



Studi Kesesuaian Pemanfaatan Lahan terhadap Peraturan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) di Kabupaten Gorontalo: Tinjauan Ekologis, Normatif, dan Aksiologis

Roland Kasim^{1*}, Mahludin S. Baruwadi², Hasim³

¹ Pasca Sarjana Universitas Negeri Gorontalo Prodi Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

²⁻³ Guru Besar Fakultas Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

*Penulis Korespondensi: rolandkasim@gmail.com¹

Abstract. *This study aims to analyze the compatibility between land use practices and watershed management regulations in Gorontalo Regency through ecological, normative, and axiological approaches. Rapid land cover changes from the upstream to downstream areas, particularly in the Biyonga, Alo-Pohu, and Limboto watersheds, have caused severe impacts such as increased erosion, sedimentation, and reduced hydrological function. The study employs a qualitative analysis using a literature-based method, reviewing key scientific articles from Jurnal Ilmu Lingkungan Universitas Gadjah Mada, Sustainability (MDPI), and Engineering, Technology & Applied Science Research, as well as regulatory documents such as Government Regulation No. 37 of 2012, Government Regulation No. 27 of 2023, Regional Regulation of Gorontalo Province No. 11 of 2014, and Governor Regulation No. 19 of 2019. The findings reveal that, ecologically, the conversion of agricultural lands into settlements has increased sediment yield and reduced soil infiltration capacity. Normatively, most land use activities remain inconsistent with soil and water conservation regulations. Axiologically, there is a gap between sustainability values embedded in policy and the community's practical behavior in managing land resources. This study highlights the need for integrating scientific, legal, and ethical perspectives to strengthen sustainable watershed management in Gorontalo. Therefore, the findings are expected to serve as a policy recommendation framework for local governments in developing adaptive and ecologically grounded watershed management strategies.*

Keywords: Ecology; Gorontalo; Land Use; Normative; Watershed

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesesuaian antara pemanfaatan lahan dengan peraturan pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) di Kabupaten Gorontalo berdasarkan pendekatan ekologis, normatif, dan aksiologis. Perubahan tutupan lahan yang pesat di wilayah hulu hingga hilir DAS, khususnya di Biyonga, Alo-Pohu, dan Limboto, telah menimbulkan dampak terhadap meningkatnya laju erosi, sedimentasi, serta degradasi fungsi hidrologis. Kajian ini menggunakan metode analisis kualitatif berbasis studi literatur, dengan menelaah berbagai sumber seperti Jurnal Ilmu Lingkungan Universitas Gadjah Mada, Sustainability (MDPI), dan Engineering, Technology & Applied Science Research, serta dokumen hukum meliputi Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012, PP Nomor 27 Tahun 2023, Perda Provinsi Gorontalo Nomor 11 Tahun 2014, dan Pergub Gorontalo Nomor 19 Tahun 2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara ekologis, perubahan penggunaan lahan pertanian menjadi permukiman meningkatkan sediment yield dan menurunkan daya serap tanah. Secara normatif, sebagian besar aktivitas pemanfaatan lahan belum sepenuhnya selaras dengan regulasi konservasi tanah dan air. Sedangkan secara aksiologis, terdapat kesenjangan antara nilai keberlanjutan yang diatur dalam kebijakan dengan perilaku masyarakat dalam mengelola sumber daya lahan. Penelitian ini menegaskan pentingnya integrasi antara pendekatan ilmiah, hukum, dan etika lingkungan untuk memperkuat pengelolaan DAS berkelanjutan di Kabupaten Gorontalo. Dengan demikian, hasil studi ini diharapkan dapat menjadi dasar rekomendasi bagi pemerintah daerah dalam penyusunan kebijakan pengelolaan DAS yang lebih adaptif dan berbasis nilai ekologis.

Kata Kunci: Daerah Aliran Sungai; Ekologi; Gorontalo; Normatif; Penggunaan Lahan

1. PENDAHULUAN

Perubahan tutupan lahan di wilayah Kabupaten Gorontalo dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan dinamika yang cukup signifikan, terutama pada daerah aliran sungai (DAS) seperti DAS Biyonga, Alo-Pohu, dan Limboto. Perubahan tersebut umumnya terjadi akibat meningkatnya aktivitas manusia seperti perluasan lahan pertanian, pembukaan permukiman baru, serta pembangunan infrastruktur yang tidak memperhatikan daya dukung lingkungan. Kondisi ini berdampak pada terganggunya fungsi ekologis DAS, salah satunya melalui peningkatan laju erosi dan sedimentasi yang menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan di wilayah hilir.

Studi yang dilakukan oleh Lihawa, F., & Sutikno, S. (2023) Alo-Pohu menunjukkan bahwa intensitas penggunaan lahan untuk pertanian dan permukiman di daerah hulu berpengaruh signifikan terhadap peningkatan *sediment yield* dan *sediment delivery ratio* sungai. Hal ini berarti bahwa perubahan penutupan vegetasi alami menjadi lahan terbuka meningkatkan potensi limpasan permukaan dan mengurangi kemampuan tanah untuk menahan air hujan. Fenomena serupa juga ditemukan oleh Kimijima et al. (2020) yang meneliti penyusutan Danau Limboto akibat peningkatan volume sedimen yang terbawa dari daerah tangkapan air di sekitarnya, termasuk DAS Biyonga dan Alo.

Secara ekologis, hubungan antara pemanfaatan lahan dan kondisi DAS sangat erat karena DAS merupakan satu kesatuan sistem hidrologis dari hulu hingga hilir. Setiap perubahan yang terjadi di bagian hulu akan berdampak langsung pada sistem tata air di bagian hilir. Ketidakseimbangan dalam pemanfaatan lahan dapat menyebabkan degradasi tanah, hilangnya vegetasi penyangga, serta menurunnya kemampuan DAS dalam menyerap dan mengatur aliran air. Akibatnya, risiko banjir dan sedimentasi meningkat, yang pada akhirnya mengganggu fungsi ekologis dan sosial-ekonomi masyarakat sekitar.

Kondisi tersebut menunjukkan perlunya penataan ulang dan evaluasi terhadap kesesuaian antara praktik pemanfaatan lahan dan peraturan pengelolaan DAS yang berlaku. Pemerintah telah mengatur pedoman pengelolaan DAS melalui berbagai peraturan seperti Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 dan pembaruan PP Nomor 27 Tahun 2023 tentang Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup. Di tingkat daerah, Peraturan Gubernur Gorontalo Nomor 19 Tahun 2019 menekankan pentingnya keseimbangan antara fungsi ekologis dan pemanfaatan ekonomi kawasan DAS. Namun, implementasi kebijakan tersebut sering kali belum berjalan optimal di lapangan.

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dan praktis bagi pengembangan kebijakan pengelolaan DAS di Kabupaten Gorontalo. Secara akademis,

hasil penelitian ini dapat memperkaya literatur mengenai hubungan antara perubahan penggunaan lahan dan fungsi ekosistem DAS di wilayah tropis. Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan dalam menyusun kebijakan pemanfaatan ruang yang berlandaskan pada prinsip ekologi, hukum lingkungan, dan nilai keberlanjutan.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berfokus pada analisis kondisi ekologis, tetapi juga berupaya memberikan pendekatan integratif yang mencakup dimensi normatif dan aksiologis. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan pemahaman yang lebih utuh mengenai hubungan antara manusia dan lingkungan dalam konteks pengelolaan DAS, serta mendorong munculnya praktik pemanfaatan lahan yang selaras dengan nilai-nilai keberlanjutan dan kesejahteraan masyarakat di Kabupaten Gorontalo.

2. TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA FILSAFAT

Konsep Dasar Daerah Aliran Sungai (DAS)

DAS didefinisikan sebagai satu kesatuan wilayah daratan yang dibatasi oleh punggung bukit dan menjadi satu sistem tata air dari hulu hingga hilir (PP No. 37 Tahun 2012). Fungsi ekologis DAS meliputi pengaturan tata air, penyediaan sedimen, dan menjaga kualitas lingkungan.

Pemanfaatan Lahan dan Dampak Ekologisnya

Menurut Putra (2025), konversi hutan menjadi lahan pertanian meningkatkan potensi erosi permukaan hingga 40%. Arman et al. (2024) menemukan bahwa di DAS Alo, perubahan tutupan vegetasi alami menjadi semak dan pertanian lahan kering meningkatkan kerentanan erosi sedang hingga tinggi. Dampak ini memicu sedimentasi di hilir seperti pada Danau Limboto (Kimijima et al., 2020).

Kebijakan dan Regulasi Pengelolaan DAS

Kebijakan pengelolaan DAS diatur melalui Peraturan Pemerintah No. 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan DAS dan diperbarui melalui PP No. 27 Tahun 2023 yang menekankan integrasi tata ruang, konservasi tanah dan air, serta rehabilitasi lahan. Di tingkat daerah, Peraturan Gubernur Gorontalo No. 19 Tahun 2019 menegaskan pentingnya kesesuaian penggunaan lahan dengan fungsi ekologis DAS.

Pendekatan Ekologis, Normatif, dan Aksiologis

Pendekatan ekologis dalam pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) berfokus pada hubungan timbal balik antara komponen lingkungan seperti tanah, air, vegetasi, dan aktivitas manusia. Kondisi ekologis DAS sangat dipengaruhi oleh perubahan tutupan lahan yang

berdampak pada fungsi hidrologis, seperti peningkatan aliran permukaan, erosi tanah, dan transportasi sedimen. Berkurangnya vegetasi penutup lahan mengurangi kemampuan tanah menyerap air, sehingga limpasan meningkat dan mengakibatkan sedimentasi di wilayah hilir. Karena itu, pendekatan ekologis menekankan pentingnya keseimbangan antara pemanfaatan lahan dan pelestarian fungsi lingkungan agar sistem DAS tetap berfungsi secara optimal dalam mendukung keberlanjutan kehidupan manusia dan ekosistem. Pendekatan ini kemudian dipadukan dengan pendekatan normatif, yang berperan menilai sejauh mana aktivitas pemanfaatan lahan sesuai dengan peraturan dan kebijakan yang berlaku. Dalam konteks ini, Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 serta Peraturan Daerah Provinsi Gorontalo Nomor 11 Tahun 2014 menjadi acuan utama dalam menentukan batasan dan tata cara pengelolaan DAS yang berkelanjutan. Penilaian normatif mencakup kepatuhan terhadap prinsip konservasi tanah dan air, rehabilitasi lahan kritis, serta pengendalian erosi dan sedimentasi, sehingga pengelolaan DAS tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga merupakan bentuk pelaksanaan hukum dan kebijakan publik yang perlu dijalankan secara konsisten oleh pemerintah, masyarakat, dan pelaku usaha. Sementara itu, pendekatan aksiologis menempatkan pengelolaan DAS dalam kerangka nilai-nilai etika, sosial, dan keberlanjutan yang mendasari seluruh upaya pengelolaan sumber daya alam. Aksiologi memandang bahwa pemanfaatan sumber daya harus didasari nilai moral dan tanggung jawab terhadap generasi sekarang maupun mendatang.

3. METODE PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi literatur. Data diperoleh dari jurnal ilmiah, peraturan pemerintah, dan dokumen teknis pengelolaan DAS di Gorontalo.

Sumber Data

- a. Data Sekunder: artikel ilmiah (2018–2025), laporan pemerintah (KLHK, Bappenas, DLHK Provinsi Gorontalo).
- b. Dokumen Regulasi: Perda Provinsi Gorontalo Nomor 11 Tahun 2014, PP Nomor 27 Tahun 2023, dan Permenhut Nomor 5 Tahun 2025.

Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan melalui:

- a. Kategorisasi isu ekologis, normatif, dan aksiologis dari literatur.
- b. Analisis kesesuaian antara praktik penggunaan lahan dengan norma hukum

pengelolaan DAS.

- c. Sintesis konseptual untuk merumuskan arah pengelolaan berkelanjutan berbasis nilai ekologis dan sosial.

Lokasi dan Konteks Kajian

Fokus kajian diarahkan pada DAS-DAS utama di Kabupaten Gorontalo: DAS Biyonga, Alo dan Bone, yang berperan penting terhadap sistem hidrologi Danau Limboto.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Ekologis Daerah Aliran Sungai di Kabupaten Gorontalo

Secara ekologis, wilayah Kabupaten Gorontalo memiliki karakteristik DAS yang kompleks dengan topografi bergelombang hingga curam, curah hujan tinggi, dan tingkat aktivitas penggunaan lahan yang terus meningkat. Penelitian Alo- Pohu Watershed (Lihawa, F., & Sutikno, S, 2023) menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan di wilayah hulu berdampak langsung pada peningkatan *sheet erosion* dan *sediment yield*. Lahan-lahan pertanian dengan sistem budidaya terbuka tanpa vegetasi penutup mempercepat terjadinya limpasan permukaan. Hasil penelitian Putra (2025) memperkuat temuan ini dengan menunjukkan bahwa konversi lahan hutan menjadi pertanian lahan kering meningkatkan risiko erosi hingga 40–60%. Kondisi serupa juga tercatat dalam studi Arman et al. (2024) yang memetakan tingkat kerentanan erosi di DAS Alo dan menunjukkan dominasi kelas kerentanan sedang–tinggi di daerah hulu dan tengah.

Fenomena ini memberikan bukti empiris bahwa degradasi tutupan lahan menjadi penyebab utama meningkatnya sedimentasi di bagian hilir, termasuk di Danau Limboto yang merupakan pusat penampungan utama air permukaan dari DAS Biyonga, Alo, dan Bone. Kimijima et al. (2020) menemukan bahwa penyusutan Danau Limboto yang cepat disebabkan oleh akumulasi sedimen dari aktivitas pertanian dan konstruksi di daerah tangkapan air. Dengan demikian, secara ekologis dapat dikatakan bahwa keberlanjutan fungsi hidrologis DAS di Gorontalo sangat bergantung pada pengendalian erosi di wilayah hulu serta penerapan sistem penggunaan lahan yang sesuai dengan daya dukungnya.

Kesesuaian Pemanfaatan Lahan terhadap Regulasi Pengelolaan DAS (Pendekatan Normatif)

Dari sisi normatif, kesesuaian pemanfaatan lahan terhadap peraturan pengelolaan DAS menjadi kunci utama dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2023, pengelolaan sumber daya alam harus dilakukan secara terpadu dan berkelanjutan dengan mempertimbangkan keseimbangan antara fungsi ekologis

dan ekonomi. Regulasi ini menegaskan bahwa kegiatan pemanfaatan lahan di wilayah DAS wajib mengikuti prinsip konservasi tanah dan air serta pengendalian kerusakan lingkungan. Sementara itu, Perda Provinsi Gorontalo Nomor 11 Tahun 2014 memberikan arahan spesifik terkait zonasi, pengendalian pemanfaatan ruang, dan rehabilitasi lahan kritis di kawasan DAS.

Namun, berbagai penelitian menunjukkan masih adanya kesenjangan antara norma hukum dan praktik lapangan. Studi “Studi Penanganan Banjir DAS Pontolo” Apriani. (2022), mengungkapkan bahwa aktivitas masyarakat dalam membuka lahan di sempadan sungai tanpa memperhatikan ketentuan daerah sempadan menyebabkan berkurangnya fungsi resapan dan meningkatnya potensi banjir. Hal ini menandakan lemahnya implementasi peraturan di tingkat lokal. Sementara Permenhut Nomor 5 Tahun 2025 menegaskan perlunya penguatan kelembagaan Direktorat Jenderal PDASRH untuk memfasilitasi koordinasi lintas sektor dalam pengelolaan DAS. Ketiga regulasi tersebut menempatkan aspek normatif bukan sekadar pedoman, tetapi juga sebagai dasar pembentukan tata kelola lingkungan yang mengikat seluruh pemangku kepentingan di tingkat daerah.

Nilai Aksiologis dalam Pengelolaan DAS di Kabupaten Gorontalo

Pendekatan aksiologis dalam pengelolaan DAS di Gorontalo menekankan pentingnya nilai etika dan sosial dalam setiap bentuk pemanfaatan sumber daya alam. Menurut Jaya (2024), pengelolaan DAS Biyonga yang berfokus pada analisis morfometri dan degradasi lahan tidak cukup hanya dilihat dari aspek biofisik, tetapi juga harus dikaitkan dengan nilai-nilai keberlanjutan yang diterapkan oleh masyarakat setempat. Nilai aksiologis ini tercermin dalam partisipasi aktif masyarakat sebagaimana dilaporkan dalam penelitian “Partisipasi Masyarakat dalam Pengelolaan DAS Bone” Prin, L., & Rahim, D. (2025), yang menunjukkan bahwa tingkat keterlibatan masyarakat berbanding lurus dengan keberhasilan rehabilitasi dan konservasi lahan.

Dari perspektif kebijakan, pendekatan aksiologis juga menuntut adanya integrasi antara aspek moral, sosial, dan lingkungan dalam pengambilan keputusan. PP Nomor 27 Tahun 2023 menegaskan pentingnya nilai keadilan ekologis, sedangkan Perda Nomor 11 Tahun 2014 mengatur pelibatan masyarakat lokal dalam perencanaan dan pelaksanaan kegiatan konservasi. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan DAS yang berorientasi pada nilai-nilai aksiologis tidak hanya memperhatikan efisiensi teknis, tetapi juga menjunjung tinggi keberlanjutan sosial dan kesejahteraan masyarakat di sekitar DAS.

Integrasi Ekologis, Normatif, dan Aksiologis dalam Pengelolaan DAS

Ketiga pendekatan tersebut ekologis, normatif, dan aksiologis saling melengkapi dalam membentuk sistem pengelolaan DAS yang utuh dan berkelanjutan. Pendekatan ekologis

memberikan pemahaman ilmiah mengenai fungsi dan dinamika lingkungan DAS; pendekatan normatif memberikan kerangka hukum dan kebijakan yang menata kegiatan manusia agar tidak melampaui daya dukung lingkungan; sedangkan pendekatan aksiologis menjadi jembatan moral yang memastikan kegiatan pengelolaan DAS tetap berakar pada nilai-nilai kemanusiaan dan keadilan ekologis.

Integrasi ketiganya terlihat pada hasil penelitian Mansida et al. (2025) dan Rijal et al. (2025), yang menilai bahwa upaya konservasi dan pengendalian sedimen di wilayah Sulawesi, termasuk Gorontalo, hanya efektif jika melibatkan tata kelola berbasis masyarakat serta kepatuhan terhadap kebijakan konservasi nasional. Dengan demikian, pengelolaan DAS di Kabupaten Gorontalo perlu diarahkan pada model kolaboratif berbasis ekologi, hukum, dan nilai sosial, sebagaimana ditekankan dalam Permenhut No. 5 Tahun 2025, di mana fungsi kelembagaan PDASRH harus memperkuat peran daerah dalam rehabilitasi dan konservasi lahan.

Implikasi terhadap Kebijakan dan Pengelolaan Lahan

Hasil analisis menunjukkan bahwa kebijakan pengelolaan DAS di Kabupaten Gorontalo perlu memperhatikan keterpaduan antara penggunaan lahan dan regulasi yang berlaku. Pemanfaatan lahan yang tidak sesuai dengan tata ruang dan karakteristik ekologis mengakibatkan degradasi lingkungan, peningkatan sedimentasi, serta menurunnya produktivitas lahan. Oleh karena itu, implementasi Perda No. 11 Tahun 2014 dan PP No. 27 Tahun 2023 harus diperkuat dengan pengawasan lapangan, penyuluhan masyarakat, serta pelibatan lembaga lokal dalam kegiatan rehabilitasi dan konservasi. Dari sisi aksiologis, penting untuk menumbuhkan kesadaran masyarakat akan tanggung jawab bersama dalam menjaga keseimbangan lingkungan melalui pendekatan partisipatif dan berbasis nilai keberlanjutan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian terhadap berbagai penelitian dan regulasi yang relevan, dapat disimpulkan bahwa pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) di Kabupaten Gorontalo menuntut integrasi antara pendekatan ekologis, normatif, dan aksiologis agar tercapai keseimbangan antara pemanfaatan lahan dan kelestarian lingkungan. Secara ekologis, perubahan tutupan lahan terbukti meningkatkan erosi dan sedimentasi yang berdampak pada penurunan fungsi hidrologis DAS. Secara normatif, penerapan *Perda Provinsi Gorontalo Nomor 11 Tahun 2014*, *PP Nomor 27 Tahun 2023*, dan *Permenhut Nomor 5 Tahun 2025* menjadi dasar pengaturan tata kelola yang berkelanjutan, meskipun implementasinya masih perlu diperkuat di tingkat

lokal. Sementara itu, secara aksiologis, partisipasi masyarakat dan kesadaran etis terhadap kelestarian lingkungan menjadi faktor penentu keberhasilan pengelolaan DAS. Oleh karena itu, sinergi antara aspek ilmiah, hukum, dan nilai sosial harus dijalankan secara terpadu agar pengelolaan DAS di Kabupaten Gorontalo dapat berkelanjutan, adil secara ekologis, dan memberikan manfaat bagi kesejahteraan masyarakat.

Saran

Untuk mewujudkan pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) yang berkelanjutan di Kabupaten Gorontalo, diperlukan langkah konkret yang melibatkan seluruh pemangku kepentingan. Pemerintah daerah perlu memperkuat implementasi *Perda Nomor 11 Tahun 2014* melalui pengawasan pemanfaatan lahan, penegakan hukum lingkungan, serta sinergi lintas sektor antara instansi kehutanan, pertanian, dan tata ruang. Dinas Lingkungan Hidup bersama BPDAS Bone Bolango sebaiknya meningkatkan kegiatan rehabilitasi lahan kritis dan konservasi vegetasi di wilayah hulu DAS untuk menekan laju erosi dan sedimentasi. Selain itu, penting untuk memperluas program edukasi dan pemberdayaan masyarakat agar nilai-nilai aksiologis seperti tanggung jawab ekologis dan partisipasi aktif dapat tumbuh secara berkelanjutan. Secara akademik, penelitian lanjutan berbasis data spasial dan model hidrologi (seperti SWAT atau AVSWAT) juga diperlukan untuk mendukung pengambilan kebijakan berbasis ilmiah. Dengan langkah-langkah tersebut, pengelolaan DAS di Kabupaten Gorontalo diharapkan mampu menjaga keseimbangan antara pemanfaatan ekonomi, fungsi ekologis, dan keberlanjutan lingkungan.

DAFTAR REFERENSI

- Anggraini, R., Baja, S., & Neswati, R. (2025). Review of Soil and Water Assessment Tool (SWAT) studies on erosion and sedimentation in Sulawesi. *Journal of Hydrology and Environmental Systems*, 48(1), 77-93.
- Apriani. (2022). Studi penanganan banjir daerah aliran sungai (DAS) di Desa Pontolo, Gorontalo Utara. *RADIAL - Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*, 6(1), 84-98. <https://repository.ung.ac.id/get/karyailmiah/10152/STUDI-PENANGANAN-BANJIR-DAERAH-ALIRAN-SUNGAI-DAS-DI-DESA-PONTOLO.pdf>
- Arman, M., Yusuf, A., & Rahim, T. (2024). Analisis sebaran tingkat kerentanan erosi di kawasan DAS Alo, Gorontalo. *Jurnal Geografi dan Lingkungan*, 12(2), 115-128. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Jaya, F. (2024). Relation of morphometric characteristics to land degradation in the Biyonga sub-watershed, Gorontalo Regency, Indonesia. *Jurnal Dinamika Lingkungan dan Manajemen (JDMLM)*, 8(1), 44-58. Universitas Brawijaya. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2024.112.5263>

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2025). Peraturan Menteri Kehutanan Nomor 5 Tahun 2025 tentang Organisasi dan Tata Kerja UPT Direktorat Jenderal Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Rehabilitasi Hutan (PDASRH). Jakarta: Kementerian LHK.
- Kimijima, M., Watanabe, K., & Ohta, T. (2020). Mechanism of the rapid shrinkage of Limboto Lake in Gorontalo, Indonesia. *Water*, 12(4), 1093. MDPI. <https://doi.org/10.3390/w12041093>
- Lihawa, F., & Sutikno, S. (2023). The effect of watershed environmental conditions and landuse on sheet-erosion, sediment yield and sediment delivery ratio (Alo-Pohu watershed, Gorontalo). *Jurnal Ilmu Lingkungan Universitas Gadjah Mada*, 25(1), 31-45.
- Mansida, R., Basri, A., & Nurfadillah, S. (2025). The impact of land use change on surface runoff, peak flood discharge and sedimentation in the Maros watershed, Indonesia. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 15(2), 221-230. <https://doi.org/10.48084/etasr.10826>
- Pemerintah Provinsi Gorontalo. (2014). Peraturan Daerah Provinsi Gorontalo Nomor 11 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gorontalo: Pemerintah Provinsi Gorontalo.
- Pemerintah Provinsi Gorontalo. (2019). Peraturan Gubernur Gorontalo Nomor 19 Tahun 2019 tentang Pedoman Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gorontalo: Pemerintah Provinsi Gorontalo.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2012). Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2023). Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2023 tentang Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Prin, L., & Rahim, D. (2025). Partisipasi masyarakat dalam pengelolaan DAS Bone (Bone-Bolango). *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*, 10(1), 22-34.
- Putra, A. R. (2025). Potential erosion and sedimentation based on land use in tropical watershed regions of Indonesia. *Taylor & Francis Online*, 19(3), 245-257.
- Rijal, M., Rahman, H., & Sugiarto, B. (2025). Ecological sensitivity of the Mata Allo sub-watershed (South Sulawesi, Indonesia). *Sustainability*, 17(5), 4821. MDPI. <https://doi.org/10.3390/su17054821>