

DINAMIKA SPASIAL PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) MOLawe KABUPATEN KONAWE UTARA

Abdul Sakti¹, Sahindomi Bana², Alamsyah Flamin³, Sarwinda Intan Putri⁴, Dewi Fitriani⁵, La De Ahmaliun⁶

Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan dan Ilmu Lingkungan, Universitas Halu Oleo^{1,2,3,4,5,6}
e-mail: abdulsakti85@uho.ac.id

ABSTRAK

Perubahan tutupan lahan yang berlangsung cepat menjadi persoalan penting dalam pengelolaan lingkungan, terutama di wilayah yang mengalami tekanan tinggi akibat aktivitas manusia. DAS Molawe merupakan salah satu kawasan yang menghadapi konversi lahan intensif akibat ekspansi perkebunan dan pertambangan. Penelitian ini bertujuan menganalisis dinamika perubahan tutupan lahan di DAS Molawe pada periode 2009, 2014, 2019, dan 2024 serta mengidentifikasi bentuk konversi yang terjadi. Analisis dilakukan menggunakan citra *Sentinel-2* melalui klasifikasi terbimbing, uji akurasi menggunakan koefisien *kappa*, dan *overlay* perubahan spasial. Hasil penelitian menunjukkan penurunan luas hutan kering primer dan sekunder masing-masing sebesar 220,71 ha dan 1.628,75 ha. Sebaliknya, terjadi ekspansi signifikan pada sektor perkebunan dari 3.575,75 ha menjadi 4.091,47 ha serta pertambangan dari 42,38 ha menjadi 1.084,35 ha. Peningkatan semak belukar serta sedikit bertambahnya tubuh air mencerminkan perubahan lansekap akibat alih fungsi lahan. Nilai akurasi *kappa* sebesar 88,89% menunjukkan bahwa hasil klasifikasi memiliki reliabilitas tinggi. Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan bahwa konversi hutan menuju perkebunan dan pertambangan berpotensi mengganggu stabilitas ekosistem DAS Molawe. Penguatan kebijakan konservasi dan pengelolaan lahan berkelanjutan diperlukan untuk menekan laju kerusakan lingkungan.

Kata Kunci: *Deforestation, Perubahan tutupan lahan, DAS Molawe*

ABSTRACT

Rapid land-cover change has become a critical issue in environmental management, particularly in regions experiencing high pressure from human activities. The Molawe Watershed is one such area undergoing intensive land conversion driven by the expansion of plantations and mining. This study aims to analyze land-cover change dynamics in the Molawe Watershed for the years 2009, 2014, 2019, and 2024, and to identify the dominant forms of land conversion. The analysis employed *Sentinel-2* imagery using supervised classification, accuracy assessment with the *kappa* coefficient, and spatial change *overlay*. The results indicate a decline in primary and secondary dryland forests by 220.71 ha and 1,628.75 ha, respectively. Conversely, plantation areas expanded from 3,575.75 ha to 4,091.47 ha, while mining areas increased substantially from 42.38 ha to 1,084.35 ha. Growth in shrubland and a slight increase in water bodies reflect landscape modifications resulting from land-use conversion. The *kappa* accuracy value of 88.89% demonstrates the high reliability of the classification outputs. Overall, these findings highlight that forest conversion into plantation and mining areas poses significant risks to the ecological stability of the Molawe Watershed. Strengthening conservation-oriented land-use policies and sustainable land management practices is essential to mitigate further environmental degradation.

Keywords: *Deforestation, Land cover change, Molawe Watershed*

PENDAHULUAN

Perubahan tutupan lahan yang berlangsung secara cepat telah menjadi isu strategis dalam konteks global karena berdampak signifikan terhadap konservasi keanekaragaman hayati dan keberlanjutan ekosistem. Pada level lokal, fenomena ini tampak nyata di Kabupaten Konawe Utara, khususnya di Daerah Aliran Sungai (DAS) Molawe yang dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) ditetapkan sebagai kawasan budaya dengan fokus pengembangan perkebunan dan pertambangan. Penetapan tersebut secara ideal ditujukan untuk mendukung pemanfaatan ruang yang produktif, namun dalam praktiknya justru memicu percepatan perubahan tutupan lahan yang sebelumnya didominasi hutan alami. Situasi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kebijakan pemanfaatan ruang dan keberlanjutan ekologis yang seharusnya dijaga, sehingga menegaskan urgensi untuk mengkaji lebih dalam dinamika perubahan tutupan lahan di wilayah tersebut.

Implementasi kebijakan tata ruang mendorong laju deforestasi yang tinggi serta perluasan perkebunan kelapa sawit secara intensif di DAS Molawe. Ekspansi pertambangan turut memperburuk hilangnya tutupan hutan, menyebabkan berkurangnya fungsi ekologis penting seperti regulasi air dan penyimpanan karbon yang menjadi bagian dari *ecosystem services*. Perubahan struktur ekosistem akibat konversi lahan mengarah pada degradasi habitat dan mengancam keanekaragaman hayati setempat. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa kehilangan hutan dan habitat kritis merupakan ancaman serius bagi keberlanjutan ekosistem jangka panjang (Li, 2023; Wang et al., 2020), sehingga memperkuat premis pentingnya pengelolaan lanskap yang lebih berkelanjutan.

Kondisi aktual di Kecamatan Langgikima, wilayah yang menaungi DAS Molawe, memperlihatkan peningkatan intensitas konversi lahan dari tahun ke tahun. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa tekanan terhadap ekosistem semakin meningkat, sementara kapasitas lingkungan untuk mempertahankan layanan ekologis penting semakin melemah. Hilangnya hutan, lahan basah, dan habitat kritis lainnya memunculkan kekhawatiran mengenai kemampuan ekosistem dalam mendukung keberlanjutan jasa lingkungan di masa mendatang. Hal ini sejalan dengan analisis terbaru yang menyatakan bahwa tingkat deforestasi global tetap tinggi dan berdampak pada hilangnya keanekaragaman hayati di kawasan dengan peran penting terhadap stabilitas iklim dan siklus hidrologis (Xu et al., 2025). Dengan demikian, terdapat kebutuhan mendesak untuk merumuskan strategi mitigasi dan penataan ruang yang lebih hati-hati.

Salah satu faktor dominan yang mendorong deforestasi di wilayah tropis adalah ekspansi perkebunan kelapa sawit, yang menjadi pendorong utama *land-use change* di berbagai wilayah. Transformasi ini mengonversi ekosistem hutan hujan dan lahan basah menjadi perkebunan monokultur sehingga mengancam stabilitas iklim regional serta kelestarian spesies lokal (Haq et al., 2024). Di DAS Molawe, dinamika perubahan tutupan lahan menjadi semakin kompleks akibat peningkatan populasi dan kebutuhan sumber daya alam yang terus berkembang (Putri et al., 2024). Berbagai studi terkini menekankan pentingnya pendekatan holistik dalam pengelolaan lahan agar keseimbangan ekologis tetap terjaga, serta mendorong partisipasi masyarakat untuk meminimalkan konflik pemanfaatan ruang (Gunawan et al., 2024). Kompleksitas ini memperlihatkan adanya jarak antara kondisi ideal pengelolaan lahan dan realitas sosial-ekologis di lapangan.

Penelitian mengenai dinamika tutupan lahan juga menyoroti pentingnya integrasi teknologi *remote sensing* sebagai instrumen utama untuk memahami pola perubahan lanskap secara spasial dan temporal. Pemanfaatan data penginderaan jauh yang dipadukan dengan kebijakan pemanfaatan ruang yang lebih inklusif dapat membantu menekan dampak

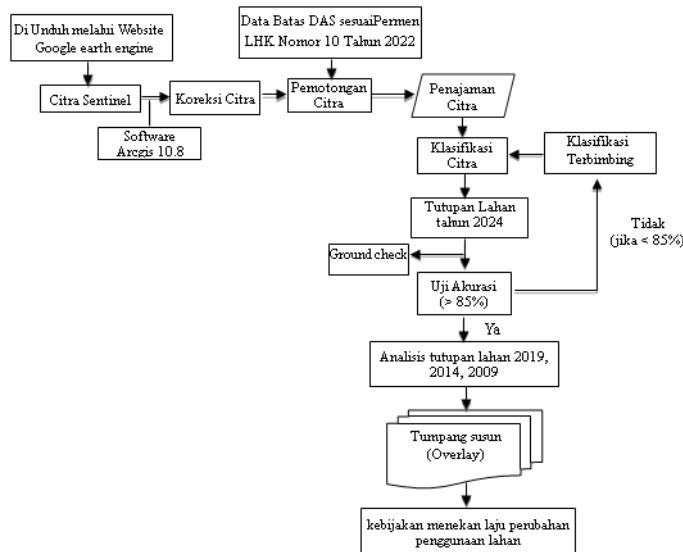
lingkungan dan sosial pada kawasan bertekanan konversi tinggi seperti DAS Molawe (Kurniawati, 2021; Wahida et al., 2022). Walaupun kajian mengenai deforestasi telah banyak dilakukan, masih terdapat kesenjangan pengetahuan terkait keterkaitan antara alih fungsi lahan, keanekaragaman hayati, dan layanan ekosistem di tingkat DAS. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih menyoroti dampak tunggal seperti hilangnya spesies atau penurunan fungsi ekologis tertentu tanpa mengintegrasikan keseluruhan proses perubahan tersebut (Xu et al., 2025), sehingga diperlukan penelitian yang mampu mengisi gap tersebut.

DAS Molawe menjadi lokasi penelitian yang relevan karena sebagian besar wilayahnya termasuk dalam Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP). Apabila seluruh izin tersebut beroperasi penuh, potensi kehilangan tutupan hutan dan flora alami diperkirakan meningkat secara signifikan. Kondisi ini menjadikan DAS Molawe rentan terhadap degradasi ekosistem dan penurunan kualitas lingkungan dalam jangka panjang. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perubahan tutupan lahan di DAS Molawe sebagai langkah penting dalam mengendalikan laju deforestasi dan degradasi hutan. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan landasan ilmiah bagi pengelolaan perubahan tutupan lahan yang lebih berkelanjutan sebagai bentuk kontrol terhadap pembukaan lahan akibat aktivitas pertambangan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di DAS Molawe, Kabupaten Konawe Utara, pada Juli–September 2025 dengan menggunakan citra multi-temporal. Data tahun 2009 dan 2014 diperoleh dari Landsat 7 ETM+ dan Landsat 8 OLI, sedangkan data tahun 2019 dan 2024 berasal dari Sentinel-2 MSI yang diunduh melalui *Google Earth Engine* dengan batas tutupan awan kurang dari 10 persen. Seluruh citra menjalani koreksi geometrik, koreksi atmosferik, serta pemotongan area studi untuk memastikan konsistensi antar-periode. Pemilihan jenis sensor dilakukan berdasarkan ketersediaan citra terbaik pada masing-masing tahun sehingga analisis perubahan tutupan lahan dapat dilakukan secara terstandar.

Klasifikasi citra dilakukan menggunakan pendekatan *supervised classification* dengan algoritma *Maximum Likelihood Classification* (MLC) yang banyak digunakan dalam analisis perubahan tutupan lahan karena stabil dalam memisahkan variasi spektral pada lanskap heterogen (Juniyanti et al., 2020; Pahleviannur, 2019). Penentuan Region of Interest (ROI) dilakukan melalui interpretasi citra dan pengecekan lapangan, sementara 126 titik validasi disusun menggunakan teknik pengambilan sampel berstrata untuk mewakili seluruh kelas tutupan lahan. Kelas yang dianalisis meliputi Hutan Lahan Kering Primer, Hutan Lahan Kering Sekunder, Perkebunan, Permukiman, Pertambangan, Semak Belukar, dan Tubuh Air sesuai klasifikasi Direktorat Jenderal PPI dan Direktorat Inventarisasi GRK dan MPV (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2024). Alur penelitian disajikan kembali pada Gambar 1 untuk memperjelas tahapan analisis.

**Gambar 1. Bagan Alur Prosedur Penelitian**

Uji akurasi dilakukan menggunakan *confusion matrix* dan koefisien Kappa untuk menilai kesesuaian hasil klasifikasi dengan titik validasi di lapangan. Selanjutnya, perubahan tutupan lahan dianalisis menggunakan metode *post-classification comparison* yang membandingkan hasil klasifikasi antar-tahun sehingga pola konversi dapat diidentifikasi secara langsung. Analisis ini diterapkan untuk periode 2009–2014, 2014–2019, dan 2019–2024 guna melihat kecenderungan perubahan secara komprehensif. Pengolahan spasial dilakukan menggunakan ArcGIS 10.8, sementara tabulasi perubahan luas per kelas dihitung menggunakan Microsoft Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

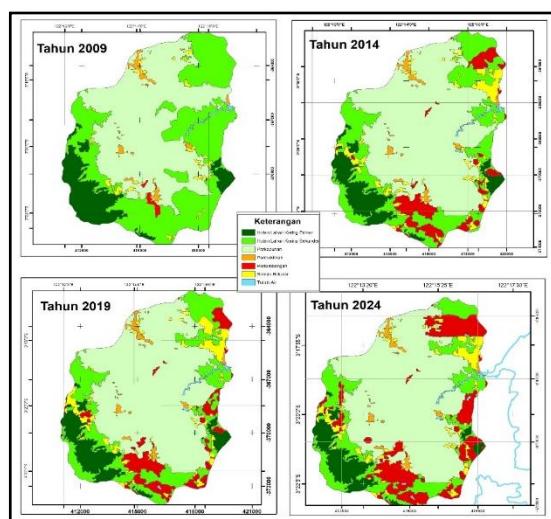
Pengamatan citra satelit Sentinel-2 untuk periode tahun 2009, 2014, 2019, dan tahun 2024 menunjukkan adanya perubahan yang signifikan pada tutupan lahan di DAS Molawe. Hasil penelitian ini menunjukkan perubahan tutupan lahan mencakup aspek kegiatan perkebunan, dan konversi hutan menjadi lahan pertambangan, yang semuanya memiliki dampak besar baik terhadap ekosistem maupun potensi pemanfaatan lahan. Hasil penelitian disajikan pada Tabel 1. sebagai berikut.

Tabel 1. Luas Tutupan Lahan Tahun 2009, 2014, 2019 dan 2024 di DAS Molawe

No	Bentuk Tutupan Lahan	2009 (ha)	2014 (Ha)	2019 (Ha)	2024 (Ha)
1	Hutan Lahan Kering Primer	825,16	656,68	650,83	604,45
2	Hutan Lahan Kering Sekunder	2954,53	1747,64	1576,94	1325,78
3	Perkebunan	3575,75	4202,86	4282,76	4091,47
4	Permukiman	112,82	115,48	115,48	115,48
5	Pertambangan	42,38	525,29	579,92	1084,35
6	Semak Belukar	145,99	402,37	444,07	421,03
7	Tubuh Air	30,68	36,98	37,31	44,75
Luas Total		7687,30	7687,30	7687,30	7687,30

Sumber: Analisis data primer 2025

Tabel 1 menunjukkan bahwa terjadi perubahan signifikan dalam tutupan lahan di DAS Molawe antara tahun 2009 hingga 2024. Hutan Lahan Kering Primer menunjukkan penurunan luas dari 825,16 Ha pada tahun 2009 menjadi 604,45 Ha pada tahun 2024. Hutan Lahan Kering Sekunder juga mengalami penurunan luas yang cukup tajam, yaitu dari 2954,53 Ha pada tahun 2009 menjadi 1325,78 Ha pada tahun 2024. Perkebunan mengalami peningkatan yang stabil, dari 3575,75 Ha pada tahun 2009 menjadi 4282,76 Ha pada tahun 2019, meskipun sedikit menurun pada tahun 2024 menjadi 4091,47 Ha. Permukiman tetap relatif stabil, dengan luas yang hampir tidak berubah, yaitu sekitar 115,48 Ha pada tahun 2024, yang menunjukkan sedikitnya perubahan dalam area pemukiman. Secara spasial disajikan pada Gambar 2 sebagai berikut.



Gambar 2. Tutupan Lahan tahun 2009 sampai dengan 2024 di DAS Molawe

Gambar 2 menjelaskan sektor pertambangan mengalami peningkatan drastis, dari 42,38 Ha pada tahun 2009 menjadi 1.084,35 Ha pada tahun 2024, perubahan penggunaan lahan yang terjadi selama aktivitas pertambangan sering kali menyebabkan degradasi tanah yang parah. Semak Belukar juga mengalami peningkatan luas yang signifikan dari 145,99 Ha pada tahun 2009 menjadi 421,03 Ha pada tahun 2024, yang mungkin menggantikan area hutan yang hilang. Terakhir, Tubuh Air mengalami sedikit peningkatan dari 30,68 Ha pada tahun 2009 menjadi 44,75 Ha pada tahun 2024. Perubahan luasan tutupan lahan tahun 2009 ke tahun 2014 disajikan pada Tabel 2 sebagai berikut.

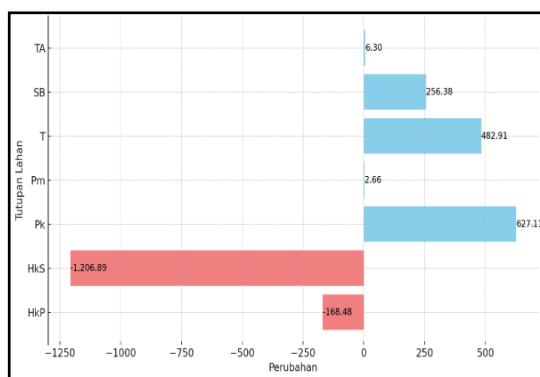
Tabel 2. Perubahan tutupan lahan tahun 2009 ke tahun 2014 di DAS Molawe

Bentuk Tutupan Lahan	Tahun 2014							Luas 2009
	HkP	HkS	Pk	Pm	T	SB	TA	
Tahun 2009	HkP	656,68	141,43		25,43	1,62		825,16
	HkS		1606,21	703,86	437,03	205,21	2,22	2954,53
	Pk			3499,00	2,65	20,45	53,64	3575,75
	Pm				112,82			112,82
	T					42,38		42,38
	SB					141,90	4,09	145,99
	TA						30,68	30,68
Luas 2014		656,68	1747,64	4202,86	115,48	525,29	402,37	36,98
								7687,30

Sumber: Analisis data primer 2025

Keterangan : Hutan Lahan Kering Primer (HkP); Hutan Lahan Kering Sekunder (HkS); Perkebunan (Pk); Permukiman (Pm); Pertambangan (T); Semak Belukar (SB); Tubuh Air (TA).

Perubahan tutupan lahan tahun 2009, hutan lahan kering primer (HkP) mencatatkan luas 825,16 ha, sedangkan pada tahun 2014, luasnya berkurang menjadi 656,68 ha. Bentuk perubahannya menjadi hutan sekunder sebanyak 141,43 Ha, Pertambangan 25,43 dan semak belukar 1,62 Ha (Tabel 2). Hutan Lahan Kering Sekunder (HkS) mengalami penurunan luasan sebesar 1206,89 Ha, pada tahun 2009 tahun 2014. Secara rinci dinamika perubahan tahun 2009 dan 2014 disajikan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Dinamika Perubahan tutupan Lahan Tahun 2009-2014

Berdasarkan Gambar 3, tutupan lahan Perkebunan (Pk), Pertambangan (T), Semak Belukar (SB), dan Tubuh Air (TA) mengalami peningkatan luas sebesar 1.375,36 Ha dalam rentang waktu 2009 sampai 2014. Peningkatan terbesar terjadi pada kelas Perkebunan (Pk) yang bertambah hingga 627,11 Ha, menunjukkan adanya konversi lahan yang cukup intensif menuju aktivitas budidaya. Pergeseran ini menggambarkan kecenderungan perubahan penggunaan ruang yang semakin dipengaruhi oleh kebutuhan ekonomi dan ekspansi aktivitas ekstraktif. Dinamika perubahan tutupan lahan dari tahun 2019 sampai tahun 2024 selanjutnya disajikan pada Tabel 3 untuk memberikan gambaran perbandingan antar periode secara lebih komprehensif.

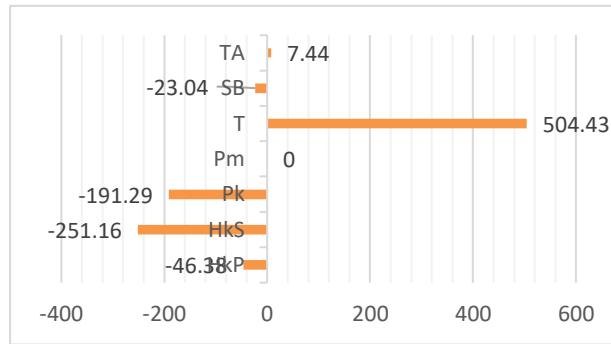
Tabel 3. Perubahan tutupan lahan tahun 2019 ke tahun 2024 di DAS Molawe

Bentuk Tutupan Lahan	Tahun 2024							Luas 2019	
	HkP	HkS	Pk	Pm	T	SB	TA		
Tahun 2019	604,45				46,38			650,83	
		1325,78			247,50	1,49	2,17	1576,94	
			4091,47		162,13	26,11	3,06	4282,76	
				115,48				115,48	
					579,92			579,92	
					48,42	393,43	2,22	444,07	
							37,31	37,31	
Luas 2024		604,45	1325,78	4091,47	115,48	1084,35	421,03	44,75	7687,30

Sumber: Analisis data primer 2025

Keterangan: Hutan Lahan Kering Primer (HkP); Hutan Lahan Kering Sekunder (HkS); Perkebunan (Pk); Permukiman (Pm); Pertambangan (T); Semak Belukar (SB); Tubuh Air (TA).

Tabel 3 menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan di DAS Molawe tahun 2019 ke tahun 2024 tutupan lahan pertambangan menunjukkan peningkatan yang signifikan, dengan luas pertambangan meningkat dari 579,92 Ha pada 2019 menjadi 1084,35 Ha pada 2024. Tutupan lahan semak belukar (SB) mengalami penurunan sedikit, dari 444,07 hektar pada 2019 menjadi 421,03 hektar pada 2024. Penurunan yang tidak terlalu signifikan ini menunjukkan bahwa semak belukar berfungsi sebagai ekosistem penyangga yang tetap stabil. Tubuh air (TA) mengalami peningkatan kecil, dari 37,31 hektar pada 2019 menjadi 44,75 hektar pada 2024. Dinamika perubahan penggunaan lahan tahun 2019 sampai 2024 disajikan pada gambar 4 sebagai berikut.



Gambar 4. Dinamika Perubahan Tutupan lahan Tahun 2019-2024

Gambar 4 menunjukkan bahwa dinamika tutupan lahan terbagi menjadi dua bagian yaitu yang mengalami perubahan positif dan perubahan negatif. Perubahan negatif terjadi pada perubahan tutupan lahan di kawasan tersebut. HkS mengalami penurunan yang tinggi sebesar 251,16 hektar, hilangnya kawasan hutan menyebabkan perubahan kondisi ekosistem dan kerusakan lingkungan sekitarnya. Pk juga mengalami penurunan 191,29 hektar, sementara Pm tetap stabil dengan nilai 0. Tutupan lahan Pertambangan (T) menunjukkan peningkatan signifikan sebesar 504,43 hektar, mencerminkan ekspansi area pertambangan diwilayah DAS Molawe menjadi ancaman keberlanjutan DAS Molawe. SB mengalami penurunan kecil sebesar 23,04 hektar, menunjukkan stabilitas semak belukar sebagai ekosistem penyangga. TA meningkat 7,44 hektar, menandakan terbentuknya tubuh air baru atau perubahan pada badan air yang ada. Secara keseluruhan, data ini mencerminkan dampak aktivitas manusia, khususnya pertambangan, terhadap perubahan lahan dan ekosistem lokal. Bentuk perubahan tutupan lahan selama 20 tahun di DAS Molawe disajikan pada Tabel 4 sebagai berikut

Tabel 4. Perubahan tutupan lahan selama 20 tahun mulai tahun 2009 sampai tahun 2024 di DAS Molawe

Tahun 2009	Tahun 2024							Luas 2009
	HkP	HkS	Pk	Pm	T	SB	TA	
HkP	604,45	143,91			75,19	1,62		825,16
HkS		1181,87	730,09		808,71	223,87	9,98	2954,53
Pk			3361,38	2,65	158,07	53,64		3575,75
Pm				112,82				112,82
T					42,38			42,38
SB						141,90	4,09	145,99
TA							30,68	30,68
Luas 2024	604,45	1325,78	4091,47	115,48	1084,35	421,03	44,75	7687,30

Sumber: Analisis data primer 2025

Keterangan

Copyright (c) 2025 KNOWLEDGE : Jurnal Inovasi Hasil Penelitian dan Pengembangan

Hutan Lahan Kering Primer (HkP); Hutan Lahan Kering Sekunder (HkS); Perkebunan (Pk); Permukiman (Pm); Pertambangan (T); Semak Belukar (SB); Tubuh Air (TA).

Tabel 4 menunjukkan perubahan yang signifikan dalam tutupan lahan antara tahun 2009 dan 2024. Hutan Lahan Kering Primer (HkP) mengalami penurunan luas dari 825,16 ha pada tahun 2009 menjadi 604,45 ha pada tahun 2024, dengan penurunan sebesar 220,71 ha. Hutan Lahan Kering Sekunder (HkS) juga mengalami penurunan yang cukup besar, dari 2954,53 ha pada tahun 2009 menjadi 1325,78 ha pada tahun 2024, atau mengalami penurunan sebesar 1628,75 ha. Perkebunan (Pk) menunjukkan peningkatan signifikan, dengan luas meningkat dari 3575,75 ha pada tahun 2009 menjadi 4091,47 ha pada tahun 2024, mengalami penambahan sebesar 515,72 ha. Ini mencerminkan adanya ekspansi sektor perkebunan, yang mungkin berkaitan dengan peningkatan permintaan untuk produk pertanian komoditas seperti kelapa sawit. Pertambangan (T) juga mengalami peningkatan tajam, dari 42,38 ha pada tahun 2009 menjadi 1084,35 ha pada tahun 2024, dengan penambahan sebesar 1041,97 ha, yang menunjukkan ekspansi besar dalam sektor pertambangan selama periode ini. Semak Belukar (SB) mengalami sedikit peningkatan, dari 145,99 ha pada tahun 2009 menjadi 421,03 ha pada tahun 2024, dengan penambahan sebesar 275,04 ha, yang menunjukkan kemungkinan penggundulan hutan yang digantikan oleh semak belukar. Tubuh Air (TA) juga mengalami sedikit peningkatan dari 30,68 ha pada tahun 2009 menjadi 44,75 ha pada tahun 2024, meningkat sebesar 14,07 ha, yang mungkin menunjukkan peningkatan luas badan air seperti danau atau waduk.

Pembahasan

Penurunan tutupan Hutan Lahan Kering Primer (HkP) mencerminkan degradasi ekologis yang signifikan pada DAS Molawe dan menunjukkan meningkatnya tekanan terhadap ekosistem yang memiliki fungsi ekologis penting sebagai habitat flora dan fauna. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Mubarokah dan Hendrakusumah (2022) yang menegaskan bahwa konversi hutan untuk kepentingan pertanian, pemukiman, dan pertambangan merupakan pendorong utama kerusakan lingkungan. Dampak ekologisnya tidak hanya berupa hilangnya biomassa dan biodiversitas, tetapi juga penurunan kualitas tanah serta peningkatan kerentanan terhadap banjir dan longsor sebagaimana dijelaskan oleh (He et al., 2023). Oleh karena itu, pengendalian aktivitas pertambangan melalui penerapan reklamasi pasca-tambang dan penegakan sanksi sebagaimana disarankan Ballesteros et al. (2025) serta Zhang dan Fang (2021) menjadi sangat penting untuk menekan laju kehilangan HkP.

Penurunan Hutan Lahan Kering Sekunder (HkS) juga memperlihatkan pola alih fungsi lahan yang intensif dan konsisten dengan temuan Frelich et al. (2020) yang menyoroti kerentanan hutan sekunder terhadap tekanan pembangunan. HkS memiliki peran kritis dalam menjaga keberlanjutan ekosistem, terutama dalam fungsi penyimpanan karbon dan penyediaan habitat bagi berbagai spesies hutan, sehingga penurunannya akan berpengaruh langsung terhadap stabilitas ekologis wilayah tersebut. Hending et al. (2023) dan Wang et al. (2020) menunjukkan bahwa konversi lahan yang tidak terkontrol dapat menurunkan kualitas lingkungan dan mempercepat degradasi ekosistem. Dengan demikian, perencanaan penggunaan lahan yang bijaksana dan penerapan praktik pertanian yang ramah lingkungan menjadi komponen penting untuk menekan laju penurunan HkS dan menjaga keberlanjutannya.

Peningkatan luas lahan perkebunan menunjukkan adanya dinamika ekonomi yang dipengaruhi oleh meningkatnya permintaan komoditas seperti kelapa sawit, baik pada pasar domestik maupun global. Hal ini menguatkan temuan Adhikari et al. (2023) yang menyebut bahwa ekspansi perkebunan didorong oleh kebutuhan pasar akan minyak nabati dan bahan baku



industri. Tren ini juga konsisten dengan Khatriwada et al. (2021) yang menemukan bahwa ekspansi pertanian komersial merupakan respon terhadap kebutuhan energi, pangan, dan material industri yang terus meningkat. Namun, peningkatan perkebunan dapat menyebabkan tekanan ekologis yang besar apabila tidak diimbangi dengan pengelolaan yang berkelanjutan dan penerapan praktik seperti agroforestry serta diversifikasi komoditas. Oleh sebab itu, integrasi prinsip keberlanjutan dalam pengelolaan perkebunan perlu menjadi bagian dari kebijakan daerah agar konversi lahan tidak semakin meluas.

Ekspansi pertambangan yang sangat besar mencerminkan tingginya permintaan terhadap mineral strategis seperti nikel yang menjadi kebutuhan penting industri energi dan manufaktur. Studi dari Leal Filho et al. (2021) menegaskan bahwa pertambangan, meskipun berkontribusi pada perekonomian nasional, sering menimbulkan dampak lingkungan yang luas seperti pencemaran tanah, degradasi lanskap, serta gangguan terhadap kualitas air. Kondisi di DAS Molawe memperlihatkan bahwa pembukaan lahan pertambangan tidak hanya menghilangkan tutupan hutan, tetapi juga memicu perubahan pola hidrologi dan struktur tanah. Oleh karena itu, pengelolaan wilayah pertambangan perlu diterapkan secara ketat melalui pengawasan reklamasi, audit lingkungan, dan penetapan zona lindung di sekitar area tambang aktif. Upaya ini penting agar ekspansi pertambangan tidak semakin mengancam kualitas lingkungan dan kesejahteraan masyarakat sekitar.

Peningkatan semak belukar menunjukkan adanya proses degradasi lahan yang terjadi akibat konversi hutan dan gangguan aktivitas manusia pada penutupan vegetasi alami. Fenomena ini sejalan dengan Shrestha et al. (2022) yang menegaskan bahwa konversi hutan tanpa perencanaan dapat menghasilkan vegetasi sekunder berupa semak belukar sebagai bentuk suksesi awal. Guiterman et al. (2022) menjelaskan bahwa semak belukar berkembang pada lahan terdegradasi yang kehilangan fungsi ekologis penting, termasuk kapasitas penyimpanan karbon dan pengaturan iklim mikro. Meskipun memiliki beberapa manfaat ekologis terbatas, semak belukar tetap tidak mampu menggantikan peran ekologis hutan yang kompleks sebagaimana dicatat oleh (Li et al., 2020). Dengan demikian, peningkatan semak belukar di DAS Molawe perlu menjadi indikator dini untuk perencanaan restorasi ekosistem, terutama di wilayah yang memiliki potensi pemulihran hutan.

Peningkatan tubuh air di DAS Molawe menunjukkan kemungkinan adanya pembangunan atau penataan infrastruktur air seperti waduk, kolam retensi, atau sarana penyimpanan air lainnya. Hal ini sejalan dengan penelitian Leal Filho et al. (2021) yang menjelaskan bahwa pengembangan infrastruktur air sering dilakukan untuk mendukung kebutuhan irigasi, sanitasi, dan mitigasi kekeringan. Peningkatan tubuh air dapat memberikan manfaat ekologis, seperti penyangga banjir dan ketersediaan air pada musim kemarau, namun tetap harus dikelola dengan prinsip kehati-hatian agar tidak menimbulkan dampak negatif seperti pencemaran dan degradasi habitat akuatik. Oleh karena itu, pengembangan infrastruktur air perlu diselaraskan dengan konservasi ekosistem perairan sehingga keberlanjutan fungsi ekologis tetap terjaga. Dalam konteks DAS Molawe, peningkatan tubuh air perlu dimaknai sebagai peluang untuk memperkuat tata kelola sumber daya air yang berkelanjutan.

KESIMPULAN

Perubahan tutupan lahan di DAS Molawe selama periode 2009–2024 menunjukkan adanya tekanan ekologis yang kuat akibat ekspansi perkebunan dan pertambangan yang tidak terkendali. Temuan ini mempertegas bahwa penurunan luas hutan primer dan sekunder bukan hanya sekadar fenomena statistik, tetapi menggambarkan hilangnya fungsi ekologis penting seperti penyimpanan karbon, pengaturan tata air, dan penyediaan habitat bagi keanekaragaman hayati. Dinamika perubahan ini sekaligus mengonfirmasi bahwa kebijakan pemanfaatan ruang



yang diarahkan pada pemanfaatan lahan untuk kepentingan ekstraktif telah meninggalkan dampak jangka panjang terhadap integritas ekosistem DAS. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan perlunya reposisi kebijakan tata ruang yang lebih berorientasi pada keberlanjutan dan perlindungan kawasan bernilai ekologis tinggi.

Ke depan, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi pengelolaan yang lebih adaptif, termasuk penguatan regulasi terhadap aktivitas pertambangan dan penerapan praktik perkebunan berkelanjutan. Prospek penelitian lanjutan dapat diarahkan pada pemodelan prediktif perubahan tutupan lahan, evaluasi dampak hidrologis, serta kajian efektivitas reklamasi pascatambang di wilayah DAS Molawe. Selain itu, integrasi partisipasi masyarakat dalam pemulihian kawasan dan peningkatan kapasitas kelembagaan daerah menjadi langkah penting untuk memastikan bahwa upaya konservasi tidak berhenti pada tataran kebijakan semata, tetapi benar-benar terimplementasi dalam praktik. Dengan pendekatan yang komprehensif dan kolaboratif, keberlanjutan ekosistem DAS Molawe masih dapat dipertahankan untuk jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, S., Poudel, D., & Gopinath, M. (2023). Is Policy Greasing the Wheels of Global Palm Oil Trade? *Research on World Agricultural Economy*, 4(2), 62–77. <https://doi.org/10.36956/rwae.v4i2.859>
- Ballesteros, M., Řehounková, K., Decler, K., Martínez-Ruiz, C., Alday, J. G., Gentili, R., Nunes, A., Salgueiro, P. A., Mahy, G., Bouchoms, S., Kirmer, A., Tischew, S., Carabassa, V., Nikolić, N., Marrs, R. H., & Prach, K. (2025). Maximising Biodiversity Potential in Europe's Mines and Quarries: A Key Role for EU Nature Restoration Regulation Targets. In *Ambio*. <https://doi.org/10.1007/s13280-025-02235-4>
- Frelich, L. E., Jõgiste, K., Stanturf, J., Jansons, A., & Vodde, F. (2020). Are Secondary Forests Ready for Climate Change? It Depends on Magnitude of Climate Change, Landscape Diversity and Ecosystem Legacies. *Forests*, 11(9), 965. <https://doi.org/10.3390/f11090965>
- Guiterman, C. H., Gregg, R. M., Marshall, L. A. E., Beckmann, J. J., van Mantgem, P. J., Falk, D. A., Keeley, J. E., Caprio, A. C., Coop, J. D., Fornwalt, P. J., Haffey, C., Hagmann, R. K., Jackson, S. T., Lynch, A. M., Margolis, E. Q., Marks, C., Meyer, M. D., Safford, H., Syphard, A. D., ... Stevens, J. T. (2022). Vegetation type conversion in the US Southwest: Frontline observations and management responses. *Fire Ecology*, 18, Article 6. <https://doi.org/10.1186/s42408-022-00131-w>
- Gunawan, R., Febryano, I. G., Bantara, I., & Yuwono, S. B. (2024). Social Engineering in the Implementation of Forest and Land Rehabilitation in Girimulyo Village, Lampung Province. *Jurnal Belantara*, 7(1), 111–125. <https://doi.org/10.29303/jbl.v7i1.969>
- Haq, S. M., Ahmad, N., Parry, W., Dhawan, R., & Pandit, A. (2024). Biodiversity and carbon stocks of the understory vegetation in the Zabarwan Mountain Range. *Global Ecology and Conservation*, 43, Article e02420. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111685>
- He, X., Ziegler, A. D., Elsen, P. R., Feng, Y., Baker, J. C. A., Liang, S., Holden, J., Spracklen, D. V., & Zeng, Z. (2023). Accelerating global mountain forest loss threatens biodiversity hotspots. *One Earth*, 6(3), 303–315. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2023.02.005>
- Hending, D., Randrianarison, H., Andriamavosoloarisoa, N. N. M., Ranohatra-Hending, C., Holderied, M., McCabe, G., & Cotton, S. (2023). Forest fragmentation and its associated edge-effects reduce tree species diversity, size, and structural diversity in

- Madagascar's transitional forests. *Biodiversity and Conservation*, 32(10), 3329–3353. <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02657-0>
- Juniyanti, L., Prasetyo, L. B., Aprianto, D. P., Purnomo, H., & Kartodihardjo, H. (2020). Perubahan penggunaan dan tutupan lahan serta faktor penyebabnya di Pulau Bengkalis, Provinsi Riau (periode 1990–2019). *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (JPSL)*, 10(3), 419–435. <https://doi.org/10.29244/jpsl.10.3.419-435>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2024). *Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV) Nasional Tahun 2024*. Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, Direktorat Inventarisasi GRK dan MPV. <https://id.scribd.com/document/909756653/Laporan-Inventarisasi-Gas-Rumah-Kaca-GRK-dan-Monitoring-Pelaporan-Verifikasi-2024>
- Khatiwada, D., Palmén, C., & Silveira, S. (2021). Evaluating the palm oil demand in Indonesia: production trends, yields, and emerging issues. *Biofuels*, 12(2), 135–147. <https://doi.org/10.1080/17597269.2018.1461520>
- Kurniawati, U. F. (2021). Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap besaran stok karbon di Kota Surabaya. *Jurnal Penataan Ruang*, 16(1), 54–58. <https://doi.org/10.12962/j2716179x.v16i1.8951>
- Leal Filho, W., Abubakar, I. R., Nunes, C., Platje, J., Ozuyar, P. G., Will, M., Nagy, G. J., Al-Amin, A. Q., Hunt, J. D., & Li, C. (2021). Deep Seabed Mining: A Note on Some Potentials and Risks to the Sustainable Mineral Extraction from the Oceans. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(5), 521. <https://doi.org/10.3390/jmse9050521>
- Li, H., Ding, J., Zhang, J., Yang, Z., Yang, B., Zhu, Q., & Peng, C. (2020). Effects of land cover changes on net primary productivity in the terrestrial ecosystems of China from 2001 to 2012. *Land*, 9(12), 1–13. <https://doi.org/10.3390/land9120480>
- Li, Y. (2023). Suitability evaluation of land reclamation as arable land in coal mining area based on catastrophe theory. *SN Applied Sciences*, 5, Article 146. <https://doi.org/10.1007/s42452-023-05363-2>
- Mubarokah, A., & Hendrakusumah, E. (2022). Pengaruh alih fungsi lahan perkebunan terhadap ekosistem lingkungan. *Jurnal Riset Perencanaan Wilayah dan Kota (JRPWK)*, 2(1), 419-435. <https://doi.org/10.29313/jrpwk.v2i1.754>
- Pahleviannur, M. R. (2019). Pemanfaatan Informasi Geospasial Melalui Interpretasi Citra Digital Penginderaan Jauh Untuk Monitoring Perubahan Penggunaan Lahan. *Jpig (Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Geografi)*, 4(2), 18–26. <https://doi.org/10.21067/jpig.v4i2.3267>
- Putri, A. V. Y., Sadono, R., & Sutata, D. F. (2024). Enhancing Land Cover and Carbon Storage Through Rehabilitation of Degraded Lands Into Wono: A Case Study of a Small-Scale Private Forest in Dengok Village, Gunungkidul, Yogyakarta, Indonesia (1972-2021). *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 11(2), 5105–5117. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2024.112.5105>
- Shrestha, S., Poudyal, K. N., Bhattacharai, N., Dangi, M. B., & Boland, J. J. (2022). An Assessment of the Impact of Land Use and Land Cover Change on the Degradation of Ecosystem Service Values in Kathmandu Valley Using Remote Sensing and GIS. *Sustainability*, 14(23), 15739. <https://doi.org/10.3390/su142315739>
- Wahida, I., Yushardi, Y., Nurdin, E. A., Astutik, S., & Mujib, M. A. (2022). Analisis peningkatan jumlah penduduk terhadap perubahan penggunaan lahan tahun 2016–2020 berbasis citra Landsat 8-OLI di Kecamatan Sumbersari dan Patrang. *Majalah Pembelajaran Geografi*, 5(2), 419-435. <https://doi.org/10.19184/pgeo.v5i2.32948>

- Wang, Y., Ziv, G., Adami, M., Almeida, C. A. de, Antunes, J. F. G., Coutinho, A. C., Esquerdo, J. C. D. M., Gomes, A. R., & Galbraith, D. (2020). Upturn in secondary forest clearing buffers primary forest loss in the Brazilian Amazon. *Nature Sustainability*, 3(4), 290–295. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0470-4>
- Xu, S., Unsworth, R. K. F., Gaitan-Espitia, J. D., & Zhou, Y. (2025). Editorial: Degradation, conservation and ecological restoration of seagrass beds under intensifying global changes. *Frontiers in Marine Science*, 12, 1694098. <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1694098>
- Zhang, C., & Fang, S. (2021). Identifying and zoning key areas of ecological restoration for territory in resource-based cities: A case study of Huangshi City, China. *Sustainability*, 13(7), 3931. <https://doi.org/10.3390/su13073931>