classification* (MLC). Hasil penelitian menunjukkan penurunan luas hutan lahan kering primer dari 268,81 ha menjadi 111,74 ha. Sebaliknya, hutan lahan kering sekunder mengalami peningkatan sebesar 128,07 ha dan semak belukar meningkat sebesar 69,17 ha. Nilai NDVI tahun 2015 berkisar antara -0,18 hingga 0,65 dan meningkat pada tahun 2024 menjadi -0,09 hingga 0,67, yang mengindikasikan dominasi vegetasi berkerapatan sedang hingga tinggi. Uji akurasi menghasilkan *Overall Accuracy* sebesar 90%, sehingga peta klasifikasi dinilai layak. Keunikan penelitian ini terletak pada integrasi NDVI dan transition matrix dalam mengungkap dinamika degradasi dan regenerasi vegetasi pada kawasan pertambangan.

Kata kunci: *Perubahan Penggunaan Lahan; SIG; Sub DAS Malili; NDVI, Sentinel-2*

PENDAHULUAN

Perubahan penggunaan lahan merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan tekanan ekonomi. Pemanfaatan lahan tanpa memperhatikan prinsip keberlanjutan telah menimbulkan berbagai dampak ekologis, seperti penurunan kualitas tanah, hilangnya keanekaragaman hayati, serta meningkatnya risiko bencana hidrometeorologis, termasuk banjir dan longsor. Tekanan terhadap lahan tersebut terutama dipicu oleh aktivitas manusia di sektor pertambangan, pertanian dan permukiman, yang secara langsung mengubah struktur dan fungsi ekosistem di berbagai daerah aliran sungai (DAS) di Indonesia (Cahyono *et al.*, 2021).

Sub DAS Malili yang merupakan bagian dari DAS Pongkeru di Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan, merupakan wilayah yang mengalami tekanan lahan cukup tinggi. Perkembangan aktivitas pertambangan nikel di kawasan ini menjadi salah satu faktor utama perubahan penggunaan lahan, khususnya melalui pembukaan kawasan hutan, pengupasan tanah penutup (*overburden*), serta pembangunan infrastruktur penunjang tambang. Aktivitas tersebut berdampak pada berkurangnya tutupan vegetasi alami, meningkatnya lahan terbuka, serta menurunnya kualitas lingkungan, yang ditandai dengan perubahan warna dan kualitas air sungai serta meningkatnya potensi erosi dan sedimentasi (Mappatarai *et al.*, 2024). Tekanan lahan yang terus meningkat ini berimplikasi langsung pada degradasi fungsi ekologis Sub DAS Malili.

Data Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah VII Makassar (2021), menunjukkan bahwa luas hutan di DAS Pongkeru mengalami penurunan dari 191.860,28 ha pada tahun 2015 menjadi 175.752,06 ha pada tahun 2021, atau berkurang sekitar 16.108,22 ha dalam kurun waktu enam tahun. Penurunan tutupan hutan tersebut mencerminkan berkurangnya kerapatan dan kesehatan vegetasi, yang

secara spektral dapat diidentifikasi melalui perubahan nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Marlina, 2022). Dalam konteks ini, aktivitas pertambangan nikel diduga berkontribusi terhadap penurunan nilai NDVI akibat konversi vegetasi alami menjadi lahan terbuka tambang, sehingga memengaruhi kemampuan lahan dalam menjaga keseimbangan hidrologis DAS (Indarto *et al.*, 2020).

Tekanan lahan yang bersifat spasial dan berlangsung dalam jangka waktu panjang menuntut adanya pendekatan analisis yang mampu menggambarkan dinamika perubahan secara menyeluruh, baik dari sisi keruangan maupun temporal. Analisis spasial berbasis penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) menjadi kebutuhan penting untuk memantau perubahan penggunaan lahan dan kondisi vegetasi secara efisien, konsisten, dan berkelanjutan (Suwardi, 2024). Pendekatan ini memungkinkan identifikasi area yang mengalami degradasi vegetasi serta penilaian tingkat keparahan perubahan lingkungan akibat aktivitas antropogenik, termasuk pertambangan.

Dalam hal pemilihan metode, citra satelit Sentinel-2 dengan resolusi spasial hingga 10 meter dinilai mampu memberikan detail yang memadai untuk analisis perubahan tutupan lahan pada skala sub DAS (Arafah & Tennis, 2023). Analisis *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) digunakan untuk menilai tingkat kehijauan, kerapatan dan kesehatan vegetasi berdasarkan perbedaan reflektansi kanal merah (*Red*) dan inframerah dekat (NIR), sehingga efektif dalam mendeteksi dampak degradasi vegetasi akibat aktivitas pertambangan. Sementara itu, metode klasifikasi terbimbing *Maximum Likelihood Classification* (MLC) dipilih karena kemampuannya dalam mengelompokkan kelas penggunaan lahan secara statistik dengan tingkat akurasi yang relatif tinggi.

Meskipun berbagai penelitian telah

menerapkan NDVI atau klasifikasi tutupan lahan, belum terdapat kajian yang secara khusus membandingkan dinamika vegetasi jangka panjang (2015–2024) di Sub DAS Malili dengan mengintegrasikan analisis NDVI dan klasifikasi MLC berbasis Sentinel-2, serta mengaitkannya secara langsung dengan tekanan pertambangan nikel. Sebagian besar studi sebelumnya berfokus pada DAS lain, menggunakan periode waktu lebih pendek, atau hanya mengandalkan salah satu teknik analisis. Kondisi ini menunjukkan adanya *research gap* yang penting dan perlu diisi melalui kajian komprehensif di lokasi ini.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan dan dinamika tingkat kerapatan vegetasi di Sub DAS Malili pada tahun 2015 dan 2024 menggunakan citra Sentinel-2. Integrasi analisis NDVI dan klasifikasi terbimbing *Maximum Likelihood Classification* (MLC) diharapkan mampu memberikan gambaran spasial dan temporal yang komprehensif mengenai dampak aktivitas pertambangan nikel terhadap perubahan vegetasi, serta menjadi dasar ilmiah bagi perencanaan pengelolaan lahan dan tata ruang yang berkelanjutan di wilayah DAS Pongkeru. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan di Sub DAS Malili pada tahun 2015

dan 2024 serta mengidentifikasi tingkat kerapatan vegetasi menggunakan analisis NDVI berbasis citra Sentinel-2.

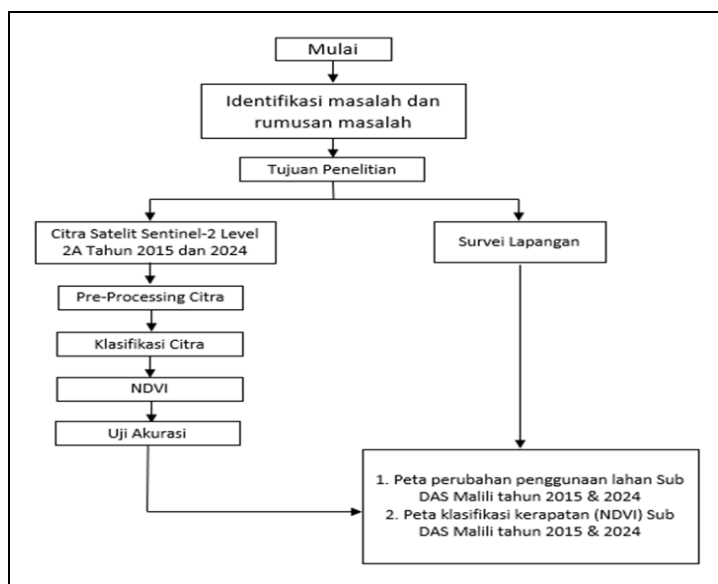
METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus hingga September 2025 di kawasan Sub DAS Malili, yang merupakan bagian dari DAS Pongkeru, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara geografis, Sub DAS Malili terletak pada koordinat 121°09'31,320" BT dan 2°39'32,883" LS dengan luas wilayah sekitar 893,76 hektar. Wilayah ini dipilih karena mengalami perubahan tutupan lahan cukup signifikan akibat aktivitas pertambangan, pertanian dan permukiman.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penginderaan jauh dan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan dan tingkat kerapatan vegetasi pada dua periode waktu, yaitu tahun 2015 dan 2024. Tahapan penelitian disusun secara sistematis mulai dari perencanaan, pengolahan data, hingga penyusunan output penelitian. Alur tahapan penelitian secara ringkas disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur tahapan penelitian

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi laptop dengan spesifikasi minimal RAM 8 GB yang didukung perangkat lunak ArcGis 10.8, Receiver GPS (*Global Positioning System*), Tallysheet dan alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas Citra Sentinel-2 Level-2A dengan tanggal pengambilan 3 Desember 2015 dan 2 Desember 2024 resolusi spasial 10 meter (Band 2, 3, 4, dan 8) dengan tingkat tutupan awan ≤ 15% yang diunduh dari pada laman <https://dataspace.copernicus.eu/>. Selain itu digunakan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000 dari BIG, *shapefile* batas Sub DAS Malili.

Prosedur Penelitian

- a. Pra-pengolahan (*pre-processing*), meliputi pemotongan (*cropping*) area penelitian, koreksi atmosferik dan geometrik, serta komposit band (B2, B3, B4, dan B8) untuk menghasilkan citra multiband yang siap dianalisis.
- b. Klasifikasi penggunaan lahan, dilakukan dengan metode *supervised classification* menggunakan algoritma *Maximum Likelihood Classification* (MLC) untuk membedakan kelas

tutupan lahan, yaitu hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, semak belukar, pertanian lahan kering, pemukiman, lahan terbuka dan tubuh air.

- c. Training sample, pemilihan training sample untuk proses klasifikasi ditentukan secara proporsional di setiap kelas penggunaan lahan dengan membuat 7 polygon per kelas. Setiap polygon dipilih dengan mempertimbangkan keragaman spektral dan persebaran spasial pada area penelitian sehingga jumlah piksel pelatihan mencukupi untuk kebutuhan algoritma *Maximum Likelihood Classification* (MLC).
- d. Analisis indeks vegetasi (NDVI) Perhitungan NDVI dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Mukhlisin & Soemarno, 2020)

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)}$$

Keterangan:

NIR = Near-Infrared (kanal inframerah)

Red = Kanal merah

Tabel 1. Kriteria nilai NDVI

Kelas	NDVI	Keterangan
1	-1 s/d -0,03	Lahan tidak bervegetasi
2	-0,03 s/d 0,15	Kerapatan sangat rendah
3	0,15 s/d 0,25	Kerapatan rendah
4	0,26 s/d 0,35	Kerapatan sedang
5	0,36 s/d 1,00	Kerapatan tinggi

Sumber : Aini *et al.*, 2023)

Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan citra dan analisis spasial dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8. Perubahan penggunaan lahan dianalisis dengan cara membandingkan hasil klasifikasi peta penggunaan lahan tahun 2015 dan 2024, baik secara spasial maupun berdasarkan perubahan luasan masing-masing kelas. Sementara itu, tingkat kerapatan vegetasi dianalisis berdasarkan distribusi nilai NDVI pada kedua periode.

Validasi hasil klasifikasi dilakukan menggunakan confusion matrix sebagai dasar perhitungan statistik akurasi. Sebanyak 31 titik sampel lapangan (*ground check*) digunakan sebagai data referensi untuk membandingkan hasil klasifikasi dengan kondisi aktual di lapangan. Evaluasi statistik meliputi *overall accuracy*, yang menggambarkan persentase keseluruhan piksel yang terklasifikasi dengan benar;

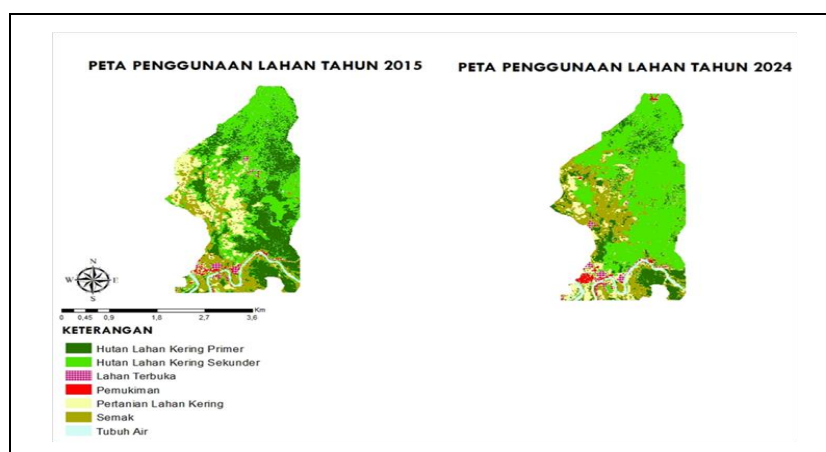
Producer's Accuracy dan *User's Accuracy*, yang masing-masing digunakan untuk menilai tingkat kesalahan *omission* dan *commission* pada tiap kelas tutupan lahan; serta *Kappa Accuracy*, yang mengukur tingkat kesesuaian klasifikasi di luar kemungkinan kesesuaian yang terjadi secara acak. Mengacu pada standar *United States Geological Survey* (USGS), hasil klasifikasi dinyatakan layak apabila memiliki nilai *Overall Accuracy* $\geq 85\%$ dan *Kappa Accuracy* $\geq 0,80$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2015 dan 2024

Berdasarkan hasil klasifikasi citra satelit tahun 2015 dan 2024 menghasilkan peta distribusi penggunaan lahan di Sub

DAS Malili. Klasifikasi ini dilakukan menggunakan citra satelit Sentinel-2A, kemudian dianalisis dengan metode supervised menggunakan algoritma *Maximum Likelihood Classification* (MLC) di perangkat lunak Arcgis. Peta hasil klasifikasi menggambarkan persebaran spasial masing-masing kelas penggunaan lahan meliputi hutan lahan kering sekunder, hutan lahan kering primer, semak belukar, pertanian lahan kering, pemukiman, lahan terbuka dan tubuh air. Dengan peta ini, dapat diketahui lokasi, luas, dan pola penyebaran masing - masing kelas penggunaan lahan pada kedua periode pengamatan. Peta hasil klasifikasi penggunaan lahan Sub DAS Malili tahun 2015 dan 2024 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. peta penggunaan lahan Sub DAS Malili

Secara visual, terlihat perubahan penggunaan lahan antara tahun 2015 dan 2024. Pada tahun 2015, wilayah Sub DAS Malili masih didominasi oleh hutan lahan kering sekunder dan hutan lahan kering primer yang tersebar luas di bagian tengah dan utara wilayah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kawasan ini pada periode tersebut masih memiliki tutupan vegetasi alami yang relatif baik. Namun pada tahun 2024, peta menunjukkan adanya peningkatan luasan pada kelas hutan lahan kering sekunder dan semak, yang tersebar di wilayah tengah dan selatan Sub DAS. Peningkatan pada kelas hutan sekunder mengindikasikan adanya proses regenerasi

atau pertumbuhan kembali vegetasi pada area yang sebelumnya mengalami gangguan.

Di sisi lain, peningkatan kelas semak terlihat terjadi pada area yang sebelumnya merupakan pertanian lahan kering, yang kini mengalami penurunan aktivitas budidaya atau dibiarkan tidak diolah sehingga ditumbuhi vegetasi alami dengan kerapatan rendah. Perubahan ini mencerminkan adanya pergeseran fungsi lahan dari aktivitas pertanian menuju kondisi vegetasi sekunder ringan, yang bisa disebabkan oleh faktor sosial-ekonomi masyarakat, penurunan produktivitas lahan, atau peralihan pola pemanfaatan ruang. Selain ditampilkan dalam bentuk peta, hasil klasifikasi juga

dihitung luasan masing-masing kelas penggunaan lahan pada tahun 2015 dan 2024. Luasan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Luas penggunaan lahan tahun 2015 dan 2024

No	Penggunaan Lahan	2015		2024		Perubahan (%)
		(ha)	(%)	(ha)	(%)	
1	Hutan lahan kering sekunder	346,91	39%	474,98	53%	+128,07
2	Hutan lahan kering primer	268,81	30%	111,74	13%	-157,07
3	Pertanian lahan kering	120,62	13%	75,31	8%	-45,31
4	Semak	113,52	13%	182,69	20%	+69,17
5	Pemukiman	10,76	1%	11,01	1%	+0,25
6	Lahan terbuka	10,50	1%	15,22	2%	+4,72
7	Tubuh air	22,65	3%	22,82	3%	+0,17
Total		893,77	100	893,77	100	

Sumber : Hasil analisis 2025

Berdasarkan Tabel 2. hutan lahan kering primer mengalami penurunan luas yang cukup besar, yaitu dari 268,81 ha (30%) pada tahun 2015 menjadi 111,74 ha (13%) pada tahun 2024, atau berkurang sebesar 157,07 ha. Sebaliknya, hutan lahan kering sekunder mengalami peningkatan luas dari 346,91 ha (39%) menjadi 474,98 ha (53%), dengan kenaikan sebesar 128,07 ha. Selain itu, kelas semak belukar juga menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan, yaitu dari 113,52 ha (13%) menjadi 182,69 ha (20%), atau bertambah 69,17 ha.

Pada kelas pertanian lahan kering, terjadi penurunan luas dari 120,62 ha (13%) menjadi 75,31 ha (8%), dengan pengurangan sebesar 45,31 ha. Sementara itu, kelas

permukiman, lahan terbuka, dan tubuh air relatif stabil dengan perubahan luasan yang kecil, menunjukkan bahwa perkembangan kawasan terbangun dan kondisi hidrologis tidak mengalami perubahan yang signifikan selama periode pengamatan. Secara kuantitatif, perubahan penggunaan lahan di Sub DAS Malili didominasi oleh penurunan hutan primer serta peningkatan hutan sekunder dan semak belukar.

Untuk mengetahui arah dan proses perubahan penggunaan lahan tersebut, dilakukan analisis transisi penggunaan lahan menggunakan *transition matrix* sebagaimana disajikan pada Tabel 3. *Transition matrix* menunjukkan perpindahan kelas penggunaan lahan dari tahun 2015 ke tahun 2024.

Tabel 3. *Transition matrix*

Tahun 2015	Tahun 2024							
	Hutan LK Sk (ha)	Hutan LK Pr (ha)	Pertanian LK (ha)	Semak (ha)	Permukiman (ha)	Lahan Terbuka (ha)	Tubuh Air (ha)	Total (ha)
Hutan LK Sk (ha)	245,33	41,75	11,56	39,02	1,85	1,56	5,44	346,91
Hutan LK Pr (ha)	189,68	53,23	4,56	19,19	0,21	0,39	1,38	268,81
Pertanian LK (ha)	16,32	7,51	25,22	65,93	2,52	2,53	0,39	120,62
Semak (ha)	13,88	7,98	29,48	56,58	1,92	2,91	0,66	113,52
Permukiman (ha)	1,16	0,20	2,80	1,41	2,60	2,57	0,10	10,76
Lahan Terbuka (ha)	2,29	0,14	1,28	0,15	1,47	5,16	0,03	10,50
Tubuh Air (ha)	6,31	0,70	0,41	0,22	0,12	0,10	14,82	22,65
Total (ha)	474,98	111,74	75,31	182,69	11,01	15,22	22,82	

Hasil *transition matrix* menunjukkan bahwa penurunan luas hutan lahan kering primer terutama disebabkan oleh peralihannya menjadi hutan lahan kering sekunder seluas 189,68 ha serta semak belukar seluas 19,19 ha, sementara hanya 53,23 ha yang tetap bertahan sebagai hutan primer. Pola ini mengindikasikan bahwa penurunan hutan primer lebih banyak berupa degradasi atau penurunan tingkat kerapatan vegetasi dibandingkan konversi langsung menjadi lahan non-vegetasi. Peningkatan luas hutan lahan kering sekunder sebagian besar berasal dari transisi hutan primer dan sebagian kecil dari semak belukar. Hal ini menunjukkan adanya proses regenerasi vegetasi atau suksesi alami pada kawasan yang sebelumnya mengalami gangguan.

Pada kelas pertanian lahan kering, sebagian besar area beralih menjadi semak belukar seluas 65,93 ha, yang mengindikasikan penurunan intensitas pengelolaan lahan atau lahan yang ditinggalkan sehingga ditumbuhi vegetasi alami berkerapatan rendah. Sementara itu, kelas semak belukar juga menunjukkan sifat sebagai kelas transisi, di mana sebagian areanya berkembang menjadi hutan lahan kering sekunder, sementara sebagian lainnya berasal dari alih fungsi pertanian lahan kering.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan di Sub DAS Malili didominasi oleh transisi internal antar kelas vegetasi, khususnya dari hutan lahan kering primer menuju hutan lahan kering sekunder dan semak belukar. Kondisi ini mencerminkan adanya tekanan antropogenik yang diikuti oleh proses regenerasi vegetasi, namun tetap berpotensi memengaruhi fungsi ekologis Sub DAS Malili apabila tidak dikelola secara berkelanjutan.

Uji Akurasi

Untuk mengevaluasi keakuratan peta klasifikasi penggunaan lahan tahun 2024, dilakukan uji akurasi dengan membandingkan hasil klasifikasi citra Sentinel-2 dengan data acuan yang diperoleh

dari survei lapangan dan citra resolusi tinggi. Sebanyak 31 titik sampel validasi dipilih secara acak dan representatif pada seluruh kelas penggunaan lahan guna memastikan hasil evaluasi yang objektif.

Penilaian akurasi dilakukan menggunakan akurasi produser dan akurasi pengguna. Akurasi produser menunjukkan tingkat ketepatan hasil interpretasi citra dalam merepresentasikan kondisi penggunaan lahan sebenarnya di lapangan untuk setiap kelas, sedangkan akurasi pengguna menggambarkan tingkat keandalan hasil klasifikasi citra bagi pengguna peta, yaitu kesesuaian antara kelas pada peta dengan kondisi aktual di lapangan.

Berdasarkan hasil *groundcheck*, terdapat tiga titik sampel yang tidak sesuai dengan hasil interpretasi citra. Titik pertama pada sampel 20 (121,154691, -2,661547) identifikasi di citra sebagai semak belukar tetapi pada kenyataan di lapangan sebagai hutan sekunder. Titik kedua pada sampel 21 (121,158974, -2,676033) identifikasi di citra sebagai semak belukar tetapi pada kenyataan di lapangan sebagai hutan primer. Begitu pula pada titik ketiga sampel 26 (121,157087, -2,677278) identifikasi di citra sebagai semak tetapi pada kenyataan di lapangan sebagai pertanian lahan kering.

Terjadinya ketidaksesuaian tersebut terutama dipengaruhi oleh kemiripan karakteristik spektral antar kelas vegetasi, khususnya antara semak belukar, hutan sekunder dan hutan primer. Ketiga kelas tersebut sama-sama didominasi oleh vegetasi hijau dengan kerapatan tajuk yang relatif tinggi, sehingga menyulitkan proses pemisahan kelas secara spektral, terutama pada citra dengan resolusi spasial menengah. Selain itu, keberadaan area penggunaan lahan yang bersifat transisi, seperti pertanian lahan kering yang ditumbuhi vegetasi semak atau gulma, menyebabkan respons spektralnya menyerupai semak belukar dan berpotensi menimbulkan kesalahan klasifikasi.

Hasil perbandingan antara kelas yang diprediksi oleh peta dan kelas sebenarnya

ditampilkan dalam bentuk *confusion matrix* (Tabel 4.). Tabel ini mempermudah identifikasi kelas mana yang memiliki

tingkat akurasi tinggi maupun kelas yang sering mengalami kesalahan klasifikasi.

Tabel 4. *Confusion matrix* hasil klasifikasi penggunaan lahan

Kelas Penggunaa n Lahan	Data Lapangan (<i>User's Accuracy</i>)								<i>User's Accuracy</i> (%)
	Hutan LK Pr	Hutan LK Sk	Semak Belukar	Pertanian LK	Lahan Terbuka	Pemukiman	Tubuh Air	Jumlah Baris	
Hutan LK Pr	4							4	100%
Huta LK Sk		4						4	100%
Semak Belukar	1	1	2	1				5	40%
Pertanian LK				5				5	100%
Lahan Terbuka					5			5	100%
Pemukiman						4		4	100%
Tubuh Air							4	4	100%
Jumlah Kolom	5	5	2	6	5	4	4	31	
Producer's Accuracy (%)	80%	80%	100%	83%	100%	100%	100%		

Hasil klasifikasi data citra sentinel-2A menggunakan *maximum likelihood classification* digunakan untuk menghitung/memperkirakan keakuratan klasifikasi dan statistik kappa berdasarkan sampel dan matriks konfusi. *Overall accuracy* adalah suatu persentase jumlah piksel yang dikelaskan secara benar dibagi dengan jumlah total piksel yang digunakan (jumlah piksel yang terdapat di dalam diagonal matrik dengan jumlah seluruh piksel yang digunakan) sedangkan *Kappa accuracy* adalah persentase akurasi yang menggunakan semua elemen dalam matriks.

Dari tabel terlihat bahwa *producer's accuracy* tertinggi yaitu pada penggunaan lahan berupa semak belukar, lahan terbuka, pemukiman, dan tubuh air, sedangkan terendahnya yaitu pada penggunaan lahan lainnya berupa hutan lahan kering primer dan hutan lahan kering sekunder. Sebaliknya untuk *user's accuracy* tertinggi yaitu pada hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder, pertanian lahan kering, lahan terbuka, permukiman, dan tubuh air, sedangkan terendahnya yaitu pada penggunaan lahan semak belukar.

$$Overall Accuracy = \frac{4+4+2+5+5+4+4}{31} \times 100\%$$

$$= 90\%$$

Kappa Accuracy

$$= \frac{(28 \times 31) - ((4 \times 5) + (4 \times 5) + (5 \times 2) + (5 \times 6) + (5 \times 5) + (4 \times 4) + (4 \times 4))}{31^2 - ((8 \times 7) + (5 \times 6) + (8 \times 7) + 94 \times 6) + (6 \times 5)} \times 100\%$$

$$= \frac{868 - 137}{961 - 137} \times 100\%$$

$$= \frac{731}{824} \times 100\%$$

$$= 89\%$$

Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa peta klasifikasi penggunaan lahan memiliki tingkat ketelitian yang memadai ($OA \geq 85\%$ dan $Kappa \geq 0,8$), sehingga layak digunakan untuk analisis perubahan penggunaan lahan serta perhitungan NDVI. Dengan demikian, hasil klasifikasi dianggap valid sebagai dasar dalam analisis lebih lanjut pada penelitian ini.

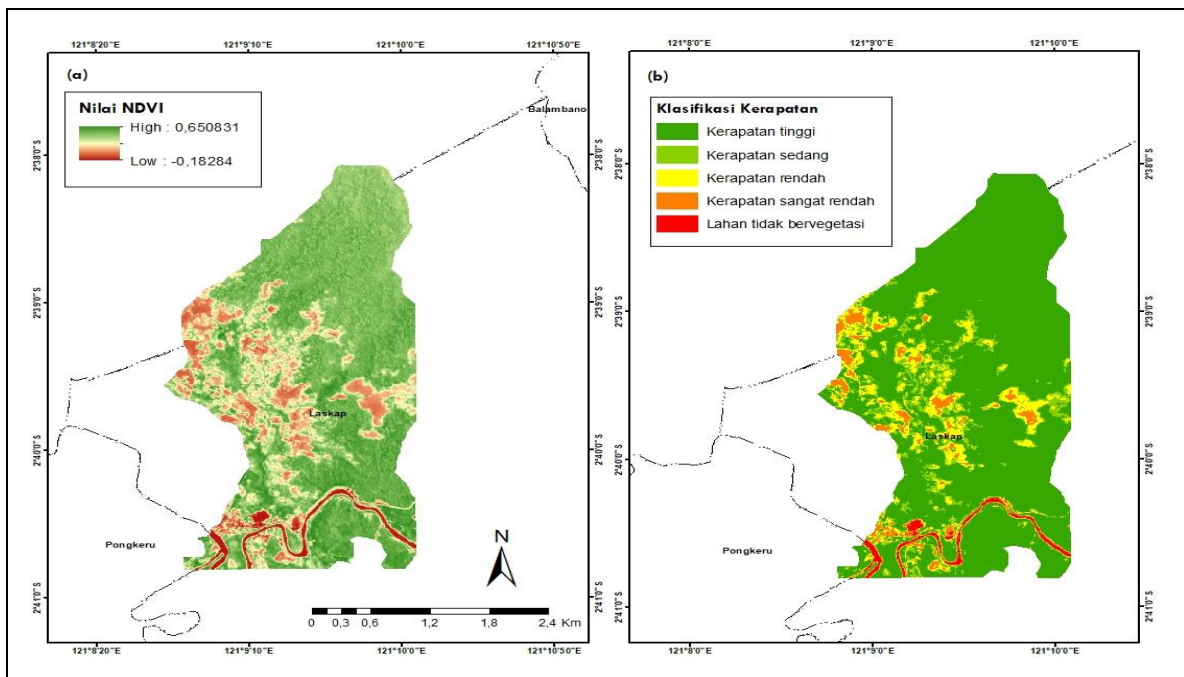
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Analisis *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* digunakan untuk mengetahui tingkat kerapatan vegetasi pada wilayah Sub DAS Malili. Indeks ini dihitung berdasarkan perbandingan antara pantulan band *NIR* dan *Red* dari citra Sentinel-2A. Nilai NDVI berkisar antara -1 hingga +1, di mana nilai mendekati +1 menunjukkan area dengan vegetasi yang rapat dan sehat,

sedangkan nilai mendekati 0 hingga negatif menunjukkan area dengan sedikit atau tanpa vegetasi seperti pemukiman, lahan terbuka, dan tubuh air. Berdasarkan nilai tersebut, NDVI dapat memberikan gambaran tingkat kerapatan vegetasi pada suatu wilayah. Peta NDVI tahun 2015 menunjukkan sebaran nilai NDVI yang berkisar antara -0,18 hingga 0,65.

Berdasarkan hasil klasifikasi, sebagian besar wilayah Sub DAS Malili didominasi oleh kelas kerapatan tinggi yang tersebar luas di bagian utara dan tengah wilayah, terutama pada kawasan berhutan yang terdiri dari hutan lahan kering primer dan hutan

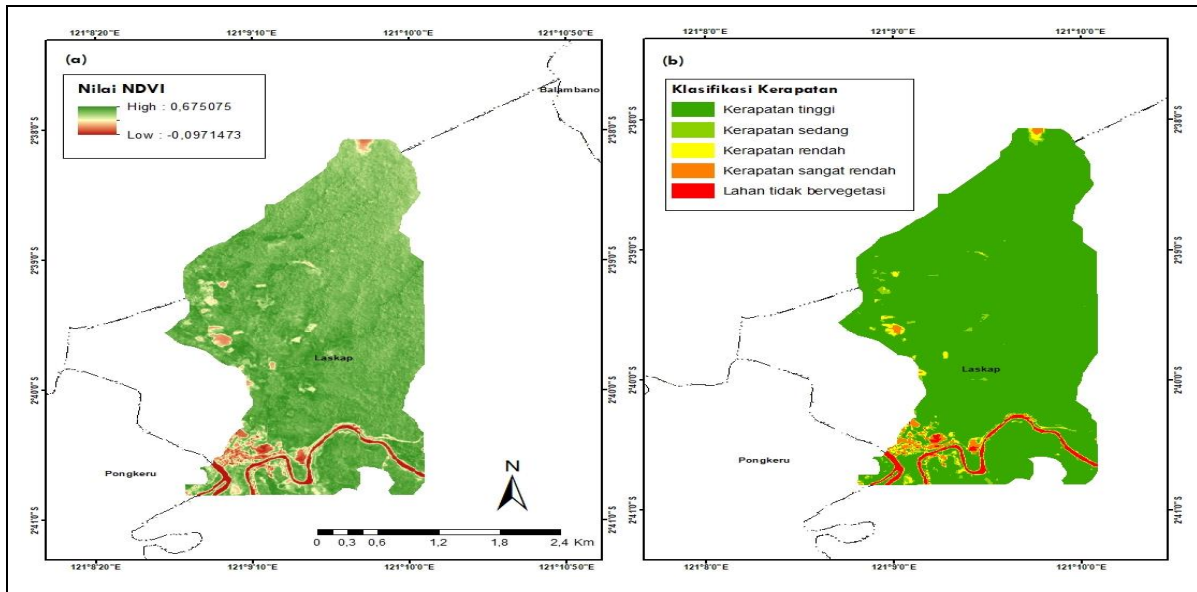
lahan kering sekunder. Wilayah ini memiliki vegetasi yang lebat dan masih terjaga dengan baik. Kelas kerapatan sedang hingga rendah terdapat pada bagian tengah hingga barat, yang merupakan pertanian lahan kering dan semak belukar. Sementara itu, area dengan kerapatan sangat rendah hingga lahan tidak bervegetasi terdapat di bagian selatan, terutama di sekitar pemukiman, lahan terbuka, dan sepanjang aliran sungai, yang menunjukkan intensitas aktivitas manusia yang lebih tinggi. Sebaran nilai NDVI tahun 2015 dapat dilihat pada Gambar 3. berikut.



Gambar 3. Peta NDVI Sub DAS Malili tahun 2015

Pada tahun 2024, hasil perhitungan NDVI menunjukkan rentang nilai antara -0,09 hingga 0,67. Sebaran kelas NDVI masih menunjukkan dominasi kerapatan tinggi pada bagian utara dan tengah wilayah, yang mencerminkan tutupan vegetasi yang baik di kawasan berhutan. Kelas kerapatan sedang hingga rendah terlihat di wilayah tengah dan barat, dimana banyak terdapat semak belukar dan pertanian lahan kering. Adapun kelas kerapatan sangat rendah dan

lahan tidak bervegetasi terdapat di bagian selatan, terutama di sekitar pemukiman dan lahan terbuka serta di sepanjang aliran sungai. Secara umum, nilai NDVI tahun 2024 menggambarkan bahwa kondisi vegetasi Sub DAS Malili masih tergolong baik dengan dominasi area berkerapatan tinggi, meskipun terdapat beberapa area terbuka yang mengalami tekanan dari aktivitas manusia. Sebaran nilai NDVI tahun 2024 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta NDVI Sub DAS Malili tahun 2024

Untuk memahami kondisi vegetasi di wilayah penelitian, hasil perhitungan NDVI di kelompokkan menjadi lima kelas

kerapatan vegetasi serta hasil klasifikasi penggunaan lahan sebagaimana disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Klasifikasi nilai NDVI Sub DAS Malili







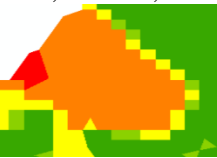



No	Kelas Kerapatan Vegetasi	Rentang Nilai NDVI	Kondisi Vegetasi	Penggunaan Lahan
1	Kerapatan tinggi	0,36 s/d 1,00	Vegetasi sangat rapat dan sehat	Hutan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder
2	Kerapatan sedang	0,26 s/d 0,35	Vegetasi cukup rapat	Kebun campuran, pertanian lahan kering
3	Kerapatan rendah	0,15 s/d 0,25	Vegetasi jarang atau muda	Semak belukar, kebun muda
4	Kerapatan sangat rendah	-0,03 s/d 0,15	Vegetasi sangat jarang	Lahan terbuka, tanah kosong, pemukiman
5	Tidak bervegetasi	-1 s/d -0,03	Tidak memiliki vegetasi	Tubuh air

Secara umum, hasil NDVI menunjukkan bahwa Sub DAS Malili masih didominasi oleh kelas kerapatan tinggi hingga sedang, yang menggambarkan kondisi vegetasi masih terjaga dengan baik, terutama di wilayah hulu yang didominasi oleh hutan. Kelas kerapatan sedang hingga rendah menggambarkan wilayah yang telah mengalami pemanfaatan untuk pertanian dan perkebunan. Sedangkan kelas sangat rendah dan tidak bervegetasi menandakan keberadaan area non-vegetatif seperti pemukiman, badan air, serta lahan terbuka.

Untuk memperkuat interpretasi hasil NDVI, dilakukan visualisasi lapangan pada

beberapa titik yang mewakili di Sub DAS Malili. Visualisasi ini bertujuan untuk memperlihatkan kondisi nyata vegetasi di lapangan yang sesuai dengan hasil nilai NDVI. Berdasarkan hasil pengamatan, wilayah dengan nilai NDVI tinggi umumnya berada pada kawasan berhutan yang masih lebat, sedangkan nilai NDVI sedang hingga rendah terdapat pada area yang telah mengalami perubahan menjadi kebun, semak belukar, atau lahan terbuka. Visualisasi hasil NDVI dan kondisi lapangan ditampilkan pada Tabel 5. berikut.

Tabel 5. Visualiasi NDVI dan kondisi di lapangan

No	Hasil NDVI	Foto Lapangan	Keterangan PL
1	Kerapatan tinggi 0,36 s/d 1,00 		Hutan
2	Kerapatan sedang 0,26 s/d 0,35 		Pertanian lahan kering
3	Kerapatan rendah 0,15 s/d 0,25 		Semak belukar
4	Kerapatan sangat rendah -0,03 s/d 0,15 		Lahan terbuka tanpa vegetasi
5	Lahan tidak bervegetasi -1 s/d -0,03 		Tubuh air

Sumber : Analisis 2025

SIMPULAN

Penelitian pemetaan penggunaan lahan dengan NDVI berbasis citra Sentinel-2 di Sub DAS Malili menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan penggunaan lahan pada tahun 2015 dan 2024. Hasil analisis menunjukkan adanya penurunan luas hutan lahan kering primer dan peningkatan hutan lahan kering sekunder serta semak belukar.

Kondisi ini mencerminkan proses degradasi sebagian hutan primer yang beralih menjadi hutan sekunder dan alih fungsi lahan pertanian menjadi semak atau lahan tidak aktif.

Secara umum, wilayah penelitian masih didominasi oleh vegetasi dengan tingkat kerapatan sedang hingga tinggi, yang

menunjukkan kondisi vegetasi relatif baik. Meskipun demikian, beberapa area menunjukkan penurunan kerapatan vegetasi akibat konversi lahan dan aktivitas manusia. Hasil penelitian ini menunjukkan perlunya pengelolaan penggunaan lahan secara berkelanjutan untuk menjaga keseimbangan ekosistem di Sub DAS Malili.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, diperlukan pengelolaan penggunaan lahan yang lebih berkelanjutan guna menjaga keseimbangan ekosistem di Sub DAS Malili. Pemerintah daerah disarankan untuk memperkuat pengawasan terhadap perubahan penggunaan lahan serta mengendalikan alih fungsi kawasan berhutan. Selain itu, pelaksanaan program rehabilitasi hutan dan lahan perlu ditingkatkan dengan melibatkan partisipasi masyarakat, khususnya melalui penerapan praktik pertanian yang ramah lingkungan, guna menjaga fungsi ekologis DAS secara berkelanjutan.

ACKNOWLEDGMENTS

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. H. La Sumange, M.Si. dan Anugrahandini Nasir, S.Hut., M.Si. atas bimbingan dan masukan berharga selama proses penelitian dan penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Makassar, atas dukungan akademik dan kesempatan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini. Selain itu, penulis menyampaikan apresiasi kepada seluruh pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung hingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Aini, Q., Rajiatul, C. V., & Ridha, M. O. (2023). Pemetaan Kerapatan Vegetasi dalam Mencegah Abrasi DAS Krueng Aceh dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kecamatan Montasik. *Jurnal Pendidikan Geosfer*, 7(1), 93-102.

Arafah, F., & Tennis, G. A. (2023).

Pemanfaatan Citra Sentinel-2 untuk Analisa Perubahan Tutupan Lahan Akibat Erupsi Gunung Semeru Tahun 2021. *Geoid*, 18(2), 326-339.

Cahyono, Y. E., Hasim, & Dunggio, I. (2021). Analisis Pola Perubahan Penggunaan Lahan di Daerah Aliran Sungai Biyonga, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo. *Gorontalo Journal Of Forestry Research*, 4(2), 72-85.

Indarto, Nadzirah, R., & Belagama, H. R. (2020). Pemetaan Lahan Sub-Optimal Berbasis Nilai NDVI Sentinel 2a: Studi Pendahuluan. *Jurnal Presipitasi*, 17(3), 194-205.

Mappatarai, M., Manaf, M., & Alimuddin, I. (2024). Tingkat Kerawanan, Mitigasi dan Adaptasi Banjir di Kota Malili Kabupaten Luwu Timur. *Urban And Regional Studies Journal*, 6(2), 265-277.

Marlina, D. (2022). Klasifikasi Tutupan Lahan pada Citra Sentinel-2 Kabupaten Kuningan dengan NDVI dan Algoritme Random Forest. *String (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 7(1), 41-49.

Mukhlisin, A., & Soemarno, S. (2020). Estimasi Kandungan Klorofil Tanaman Kopi Robusta (*Coffea Canephora* Var. *Robusta*) Menggunakan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) di Bangelan, Wonosari, Malang. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 7(2), 329-339.

Suwardi, A. K. D. (2024). *Pengaruh Perhutanan Sosial Terhadap Perubahan Tutupan Lahan Di Wilayah Kerja Kesatuan Pengelolaan Hutan Bulusaraung Disusun*. [Skripsi]. Universitas Hasanuddin.