

DIVERSITAS DAN DISTRIBUSI SPASIAL TUTUPAN LAHAN SUB DAS BIYONGA, DAS LIMBOTO TAHUN 2009-2024 PROVINSI GORONTALO

*Diversity And Spatial Distribution of Land Cover in The Limboto River
Watershed, Biyonga Sub-Watershed, 2009-2024, Gorontalo Province*

**Sulastri Putri Moko¹, Dewi Wahyuni K. Baderan^{2*}, Zuliyanto Zakaria¹, Marini
Susanti Hamidun³, dan Feri Novriyal⁴**

¹Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri
Gorontalo, Indonesia 96128

²Jurusan Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia 96128

³Program Studi Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Pascasarjana, Universitas
Negeri Gorontalo, Indonesia 96128

⁴Penyuluh Kehutanan Swadaya Masyarakat (PEH) Balai Pemantapan Kawasan Hutan
(BPKH) Wilayah XV Gorontalo, Indonesia 96128

ABSTRACT. *This study aims to analyze the diversity and spatial distribution of land cover in the Limboto Watershed, specifically the Biyonga Sub-watershed, over the period from 2009 to 2024. The analysis was conducted to assess the level of spatial diversity and the dynamics of land cover changes during this time frame. Geographic Information Systems (GIS) were employed to map, classify, and compare land cover changes across different observation years. The results indicate that in 2019, a shift in land cover structure occurred in Biyonga Village, where secondary forest increased to 32%, shrubland decreased to 21%, and mixed agriculture–shrub areas expanded to 25%. These changes led to an increase in the Shannon's Diversity Index (SHDI) to 1.647. Although this value reflects a moderate increase, it is still considered relatively low, indicating that landscape heterogeneity has not yet reached a highly diverse condition. The increase in SHDI represents only a slight enhancement in spatial variation rather than a substantial transformation toward a complex landscape. In 2024, land cover composition in Biyonga Village remained relatively stable compared to 2019, with secondary forest accounting for 32%, mixed agriculture–shrub areas for 25%, and shrubland for 21%. The SHDI value remained at 1.647, which, despite indicating consistency in spatial patterns since 2019, is still categorized as low based on landscape ecology standards. This SHDI category suggests that landscape heterogeneity remains limited, as land cover distribution is dominated by a few major classes and is not evenly distributed across the area*

Keywords: *Spatial Diversity; Land Cover; Biyonga Sub-Das. Landscape Ecology; Remote Sensing*

ABSTRAK. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis diversitas dan distribusi spasial tutupan lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto, khususnya Sub DAS Biyonga, pada rentang waktu 2009–2024. Analisis dilakukan untuk mengetahui tingkat keragaman spasial serta dinamika perubahan tutupan lahan selama periode tersebut. Metode yang digunakan adalah Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memetakan, mengklasifikasikan, dan membandingkan perubahan tutupan lahan antar tahun pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tahun 2019, terjadi pergeseran struktur tutupan lahan di Desa Biyonga: hutan sekunder meningkat menjadi 32%, semak belukar menurun menjadi 21%, dan pertanian campur semak bertambah menjadi 25%. Perubahan ini membuat nilai SHDI naik menjadi 1,647, namun nilai tersebut menunjukkan hasil sedang tetapi masih tergolong rendah, yang berarti tingkat heterogenitas lanskap belum mencapai kondisi yang benar-benar beragam. Kenaikan SHDI ini hanya menunjukkan adanya sedikit peningkatan variasi spasial, bukan transformasi besar yang menciptakan lanskap kompleks. Sedangkan, pada tahun 2024, komposisi tutupan lahan di Desa Biyonga relatif stabil dibandingkan kondisi tahun 2019: hutan sekunder tetap berada pada 32%, pertanian campur semak pada 25%, dan semak belukar pada 21%. Nilai SHDI masih berada pada angka 1,647, yang meskipun menunjukkan konsistensi pola dari tahun 2019, tetap tergolong rendah berdasarkan standar ekologi lanskap. Kategori SHDI ini mengindikasikan

bahwa tingkat heterogenitas lanskap belum mencapai keragaman yang tinggi, karena distribusi tutupan lahan masih terfokus pada beberapa kelas dominan dan persebarannya belum merata.

Kata kunci: Diversitas Spasial; Tutupan Lahan; Sub Das Biyonga; Ekologi Lanskap; Penginderaan Jauh

Penulis untuk korespondensi: surel: dewi.baderan@ung.ac.id

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan suatu wilayah daratan yang secara alami dibatasi oleh punggung bukit atau batas topografis, yang berfungsi untuk menampung, mengalirkan, dan menyimpan air hujan hingga akhirnya bermuara ke sungai utama dan laut. Sebagai satu kesatuan ekologi dan hidrologi, DAS mencakup berbagai komponen yang saling berinteraksi, meliputi tanah, air, vegetasi, serta aktivitas manusia. Interaksi antar komponen tersebut membentuk sistem yang kompleks dan dinamis. Menurut Suryadi et al. (2020), DAS didefinisikan sebagai wilayah daratan yang dibatasi oleh batas-batas alami seperti punggung gunung, yang memungkinkan air hujan tertampung pada anak-anak sungai dan dialirkan menuju laut melalui sungai utama (Asdak, 2020). Dengan karakteristik tersebut, DAS memiliki peran strategis dalam menjaga keseimbangan siklus hidrologi serta mendukung keberlanjutan ekosistem dan kehidupan manusia.

Dalam konteks penelitian ini, perhatian utama diarahkan pada peran vegetasi dan tutupan lahan sebagai faktor kunci yang mempengaruhi kondisi dan fungsi DAS. Vegetasi, khususnya di wilayah hulu DAS, berperan penting dalam mengatur proses hidrologi melalui peningkatan infiltrasi, pengurangan aliran permukaan, serta pengendalian erosi dan kestabilan tanah. Vegetasi dalam DAS tidak hanya berupa hutan alami, tetapi juga mencakup hutan tanaman, sistem agroforestri, semak belukar, padang rumput, serta vegetasi riparian di sepanjang sempadan sungai. Perbedaan jenis tutupan lahan tersebut memberikan kontribusi yang berbeda terhadap kemampuan DAS dalam menampung, menahan, dan menyalurkan air hujan. Namun demikian, perubahan tutupan lahan akibat aktivitas manusia, seperti konversi hutan menjadi lahan pertanian dan perkebunan, berpotensi menurunkan kapasitas DAS dalam menyerap air hujan. Dampak dari

perubahan tersebut antara lain meningkatnya aliran permukaan yang dapat memicu banjir, erosi, serta sedimentasi sungai. Perubahan tutupan lahan ini merupakan wujud interaksi dinamis antara aktivitas manusia dengan sumber daya lahan yang terdistribusi secara spasial (Rakuasa, 2022), sehingga perlu dianalisis secara komprehensif dan berbasis data spasial.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan informasi yang akurat dan terkini, teknologi penginderaan jauh (remote sensing) menjadi pendekatan yang sangat relevan dalam penelitian DAS. Penginderaan jauh memungkinkan pemantauan kondisi vegetasi dan tutupan lahan pada wilayah yang luas secara efisien, cepat, dan berkelanjutan, serta menyediakan data spasial dan temporal yang konsisten (Ismanto et al., 2023). Selain untuk analisis vegetasi, teknologi ini juga dimanfaatkan dalam pemetaan berbagai kelas tutupan lahan, seperti hutan, semak belukar, padang rumput, pertanian lahan basah dan kering, permukiman, badan air, hingga area terdegradasi. Melalui pendekatan analisis deret waktu (time series), data penginderaan jauh memungkinkan evaluasi perubahan tutupan lahan dari tahun ke tahun untuk mengetahui pola, tingkat, dan arah perubahan. Salah satu pemanfaatan penting penginderaan jauh di bidang hidrologi adalah penyusunan data spasial DAS yang akurat dan mutakhir sebagai dasar analisis kondisi lingkungan (Purboyo, 2024).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis kondisi vegetasi dan perubahan tutupan lahan pada kawasan DAS dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan gambaran kondisi DAS secara spasial dan temporal sebagai dasar ilmiah bagi pemerintah, lembaga konservasi, perencanaan wilayah, akademisi, dan masyarakat dalam merumuskan kebijakan pengelolaan DAS yang lebih tepat, berbasis data, dan berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi dalam mendukung upaya

pengelolaan DAS yang adaptif dan responsif terhadap tantangan perubahan lingkungan di masa depan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada wilayah Sub Daerah Aliran Sungai (Sub DAS) Biyonga, yang merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto di Provinsi Gorontalo. Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2024-Oktober 2025. Lokasi penelitian pada Daerah Aliran Sungai Sub DAS Biyonga yang mencakup analisis spasial. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan alat (hardware) berupa: 1. perangkat komputer dengan spesifikasi Asus X441N dan adapun perangkat lunak (*software*) yang digunakan berupa Quantum GIS (QGIS).

Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder dalam format shapefile, sehingga pengumpulan data dilakukan dengan permintaan data ke BPKH Wilayah XV dan mengkompilasi data penggunaan lahan sesuai tahun kajian. Seluruh data kemudian disesuaikan ke dalam sistem koordinat yang sama agar dapat diolah tanpa terjadi perbedaan proyeksi.

Dalam penelitian ini akan menggunakan teknologi Sistem informasi georafis (GIS) untuk menganalisis penggunaan tutupan lahan di daerah aliran sungai (DAS) limboto. Seperti penelitian dilakukan Baderan, (2017) menggunakan data citra satelit Landsat dan Sistem Informasi Geografis (SIG), data primer diperoleh melalui pengecekan lapangan karakteristik kerusakan lahan, sedangkan data sekunder berasal dari peta-peta tematik (bentuklahan, penggunaan lahan, satuan lahan, vegetasi) dan dokumen instansi terkait.

Pengumpulan data spasial dilakukan melalui tahapan:

1. Mengimpor shapefile tutupan lahan tahun 2009 dan 2024 ke dalam QGIS
2. Mengimport shapefile batas administratif Desa Biyonga
3. Memastikan atribut data terbaca dengan baik (cek tabel: nama kelas, ID dan luas).

Teknik Pengolahan Data

Pemotongan Peta (*Clipping*)

Pemotongan peta (*clipping*) dilakukan agar data tutupan lahan hanya menampilkan area yang benar-benar berada di dalam batas sub DAS Biyonga, sehingga analisis perubahan penggunaan lahan menjadi lebih akurat dan relevan dengan lokasi penelitian. Proses ini dilakukan dengan mengambil layer tutupan lahan tiap tahun yaitu pada tahun 2009, 2014 2019, dan 2024. Data tahun 2009 dan 2014 menggunakan citra satelit Landsat 7, sedangkan data tahun 2019 dan 2024 menggunakan citra satelit Landsat 8 kemudian memotongnya menggunakan batas administratif sub DAS Biyonga sebagai penentu wilayah yang dianalisis. Hasilnya adalah layer baru yang berisi data tutupan lahan yang sudah terfokus pada sub das tersebut.

Penyajian Data Tutupan Lahan Tiap Periode

Setelah data tutupan lahan hasil clip diperoleh, langkah selanjutnya adalah mengubahnya menjadi layer tematik yang mudah dibaca dan dianalisis di QGIS. Layer ini kemudian diberi simbolisasi melalui pengelompokan warna berdasarkan kategori penggunaan lahan, seperti hutan, sawah, tubuh air, dan permukiman, sehingga setiap kelas dapat dibedakan dengan jelas secara visual.

Perhitungan Luas Tiap Poligon

Perhitungan luas tiap poligon dilakukan untuk memperoleh informasi kuantitatif mengenai besaran area masing-masing kelas tutupan lahan. Hasil perhitungan ini menjadi dasar untuk membuat tabel proporsi tutupan lahan, membandingkan perubahan antar tahun, serta menghitung indeks heterogenitas lanskap. Menurut Erkamim et al., (2023) analisis spasial seperti ini merupakan bagian fundamental dalam GIS karena memungkinkan peneliti mengekstraksi informasi kuantitatif dari fitur geometri untuk mendukung interpretasi spasial yang lebih akurat.

Shannon's diversity index (SDHI)

Shannon's diversity index (SDHI) adalah salah satu pengukuran diversity (keragaman penggunaan lahan) suatu wilayah dalam

lingkup makro dengan memperhatikan jumlah perbedaan tipe patch dan proporsi distribusi dari luas antar jenis patch. Untuk menghitung SHDI, langkah pertama adalah memperoleh luas tiap kelas tutupan lahan dari data spasial yang tersedia di QGIS. Data tutupan lahan harus berupa layer vektor polygon. Dengan membuka attribute table pada layer tersebut,. Hasil ini akan menghasilkan tabel yang menunjukkan luas masing-masing kelas tutupan lahan dalam satuan meter persegi atau hektar.

Setelah mendapatkan luas tiap kelas, langkah berikutnya adalah menghitung SHDI di Excel. Data luas tiap kelas dimasukkan ke Excel, kemudian dihitung

proporsi tiap kelas dengan membagi luas masing-masing kelas dengan total luas seluruh kelas. Selanjutnya, di hitung berdasarkan rumus dan Kriteria Indeks Keragaman disajikan pada Tabel 1.

$$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \ln P_i)$$

Keterangan:

m = perbedaan jenis patch

Pi = proporsi luas wilayah penelitian yang terdapat jenis patch i

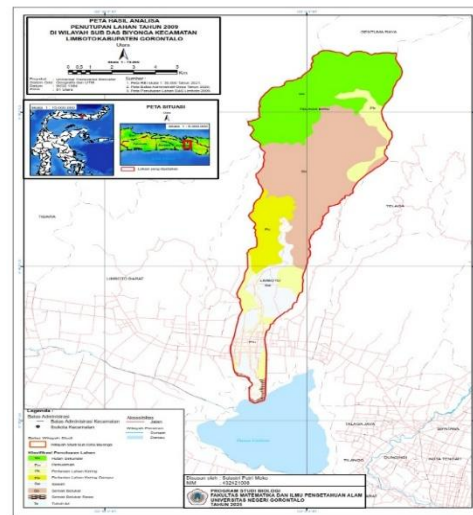
Tabel 1. Kriteria Indeks Keragaman

Kriteria Keragaman	Kategori	Keterangan
SHDI < 1,0	Rendah	Menunjukkan keragaman tutupan lahan rendah, satu atau beberapa kelas tutupan mendominasi wilayah
SHDI 1,0 – 2,0	Sedang	Menunjukkan keragaman sedang, ada beberapa kelas tutupan dengan distribusi yang relatif seimbang
SHDI > 2,0	Tinggi	Menunjukkan keragaman tinggi, banyak kelas tutupan lahan yang tersebar merata.

Dengan menggunakan kriteria ini, peneliti dapat menilai pola penggunaan lahan di wilayah studi, termasuk melihat kecenderungan homogenisasi atau diversifikasi penggunaan lahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

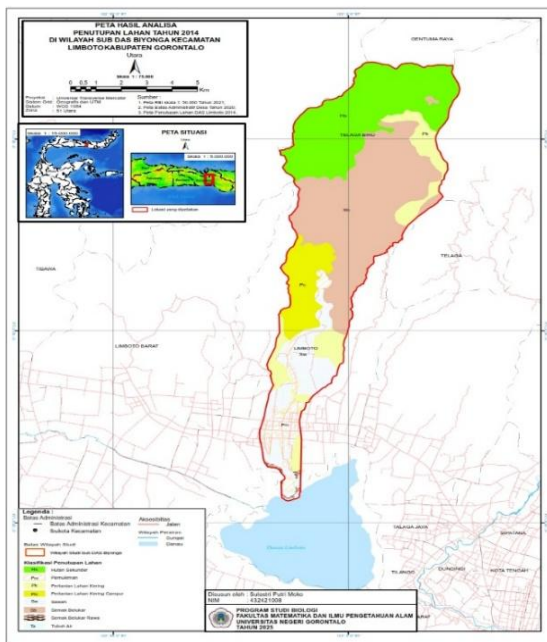
Hasil penelitian ini menggambarkan kondisi diversitas dan distribusi spasial tutupan lahan di Sub DAS Biyonga yang merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Limboto pada periode 2009 hingga 2024. Melalui analisis spasial berbasis QGIS, data tutupan lahan yang telah dipotong sesuai batas wilayah penelitian menunjukkan adanya perbedaan distribusi spasial antar kelas penggunaan lahan. Nilai-nilai tersebut memperlihatkan bagaimana pola distribusi spasial lahan di Sub DAS Biyonga semakin beragam namun juga lebih terfragmentasi dari waktu ke waktu. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya memberikan gambaran visual berupa peta tematik, tetapi juga analisis kuantitatif yang dapat menjadi dasar dalam mengevaluasi kondisi ekologi, perencanaan tata ruang, serta pengelolaan berkelanjutan di kawasan DAS Limboto.



Gambar 1. Peta Tutupan Lahan Tahun 2009

Berdasarkan gambar diatas diketahui bahwa penggunaan Sub DAS Biyonga, penggunaan lahan menunjukkan variasi yang cukup besar. Semak Belukar memiliki luas yang paling besar, yaitu 2.570,55 hektar, diikuti oleh Hutan Sekunder yang mencapai 2.097,27 hektar. Penggunaan lahan untuk Pertanian Lahan Kering Campur menempati area seluas 619,06 hektar, sementara

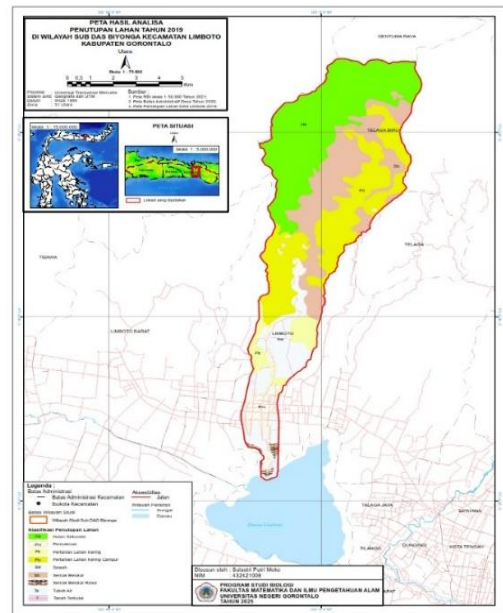
Pertanian Lahan Kering mencakup 766,02 hektar. Sawah dalam wilayah ini memiliki luas 772,66 hektar, menunjukkan peran penting kegiatan pertanian intensif. Penggunaan lahan untuk Pemukiman mencakup 335,46 hektar, sedangkan Semak Belukar Rawa hanya sekitar 51,45 hektar. Area yang paling kecil adalah kategori Tubuh Air, yang hanya mencakup 0,57 hektar. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa wilayah Sub DAS Biyonga didominasi oleh vegetasi alami dan lahan pertanian, dengan area perairan dan rawa yang relatif kecil.



Gambar 2. Peta Tutupan Lahan Tahun 2014

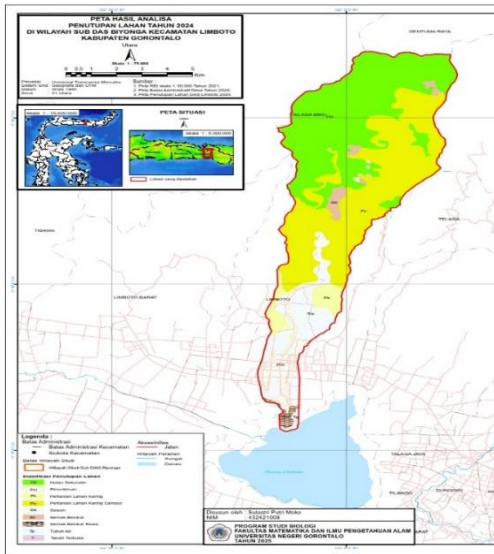
Pada tahun 2014, Penggunaan lahan di Sub DAS Biyonga menunjukkan komposisi yang beragam. Semak Belukar merupakan penggunaan lahan terluas dengan total 2.666,58 hektar, disusul oleh Hutan Lahan Kering Sekunder yang mencakup 2.001,25 hektar. Penggunaan lahan untuk Sawah mencapai 783,00 hektar, sedangkan Pertanian Lahan Kering menempati area seluas 755,68 hektar. Sementara itu, Pertanian Lahan Kering Campur memiliki luas 619,06 hektar. Area Pemukiman menutupi sekitar 335,46 hektar, menunjukkan adanya aktivitas permukiman yang cukup signifikan namun tidak dominan. Semak Belukar Rawa hanya mencakup 30,35 hektar, sedangkan Tubuh Air merupakan penggunaan lahan yang paling kecil dengan luas 21,67 hektar. Secara keseluruhan, wilayah ini didominasi oleh

vegetasi alami dan lahan pertanian, sementara area air dan rawa relatif kecil dibandingkan penggunaan lahan lainnya.



Gambar 3. Peta Tutupan Lahan Tahun 2019

Pada tahun 2019, Penggunaan lahan di Sub DAS Biyonga menunjukkan dominasi vegetasi dan aktivitas pertanian. Jenis lahan yang terluas adalah Hutan Lahan Kering Sekunder dengan luas 2.286,56 hektar, mencerminkan kawasan dengan tutupan vegetasi yang masih cukup luas. Jenis lahan terbesar berikutnya adalah Pertanian Lahan Kering Campur Semak yang mencapai 1.821,90 hektar, menunjukkan aktivitas pertanian tradisional yang bercampur dengan vegetasi semak di wilayah ini. Semak Belukar juga menempati area yang cukup besar, yaitu 1.521,86 hektar. Lahan Sawah mencakup 807,43 hektar, menandakan adanya pemanfaatan lahan untuk kegiatan pertanian intensif, sementara Pertanian Lahan Kering memiliki luas 335,54 hektar. Luas Pemukiman mencapai 334,74 hektar, yang menggambarkan penyebaran permukiman masyarakat. Penggunaan lahan lainnya memiliki cakupan yang lebih kecil, seperti Semak Belukar Rawa seluas 49,73 hektar, Tanah Terbuka seluas 25,62 hektar, dan Tubuh Air yang merupakan kategori terkecil dengan luas 29,68 hektar. Secara keseluruhan, Sub DAS Biyonga didominasi oleh hutan sekunder dan lahan pertanian, dengan area terbuka dan tubuh air yang relatif kecil.



Gambar 4. Peta Tutupan Lahan Tahun 2024

Penggunaan lahan di Sub DAS Biyonga pada tahun 2024 menunjukkan dominasi kawasan berhutan dan aktivitas pertanian. Hutan Lahan Kering Sekunder merupakan penggunaan lahan terluas, mencapai 2.767,75 hektar, menggambarkan wilayah

yang masih memiliki tutupan vegetasi yang relatif luas. Jenis lahan yang juga menempati area besar adalah Pertanian Lahan Kering Campur Semak dengan luas 2.715,99 hektar, menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah digunakan untuk aktivitas pertanian tradisional yang bercampur dengan vegetasi alami. Lahan Sawah mencakup 758,73 hektar, menandakan keberadaan pertanian intensif di bagian tertentu wilayah. Pemukiman memiliki luas 405,57 hektar, memperlihatkan sebaran hunian masyarakat di area Sub DAS. Sementara itu, Pertanian Lahan Kering sendiri menutupi 303,09 hektar. Penggunaan lahan yang lebih kecil meliputi Semak Belukar seluas 148,26 hektar, Semak Belukar Rawa seluas 66,37 hektar, serta Tubuh Air seluas 31,82 hektar. Adapun Tanah Terbuka memiliki luas paling kecil yaitu 15,47 hektar. Secara keseluruhan, Sub DAS Biyonga tahun 2023 didominasi oleh kawasan berhutan dan lahan pertanian, dengan area pemukiman, semak, rawa, dan air yang relatif lebih kecil.

Tabel 2. Perhitungan SHDI sub DAS Biyonga Tahun 2009

Ket Penggunaan Lahan	Kode	Luas Ha (ni)	Proporsi (Pi)	Ln Pi	Pi x Ln Pi	Keanekaragaman
Hutan Sekunder	Hs	2097,27	0,29	-1,24	-0,359	Sedang
Semak Belukar	Sb	2570,55	0,36	-1,03	-0,368	
Pertanian Lahan Kering Campur	Pc	619,06	0,09	-2,46	-0,211	
Pemukiman	Pm	335,46	0,05	-3,07	-0,143	
Pertanian Lahan Kering	Pk	766,02	0,11	-2,24	-0,238	
Sawah	Sw	772,66	0,11	-2,23	-0,239	
Tubuh Air	Ta	0,57	0,00	-9,45	-0,001	
Semak Belukar Rawa	Sbr	51,45	0,01	-4,94	-0,035	
		7213,05			1,594	

Keanekaragaman penutupan lahan di Sub DAS Biyonga pada tahun 2009 menunjukkan nilai indeks Shannon sebesar 1,594, yang termasuk dalam kategori sedang, namun lebih dekat pada kategori rendah. Nilai ini menggambarkan bahwa struktur penutupan lahan di wilayah tersebut belum seimbang, sehingga keanekaragaman

lanskap secara keseluruhan masih masuk dalam kategori sedang cenderung rendah. Hal ini berkaitan dengan distribusi proporsi kelas lahan yang tidak merata di seluruh kawasan.

Dominasi penutupan lahan terlihat jelas pada dua kelas utama, yaitu Semak Belukar

dengan luas 2.570,55 ha (36%) dan Hutan Sekunder seluas 2.097,27 ha (29%). Kedua kelas ini secara bersama-sama menguasai sekitar 65% dari total luas lahan, sehingga memberikan kontribusi terbesar terhadap

nilai $P_i \ln P_i$. Dominasi inilah yang menjadi faktor utama penyebab rendahnya indeks keanekaragaman, karena semakin besar dominasi satu atau dua kelas, semakin rendah nilai SHDI yang dihasilkan.

Tabel 3. Perhitungan SHDI sub DAS Biyonga Tahun 2014

Ket_Penggunaan Lahan	Kode	Luas_Ha (ni)	Proporsi (Pi)	Ln Pi	Pi x Ln Pi	Keanekaragaman
Hutan Lahan Kering Sekunder	Hs	2001,25	0,28	-1,28	-0,356	Sedang
Semak Belukar	Sb	2666,58	0,37	-1,00	-0,368	
Pertanian Lahan Kering Campur	Pc	619,06	0,09	-2,46	-0,211	
Tubuh Air	Pm	21,67	0,00	-5,81	-0,017	
Pemukiman	Pk	335,46	0,05	-3,07	-0,143	
Pertanian Lahan Kering	Sw	755,68	0,10	-2,26	-0,236	
Sawah	Ta	783,00	0,11	-2,22	-0,241	
Semak Belukar Rawa	Sbr	30,35	0,00	-5,47	-0,023	
		7213,05			1,595	

Berdasarkan nilai indeks keanekaragaman Shannon (SHDI) pada tahun 2014 menunjukkan angka 1,595, yang berada dalam kategori rendah-sedang, namun lebih condong ke kategori rendah. Nilai ini menggambarkan bahwa distribusi penutupan lahan di Desa Biyonga belum merata, karena beberapa kelas lahan mendominasi sebagian besar wilayah, sehingga mengurangi tingkat keanekaragaman secara keseluruhan. Penutupan lahan tahun 2014 didominasi oleh Semak Belukar dengan luas mencapai 2.666,58 hektar atau sekitar 37% dari total luas wilayah. Dominasi ini diperkuat oleh kelas Hutan Lahan Kering Sekunder seluas

2.001,25 hektar atau 28%. Kedua kelas ini menyumbang sekitar 65% dari keseluruhan penutupan lahan, sehingga menjadi penyebab utama rendahnya nilai SHDI. Ketika dua kelas lahan memiliki porsi yang terlalu besar, distribusi tidak merata dan indeks keanekaragaman menurun. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa antara 2009 dan 2014, struktur penggunaan lahan desa Biyonga tidak mengalami perubahan signifikan, sehingga fungsi ekologis desa, habitat flora dan fauna, serta keseimbangan ekosistem tetap terjaga. Vegetasi alami masih mendominasi wilayah, sementara pemanfaatan lahan oleh masyarakat relatif terbatas.

Tabel 4. Perhitungan SHDI sub DAS Biyonga Tahun 2019

Ket_Penggunaan Lahan	Kode	Luas_Ha (ni)	Proporsi (Pi)	Ln Pi	Pi x Ln Pi	Keanekaragaman
Hutan Lahan Kering Sekunder	Hs	2286,56	0,32	-1,15	-0,364	Sedang
Semak Belukar	Sb	1521,86	0,21	-1,56	-0,328	
Tanah Terbuka	T	25,62	0,00	-5,64	-0,020	

Ket_Penggunaan Lahan	Kode	Luas_Ha (ni)	Proporsi (Pi)	Ln Pi	Pi x Ln Pi	Keanekaragaman
Pertanian Lahan Kering Campur Semak	Pc	1821,90	0,25	-1,38	-0,348	
Pemukiman	Pm	334,74	0,05	-3,07	-0,142	
Tubuh Air	Ta	29,68	0,00	-5,49	-0,023	
Semak Belukar Rawa	Sbr	49,73	0,01	-4,98	-0,034	
Pertanian Lahan Kering	Pk	335,54	0,05	-3,07	-0,143	
Sawah	Sw	807,43	0,11	-2,19	-0,245	
		7213,05			1,647	

Berdasarkan nilai indeks keanekaragaman Shannon (SHDI) pada tahun 2019 sebesar 1,647, yang masih berada pada kategori sedang namun sedikit lebih tinggi dibandingkan tahun 2009 dan 2014. Nilai ini menunjukkan adanya peningkatan kecil dalam pemerataan penutupan lahan, meskipun struktur lanskap masih didominasi oleh beberapa kelas lahan tertentu. Dengan demikian, tingkat keanekaragaman secara keseluruhan tetap belum mencapai kategori sedang maupun

tinggi. Pada tahun 2019, Hutan Lahan Kering Sekunder merupakan kelas lahan dengan proporsi terbesar, yaitu 32% atau seluas 2.286,56 hektar. Dominasi berikutnya berasal dari Pertanian Lahan Kering Campur Semak (Pc) dengan proporsi 25% atau 1.821,90 hektar. Kedua kelas ini secara bersama-sama mencakup lebih dari 57% total luas area, sehingga masih menyebabkan ketidakseimbangan distribusi penutupan lahan.

Tabel 5. Perhitungan SHDI sub DAS Biyonga Tahun 2024

Ket_Penggunaan Lahan	Kode	Luas_Ha (ni)	Proporsi (Pi)	Ln Pi	Pi x Ln Pi	Keanekara gaman
Hutan Lahan Kering Sekunder	Hs	2286,56	0,32	-1,15	-0,364	Sedang
Semak Belukar	Sb	1521,86	0,21	-1,56	-0,328	
Tanah Terbuka	T	25,62	0,00	-5,64	-0,020	
Pertanian Lahan Kering Campur Semak	Pc	1821,90	0,25	-1,38	-0,348	
Pemukiman	Pm	334,74	0,05	-3,07	-0,142	
Tubuh Air	Ta	29,68	0,00	-5,49	-0,023	
Semak Belukar Rawa	Sbr	49,73	0,01	-4,98	-0,034	
Pertanian Lahan Kering	Pk	335,54	0,05	-3,07	-0,143	
Sawah	Sw	807,43	0,11	-2,19	-0,245	
		7213,05			1,647	

Berdasarkan Nilai SHDI Desa Biyonga tahun 2024 menunjukkan angka 1,647, yang masih berada pada kategori keanekaragaman sedang. Nilai ini memperlihatkan bahwa meskipun terdapat berbagai jenis tutupan lahan, distribusinya tidak merata karena beberapa kelas lahan memiliki proporsi yang jauh lebih besar dibandingkan yang lain. Akibatnya, struktur lanskap tetap didominasi oleh dua hingga tiga tipe tutupan lahan utama sehingga variasi penutupan lahan secara keseluruhan belum sepenuhnya seimbang. Secara keseluruhan, hasil perhitungan SHDI tahun 2024 mengindikasikan bahwa keanekaragaman penutupan lahan di sub DAS Biyonga masih dalam kategori sedang rendah karena dominasi kuat Hutan Lahan Kering Sekunder, Pertanian Lahan Kering Campur Semak, dan Semak Belukar. Walaupun terdapat perbedaan kelas lahan lain yang menambah variasi, proporsinya belum cukup merata untuk meningkatkan nilai indeks. Hal ini menunjukkan bahwa struktur lanskap Desa Biyonga pada tahun 2024 masih belum mencapai tingkat keseimbangan distribusi tutupan lahan yang optimal.

Perubahan tutupan lahan yang terjadi di sub DAS Biyonga selama periode 2009 hingga 2024 memperlihatkan dinamika lanskap yang dipengaruhi oleh faktor ekologis, sosial, dan ekonomi. Secara teoritis, perubahan ini dapat dijelaskan melalui konsep Land Use and Land Cover Change (LUCC), yaitu perubahan penggunaan dan penutupan lahan sebagai akibat dari aktivitas manusia maupun proses ekologis alami (Adhiatma, R., & Lubis, I, 2020).

Penurunan luasan hutan sekunder pada tahun 2014 dibandingkan tahun 2009, diikuti peningkatan drastis pada 2019 dan 2024, dapat dipahami menggunakan teori regenerasi vegetasi sekunder. Menurut penelitian Bruggeman et al., (2018) vegetasi sekunder di wilayah tropis mengalami fluktuasi mengikuti siklus konversi dan pemulihan lahan akibat tekanan pertanian dan regenerasi alami. Ini sejalan dengan temuan Hasanah (2017) yang menjelaskan bahwa regenerasi hutan sekunder biasanya terjadi setelah aktivitas manusia di suatu area menurun atau berpindah ke area lain. Hal ini terlihat jelas pada Biyonga, di mana meskipun sempat menurun pada 2014, luasan hutan sekunder meningkat kembali secara signifikan pada 2019 hingga 2024,

menunjukkan adanya proses pemulihan ekologis. Sebaliknya, perubahan kelas semak belukar menunjukkan kecenderungan menurun tajam dari 2014 hingga 2024. Dalam literatur, semak belukar biasanya diasosiasikan dengan fase suksesi awal atau kondisi degradasi vegetasi (Barlow et al., 2018). Dominasi pertanian lahan kering campur semak pada tahun 2019 dan 2024 memperkuat pandangan bahwa aktivitas pertanian masyarakat menjadi pendorong utama perubahan. Menurut penelitian (Faria al.2020), masyarakat pedesaan cenderung melakukan ekspansi pertanian lahan kering untuk memenuhi kebutuhan ekonomi keluarga, terutama ketika harga komoditas sedang menguntungkan. Selain itu, penelitian (Cahyono, Y. E., & Dunggio, I. 2021) juga menunjukkan bahwa Penelitian ini menunjukkan bahwa dari tahun 2010 ke 2020, telah terjadi bertambahnya pertanian lahan kering (*dryland farming*) dan pengurangan semak belukar. Hal ini bisa diinterpretasikan sebagai pola ekspansi lahan kering dari semak belukar, dan memang ada potensi fragmentasi lanskap akibat alih fungsi ini. Temuan ini sejalan dengan kondisi Desa Biyonga, di mana pertanian campur semak berkembang pesat pada area yang sebelumnya didominasi semak belukar.

Ketika semak belukar berkurang drastis, sebagaimana terjadi pada tahun 2024, hal ini menandakan dua kemungkinan: pertama, area tersebut telah berhasil memasuki fase regenerasi menuju bentuk vegetasi yang lebih kompleks; atau kedua, area tersebut justru mengalami konversi menjadi bentuk penggunaan lain seperti pertanian atau pemukiman. Temuan Biyonga mengarah pada kemungkinan kedua, karena peningkatan pertanian lahan kering campur semak mencapai lebih dari 2.700 hektar pada 2024. Penelitian Yurike et al. (2024) menegaskan bahwa tekanan terhadap lahan akibat kebutuhan ekonomi mendorong konversi semak belukar menjadi area produksi pertanian, terutama di wilayah pedesaan. (Muryanti, 2022) juga menegaskan bahwa ekspansi pemukiman di desa-desa umumnya dipicu oleh peningkatan akses jalan, pertumbuhan ekonomi, dan keberadaan fasilitas pendidikan yang mendorong konsentrasi penduduk di area tertentu. Kondisi Biyonga yang berada di Sub-DAS Limboto menjadikan wilayah ini strategis dan mengalami perkembangan ruang seiring meningkatnya aktivitas masyarakat.

Setelah menguraikan dinamika perubahan tutupan lahan melalui analisis peta tahun 2009–2024, diperlukan sebuah ukuran kuantitatif yang mampu menggambarkan perubahan struktur lanskap secara lebih mendalam. Peta tutupan lahan memang menunjukkan pergeseran luasan setiap kelas, namun tidak cukup untuk menjelaskan bagaimana perubahan tersebut mempengaruhi tingkat keragaman, keseimbangan komposisi patch, dan kompleksitas struktur lanskap secara keseluruhan. Oleh karena itu, analisis lanjutan menggunakan *Shannon's Diversity Index* (SHDI) menjadi sangat penting untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai tingkat heterogenitas lanskap Desa Biyonga.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan analisis tutupan lahan di sub DAS Biyonga pada periode 2009 hingga 2024, dapat disimpulkan bahwa keragaman tutupan lahan Secara keseluruhan dari hasil perhitungan SHDI tahun 2024 mengindikasikan bahwa keanekaragaman penutupan lahan di sub DAS Biyonga masih rendah Walaupun terdapat perbedaan kelas lahan lain yang menambah variasi, proporsinya belum cukup merata untuk meningkatkan nilai indeks. Hal ini menunjukkan bahwa struktur lanskap sub DAS Biyonga dengan rentan waktu 15 tahun yaitu dari 2009-2024 masih belum mencapai tingkat keseimbangan distribusi tutupan lahan yang optimal. Nilai-nilai yang didapatkan dari perhitungan tersebut memperlihatkan bagaimana pola distribusi spasial lahan di Sub DAS Biyonga semakin beragam namun juga lebih terfragmentasi dari waktu ke waktu. Dengan demikian, peta tematik tutupan lahan dan nilai analisis kuantitatif SHDI dapat digunakan sebagai indikator untuk memahami pola diversitas dan distribusi spasial tutupan lahan, serta memberikan dasar bagi perencanaan pengelolaan lahan yang lebih berkelanjutan di wilayah Sub-DAS Biyonga.

Saran

Pemerintah daerah dan pemangku kepentingan di Sub DAS Biyonga perlu menerapkan kebijakan pengelolaan lahan yang lebih ketat, terutama pada tutupan

lahan dominan seperti hutan lahan kering sekunder dan pertanian lahan kering campur semak, guna menekan fragmentasi lanskap dan menjaga fungsi ekologis DAS. Upaya rehabilitasi dan konservasi perlu difokuskan pada area yang mengalami penurunan kualitas tutupan lahan, seperti semak belukar dan tanah terbuka, melalui kegiatan penanaman kembali, penguatan vegetasi riparian, serta penerapan praktik pertanian ramah lingkungan untuk meningkatkan keanekaragaman lanskap. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan variabel biofisik dan sosial ekonomi, menggunakan citra beresolusi lebih tinggi yang didukung data lapangan, serta mengembangkan model skenario perubahan tutupan lahan guna meningkatkan akurasi analisis dan mendukung perencanaan tata ruang serta pengelolaan Sub DAS Biyonga yang berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih pemerintah desa dan masyarakat desa Bioyanga, Kecamatan Limboto, Kabupaten Gorontalo yang telah memfasilitasi penelitian ini, dan Penyuluh Kehutanan Swadaya Masyarakat (PEH) Balai Pemantapan Kawasan Hutan (BPKH) Wilayah XV Gorontalo beserta tim pendamping lapangan, dan tim pengolah data yang bersedia menjadi bagian dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhiatma, R., & Lubis, I. (2020). Perubahan penggunaan/tutupan lahan dan prediksi perubahan penggunaan/tutupan lahan di Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 10(2), 234-246.
- Asdak, C. (2023). Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai. Ugm Press
- Achmad, A., Ramli, I., Nizamuddin, N., Gunawan, A., & Fakhra, S. Z. (2024). The impact of land use and land cover changes on ecosystem service value in Aceh Besar Regency, Aceh, Indonesia. *Socio-Economic Series*, 64, 7–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.12775/bg-2024-0005>

- Alfianto, A., Cecilia, S., Ridwan, B. W., & Putri, C. W. S. (2020). Penerapan teknologi sabo sebagai penahan laju sedimentasi pada muara Danau Limboto. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 11(1), 1–14.
- Baderan, Dewi Wahyuni K. (2012). Distribusi Spasial dan Luas Kerusakan Hutan Mangrovedi Wilayah Pesisir Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara Provinsi Gorontalo. *Jurnal GeoEco* ISSN: 2460-0768 Vol. 3, No. 1
- Baderan, D. W. K. (2017). Distribusi Spasial dan Luas Kerusakan Hutan Mangrovedi Wilayah Pesisir Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara Provinsi Gorontalo. *GeoEco*, 3(1).
- Barlow, J., França, F., Gardner, T. A., Hicks, C. C., Lennox, G. D., Berenguer, E., Castello, L., Economo, E. P., Ferreira, J., Guénard, B., Leal, C. G., Isaac, V., Lees, A. C., Parr, C. L., Wilson, S. K., Young, P. J. & Graham, N. A. J. (2018). The future of hyperdiverse tropical ecosystems. *Nature*, 559(7715), 517-526. DOI: 10.1038/s41586-018-0301-1
- Bruggeman, D., Meyfroidt, P., & Lambin, E. F. (2018). Impact of land-use zoning for forest protection and production on forest cover changes in Bhutan. *Applied Geography*, 96, 153-165.
- Cahyono, Y. E., & 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.
- Faria, D., Leal, C., & Chazdon, R. L. (n.d.). Enhancing plant diversity in secondary forests. *Frontiers in Forests and Global Change*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3389/ffgc.2020.571352>
- Hasanah, A. N. N. I. S. A. (2017). Model Spasial Restorasi Ekologi pada Hutan Hujan Tropis Banggai Kepulauan. Bachelor Thesis.
- Ismanto, R. D., Fitriana, H. L., Manalu, J., Purboyo, A. A., & Prasasti, I. (2023). Development of Flood-Hazard-Mapping Model Using Random Forest and Frequency Ratio in Sumedang Regency, West Java, Indonesia. *Geomatics & Environmental Engineering*, 17(6).
<https://www.gaee.agh.edu.pl/gaee/article/view/519>
- Muryanti, M. A. (2022). Masyarakat Transisi: Meleburnya Batas-Batas Desa Kota. Bursa Ilmu Yogyakarta.
- Meyfroidt, P., Chowdhury, R. R., de Bremond, A., Ellis, E. C., Erb, K. H., Filatova, T., & Verburg, P. H. (2018). Middle-range theories of land system change. *Global environmental change*, 53, 52-67.
- Narendra, B. H., Darusman, T., Witono, A., Arriyadi, D., Husna, Z. S., & Lestari, D. P. (2023). Peran Hidrologi Hutan Rawa Gambut dan Dampak Degradasinya. Bunga Rampai Kelestarian Dan Konservasi Hutan Rawa Gambut Di Indonesia, 55-67.
- Purboyo, A. A., Ramadan, A. H., Arifin, E. T., Noviandi, I. E., & Arizqi, M. (2024). Pemanfaatan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Identifikasi Morfometri di DAS Ciliwung. *Aerospace Engineering*, 1(1), 12-12.
- Septiantoro, R., Zain, A. F. M., & Pribadi, D. O. (2025). Analisis Nilai Kehijauan Berdasarkan Pengukuran Komputasi dan Persepsi Manusia pada Ruang Terbuka Hijau di Pekanbaru, Riau. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 17(1), 90-101.
- Suryadi, E., Kendarto, D. R., Amaru, K., & Syahputri, G. I. (2020, February). Identification of the critical level of water recharge area in the Citarik subwatershed. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 443, No. 1, p. 012093). IOP Publishing.
- Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and Geovisualization*. Pearson.
- Rozendaal, D. M. A., Bongers, F., Aide, T. M., Alvarez-Dávila, E., Ascarrunz, N., Balvanera, P., ... & Poorter, L. (2019). Biodiversity recovery of Neotropical secondary forests. *Sci Adv* 5: eaau3114.
- Rakuasa, H. (2022). Analisis Spasial-Temporal Perubahan Tutupan Lahan di Kabupaten Maluku Barat Daya. *GEOGRAPHIA: Jurnal Pendidikan Dan Penelitian Geografi*, 3(2), 115-122.

- Tortosa, A., Giffard, B., Sirami, C., Larrieu, L., Ladet, S., & Vialatte, A. (2023). Increasing landscape heterogeneity as a win-win solution to manage trade-offs in biological control of crop and woodland pests. *Scientific Reports*, 13(1), 13573.
- Tarigan, S. D., Wirjodirdjo, B., Wicaksono, P., & Sulistyawati, E. (2018). Impact of deforestation on flood risk in a tropical forested watershed, North Sumatra. *Hydrological Sciences Journal*, 63(4), 580-594.
- Yurike, Y., Wiryono, W., Asdami, E. A., & Syafruddin, Y. S. (2024, November). ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DAN DAMPAKNYA TERHADAP PRODUKTIVITAS LAHAN PERTANIAN DI KOTA BENGKULU. In *Prosiding Seminar Nasional Perlindungan Tanaman* (Vol. 2, pp. 1-8).
- Yenny, N., Putra, M., Anggraini, A., & Tanjung, A. S. R. R. (2025). Analisis Perbandingan Sosial Ekonomi Desa dan Kota dalam Pembangunan Wilayah. *WISSEN: Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora*, 3(2), 103-115.