

Pemetaan Daerah Rawan Longsor di Kecamatan Damer, Kabupaten Maluku Barat Daya, Provinsi Maluku

Yamres Pakniany¹, Philia Christi Latue^{2*}, Heinrich Rakuasa³

¹Program Studi Parawisata, Budaya dan Agama, Fakultas Ilmu Sosial Keagamaan, Institut Agama Kristen Negeri Ambon

²Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Pattimura, Indonesia

³Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Indonesia

*e-mail: philiaLATUE04@gmail.com

Received:
05.02.2023

Revised:
16.02.2023

Accepted:
30.02.2023

Available online:
12.03.2023

Abstract: Based on historical data on landslide events, Damer District is an area prone to landslides in Southwest Maluku Regency. One of the first steps in mitigating landslides in Damer District is to map areas that have the potential for landslides. The purpose of this study was to determine the spatial distribution of landslide-prone areas in Damer District, Southwest Maluku Regency. This study uses the SMORPH method to identify and classify areas that have the potential for landslides based on the matrix between the shape of the slope and the angle of the slope. This study resulted in 4 levels of landslide potential areas, namely very low, low, medium and high potential. Villages with high landslide potential are Wulur Village and villages with very low landslide potential are Ilih Village. The results of this study also illustrate that the higher the slope accompanied by the formation of convex or concave slopes, the higher the potential for landslides to occur. The results of the research are expected to help the Southwest Maluku Regency government, especially the Damer District government, in an effort to spatial planning based on disaster mitigation.

Keywords: Spatial Analysis, landslide, SMORPH, Damer, Southwest Maluku

Abstrak: Berdasarkan data historis kejadian longsor, Kecamatan Damer merupakan daerah yang rawan longsor di Kabupaten Maluku Barat Daya. Salah satu langkah awal dalam mitigasi bencana longsor di Kecamatan Damer adalah dengan memetakan daerah-daerah yang berpotensi longsor. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sebaran spasial daerah rawan longsor di Kecamatan Damer, Kabupaten Maluku Barat Daya. Penelitian ini menggunakan metode SMORPH untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan daerah yang berpotensi longsor berdasarkan matriks antara bentuk lereng dan sudut kemiringan lereng. Kajian ini menghasilkan 4 tingkatan daerah yang berpotensi longsor, yaitu potensi sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi. Desa dengan potensi longsor tinggi adalah Desa Wulur dan desa dengan potensi longsor sangat rendah adalah Desa Ilih. Hasil penelitian ini juga menggambarkan bahwa semakin tinggi lereng yang disertai dengan terbentuknya lereng cembung atau cekung maka potensi terjadinya longsor semakin tinggi. Hasil penelitian diharapkan dapat membantu pemerintah Kabupaten Maluku Barat Daya khususnya pemerintah Kecamatan Damer dalam upaya penataan ruang berbasis mitigasi bencana.

Kata kunci: Analisis Spasial, longsor, SMORPH, Damer, Maluku Barat Daya

1. PENDAHULUAN

Jumlah kejadian bencana alam yang sering terjadi disebabkan oleh degradasi lingkungan, perubahan iklim, dan aktivitas manusia. Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang paling mengancam dan sering terjadi (Sarkar & Dorji, 2019). Mirdda et al., (2022), juga menambahkan bahwa secara global bencana tanah longsor merupakan bencana alam yang sering terjadi hampir di semua daerah dan menyebabkan kerusakan lingkungan dan kerugian materi. Menurut Abay et al., (2019), tanah longsor disebabkan oleh berbagai proses geo-lingkungan, termasuk geologi, metrologi, dan aktivitas manusia. Asmare, (2022), menambahkan bahwa kemiringan lereng bentuk lereng, tutupan lahan/penggunaan lahan, curah hujan yang berlebihan, gempa bumi, dan aktivitas manusia sebagai faktor utama penyebab terjadinya tanah longsor disuatu daerah. Selain faktor alamiah, longsor juga dapat disebabkan oleh adanya aktivitas manusia yang mempengaruhi bentang alam, seperti kegiatan pertanian (Rakuasa, 2022), pembebanan lereng dan penambangan (Rakuasa et al., 2022; Somae et al., 2022).

Kecamatan Damer secara administrasi merupakan salah satu kecamatan yang berada di Kabupaten Maluku Barat Daya. Secara geografis Kecamatan Damer sebesar 75% luasnya berada pada kemiringan lereng >25%, hal ini yang membuat Kecamatan Damer sering terjadi Longsor. Berdasarkan Indeks Resiko Bencana Indonesia (RBI) tahun 2021 Kecamatan Damer merupakan daerah yang memiliki indeks resiko bencana longsor tertinggi di Kabupaten Maluku Barat Daya (BNPB, 2021).

Berdasarkan laporan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Pada tanggal 29 Juli 2022 Puluhan rumah warga di Desa Wulur, Kecamatan Damer, Kabupaten Maluku Barat Daya (MBD) rusak akibat diterjang longsor saat hujan turun deras di wilayah itu. Tercatat sebanyak 98 KK atau 410 jiwa harus mengungsi akibat tanah longsor dan sebanyak 60 rumah warga rusak berat hingga ringan serta akses jalan menuju kebun terputus (Adjis, 2022).

Identifikasi dan pemetaan daerah rawan longsor menggunakan aplikasi sistim informasi geografi memiliki peran penting sebagai upaya dalam upaya mitigasi bencana tanah longsor kedepannya (Hamida & Widyasamratri, 2019). Sistem Informasi Geografis merupakan *tools yang* sangat berperan penting untuk mengidentifikasi wilayah potensi tanah longsor secara spasial dan temporal di Kecamatan Damer. Salah satu metode SIG yang paling sederhana dan akurat untuk mengidentifikasi daerah potensi longsor adalah dengan menggunakan metode *slope morphology* atau SMORPH (Ramdhoni et al., 2020; Mufidawati et al., 2021; Rakuasa et al., 2022; Somae et al., 2022). Menurut peneliti-peneliti terdahulu metode SMORPH cukup baik dan sederhana untuk membantu mengidentifikasi potensi longsor disuatu daerah yang hanya menggunakan variabel bentuk lereng dan kemiringan lereng yang diperoleh dari pengolahan data *Digital Elevation Model* (DEM) (Ristya et al., 2019; Triwahyuni et al., 2017; Permadi et al., 2019; Rakuasa et al., 2022; Somae et al., 2022; Sugandhi et al., 2023).

Menurut Wang et al., (2017), penggunaan metode SMORPH akan memberikan representasi yang cukup baik dalam potensi longsor dibandingkan dengan metode lain seperti *Indeks Storie* atau *Stability Index Mapping* (SINMAP). Pada metode SMORPH adanya penggunaan variabel bentuk lereng dan kemiringan lereng yang didasarkan pada *Digital Elevation Model* (DEM) sehingga data ini dapat menganalisis potensi longsor dengan lebih baik (Rahim et al., 2018). Dari beberapa metode lainnya, metode SMORPH merupakan metode yang cocok dalam implementasi raster berbasis Sistem Informasi Geografis karena melakukan komputasional yang sederhana (Hoyt & William., 2008; Asmare, 2022). Sebelumnya belum pernah dilakukan penelitian serupa di Kecamatan Damer oleh karena itu kami sebagai anak daerah Maluku Barat Daya (MBD) terpenggil untuk meneliti penyebab banjir dan tanah longsor di Kecamatan Damer, penelitian ini perlu dilakukan suatu upaya mitigasi bencana dengan mengidentifikasi daerah-daerah potensi longsor di Kecamatan Damer dan diharapkan dapat digunakan meminimalisir bahaya dan kerugian dari bencana ini. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan daerah rawan longsor di Kecamatan Damer, Kabupaten Maluku Barat Daya, Provinsi Maluku.

2. METODE

A. Data Penelitian

Penelitian ini merupakan kolaborasi riset antara Program Studi Parawisata, Budaya dan Agama, Fakultas Ilmu Sosial Keagamaan, Institut Agama Kristen Negeri (IAKN) Ambon, Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Pattimura, dan Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia di tahun 2022. Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Damer, Kabupaten Maluku Barat Daya, Provinsi Maluku yang secara administrasi terdiri dari 8 Desa diantaranya Desa Batu Merah, Kuaimelu, Kumur, Wulur, Ilih, Kehli, Bebar Barat, Bebar Timur. Untuk menganalisis daerah potensi longsor di Kecamatan Damer data yang digunakan diantaranya yaitu peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), Batas Administrasi Kecamatan Damer dan Digital Elevasi Model (DEM) Nasional Kecamatan Damer yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Data Lahan permukiman diperoleh dari Interpretasi citra satelit yang diperoleh dari Sas Planet tahun 2022. *Software* yang digunakan dalam menganalisis data dalam penelitian ini yaitu Microsoft Office, Arc GIS 10.8.

B. Pengolahan Data

Tipe penelitian ini yaitu deskriptif kuantitatif dengan menggunakan metode *Slope Morphology* (SMORPH) yang merupakan metode analisis spasial dengan pendekatan Sistim Informasi Geografis untuk memprediksi potensi daerah rawan longsor disuatu daerah dengan menggunakan parameter mengacu pada parameter geomorfologi berupa bentuk lereng seperti, cekung, planar atau cembung dan gradien dari lereng (Shaw, 1995).

Pemilihan metode SMORPH untuk penelitian ini dikarenakan metode ini sangat sederhana untuk memprediksi potensi daerah rawan longsor di Kecamatan Damer serta kondisi geografis dan topografis Kecamatan Leitumur Selatan yang berbukit dan bergunung serta memiliki kemiringan lereng yang bervariasi membuat metode ini sangat efektif dan efisien jika di aplikasikan. Metode *slope morphology* atau SMORPH memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dari metode Storie Index dan SINMAP untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi daerah potensi longsor berdasarkan matriks antara bentuk lereng dan sudut lereng (Harist et al., 2018; Mufidawati et al., 2021). Jika dibandingkan dengan metode *Transient Rainfall Infiltration and Grid-based Regional Slope Stability* atau TRIGRS metode SMORPH sangatlah mudah untuk diaplikasikan untuk identifikasi daerah potensi longsor berbeda dengan metode TRIGRS yang cukup kondisional dimana untuk memprediksi gerakan tanah yang harus dipengaruhi oleh resolusi variasi curah hujan temporal, resolusi parameter geoteknik secara spasial dan resolusi model elevasi digital (Sugianti et al, 2016). Menurut Triwahyuni et al, (2017) metode SMORPH mempunyai keunggulan yaitu akurasi yang sangat baik dibandingkan dengan metode lainnya.

Kemiringan lereng dan bentuk lereng merupakan variabel utama dalam analisis daerah potensi longsor di Kecamatan Damer, sedangkan metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Slope Morphology* (SMORPH). Langkah awal dalam penelitian ini yaitu membuat peta kemiringan lereng (dalam persen) dari data *Digital Elevation Model* (DEM) dengan bantuan *tools Slope* dan *reclassify* (Tabel. 1) dan untuk bentuk lereng menggunakan *tools curvature* dan *reclassify* (Tabel. 2) pada *software Arc GIS 10.8*.

Tabel 1. Klasifikasi kemiringan lereng

Kemiringan Lereng
< 8%
8 - 15%
15 - 25%
25 - 45%
45 - 65%
> 65%

Data kemiringan lereng dan bentuk lereng ini nantinya di *overlay*/ditumpang tindih untuk menentukan kelas potensi longsor di Kecamatan Damer. Kelas potensi longsor ditentukan berdasarkan matriks SMORPH yang dikembangkan oleh Shaw dan Johnson dan sudah banyak digunakan oleh peneliti-peneliti sebelumnya (Ristya et al., 2019; Somae et al., 2022). Lebih jelasnya Matriks SMORPH dapat dilihat pada Tabel 3. Tingkat potensi longsor di Kecamatan Damer diklasifikasikan menjadi 5 kelas yang terdiri dari: sangat rendah, rendah, sedang dan tinggi.

Tabel 2. Klasifikasi bentuk lereng

Kemiringan Lereng	Nilai
Cekung	< - 0,1
Datar	-0,1 – 0,01
Cembung	>0,01

Tabel 3. Matriks SMORPH

Bentuk Lereng	Sudut Kelerengan (%)					
	0-8 %	8-15 %	15-25 %	25-45 %	45-65 %	>65 %
Cembung	Sangat Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Sedang
Datar	Sangat Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi
Cekung	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Tinggi	Tinggi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Bentuk Lereng Kecamatan Damer

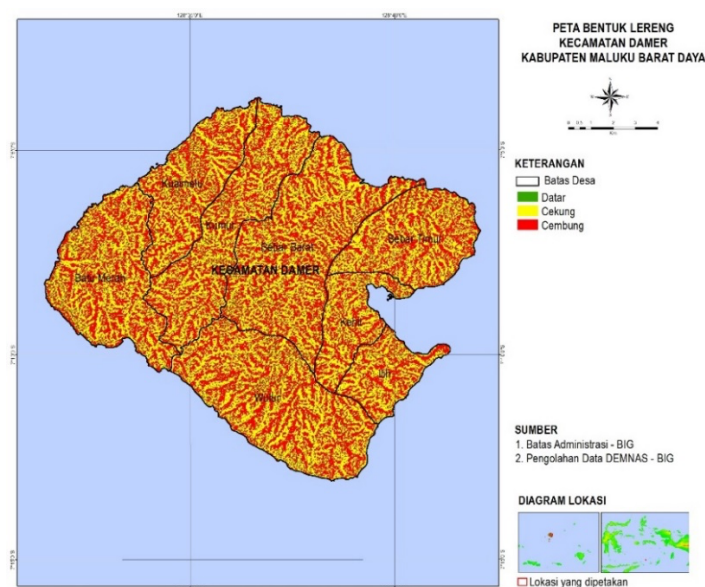
Pemetaan daerah longsor di Kecamatan Damer, kami analisis Berdasarkan bentuk lereng dan kemiringan lereng. Berdasarkan hasil pengolahan data bentuk lereng di Kecamatan Damer yang

mengacu pada Tabel 2 diketahui bahwa bentuk lereng cembung memiliki luasan terluas dengan presentasi luasan yaitu 48,10% dari bentuk lereng datar dan cekung (Tabel 4).

Tabel 4. Bentuk lereng Kecamatan Damer

Bentuk Lereng	Luas (ha)	Presentase %
Cekung	9.022,07	47,05
Datar	1.193,13	6,22
Cembung	8.961,44	46,73
Total Luasan	19.176,64	100.00

Berdasarkan Tabel 4 bentuk lereng cekung memiliki luasan terluas yaitu seluas 9.022,07 ha atau 47,05, bentuk lereng cembung memiliki luas 8.961,44 ha atau sebesar 46,73% dan bentuk lereng datar seluas 1.193,13 ha, atau sebesar 6,22 % dari total luasan penelitian, selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4. Menurut Triwahyuni et al., (2017), bentuk lereng merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya longsor disuatu daerah. Bentuk lereng diartikan sebagai perwujudan visual dari suatu sekuen lereng. Menurut Triwahyuni et al., (2017), menjelaskan bahwa lereng biasanya terdiri atas bagian puncak (*crest*), cembung (*convex*), cekung (*concave*), dan kaki lereng (*lower slope*). Daerah puncak (*crest*) merupakan daerah gerusan erosi yang paling tinggi dibandingkan dengan daerah di bawahnya, demikian pula lereng tengah yang kadang cembung atau cekung mendapat gerusan aliran permukaan relatif lebih besar dari puncaknya sendiri, sedangkan kaki lereng merupakan daerah endapan (Harist et al. 2018). Harist et al., (2018), berpendapat bahwa wilayah yang berada pada bentuk lereng yang cekung biasanya sering terjadi longsor.



Gambar 2. Bentuk lereng Kecamatan Damer

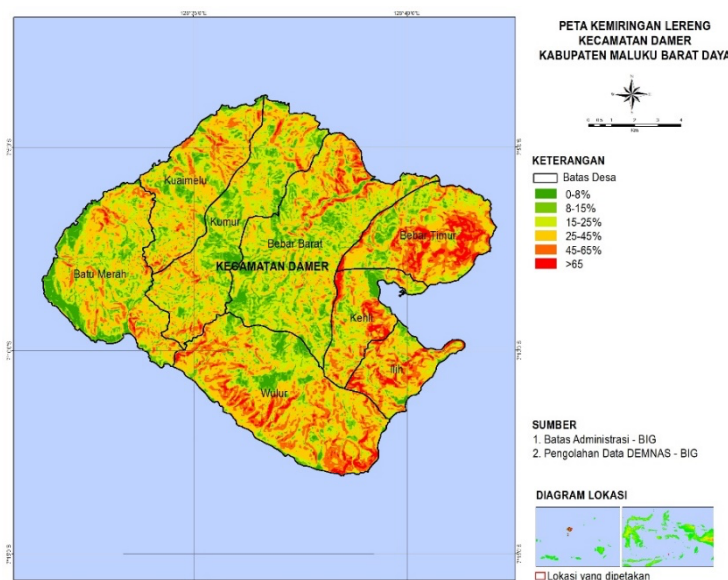
Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat dengan jelas sebaran bentuk lereng di Kecamatan Damer. Pada umumnya setiap bentuk lereng memiliki morfologi yang tidak teratur sehingga bentuk lereng pada Gambar 2 terlihat tersebar secara acak. Pada Gambar 2, bentuk lereng cembung (warna merah) dan bentuk lereng cekung (warna kuning) cukup mendominasi, sedangkan bentuk lereng Planar/Datar yang diwarnai dengan warna kuning memiliki luasan yang sedikit dan berada pada daerah pesisir dan lembah di Kecamatan Damer.

B. Kemiringan Lereng Kecamatan Damer

Berdasarkan hasil pengolahan kemiringan lereng di Kecamatan Damer yang, diketahui bahwa sebesar 37,51 % daerah di Kecamatan Damer berada pada kemiringan lereng 25-45 % dengan luasan 7.192,63 ha, dan kemiringan lereng > 65% hanya memiliki luasan 757,96 ha dengan presentasi luasan

3,95 %. Selengkapnya luasan bentuk lereng Kecamatan Damer dapat dilihat pada Tabel 3 dan secara spasial pada Gambar 3.

Menurut Triwahyuni et al (Triwahyuni, L., Sobirin, S., & Saraswati, 2017), kemiringan lereng merupakan salah satu factor yang mempengaruhi terjadinya longsor disuatu daerah. Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat secara spasial bahwa lereng dengan kemiringan 25 - 45% memiliki presentase luasan terluas yaitu 7.192,63 ha atau sebesar 37,51% dan bahwa lereng dengan kemiringan 15 - 25% memiliki presentase luasan terluas kedua yaitu 4728,18 ha atau sebesar 24,66%. Topografi lokasi penelitian yang dinominasi oleh lereng yang terjal membuat daerah ini sering terjadi longsor.



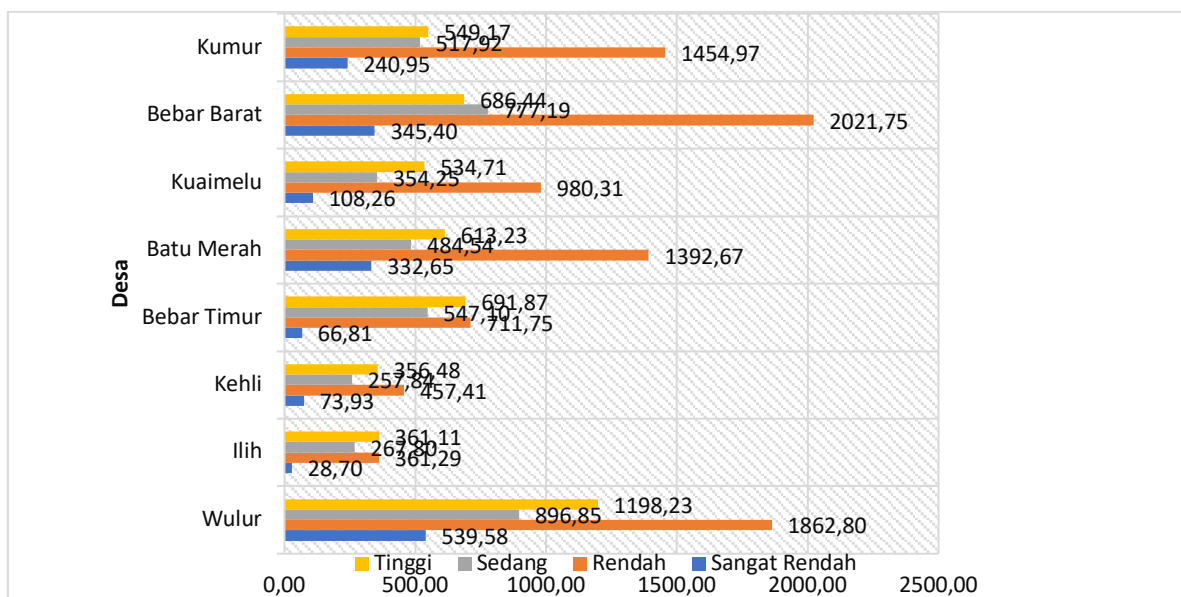
Gambar 3. Kemiringan lereng Kecamatan Damer

Tabel 3. Kemiringan lereng Kecamatan Damer

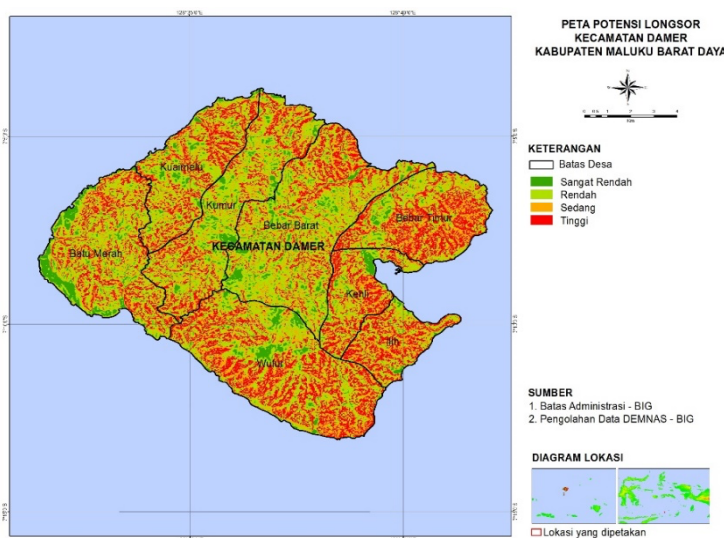
Kemiringan Lereng	Luas (ha)	Persentase (%)
< 8%	1386,68	7,23
8 - 15%	2546,29	13,28
15 - 25%	4728,18	24,66
25 - 45%	7192,63	37,51
45 - 65%	2564,90	13,38
> 65%	757,96	3,95
Total	1.9176, 64	100.00

C. Daerah Potensi Longsor Kecamatan Damer

Data bentuk lereng dan kemiringan lereng kemudian digabungkan atau *overlay* dan mengacu pada Matriks SMORPH untuk menghasilkan wilayah yang memiliki potensi longsor di Kecamatan Damer yang kemudian diklasifikasi menjadi 4 kelas yaitu potensi sangat rendah, potensi rendah, potensi sedang dan potensi tinggi. Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui persebaran wilayah potensi tanah longsor yang ada di Kecamatan Damer. Kelas potensi longsor sangat rendah seluas 1.736,27 ha, kelas potensi longsor rendah memiliki luas 9.242,94 ha, luas daerah yang berpotensi longsor sedang yaitu 4.103,49 dan daerah yang memiliki potensi longsor tinggi di Kecamatan Damer yaitu seluas 4.991,25 ha. Selengkapnya luas kelas potensi longsor pada tiap desa di Kecamatan Damer dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Luas kelas potensi longsor di Kecamatan Damer



Gambar 5. Peta potensi longsor di Kecamatan Damer

Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5, diketahui bahwa Desa yang memiliki luasan terluas pada tiap kelas potensi longsor yaitu Desa Wulur hal ini dikarenakan daerah memiliki luas area yang lebih besar dibandingkan dengan desa lainnya dan memiliki topografi yang beragam hal ini membuat desa ini memiliki luasan teluas di setiap kelas potensi longsor di Kecamatan Damer. Desa Bebar Timur merupakan desa yang memiliki potensi longsor terluas kedua yang itu seluas 691.87 ha. Desa Bebar Barat merupakan desa yang memiliki luas potensi kedua terbesar pada kelas potensi longsor sangat rendah, rendah dan sedang. Berdasarkan gambar 4 dan gambar 5 diatas juga dapat diketahui bahwa kejadian longsor banyak ditemukan pada daerah dengan bentuk lereng cekung dan cembung, bentuk lereng datar yang paling sedikit jumlah kejadian longsornya dibanding dengan bentuk datar dan cekung. Bagian tengah lereng yang berbentuk cembung atau cekung dapat mengakibatkan pengikisan yang relatif besar oleh aliran permukaan sehingga meningkatkan potensi longsor semakin tinggi (Rakuasa et al., 2022), (Somae et al., 2022).



Gambar 5. Dampak longsor yang terjadi di Desa Wulur Kecamatan Damer

Hasil observasi di Desa Wulur, Kecamatan Damer, Kabupaten Maluku Barat Daya (MBD) diketahui sebanyak 60 rumah warga rusak berat hingga ringan serta akses jalan menuju kebun terputus dan sebanyak 98 KK atau 410 jiwa harus mengungsi akibat tanah longsor. Pada Gambar 4 dan 5 menunjukkan longsor yang terjadi secara spasial berada di daerah yang memiliki potensi longsor tinggi dan berada sangat dekat dengan permukiman warga yang secara topografi berada di bawah lereng gunung. Secara sederhana dapat disimpulkan bahwa hasil analisis spasial menggunakan metode SMORPH sangat berbanding lurus dengan keadaan lokasi penelitian, dimana daerah-daerah yang memiliki kemiringan lereng yang curam dan bentuk lereng yang cekung dan cembung sangat berpotensi terjadinya bencana longsor, hal ini didukung oleh pendapat dari Rakuasa et al Rakuasa & Rifai, (2021), dalam penelitiannya di Kota Ambon dimana kemiringan lereng yang terjal disertai dengan bentukan lereng yang cembung atau cekung akan menimbulkan potensi longsor yang semakin tinggi pada wilayah tersebut namun sebaliknya jika semakin kecil kemiringan lereng serta bentuk lereng yang relatif datar di daerah tersebut maka semakin kecil potensi longsornya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa desa dengan potensi longsor tinggi yaitu Desa Wulur dan desa dengan potensi longsor sangat rendah yaitu Desa Ilih. Kecamatan Damer memiliki bentuk dan kemiringan lereng yang beragam dan sebagian besar longsor terjadi pada bentuk lereng cekung dan cembung serta memiliki topografi berbukit dan bergunung dengan kemiringan lereng yang curam. Hasil metode SMORPH dapat menggambarkan bahwa kemiringan lereng yang semakin tinggi disertai dengan bentukan lereng yang cembung atau cekung akan menimbulkan potensi longsor yang semakin tinggi pada wilayah tersebut. Hasil penelitian diharapkan dapat membantu pemerintah Kabupaten Maluku Barat Daya terkhususnya pemerintah Kecamatan Damer dalam upaya mitigasi bencana longsor kedepannya dan dalam upaya penataan ruang berbasis mitigasi bencana.

DAFTAR PUSTAKA

- Abay, A., Barbieri, G., & Woldearegay, K. (2019). GIS-based Landslide Susceptibility Evaluation Using Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach: The Case of Tarmaber District, Ethiopia. *Momona Ethiopian Journal of Science*, 11(1), 14. <https://doi.org/10.4314/mejs.v11i1.2>
- Asmare, D. (2022). Landslide hazard zonation and evaluation around Debre Markos town, NW Ethiopia—a GIS-based bivariate statistical approach. *Scientific African*, 15, e01129. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01129>
- BNPB. (2021). IRBI (Indeks Resiko Bencana Indonesia) Tahun 2021. *Direktorat Pengurangan Risiko Bencana, BNPB*, 115. https://www.bnpb.go.id/uploads/renas/1/BUKU_RENAS_PB.pdf
- Hamida, F. N., & Widyasamratri, H. (2019). Risiko Kawasan Longsor Dalam Upaya Mitigasi Bencana Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Pondasi*, 24(1), 67. <https://doi.org/10.30659/pondasi.v24i1.4997>
- Harist, M. C., Afif, H. A., Putri, D. N., & Shidiq, I. P. A. (2018). GIS modelling based on slope and morphology for landslide potential area in Wonosobo, Central Java. *MATEC Web of Conferences*, 229, 03004.

- <https://doi.org/10.1051/mateconf/201822903004>
- Hoyt and William C. H. (2008). *Slope Stability Modelling and Landslide Hazard in Freshwater Creek and Ryan Slough Humboldt County*. Pacific Watershed Associates.
- Mirdda, H. A., Bera, S., & Chatterjee, R. (2022). Vulnerability assessment of mountainous households to landslides: A multidimensional study in the rural Himalayas. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 71, 102809. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102809>
- Mufidawati, H., Damayanti, A., & Supriatna. (2021). Vegetative conservation for landslide mitigation in bungaya sub-district, gowa regency, south sulawesi province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 683(1), 012064. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/683/1/012064>
- Permadi, M. G., Jamaludin, Parjono, & Sapsal, M. T. (2019). Implementation of the {SMORPH} method for mapping the susceptibility area of landslide in Bogor City. *{IOP} Conference Series: Earth and Environmental Science*, 343(1), 12195. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/343/1/012195>
- Rahim, I., Ali, S. M., & Aslam, M. (2018). GIS Based Landslide Susceptibility Mapping with Application of Analytical Hierarchy Process in District Ghizer, Gilgit Baltistan Pakistan. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 06(02), 34–49. <https://doi.org/10.4236/gep.2018.62003>
- Rakuasa, H., Rifai, A. (2021). Pemetaan Kerentanan Bencana Tanah Longsor Berbasis Sistem Informasi Geografis di Kota Ambon. *Seminar Nasional Geomatika Tahun 2021*, 327–336. <https://doi.org/10.24895/SNG.2020.0-0.1148>
- Rakuasa, H., Supriatna, S., Tambunan., M.P., Salakory, M., Pinoa, W, S. (2022). Analisis Spasial Daerah Potensi Rawan Longsor di Kota Ambon Dengan Menggunakan Metode SMORPH. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 213–221. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.2>
- Rakuasa, H. (2022). Analisis Spasial - Temporal Perubahan Tutupan Lahan di Kabupaten Maluku Barat Daya. *GEOGRAPHIA : Jurnal Pendidikan Dan Penelitian Geografi*, 3(2), 115–122. <https://doi.org/10.53682/gjppg.v3i2.5262>
- Rakuasa, H., Supriatna, S., Tambunan, M. P., Salakory, M., & Pinoa, W. S. (2022). ANALISIS SPASIAL DAERAH POTENSI RAWAN LONGSOR DI KOTA AMBON DENGAN MENGGUNAKAN METODE SMORPH. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 213–221. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.2>
- Ramdhoni, F., Damayanti, A., & Indra, T. L. (2020). Smorph application for landslide identification in Kebumen Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 451(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/451/1/012013>
- Ristya, Y., Supriatna, & Sobirin. (2019). Spatial pattern of landslide potensial area by {SMORPH}, {INDEX} {STORIE} and {SINMAP} method In Pelabuhanratu and surrounding area, Indonesia. *{IOP} Conference Series: Earth and Environmental Science*, 338(1), 12033. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/338/1/012033>
- Ruzady Adjis. (2022). *Puluhan Rumah Rusak, 386 Warga Wulur MBD Mengungsi Akibat Longsor. TERASMALUKU.COM,-AMBON*. <https://terasmaluku.com/headline/2022/06/30/puluhan-rumah-rusak-386-warga-wulur-mbd-mengungsi-akibat-longsor/>
- Sarkar, R., & Dorji, K. (2019). Determination of the Probabilities of Landslide Events—A Case Study of Bhutan. *Hydrology*, 6(2), 52. <https://doi.org/10.3390/hydrology6020052>
- Shaw, S. C., dan D. H. J. (1995). *Slope Morphology Model Derived From Digital Elevation Data*. Department of Natural Resources.
- Somae, G., Supriatna, S., Manessa, M. D. M., & Rakuasa, H. (2022). SMORPH Application for Analysis of Landslide Prone Areas in Sirimau District, Ambon City. *Social, Humanities, and Educational Studies (SHES): Conference Series*, 5(4), 11. <https://doi.org/10.20961/shes.v5i4.68936>
- Sugandhi, N., Supriatna, S., & Rakuasa, H. (2023). Identification of Landslide Prone Areas Using Slope Morphology Method in South Leitimur District, Ambon City. *Jambura Geoscience Review*, 5(1), 12–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.34312/jgeosrev.v5i1.14810>
- Sugianti, K., Sukristiyanti, S., & Tohari, A. (2016). Model Kerentanan Gerakan Tanah Wilayah Kabupaten Sukabumi Secara Spasial Dan Temporal. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 26(2).
- Triwahyuni, L., Sobirin, S., & Saraswati, R. (2017). Analisis Spasial Wilayah Potensi Longsor dengan Metode SINMAP dan SMORPH di Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 69–76. <https://doi.org/https://doi.org/10.35313/irwns.v8i3.701>
- Wang, G., Xu, P., Wang, C., N., & Jiang, N. (2017). Application of a GIS-based slope unit method for landslide susceptibility mapping along the Longzi River, Southeastern Tibetan Plateau, China. *International Journal of Geo-Information*, 6(6), 172.