

Spatial Analysis of Landslide Susceptibility Potential Driven by Rainfall Anomalies in the Ake Tiabo Sub-Watershed, North Halmahera

(Analisis Potensi Kerawanan Longsor dari Anomali Curah Hujan Berbasis Spasial pada Sub DAS Ake Tiabo Halmahera Utara)

Oktosea Buka ^{1✉}, Stevani Matandatu ², Altin Horumoro ¹, Elizabeth Pakiti ¹ dan Fiktor Imanuel Boleu ³

¹ Program Studi Fisika, Fakultas Ilmu Alam dan Teknologi Rekayasa Universitas Halmahera, Tobelo, Indonesia

² Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Alam dan Teknologi Rekayasa Universitas Halmahera, Tobelo, Indonesia

³ Program Studi Kehutanan, Fakultas Ilmu Alam dan Teknologi Rekayasa Universitas Halmahera, Tobelo, Indonesia

Email: bukaokto@gmail.com

Article Info:

Received : 2 Sept. 2025
Accepted : 29 Okt. 2025
Online : 30 Okt. 2025

Article type:

<input type="checkbox"/>	Review Article
<input type="checkbox"/>	Common Serv. Article
<input checked="" type="checkbox"/>	Research Article

Keyword:

Anomali curah hujan, Tanah longsor, SIG, DAS Ake Tiabo, Penggunaan Lahan

Corresponding Author :

Oktosea Buka
Universitas Halmahera,
Tobelo, Indonesia

Email:

bukaokto@gmail.com

Abstract

This study aims to assess landslide susceptibility by integrating rainfall anomalies with topographic, geological, soil, and land-use factors using a spatially explicit approach. The Anomaly Percentage Method (APM) was applied to quantify deviations in rainfall from long-term climatological means, and the resulting anomaly indices were integrated into a Geographic Information System (GIS) framework through Weighted Overlay Analysis. The analysis incorporated geological maps, land-use data, soil type information, a Digital Elevation Model (DEM), and long-term rainfall records (1995–2024). Rainfall surfaces were generated using the Inverse Distance Weighting (IDW) interpolation technique. The results show that annual rainfall across the study area ranges from 2,000 to 3,000 mm, with the 2,500-3,000 mm class covering approximately 59.76% of the sub-watershed. The landscape is predominantly characterized by steep slopes (25–45%), underlain by young volcanic lithology that is highly susceptible to weathering, and largely dominated by mixed dryland agriculture. Landslide susceptibility mapping classified the area into four categories: low (16.75%), moderate (62.56%), high (19.98%), and very high (0.71%). Zones of high and very high susceptibility are primarily concentrated in areas with steep terrain, tuffaceous or alluvial lithology, and open or converted land cover. In conclusion, rainfall anomaly emerges as the most influential factor controlling landslide susceptibility in the Ake Tiabo Sub-watershed. The resulting susceptibility map provides a valuable scientific basis for spatial planning, disaster risk mitigation, and sustainable watershed management, particularly through targeted reforestation, agroforestry development, and land-use regulation in high-risk areas.



Copyright©2025, Oktosea Buka, Stevani Matandatu, Altin Horumoro, Elizabeth Pakiti, Fiktor Imanuel Boleu

I. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) Ake Tiabo di Halmahera Utara memiliki karakteristik geografis

dan hidrologis yang rawan terhadap bencana hidrometeorologi, termasuk banjir dan longsor, terutama saat terjadi curah hujan ekstrem yang

melembi ambang nilai tertentu. Pendekatan *rainfall threshold* telah digunakan untuk mengidentifikasi batas curah hujan yang dapat memicu longsor pada berbagai wilayah Indonesia (Arrisaldi et al., 2021; Albab et al., 2024). Studi-studi seperti pada Progo Catchment juga menunjukkan bahwa *rainfall thresholds* yang dinamis dan berbasis data intensitas hujan tinggi serta durasi hujan dapat meningkatkan akurasi sistem peringatan dini longsor (Satyaningsih et al., 2023). Selain itu, revisi terhadap ambang hujan pada sistem peringatan dini longsor nasional telah merekomendasikan penggunaan data curah hujan dari satelit terintegrasi untuk mengatasi keterbatasan jaringan stasiun hujan pada wilayah luas seperti Indonesia (Yuniawan et al., 2022). Pendekatan serupa dapat diterapkan dalam konteks sub DAS Ake Tiabo untuk memetakan potensi kerawanan longsor yang dipicu oleh anomali curah hujan melalui analisis spasial.

Anomali curah hujan di wilayah Indonesia bagian timur, termasuk Halmahera Utara, menunjukkan kecenderungan peningkatan intensitas dan frekuensi hujan ekstrem yang berkaitan dengan variabilitas iklim global, seperti fenomena La Niña. Kondisi ini berpengaruh terhadap peningkatan aktivitas konvektif dan suplai uap air di kawasan Kepulauan Indonesia, sehingga memicu hujan lebat berdurasi panjang yang berpotensi menimbulkan bencana hidrometeorologi (Aldrian & Susanto, 2003; Qian, 2008). Peningkatan intensitas hujan tersebut berdampak langsung pada sistem daerah aliran sungai (DAS), terutama di wilayah dengan topografi kompleks dan kondisi geologi yang rentan terhadap ketidakstabilan lereng.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa hujan ekstrem merupakan faktor utama pemicu terjadinya tanah longsor di daerah tropis, khususnya pada wilayah dengan kemiringan lereng curam dan karakteristik tanah yang mudah jenuh air. Kombinasi antara intensitas hujan tinggi dan kondisi fisik wilayah yang rentan dapat mempercepat peningkatan tekanan air pori, sehingga menurunkan kestabilan lereng dan memicu longsor (Lee & Pradhan, 2007; Pourghasemi et al., 2012). Pendekatan analisis anomali curah hujan juga banyak digunakan untuk mengidentifikasi periode kritis yang menyimpang dari kondisi klimatologis normal, sehingga dapat digunakan sebagai indikator awal potensi bencana hidrometeorologi (McKee et al., 1993; Svoboda et al., 2012).

Perkembangan teknologi geospasial memungkinkan integrasi analisis anomali curah hujan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memetakan potensi kerawanan longsor secara spasial. Penggabungan data curah hujan dengan parameter fisik wilayah, seperti kemiringan lereng, penggunaan lahan, dan kondisi geologi, terbukti meningkatkan ketelitian dalam mengidentifikasi zona rawan longsor pada skala daerah aliran sungai (Pradhan, 2010; Pourghasemi et al., 2012). Pendekatan ini telah banyak diaplikasikan di berbagai wilayah tropis dan menunjukkan kemampuan yang baik dalam menggambarkan hubungan antara faktor hidrometeorologi dan karakteristik fisik wilayah terhadap kejadian longsor (Arrisaldi et al., 2021).

Sub DAS Ake Tiabo di Kabupaten Halmahera Utara merupakan wilayah yang memiliki tingkat kerentanan terhadap longsor akibat kombinasi curah hujan ekstrem, kemiringan lereng yang relatif curam, serta dinamika penggunaan lahan. Namun, kajian yang secara khusus mengintegrasikan analisis anomali curah hujan dengan pendekatan spasial untuk menilai potensi kerawanan longsor di wilayah ini masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi kerawanan longsor berdasarkan karakteristik anomali curah hujan berbasis spasial pada Sub DAS Ake Tiabo, Halmahera Utara. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam penyediaan informasi kerawanan longsor yang dapat dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam perencanaan tata ruang dan pengelolaan DAS secara berkelanjutan.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis spasial untuk menganalisis potensi kerawanan longsor yang dipengaruhi oleh anomali curah hujan di Sub DAS Ake Tiabo, Kabupaten Halmahera Utara. Metode utama yang digunakan adalah *Anomaly Percentage Method* (APM), yaitu metode statistik yang menghitung deviasi curah hujan aktual terhadap nilai rata-rata klimatologis dalam bentuk persentase. Metode ini efektif dalam mengidentifikasi kondisi hujan ekstrem yang menyimpang dari pola normal dan berpotensi memicu kejadian bencana hidrometeorologi, termasuk tanah longsor (McKee et al., 1993; WMO, 2012).

Dalam konteks spasial, APM diintegrasikan dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menganalisis distribusi spasial anomali curah

hujan serta hubungannya dengan faktor-faktor fisik lingkungan. Integrasi ini memungkinkan visualisasi dan analisis keruangan yang lebih komprehensif terhadap keterkaitan antara variabilitas curah hujan dan karakteristik wilayah yang mempengaruhi kestabilan lereng, seperti kemiringan lereng, jenis tanah, penggunaan lahan, dan kondisi geologi

Untuk pengolahan data geospasial ini terdiri dari beberapa data diantaranya 1). Peta geologi digunakan untuk menggambarkan unit litologi dan struktural prefektur, 2). Peta penggunaan lahan didapatkan dari hasil pengelolaan data shapefile penggunaan Maluku Utara tahun 2025, 3) Data jenis tanah yang bersumber dari BAPPEDA Kabupaten Halmahera Utara, 4). *Digital Elevation Model* (DEM) yang diolah untuk menghasilkan peta kemiringan lereng, dan 5) Data curah hujan didapatkan dari Sub DAS Ake Tiabo Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara berupa tabular curah hujan rata-rata tahunan Indonesia selama tiga puluh tahun sejak tahun 1995 sampai dengan 2024 yang didapat dari data Preliminary CHIRPS V2.0. Pengelolaan data dilakukan dengan polygon Inverse Distance Weight untuk metode interpolasi pada Arcmap 10.8.

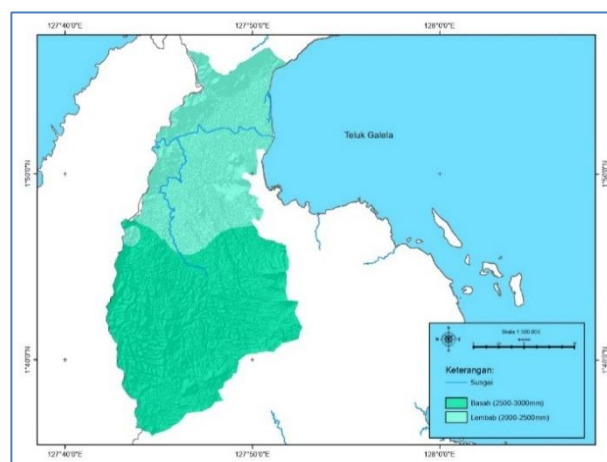
Analisis data menggunakan pendekatan *Weighted Overlay Analysis* dalam GIS, di mana setiap parameter diberi bobot berdasarkan tingkat kontribusinya terhadap longsor. Bobot dapat ditentukan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk mendapatkan hasil yang objektif. Selanjutnya dilakukan pemetaan zona kerawanan longsor, pada tahapan ini semua layer (anomali curah hujan, kemiringan, jenis tanah, penggunaan lahan, peta geologi) dilakukan *overlay* untuk menghasilkan peta kerawanan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah hujan pada daerah penelitian berkisar rata rata antara 2000-3000 mm/tahun. Peta persebaran kelas curah hujan pada daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Pada peta curah hujan Sub DAS Ake Tiabo digolongkan menjadi 2 kelas sesuai dengan skoring dari parameter banjir dan longsor yaitu kelas dengan curah hujan 2000-5000 mm/tahun dan 2500-3000 mm/tahun.

Tabel 1 menunjukkan rata-rata curah hujan selama tiga puluh tahun (1995-2024) pada wilayah Sub DAS Ake Tiabo yang mengindikasikan curah hujan tahunan yang tinggi. Sekitar 59,76% dari total luas sub DAS ($\pm 26.437,44$ Ha) menerima curah

hujan antara 2.500–3.000 mm/tahun, sedangkan sisanya 40,24% ($\pm 17.805,26$ Ha) menerima curah hujan dalam kisaran 2.000–2.500 mm/tahun. Pola ini menunjukkan bahwa wilayah Sub DAS Ake Tiabo masuk dalam kategori lembap hingga sangat lembap, yang berimplikasi pada tingginya potensi aliran permukaan dan risiko erosi.

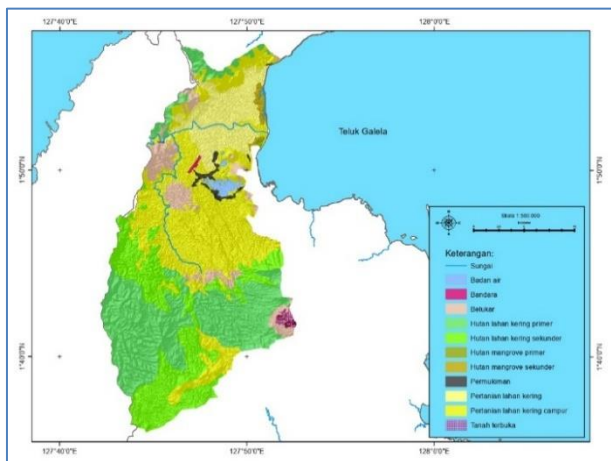


Gambar 1. Peta curah hujan Sub DAS Ake Tiabo

Tabel 1. Data sebaran curah hujan Sub DAS Ake Tiabo

No	Curah Hujan (mm/tahun)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	2.000-2.500	17.805,26	40,24
2	2.500-3.000	26.437,44	59,76
Total		44.242,70	100,00

Hasil pengelolaan data penggunaan lahan tahun 2025 pada daerah penelitian bahwa terdapat 11 klasifikasi penggunaan lahan dengan kelas penggunaan lahan terluas adalah pertanian lahan kering campur dengan luas 14.380,35 Ha (32,50 %) dan kelas penggunaan lahan terkecil adalah hutan mangrove primer dengan luas 52,68 Ha (0,12 %). Data klasifikasi penggunaan lahan pada Sub DAS Ake Tiabo Halmahera Utara Provinsi Maluku utara dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2.

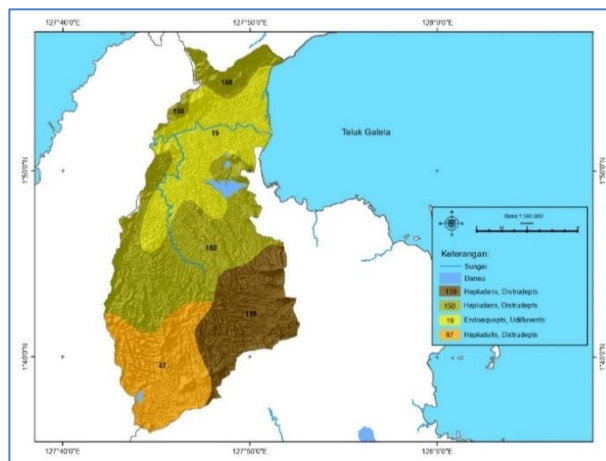


Gambar 2. Peta penggunaan lahan Sub DAS Ake Tiabo

Tabel 2. Data penggunaan lahan Sub DAS Ake Tiabo

No	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Badan air	413,88	0,94
2	Bandara	63,90	0,14
3	Belukar	2.806,75	6,34
4	Hutan lahan kering primer	12.539,68	28,34
5	Hutan lahan kering sekunder	8.354,90	18,88
6	Hutan mangrove primer	52,68	0,12
7	Hutan mangrove sekunder	364,16	0,82
8	Permukiman	391,06	0,88
9	Pertanian lahan kering	4.618,81	10,44
10	Pertanian lahan kering campur	14.380,35	32,50
11	Tanah terbuka	256,52	0,58
Total		44.242,70	100,00

Hasil penelitian menunjukkan terdapat 4 jenis tanah utama pada Sub DAS Ake Tiabo yaitu Hapludans (139 Distrudepts), Hapludans (150 Distrudepts), Endoaquepts (19 Udifluvents) dan Hapludults (87 Distrudepts). Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa jenis tanah 139 Hapludans terdapat 1 daerah, 150 Hapludans tesebar pada 3 daerah, 19 Endoaquepts 1 daerah dan 87 Hapludults 1 daerah dengan 3 bahan induk yaitu vulkanik, alluvium dan sedimen. Adapun klasifikasi jenis tanah daerah penelitian pada Sub DAS Ake Tiabo Kabupaten Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 3. Peta jenis tanah Sub DAS Ake Tiabo

Data geologi daerah penelitian Sub DAS Ake Tiabo bersumber dari data BAPPEDA Kabupaten Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara terdiri dari 6 jenis yaitu Batuan Aluvium (Qal), Batuan Holosen (Qva), Batuan Tufa (Qvt), Formasi Togawa (Fm.Tg), Formasi Bacan (Fm.Bc) dan Terumbu Karang Terangkat (Qtk) seperti ditunjukkan pada Gambar 4 dan Tabel 4.

Tabel 3. Data jenis tanah Sub DAS Ake Tiabo

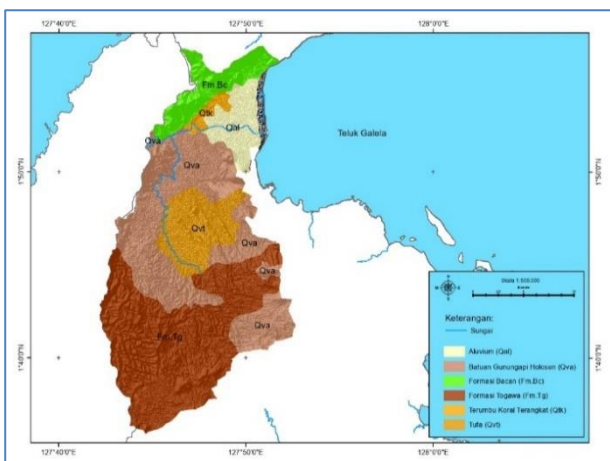
No	Jenis Tanah	Bahan Induk	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	139 Hapludans	Vulkanik	8.244,52	18,63
2	150 Hapludans	Vulkanik	17.044,59	38,53
3	19 Endoaquepts	Aluvium	10.462,24	23,65
4	87 Hapludults	Sedimen	8.491,35	19,19
Total			44.242,70	100,00

Formasi Togawa dan Batuan Gunungapi Holosen umumnya terdiri atas batuan vulkanik muda, seperti andesit dan breksi, yang bersifat porous dan mudah terlapukkan. Kondisi ini meningkatkan kerentanan terhadap erosi dan longsor, terutama pada wilayah dengan kemiringan lereng sedang hingga curam. Tufa (Qvt) yang

menempati 10,93% wilayah dikenal memiliki tingkat pelapukan tinggi dan kemampuan menahan air yang rendah, sehingga menjadi zona rawan genangan dan longsor. Batuan Aluvium (Qal) dan Terumbu Karang Terangkat (Qtk) merupakan batuan lepas atau karbonat yang cenderung datar dan permeabel, namun juga rentan

terhadap abrasi dan amblesan. Formasi Bacan (Fm.Bc) memiliki komposisi yang kompleks dan bervariasi, biasanya mencakup batuan sedimen dan vulkanik ubahan, serta memiliki pengaruh besar terhadap stabilitas geoteknik wilayah. Keragaman litologi ini mengindikasikan bahwa pengelolaan Sub DAS Ake Tiabo harus memperhatikan faktor geologi sebagai variabel utama dalam perencanaan konservasi, pembangunan infrastruktur, dan mitigasi bencana.

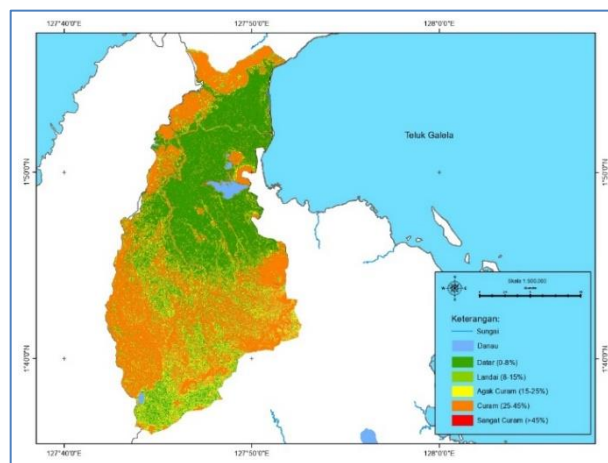
Pengelolaan data DEM (*Digital Elevation Model*) hasil kelerengan yang dihasilkan bervariasi dan dikelompokkan dalam 5 kelas pada Sub DAS Ake Tiabo yaitu datar (0-8 %), landai (8-15 %), agak curam (15-25 %), curam (25-45 %) dan sangat curam (>45 %) seperti ditunjukkan pada Gambar 5 dan Tabel 5.



Gambar 4. Peta geologi Sub DAS Ake Tiabo

Tabel 4. Data formasi batuan Sub DAS Ake Tiabo

No	Jenis Geologi	Simbol	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Batuan Aluvium	Qal	3.397,78	7,68
2	Batuan Holosen	Qva	14.774,43	33,39
3	Tufa	Qvt	4.835,88	10,93
4	Formasi Togawa	Fm.Tg	17.020,19	38,47
5	Formasi Bacan	Fm.Bc	3.505,15	7,92
6	Terumbu Karang Terangkat	Qtk	709,27	1,60
Total			44.242,70	100,00



Gambar 5. Peta kelerengan Sub DAS Ake Tiabo

Data kelerengan curam (25–45%) mendominasi wilayah dengan luasan 33,79%, diikuti kelas datar (0–8%) sebesar 30,00%. Hal ini mengindikasikan bahwa Sub DAS Ake Tiabo memiliki kombinasi wilayah dataran rendah dan lereng terjal, yang masing-masing memiliki implikasi berbeda dalam pengelolaan sumber daya alam. Wilayah curam dan sangat curam (total 33,84%) memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap erosi dan longsor, khususnya jika dikombinasikan dengan jenis tanah pelapukan tinggi dan tutupan lahan yang tidak stabil.

Tabel 5. Data Kelerengan Sub DAS Ake Tiabo

No	Kelerengan	Slope	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Datar	0-8 %	13.269,44	30,00
2	Landai	8-15 %	8.171,44	18,47
3	Agak Curam	15-25 %	7.825,99	17,69
4	Curam	25-45 %	14.952,32	33,79
5	Sangat Curam	>45 %	23,51	0,05
Total			44.242,70	100,00

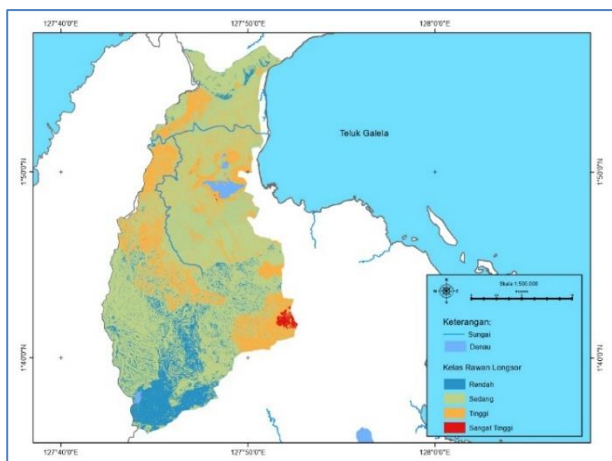
Wilayah datar dan landai (48,47%) umumnya lebih sesuai untuk pemanfaatan permukiman, pertanian intensif, dan infrastruktur, namun tetap perlu mitigasi terhadap genangan dan degradasi lahan akibat penggunaan berlebihan. Kelas agak curam (15–25%) merupakan zona transisi yang penting untuk konservasi vegetasi, agroforestri, atau sistem pertanian terasering guna mengurangi limpasan permukaan dan degradasi tanah.

Penentuan tingkat kerawanan longsor dengan anomali curah hujan pada daerah penelitian Sub DAS Ake Tiabo kabupaten Halmahera Utara didasarkan dari total skor yang

didapat dari keseluruhan parameter. Pada penelitian ini digunakan 4 kelas kerawanan longsor yaitu kelas rendah (2,50-2,90), kelas sedang (2,90-3,30), kelas tinggi (3,30-3,70) dan kelas sangat tinggi (3,70-4,10) seperti ditunjukkan pada Gambar 6 dan Tabel 6.

Penetapan kelas rawan longsor didaerah penelitian berpedoman dari pendugaan Kawasan rawan tanah longsor oleh Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi/DVMBG (2004). Berdasarkan pada model analisis tersebut, diketahui bahwa parameter yang sangat berpengaruh terhadap tinggi bencana tanah longsor adalah jumlah curah hujan sehingga nilainya lebih tinggi dari parameter yang lainnya.

Data tersebut menunjukkan bahwa kelas kerawanan sedang mendominasi dengan luas sebesar 62,56%, diikuti oleh kelas tinggi (19,98%). Wilayah dengan tingkat kerawanan rendah dan sangat tinggi hanya mencakup 17,46% dari total area Sub DAS Ake Tiabo. Zona sangat tinggi dan tinggi tersebar di wilayah dengan lereng curam, litologi lepas seperti tufa dan aluvium, serta penggunaan lahan yang terbuka atau telah terkonversi menjadi permukiman atau pertanian intensif.



Gambar 6. Peta kerawanan longsor Sub DAS Ake Tiabo

Tabel 6. Data kelas rawan longsor Sub DAS Ake Tiabo

No	Rawan Longsor	Kelas	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Rendah	2,50-2,90	7.408,5	16,75
2	Sedang	2,90-3,30	27.679,69	62,56
3	Tinggi	3,30-3,70	8.840,26	19,98
4	Sangat Tinggi	3,70-4,10	314,25	0,71
Total			44.242,70	100,00

Zona sedang mencakup wilayah dengan kombinasi topografi sedang dan jenis tanah yang bertekstur sedang hingga berat, namun masih memiliki tutupan vegetasi alami seperti hutan sekunder. Zona rendah umumnya berada pada wilayah datar landai dengan batuan keras dan tutupan lahan stabil, seperti hutan primer atau kawasan konservasi. Pemetaan kerawanan ini menjadi acuan penting dalam strategi mitigasi bencana, perencanaan wilayah, dan konservasi DAS. Wilayah dengan tingkat kerawanan tinggi dan sangat tinggi disarankan untuk dibatasi pemanfaatannya dan diarahkan untuk kegiatan konservatif seperti reboisasi dan agroforestri.

Distribusi penggunaan lahan di Sub DAS Ake Tiabo menunjukkan dominasi pertanian lahan kering campur dan hutan lahan kering, baik primer maupun sekunder. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun tutupan vegetasi alami masih relatif luas, tekanan antropogenik telah mulai meningkat, khususnya melalui ekspansi pertanian lahan kering. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan dari hutan ke pertanian atau lahan terbuka dapat menurunkan stabilitas lereng karena berkurangnya kekuatan akar dan meningkatnya limpasan permukaan, sehingga memperbesar potensi longsor (Pradhan, 2010; Van Westen et al., 2008).

Dari aspek jenis tanah, dominasi tanah Hapludans dan Endoaquepts yang berasal dari bahan induk vulkanik dan aluvial menunjukkan tingkat kerentanan yang relatif tinggi terhadap longsor. Tanah vulkanik umumnya memiliki porositas tinggi dan mudah jenuh air, sehingga ketika terjadi hujan ekstrem, kestabilan lereng dapat menurun secara signifikan. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyebutkan bahwa tanah hasil pelapukan material vulkanik memiliki hubungan erat dengan kejadian longsor di wilayah tropis basah (Lee & Pradhan, 2006; Pourghasemi et al., 2012). Kehadiran tanah aluvial di bagian tertentu DAS juga mengindikasikan potensi banjir dan genangan yang dapat mempercepat degradasi lereng pada zona transisi dataran lereng.

Hasil pemetaan kerawanan longsor berbasis anomali curah hujan menunjukkan bahwa kelas kerawanan sedang mendominasi wilayah Sub DAS Ake Tiabo, diikuti oleh kelas tinggi dan sangat tinggi yang tersebar secara spasial pada wilayah dengan kombinasi lereng curam, litologi lepas, dan penggunaan lahan terbuka. Pola ini sejalan dengan hasil penelitian di berbagai DAS di Indonesia yang

menunjukkan bahwa kelas kerawanan sedang sering mendominasi pada skala DAS, sementara kelas tinggi dan sangat tinggi cenderung terlokalisasi pada zona-zona tertentu dengan kondisi fisik yang tidak menguntungkan (Arrisaldi et al., 2021).

IV. PENUTUP

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sub DAS Ake Tiabo memiliki tingkat curah hujan tahunan yang tinggi, dengan sebagian besar wilayah menerima antara 2.500–3.000 mm/tahun. Kondisi ini, ditambah dengan dominasi lahan berlereng curam (25–45%), litologi vulkanik muda yang mudah melapuk, serta konversi penggunaan lahan menjadi pertanian lahan kering campur, meningkatkan kerentanan wilayah terhadap tanah longsor. Analisis spasial menggunakan pendekatan *Anomaly Percentage Method* (APM) dan teknik *weighted overlay* dalam GIS menghasilkan pemetaan kerawanan longsor yang terbagi ke dalam empat kelas, yakni rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Dari hasil pemetaan, diketahui bahwa kelas kerawanan sedang mendominasi

(62,56%), diikuti oleh kerawanan tinggi (19,98%), sedangkan wilayah dengan kerawanan sangat tinggi dan rendah relatif lebih kecil (total 17,46%). Temuan ini menegaskan bahwa faktor anomali curah hujan merupakan variabel paling signifikan dalam menentukan tingkat kerawanan longsor dibandingkan parameter lain. Oleh karena itu, peta kerawanan yang dihasilkan dapat dijadikan acuan penting dalam strategi mitigasi bencana, perencanaan tata ruang, serta pengelolaan DAS secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia, Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Riset dan Pengembangan melalui program Penelitian Dosen Pemula (PDP), Penelitian Kompetitif Nasional tahun 2025. Penulis berterima kasih kepada LPPMP Universitas Halmahera atas dukungan terhadap penelitian ini.

REFERENSI

- Albab, M. A. U., & Nugroho, B. D. A. (2024). Rainfall Thresholds Analysis for Early Warning of Landslides in The Bompon Watershed. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 13(3), 628-636.
- Aldrian, E., & Susanto, R. D. (2003). Identification of three dominant rainfall regions within Indonesia and their relationship to sea surface temperature. *International Journal of Climatology*, 23(12), 1435–1452.
- Arrisaldi, T., Wilopo, W., & Fathani, T. F. (2021). Landslide Susceptibility Mapping and Rainfall Thresholds Model in Tinalah Watershed, Kulon Progo, Indonesia. *Journal of Applied Geology*, 6(2), 112–118.
- Lee, S., & Pradhan, B. (2006). Probabilistic landslide hazards and risk mapping on Penang Island, Malaysia. *Journal of Earth System Science*, 115(6), 661-672.
- Lee, S., & Pradhan, B. (2007). Landslide Hazard Mapping at Selangor, Malaysia Using Frequency Ratio and Logistic Regression Models. *Landslides*, 4, 33-41. <https://doi.org/10.1007/s10346-006-0047-y>
- McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993, January). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology* (Vol. 17, No. 22, pp. 179-183).
- Pourghasemi, H. R., Pradhan, B., & Gokceoglu, C. (2012). Application of fuzzy logic and analytical hierarchy process (AHP) to landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran. *Natural hazards*, 63(2), 965-996.
- Pradhan, B. (2010). Landslide susceptibility mapping of a catchment area using frequency ratio, fuzzy logic and multivariate logistic regression approaches. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 38(2), 301-320.
- Qian, J. H. (2008). Why precipitation is mostly concentrated over islands in the Maritime Continent. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 65(4), 1428-1441.

- Satyaningsih, R., Jetten, V., Ettema, J., Sopaheluwakan, A., Lombardo, L., & Nuryanto, D. E. (2023). Dynamic rainfall thresholds for landslide early warning in Progo Catchment, Java, Indonesia. *Natural Hazards*, 119(3), 2133-2158.
- Svoboda, M., Hayes, M., & Wood, D. (2012). *Standardized Precipitation Index User Guide*. World Meteorological Organization.
- Van Westen, C. J., Castellanos, E., & Kuriakose, S. L. (2008). Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: An overview. *Engineering geology*, 102(3-4), 112-131.
- Yuniawan, R. A., Rifa'i, A., Faris, F., Subiyantoro, A., Satyaningsih, R., Hidayah, A. N., ... & Sutanto, S. J. (2022). Revised rainfall threshold in the Indonesian landslide early warning system. *Geosciences*, 12(3), 129.