

## TINGKAT RAWAN LONGSOR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI JENELATA SUB DAS JENEBERANG KABUPATEN GOWA

Nasiah Badwi<sup>1</sup>, Ichsan Invanni Baharuddin<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Pendidikan Geografi, Fakultas MIPA,

Universitas Negeri Makassar, Indonesia

Jl. Malengkeri, Kampus UNM Parangtambung Makassar, Sulawesi Selatan

e-mail: [nasiahgeo@unm.ac.id](mailto:nasiahgeo@unm.ac.id)<sup>1</sup>, [ichsan.invanni@unm.ac.id](mailto:ichsan.invanni@unm.ac.id)<sup>2</sup>

(Received: Mar-2023; Reviewed: Apr-2023; Accepted: Jun-2023; Available online: Jun-2023; Published: Jun-2023)

### Abstrak

Indonesia bertubi-tubi dilanda berbagai bencana. Bencana tersebut menimbulkan kerugian, nyawa, harta benda dan kerusakan lahan yang berdampak pada kehidupan masyarakat. Tujuan penelitian ini yaitu menggambarkan tingkat rawan longsor di DAS Jenelata sub DAS Jeneberang Kab Gowa. Metode yang digunakan yaitu teknik Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil penelitian menunjukkan sebagian besar wilayah DAS Jenelata berda pada kelas tingkat rawan bencana longsor kelas sedang seluas 15.581,37 Ha (66,53 %). Tersebar seluruh wilayah DAS, namun dominan di bagian tengah hingga hilir. Kelas sangat tinggi tersebar di hilir Sub DAS Jenelata. Variabel yang menentukan tingkat bahaya longsor saling terkait satu sama lain, namun yang dominan yaitu: curah hujan, kemiringan lereng, dan jenis tanah. Dalam pengelolaan lahan wilayah DAS Jenelata perlu hati-hati jangan memicuh meningkatnya kelas bencana longsor menjadi kelas sangat rawan.

**Kata kunci:** Tingkat Rawan Longsor; PJ dan SIG; DAS Jenelata

### Abstract

Various disasters continuously hit Indonesia. This disaster caused loss of life, property, and land damage which had an impact on people's lives. The aim of this research is to describe the level of landslide hazard in the Jenelata watershed, the Jeneberang sub-watershed of Gowa Regency. The methods used are Remote Sensing techniques and Geographic Information Systems (GIS). The research results show that most of the Jenelata watershed area is in the moderate class of landslide hazard level covering an area of 15,581.37 hectares (66.53%). Spread throughout the watershed area, but dominant in the middle to downstream parts. The very high class is spread downstream of the Jenelata Sub-watershed. The variables that determine the level of landslide danger are related, but the dominant ones are rainfall, slope slope, and soil type. In managing land in the Jenelata watershed area, we need to be careful not to increase the landslide disaster class to a vulnerable one.

**Keywords:** Landslide prone evel; RS and GIS; Jenelata Watershed.

## PENDAHULUAN

Indonesia bertubutubi dilanda berbagai bencana. Bencana tersebut menimbulkan korban jiwa, harta benda, dan kerusakan lahan yang berdampak jangka panjang pada kehidupan masyarakat. Salah satu bencana yang muncul pada awal musim hujan yaitu bencana longsor. Bencana longsor merupakan salah satu bencana alam yang dapat mengancam kehidupan manusia ([Lusy et al., 2020](#)). Faktor alam yang berpengaruh berbagai bencana di Indonesia yaitu: faktor letak geologis, letak astronomis dan letak geografis. Secara geologi Indonesia berada di pertemuan 3 lempeng besar yaitu lempeng Hindia Australia, lempeng Benua Eurasia, dan lempeng Samudra Pasifik, sehingga terbentuklah jalur gunungapi aktif dan jalur gempa bumi. Lempeng tersebut saling bertumbukan, sehingga menimbulkan zona penunjaman yang merupakan jalur gempa bumi dan membentuk undulasi di busur kepulauan dengan kemiringan terjal hingga sangat terjal.

Letak astronomis Indonesia berada di wilayah katulistiwa dan sekitarnya sehingga beriklim tropis dengan curah hujan yang tinggi. Letak geografis Indonesia berada diantara 2 benua dan 2 samudra sehingga ada 2 musim di Indonesia yaitu musim hujan dan musim kemarau ([Nasiah & Invanni, 2013](#)). Kombinasi letak astronomis dan letak geografis sehingga Indonesia terdapat 3 tipe curah hujan yaitu tipe *ekuatorial*, *monsoon* dan tipe Lokal (Iqbal, 2018). Indonesia secara geologis, geomorfologis, dan klimatologis menyebabkan Indonesia selalu dilanda bencana alam seperti; letusan gunungapi, gempa bumi, longsor, banjir dan kekeringan. Penyebab bencana yaitu faktor alam dan manusia. Manusia dalam memanfaatkan lahan menjadi pemicu terjadinya bencana.

Longsor merupakan gerakan massa dari rombakan batuan yang tipe gerakannya meluncur atau menggeser (*sliding/slipping*), berputar (*rotational*) yang disebabkan oleh gaya gravitasi, sehingga gerakannya lebih cepat dan sedikit kandungan airnya ([Warren, 1955](#)). Direktorat Geologi dan Tata Lingkungan mendefinisikan, longsor lahan sebagai suatu produk terganggunya keseimbangan lereng yang menimbulkan Bergeraknya massa batuan dan tanah ke daerah yang lebih rendah. Gerakan tersebut dapat terjadi pada tanah/batuan yang hambatannya lebih kecil dibandingkan berat massa tanah/batuan itu. Hampir setiap tahun beberapa wilayah di Indonesia mengalami longsor ([Nursa'ban, 2010](#)). Longsor tersebut menyebabkan kerugian materi dan juga korban jiwa. Kejadian longsor umumnya berskala kecil tidak sehebat gempa bumi, letusan gunungapi, dan tsunami, sehingga perhatian pada masalah ini kurang dan bahkan dalam perencanaan pembangunan kurang diperhatikan.

Hasil Penelitian pemetaan daerah rawan bencana longsor ditemukan hampir seluruh wilayah Provinsi Sulawesi Selatan rawan bencana longsor utamanya daerah yang pegunungan dan perbukitan ([Nasiah & Invanni, 2013](#)). Pada umumnya di Indonesia bencana berupa longsor bisa dijumpai hampir di setiap Daerah Aliran Sungai (DAS) utamanya pada bagian hulu DAS ([Darwis et al., 2021](#)). Salah satu wilayah di Provinsi Sulawesi Selatan yaitu Daerah Aliran Sungai Jenelata merupakan salah satu sub DAS Jeneberang yang terletak pada bagian hilir. Daerah aliran sungai Jenelata yang luasnya 23.420 Ha datar hingga sangat curam yang berada di lereng barat Pegunungan Lompobattang dengan lereng relatif curam.

Berdasarkan latar belakang di atas dan untuk mengarahkan proses penelitian maka penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kerawanan bencana longsor di DAS Jenelata Sub DAS Jeneberang Kabupaten Gowa. Harapan dari penelitian ini adalah dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang tingkat kerawanan bencana longsor di DAS Jenelata Sub DAS Jeneberang Kabupaten Gowa. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam upaya mitigasi dan manajemen risiko bencana longsor di wilayah tersebut. Selain itu, diharapkan hasil penelitian ini dapat

menjadi dasar untuk pengembangan kebijakan yang lebih efektif dalam mengurangi risiko bencana longsor dan melindungi masyarakat serta aset-aset penting di DAS Jenelata. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan rekomendasi kepada pihak terkait, seperti pemerintah daerah, dalam merancang strategi mitigasi yang tepat dan implementasi tindakan preventif.

Selanjutnya, harapan penelitian ini adalah mampu memberikan informasi yang berguna bagi masyarakat setempat, agar mereka lebih sadar akan potensi risiko bencana longsor dan dapat mengambil langkah-langkah yang tepat untuk melindungi diri dan harta benda mereka. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi positif terhadap peningkatan ketahanan masyarakat terhadap bencana longsor. Terakhir, diharapkan penelitian ini dapat menjadi pijakan untuk penelitian lanjutan yang lebih mendalam dan komprehensif terkait dengan mitigasi bencana longsor di berbagai konteks geografis. Dengan adanya pemahaman yang lebih baik tentang faktor-faktor yang memengaruhi tingkat kerawanan, diharapkan dapat dikembangkan solusi-solusi inovatif yang dapat menjadi model untuk daerah-daerah lain yang menghadapi tantangan serupa.

## METODE

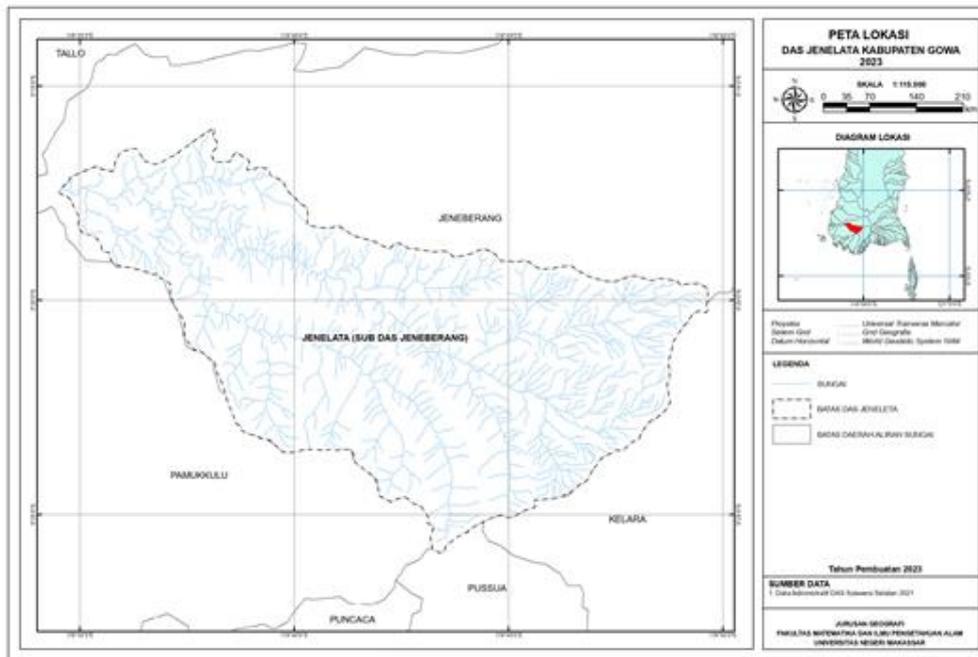
Penelitian ini berlokasi di Wilayah Daerah Aliran Sungai Jenelata Sub DAS Jeneberang dan secara administratif berada di Kecamatan Manuju, Bongayya dan Botolempangan Kabupaten Gowa. Secara astronomis berada pada  $119^{\circ} 34' 30,565''$  BT sampai  $119^{\circ} 49' 38,98''$  BT, dan  $5^{\circ} 15' 59,07''$  LS hingga  $5^{\circ} 25' 53,658''$  LS. Secara geografis di sebelah utara DAS Jeneberang Hulu, di selatan DAS Pamukkulu, Pussua dan Kelara, sebelah barat DAS Jeneberang dan DAS Pamukkulu, sebelah Timur DAS Kelara seperti pada Gambar 1.

Wilayah sasaran adalah semua satuan lahan yang terdapat di DAS Jenelata. Pengambilan sampel dari setiap satuan lahan dilakukan dengan metode *Purposif area Sampling*. Variabel merupakan segala sesuatu yang menjadi objek dalam suatu penelitian. Adapun variabel yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah : Curah hujan, Kemiringan lereng, Jenis tanah, dan penggunaan lahan.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas alat pengukuran lapangan dan alat laboratorium. Alat tersebut diuraikan berikut ini.

- a. Alat pengukuran di lapangan, yang terdiri atas: *GPS*, Kompas Geologi, Abney Level, Linggis/skop, Rool meter, Pisau lapangan, bor Tanah, Tabung/ring sampel, Poliback/kantong plastik, Kamera dan alat tulis menulis.
- b. Alat-alat laboratorium untuk: penetapan tekstur tanah, pembuatan peta, maka digunakan computer dengan SIG dengan program ArcGis Versi 10.8.

Bahan Penelitian antara lain : Data Curah Hujan, Peta Rupa Bumi, Peta Jenis tanah DAS Jenelata, Peta Kemiringan lereng DAS Jenelata, Peta Peta Penggunaan Lahan DAS Jenelata. Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu; observasi, wawancara, dan Dokumentasi.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian di DAS Jenelata

Adapun teknik analisis data yang digunakan adalah teknik analisis Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) yaitu dengan menggunakan sistem tumpang-susun (*overlay*) beberapa peta tematik (kemiringan lereng, penggunaan lahan, jenis tanah), untuk membuat peta satuan lahan. Dari peta satuan lahan tersebut kemudian dijadikan sebagai acuan dalam penentuan titik sampel yaitu dengan menggunakan metode *purposive area sampling*. Teknik analisis data dengan menggunakan metode SIG dengan perkalian harkat (Arifin et al., 2006). Adapun kriteria variabel penentu tingkat kerawanan longsor dapat dilihat Tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai Kisaran Klasifikasi Harkat

No	Klasifikasi	Kisaran Nilai
1	Sangat Tinggi	> 1.5
2	Tinggi	1.2 - 1.5
3	Sedang	0.8 - 1.1
4	Rendah	0.4 - 0.7
5	Sangat Rendah	< 0.3

Sumber: (Arifin et al., 2006)

Teknik analisis data dengan menggunakan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG). SIG dengan teknik tumpang-susun (*overlay*) peta ini dilakukan setelah masing-masing parameter penyebab longsor telah diberi nilai harkat. Kemudian nilai harkat dari masing-masing parameter akan dianalisis sesuai dengan indeks storie. Dalam program berbasis sistem informasi geografis digunakan proses Union pada Arcgis untuk menyatukan semua layer.

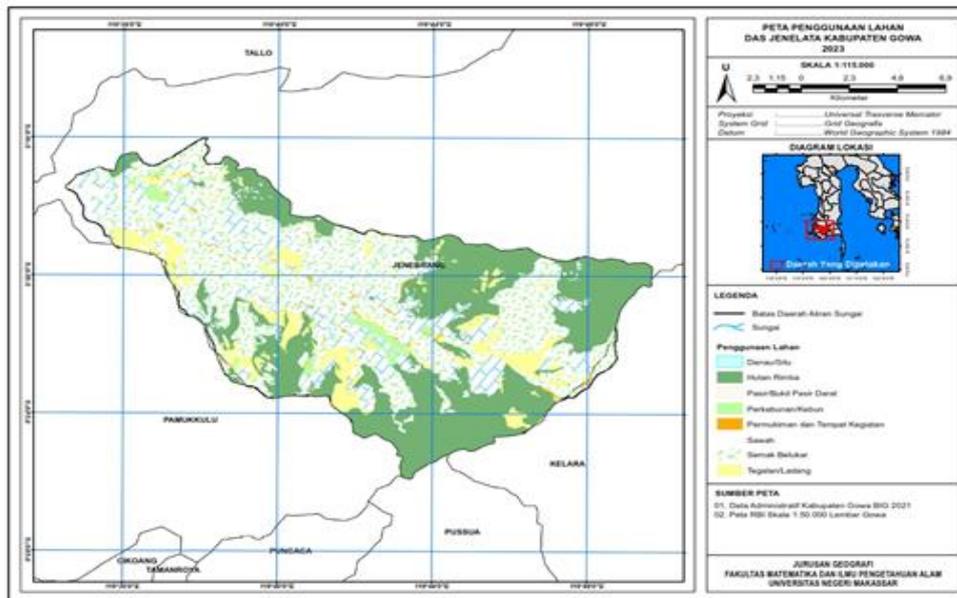
Skoring digunakan untuk menentukan nilai atau status lokasi berdasarkan kriteria yang bersangkutan. Setelah beberapa parameter rawan longsor yang telah dilakukan fungsi analisis menggunakan SIG (*overlay*) selanjutnya dilakukan model perkalian untuk semua parameter. Model yang digunakan untuk menentukan daerah rawan longsor adalah model perkalian indeks storie dengan rumus:



wilayah DAS, namun yang paling dominan pada wilayah dekat batas DAS bagian selatan, lebih jelasnya lihat Gambar 2.

## 2. Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan di wilayah DAS Jenelata dikelompokkan menjadi 8 yaitu: Hutan Rimba, Semak belukar, Perkebunan/kebun, Tegalan/Ladang, Sawah, Permukiman dan Fasilitas umum, Pasir/bukit pasir darat, dan Danau.

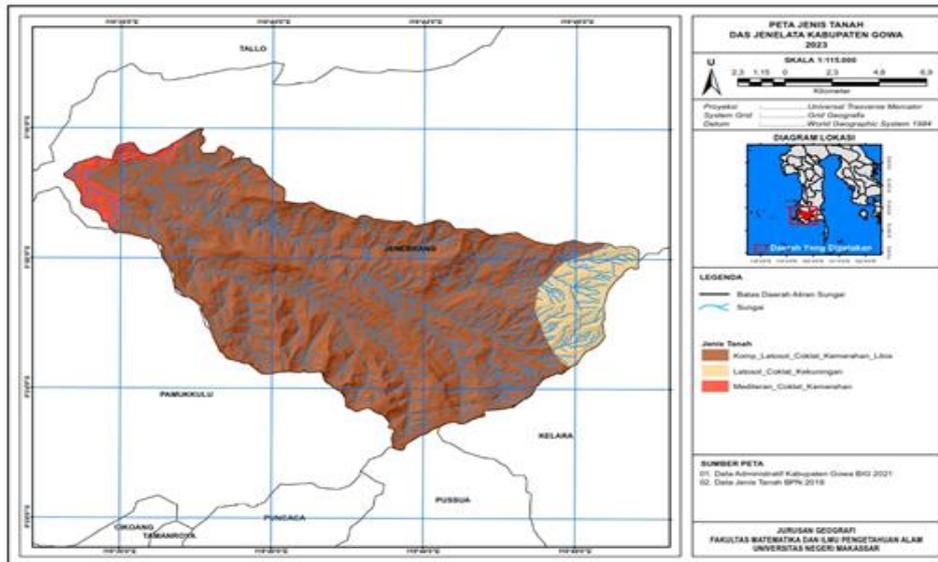


**Gambar 3.** Peta Penggunaan Lahan DAS Jenelata

Sebagian besar wilayahnya berupa semak belukar seluas 8.899,64 Ha (38,00 %), kemudian Hutan Rimba seluas 8.284,89 Ha (35,38 %), dan hanya 6,79 Ha (0,029 %) berupa lahan terbuka, 0,08 % lahan permukiman dan Fasilitas Umum. Penggunaan lahan berupa Hutan Rimba tersebar pada perbatasan wilayah DAS bagian tengah ke Hulu, Lebih jelasnya lihat Gambar 3.

## 3. Jenis Tanah

Jenis tanah di wilayah DAS Jenelata terdiri atas 3 kelompok yaitu: Latosol Coklat kekuningan, Komplek Latosol Coklat Kemerahan dan Litosol, Mediteran Coklat Kemerahan. Sebagian besar wilayahnya DAS Jenelata jenis tanah Komplek Latosol Coklat Kemerahan seluas 20.785,69 Ha ( 88,75 %). Dan hanya 723,91 Ha ( 3,09 %) Tanah Mediteran Coklat Kemerahan. Mediteran Coklat Kemerahan tersebar di Hilir DAS Jenelata. Latosol Coklat Kekuningan tersebar sedikit di bagian hulu DAS, Lihat Gambar 4.

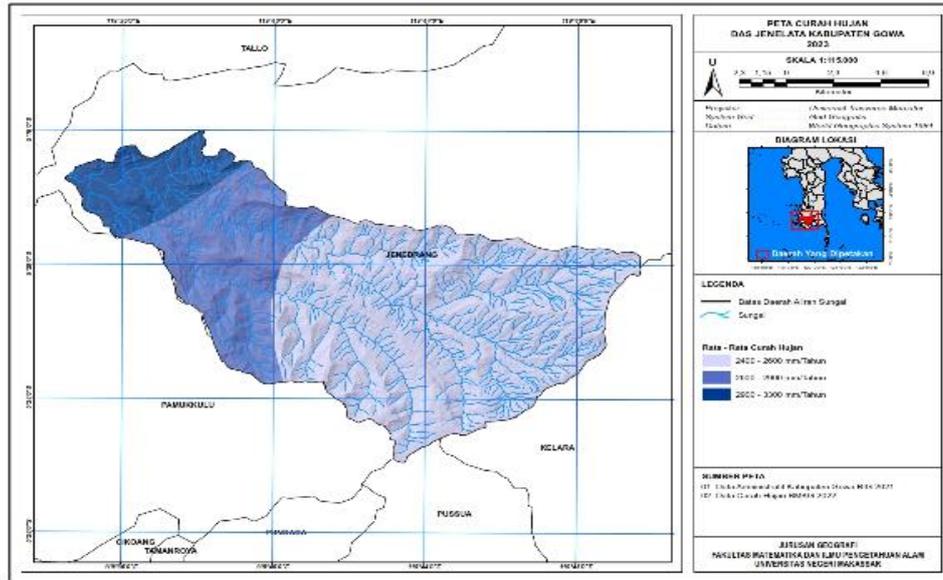


**Gambar 4.** Peta Jenis Tanah DAS Jenelata

Peta Jenis Tanah. Pengharkatan untuk jenis tanah ini didasarkan pada kematangan tanah. Semakin matang suatu jenis tanah maka tanah tersebut akan mengandung liat yang lebih tinggi dan struktur tanah yang lebih kuat, jika dibandingkan jenis tanah yang masih muda. Jenis tanah berpengaruh terhadap longsor ditentukan oleh tekstur tanahnya. Tekstur tanah merupakan salah satu sifat fisik tanah yang sangat berperan terhadap kejadian longsor. Tekstur yang dominan di wilayah DAS Jenelata yaitu lempung berdebu, karena didominasi tanah Latosol Coklat. Tanah Latosol merupakan tanah yang sudah berkembang. Tanah Latosol kadar lempungnya tinggi, sehingga bersifat dinamis mudah mengembang dan mengkerut. Pada saat kering mengkerut, dan pada saat basah mengembang dan cepat jenuh, sehingga membentuk bidang kedap air. Bidang tersebut menjadi dasar terjadinya longsor ([Nasiah dan Sakina, 2022](#)).

#### 4. Curah Hujan

Curah hujan di wilayah DAS Jenelata berkisar lebih 2000 mm hingga lebih 3500 mm pertahun. Curah hujan di wilayah DAS Jenelata dikelompokkan menjadi 3 kelas. Sebagian besar kelas kurang dari 2600 mm/thn seluas 5.261,28 Ha (66,73 %), dan yang paling sempit kelas curah hujan lebih dari 2900 mm/thn.

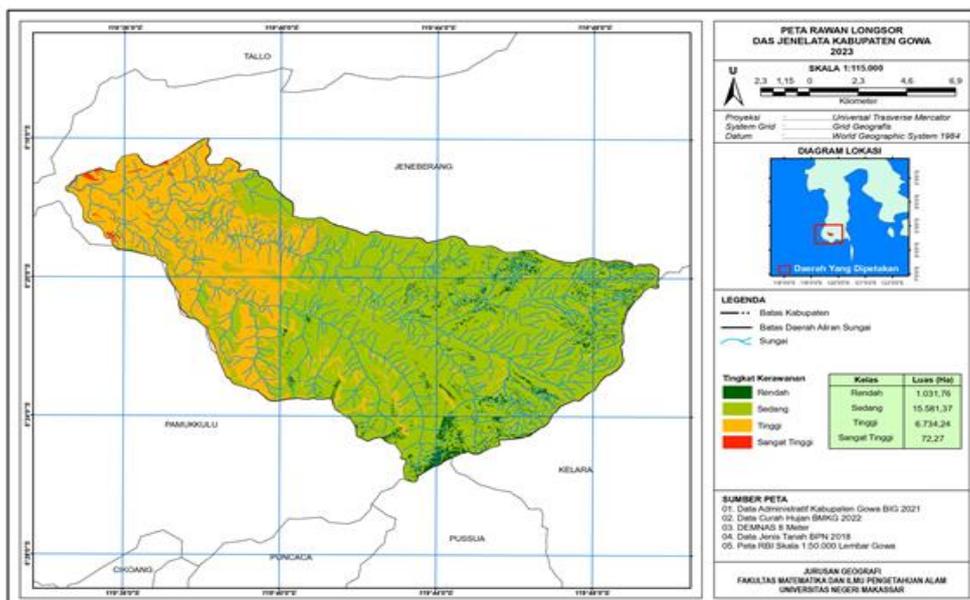


Gambar 5. Peta Curah Hujan DAS Jenelata

Curah Hujan lebih dari 2900 mm/thn tersebar di hilir DAS berada pada bagian barat wilayah DAS Jenelata. Curah Hujan kurang dari 2600 mm/thn tersebar di bagian tengah sampai ke hulu DAS, lihat Gambar 5. Peta Curah Hujan DAS Jenelata.

5. Tingkat Rawan Longsor di DAS Jenelata

Di wilayah DAS Jenelata ditemukan 4 kelas tingkat rawan longsor yaitu: rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Sebagian besar wilayah DAS Jenelata kategori sedang seluas 15.581,37 Ha (66,53 %). Tersebar seluruh wilayah DAS, namun dominan di bagian tengah hingga hilir. Kelas sangat tinggi tersebar di hilir Sub DAS Jenelata. Lebih Jelasnya lihat Gambar 6, dan Tabel 2.



Gambar 6. Peta Tingkat Rawan Longsor di DAS Jenelata

Tabel 2. Luasan Kawasan Rawan Lonsor DAS Jenelata

No	Klasifikasi	Luas (Ha)	Persen (%)
1	Rendah	1.031,76	4,41
2	Sedang	15.581,37	66,53
3	Tinggi	6.455,27	28,75
4	Sangat Tinggi	72,25	0,31

Tabel di atas menggambarkan klasifikasi tingkat risiko longsor di wilayah DAS Jenelata berdasarkan luas wilayah dalam empat kategori, yakni rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Klasifikasi ini memberikan gambaran mendalam tentang sebaran potensi risiko longsor di wilayah tersebut. Pertama, kelas tingkat risiko rendah, yang mencakup sekitar 4,41% dari total luas DAS Jenelata (1.031,76 Ha), menunjukkan bahwa ada bagian wilayah yang cenderung memiliki karakteristik geologi, topografi, dan tata guna lahan yang kurang mendukung terjadinya longsor. Meskipun persentasenya relatif kecil, wilayah ini dapat menjadi fokus perhatian sebagai contoh praktik pengelolaan risiko bencana yang berhasil. Kemudian, kelas sedang mendominasi dengan luas wilayah sekitar 66,53% (15.581,37 Ha). Hal ini mengindikasikan bahwa mayoritas wilayah DAS Jenelata memiliki tingkat risiko longsor yang moderat. Wilayah dengan kategori ini memerlukan perencanaan mitigasi risiko yang cermat untuk mengurangi potensi dampak bencana.

Selanjutnya, kelas tingkat risiko tinggi mencakup sekitar 28,75% dari total luas DAS (6.455,27 Ha). Wilayah-wilayah ini membutuhkan perhatian khusus dalam merancang dan menerapkan strategi mitigasi risiko yang efektif. Analisis lebih lanjut diperlukan untuk memahami faktor-faktor yang menyebabkan tingkat risiko tinggi ini. Terakhir, klasifikasi sangat tinggi, meskipun hanya mencakup sekitar 0,31% dari total luas DAS (72,25 Ha), memperlihatkan bahwa ada wilayah dengan risiko longsor yang sangat tinggi. Faktor-faktor seperti topografi yang curam, jenis tanah yang rentan, atau praktik tata guna lahan yang tidak sesuai mungkin berkontribusi pada tingkat risiko yang tinggi di wilayah ini.

Dalam konteks ini, hasil klasifikasi ini dapat menjadi dasar untuk perencanaan mitigasi risiko longsor di DAS Jenelata. Wilayah dengan risiko tinggi dan sangat tinggi memerlukan perhatian khusus dalam pengembangan strategi dan implementasi tindakan pencegahan. Analisis lebih lanjut terhadap faktor-faktor penyebab risiko di setiap kategori dapat membantu dalam merumuskan solusi yang lebih tepat dan terarah. Keterlibatan aktif pemerintah, pemangku kepentingan, dan masyarakat setempat diperlukan untuk menerapkan langkah-langkah mitigasi risiko dan membangun ketahanan terhadap bencana. Monitoring dan pembaruan secara berkala terhadap tingkat risiko longsor diperlukan untuk mengidentifikasi perubahan kondisi dan menyesuaikan strategi mitigasi jika diperlukan.

## Pembahasan

### 1. Kemiringan Lereng

Kajian ini memberikan gambaran yang sangat penting mengenai kemiringan lereng di DAS Generata, khususnya dalam hal kerentanan terhadap bahaya tanah longsor. Hasilnya, terdapat perbedaan kemiringan lereng yang signifikan, yang diklasifikasikan menjadi lima kelas: datar, landai, agak curam, curam, dan sangat curam. Analisis ini sangat penting karena kemiringan lereng merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kecenderungan longsor suatu daerah. Pertama-tama, harus ditekankan bahwa sebagian besar DAS Generata memiliki kemiringan yang landai, yaitu sekitar 31,52% dari total luas wilayah. Hal ini dapat dianggap sebagai informasi positif karena risiko tanah longsor cenderung lebih rendah pada lereng yang landai dibandingkan pada lereng yang curam. Namun, meskipun sebagian besar wilayahnya memiliki kemiringan, faktor-faktor lain seperti jenis tanah, penggunaan lahan, dan faktor geologi lainnya juga perlu dipertimbangkan ketika menilai risiko tanah longsor. Selain itu, lapisan lereng yang agak

curam menempati sekitar 25,69% luas wilayah. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah memiliki kemiringan yang cukup besar sehingga dapat meningkatkan risiko tanah longsor.

Kemiringan lereng merupakan salah satu faktor penyebab longsor di suatu wilayah. Oleh karena lereng yang miring menambah gaya gravitasi suatu benda di atasnya. Sesuai yang dikemukakan (Sugianti et al., 2014) bahwa daerah tingkat resiko longornya tinggi yaitu daerah yang kemiringan lereng terjal hingga sangat terjal. Kemiringan lereng merupakan factor utama terjadinya longsor ([Nasiah dan Sakina, 2022](#)). Pemahaman mendalam mengenai karakteristik dan potensi risiko pada kelompok ini sangat penting untuk mengembangkan strategi mitigasi risiko yang efektif. Pemetaan wilayah yang mengalami tren ini harus menjadi hal yang penting dalam perencanaan manajemen risiko bencana. Namun diketahui bahwa kelas lereng sangat curam mempunyai luas terkecil yaitu sekitar 4,90%. Namun keberadaan kawasan dengan kemiringan yang sangat curam tidak boleh diabaikan. Luas wilayah yang relatif kecil tidak menjadikan risiko menjadi kurang penting. Faktanya, lereng yang sangat curam tersebar hampir di seluruh DAS, terutama di daerah dekat batas selatan DAS. Lereng yang sangat curam mempunyai potensi bahaya yang tinggi, terutama karena lereng tersebut memfasilitasi curah hujan, mendorong erosi tanah, dan pada akhirnya menyebabkan tanah longsor. Oleh karena itu, pemahaman menyeluruh mengenai ciri-ciri topografi wilayah tersebut penting untuk mengembangkan strategi mitigasi yang efektif. Mengurangi risiko bencana memerlukan fokus yang lebih besar pada perencanaan tata ruang dan pembangunan infrastruktur di wilayah tersebut ([Hazell et al., 2022](#); [O'Brien et al., 2020](#)).

Dalam konteks penelitian ini, penting untuk dicatat bahwa hasil ini mempunyai implikasi yang signifikan terhadap pengelolaan risiko tanah longsor di DAS Generata. Perencanaan tata ruang yang didasarkan pada pemahaman mendalam tentang topografi dan kemiringan lereng adalah penting. Selain itu, harus ada sinergi antara pemerintah, peneliti, dan masyarakat untuk menerapkan langkah mitigasi yang efektif. Meskipun penyebaran informasi kepada masyarakat mengenai potensi risiko dan cara mengurangi kerentanan merupakan sebuah prioritas, pemerintah juga harus terlibat secara aktif dalam menyediakan infrastruktur untuk mendukung pengurangan risiko bencana ([Adji & Sejati, 2014](#); [Morgan & Rickson, 2003](#)).

## 2. Penggunaan Lahan

Hasil penelitian penggunaan lahan di DAS Generata memberikan pemahaman mendalam mengenai pola penggunaan lahan dan dapat menjadi landasan penting dalam perencanaan pengelolaan sumber daya alam dan pengurangan risiko bencana. Analisisnya mencakup delapan kategori penggunaan lahan: hutan rimba, semak belukar, perkebunan/kebun, lahan basah/ladang, sawah, perkampungan dan fasilitas umum, lahan pasir/bukit pasir, dan danau. Pertama-tama, fakta bahwa sebagian besar DAS Generata, sekitar 38,00% ditutupi semak belukar, memberikan gambaran bahwa kondisi lanskap memerlukan perhatian khusus. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih baik mengenai kemungkinan penggunaan lahan dapat membuka peluang untuk mengembangkan berbagai kegiatan yang mendukung pembangunan berkelanjutan ([Long et al., 2021](#); [Marwah, 2014](#)).

Selain itu, hutan primer menempati sekitar 35,38% dari total luas DAS Generata. Fakta bahwa hutan primer menempati wilayah perbatasan bagian tengah dan hulu memberikan bukti lebih lanjut akan pentingnya menjaga kawasan hutan. Hutan rimba tidak hanya menyediakan keanekaragaman hayati yang tinggi tetapi juga berperan sebagai daerah aliran sungai yang berperan penting dalam menjaga ketersediaan air tanah. Namun perlu dicatat bahwa lahan terbuka hanya 0,029% dari total luas, sehingga menunjukkan bahwa penggunaan lahan ini mungkin tidak optimal. Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, ruang terbuka dapat diakui mempunyai potensi untuk mengembangkan

kegiatan yang mendukung pertanian dan kegiatan lain yang membawa manfaat ekonomi bagi masyarakat lokal ([Verburg et al., 2019](#); [Wang et al., 2022](#)).

Laju penggunaan lahan desa dan fasilitas umum hanya sebesar 0,08% menunjukkan bahwa pembangunan desa dan infrastruktur umum masih terbatas. Pada saat yang sama, pertumbuhan penduduk dan pembangunan ekonomi diperkirakan akan meningkatkan kebutuhan ruang untuk perumahan dan fasilitas umum. Oleh karena itu, penataan ruang dan pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan harus diprioritaskan untuk menjamin penggunaan lahan yang efisien dan berkelanjutan. Selain itu, pasir/bukit pasir di daratan dan danau masing-masing mencakup sebagian kecil dari total wilayah. Meski luas wilayahnya terbatas, namun pengelolaan wilayah tersebut tetap penting, apalagi dapat menimbulkan dampak lingkungan yang signifikan.

Penggunaan lahan di suatu wilayah yang sangat berpengaruh terhadap kejadian longsor. Penggunaan lahan di wilayah DAS Jenelata hanya lebih 35 persen hutan rimba. Terdapat lebih 25 persen terdiri dari penggunaan lahan sawah, tegalan/ladang dan kebun dan yang paling sedikit yaitu permukiman seluas 17,98 Ha (0,08 %). Sawah, tegalan/ladang yang memicu terjadinya longsor karena vegetasi penutupnya berakar serabut dan dangkal. Tanaman tersebut tidak mampu menahan tanah dan batuan yang ada di wilayah tersebut jika memiliki lereng miring hingga curam. Penggunaan lahan sawah, tegalan/ladang, dan perkebunan memiliki tanah yang gembur sehingga banyak meresapkan air ke dalam tanah, dan menyebabkan tanah cepat jenuh. Jika tanah sudah jenuh, maka bagian dasar tanah tersebut menjadi licin, sehingga pemicu terjadinya longsor ([Hadmoko et al., 2010](#)). Tegalan/ladang mudah longsor karena tanamannya berakar serabut dan tanah selalu digemburkan ([Karlina, 2016](#)).

Pengelolaan pasir/bukit pasir di darat harus mempertimbangkan potensi erosi dan degradasi lahan, sedangkan pengelolaan danau harus mempertimbangkan ketersediaan air dan kelestarian ekosistem perairan. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai sebaran penggunaan lahan di DAS Generata. Informasi ini sangat berharga untuk perencanaan dan pengambilan keputusan terkait pengelolaan sumber daya alam, pengurangan risiko bencana, dan pembangunan berkelanjutan. Pemahaman menyeluruh mengenai kondisi dan potensi lahan di kawasan ini merupakan dasar untuk mengembangkan strategi yang lebih efektif dan berkelanjutan di masa depan ([Bangun et al., 2021](#); [Syamsuri et al., 2021](#)).

### 3. Jenis Tanah

Hasil penelitian ini memberikan gambaran yang signifikan mengenai jenis tanah di wilayah DAS Jenelata, yang menjadi informasi penting untuk pemahaman kondisi lingkungan dan potensi penggunaan lahan. Fokus utama penelitian ini adalah pada dua jenis tanah utama, yaitu Komplek Latosol Coklat Kemerahan dan Tanah Mediteran Coklat Kemerahan. Jenis tanah yang mendominasi di wilayah DAS Jenelata adalah Komplek Latosol Coklat Kemerahan, mencakup sekitar 88,75% dari total luas wilayah DAS. Kehadiran tanah ini mencerminkan karakteristik tanah yang umumnya subur dan cocok untuk berbagai kegiatan pertanian. Dengan luas yang signifikan, tanah ini memiliki potensi besar untuk mendukung sektor pertanian dan pengembangan ekonomi di wilayah tersebut. Namun, walaupun tanah ini memiliki potensi yang besar, perlu diingat bahwa faktor lain seperti iklim, tata guna lahan, dan praktik pertanian juga akan memengaruhi keberlanjutan penggunaan tanah ini ([Xu et al., 2020](#); [Zhang et al., 2020](#)).

Di sisi lain, Tanah Mediteran Coklat Kemerahan mencakup hanya sekitar 3,09% dari total luas wilayah DAS. Meskipun proporsinya lebih kecil, keberadaan jenis tanah ini memberikan variasi dan kompleksitas pada jenis tanah di wilayah tersebut. Tanah Mediteran Coklat Kemerahan yang tersebar di Hilir DAS Jenelata menunjukkan adanya perbedaan kondisi lingkungan yang dapat memengaruhi karakteristik dan potensi

pemanfaatan tanah. Oleh karena itu, pemahaman lebih lanjut tentang bagaimana jenis tanah ini dapat dimanfaatkan dengan efisien dan berkelanjutan menjadi penting dalam perencanaan tata ruang. Penting untuk mencatat bahwa sebaran jenis tanah juga dapat memberikan indikasi terkait dengan potensi risiko bencana, seperti erosi tanah atau perubahan tata guna lahan yang dapat memicu perubahan lingkungan. Analisis lebih lanjut tentang pengaruh jenis tanah terhadap risiko bencana dan dampak lingkungan dapat memberikan pandangan yang lebih komprehensif dalam pengelolaan sumber daya alam dan mitigasi risiko bencana ([Adji & Sejati, 2014](#); [Fiorini et al., 2020](#)).

Selain itu, penelitian ini mencatat bahwa Latosol Coklat Kekuningan tersebar sedikit di bagian hulu DAS Jenelata. Meskipun jumlahnya mungkin relatif kecil dibandingkan dengan jenis tanah lainnya, keberadaan Latosol Coklat Kekuningan di bagian hulu menunjukkan adanya variasi kondisi tanah di wilayah tersebut. Analisis lebih lanjut terhadap jenis tanah ini dapat memberikan wawasan tentang karakteristik tanah di wilayah yang lebih tinggi, yang dapat memiliki implikasi pada ketersediaan air tanah, keberlanjutan pertanian, dan aspek-aspek lingkungan lainnya. Sebagai kesimpulan, hasil penelitian ini memberikan pemahaman yang mendalam tentang jenis tanah di DAS Jenelata, yang merupakan informasi kunci untuk perencanaan pengelolaan sumber daya alam dan pengembangan wilayah. Analisis lebih lanjut tentang potensi pemanfaatan, risiko bencana, dan dampak lingkungan dari jenis tanah yang berbeda dapat memberikan dasar yang solid untuk merumuskan kebijakan dan strategi yang efektif dalam menjaga keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat setempat.

#### 4. Curah Hujan

Hasil penelitian yang mencakup analisis curah hujan di wilayah DAS Jenelata menjadi elemen penting dalam pemahaman tentang pola iklim dan potensi risiko bencana di daerah tersebut. Data curah hujan menjadi kritis dalam konteks mitigasi risiko banjir, longsor, dan keberlanjutan sumber daya air. Penekanan pada kisaran curah hujan yang berkisar lebih dari 2000 mm hingga lebih 3500 mm per tahun memberikan gambaran yang jelas tentang karakteristik iklim di wilayah DAS Jenelata. Angka-angka ini mengindikasikan bahwa wilayah tersebut mengalami tingkat curah hujan yang relatif tinggi, yang dapat memengaruhi hidrologi dan potensi risiko bencana terkait air ([Biasutti, 2019](#); [Kotz et al., 2022](#)).

Pengelompokan curah hujan menjadi tiga kelas, dengan mayoritas wilayah masuk dalam kelas kurang dari 2600 mm/tahun (66,73%), memberikan pemahaman yang lebih rinci tentang distribusi curah hujan. Wilayah dengan curah hujan kurang dari 2600 mm/tahun tersebar di bagian tengah sampai ke hulu DAS, sedangkan yang lebih dari 2900 mm/tahun tersebar di hilir DAS bagian barat. Penting untuk mencatat bahwa distribusi ini memiliki dampak signifikan pada tata guna lahan, risiko bencana, dan keberlanjutan ekosistem air. Wilayah dengan curah hujan lebih tinggi dapat memiliki risiko banjir yang lebih tinggi dan dapat memerlukan strategi mitigasi yang berbeda dibandingkan dengan wilayah dengan curah hujan yang lebih rendah ([Edy et al., 2022](#); [Poedjiastoeti et al., 2017](#); [Wischmeier & Smith, 1978](#)).

Dalam konteks mitigasi risiko bencana, wilayah dengan curah hujan lebih tinggi (lebih dari 2900 mm/tahun) yang tersebar di hilir DAS, terutama pada bagian barat, mungkin lebih rentan terhadap banjir. Oleh karena itu, perlu adanya penekanan pada pengelolaan air yang baik, penataan tata guna lahan yang tepat, dan infrastruktur yang mampu mengatasi risiko banjir di wilayah tersebut. Di sisi lain, wilayah dengan curah hujan lebih rendah (kurang dari 2600 mm/tahun) di bagian tengah sampai ke hulu DAS, meskipun memiliki risiko bencana yang berbeda seperti kekeringan, juga membutuhkan perhatian khusus. Strategi pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan, pengembangan teknologi irigasi yang efisien, dan kebijakan konservasi tanah dan air mungkin menjadi relevan di wilayah

ini ([Fowler et al., 2021](#); [Kotz et al., 2022](#); [Poedjiastoeti et al., 2017](#); [Syamsuri et al., 2021](#)).

Selanjutnya, aspek lingkungan yang dapat dipengaruhi oleh curah hujan, seperti erosi tanah, pencemaran air, dan perubahan ekosistem, perlu diperhatikan dalam merancang kebijakan lingkungan yang efektif. Pengelolaan tanah yang tepat, penanaman vegetasi penahan air, dan praktik-praktik pertanian berkelanjutan dapat menjadi kunci dalam menjaga keberlanjutan lingkungan di tengah variasi curah hujan. Implikasi penelitian ini juga perlu dilihat dalam konteks perubahan iklim global. Dengan curah hujan yang terus berfluktuasi, wilayah ini mungkin menghadapi tantangan tambahan dalam adaptasi terhadap perubahan iklim yang dapat memengaruhi pola curah hujan. Selain itu, penting untuk melibatkan pemangku kepentingan utama, seperti pemerintah daerah, petani, masyarakat lokal, dan lembaga-lembaga terkait dalam pengembangan kebijakan dan strategi pengelolaan risiko bencana berbasis pengetahuan iklim. Edukasi masyarakat tentang potensi risiko bencana yang terkait dengan pola curah hujan dan cara mengahadapinya menjadi kunci dalam menciptakan komunitas yang tangguh terhadap bencana ([Kotz et al., 2022](#); [Le Coz & Van De Giesen, 2020](#)).

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pemahaman kondisi lingkungan di DAS Jenelata. Namun, langkah selanjutnya melibatkan analisis lebih lanjut yang lebih terperinci, sinergi dengan penelitian terkait, dan pengintegrasian temuan dalam kebijakan dan praktik pengelolaan lingkungan dan risiko bencana. Curah hujan rata-rata tahunan di DAS Jenelata sebagian besar berada pada kelas sedang hingga tinggi. Curah hujan merupakan faktor aktif terjadinya longsor. Di wilayah Sub DAS Jenelata tipe curah hujannya adalah monsoon. Tipe monsoon ada 2 musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Musim kemarau curah hujan rendah, menyebabkan tanah kering yang berdampak tanah merekah, utamanya tanah yang kadar lempung tinggi. Oleh karena sifat tanah lempung mengembang pada saat basah dan mengkerut pada saat kering. Pada saat musim kemarau tanah retak retak dan sampai melebar. Awal musim hujan air hujan mengisi retakan tanah tersebut yang menimbulkan tanah mengembang dan menjadi jenuh. Selain jenuh membentuk bidang lincir didasar batuan. Jadi material tanah meningkat massanya dan disertai bidang lincir, maka akan menyebabkan longsor utamanya pada daerah miring. Kondisi tersebut terjadi di DAS Jenelata yang tanahnya bertekstur dominan lempung pasir. Jadi curah hujan merupakan faktor penentu utama terjadinya longsor di suatu wilayah ([Nasiah & Invanni, 2013](#)).

## 5. Tingkat Kerawanan Longsor

Hasil penelitian yang menyajikan kelas tingkat rawan longsor di wilayah DAS Jenelata menjadi elemen kritis dalam pemahaman potensi risiko bencana dan penentuan langkah-langkah mitigasi yang tepat. Temuan ini memberikan pemahaman mendalam tentang distribusi risiko longsor di wilayah tersebut, yang dapat membantu dalam perencanaan tata ruang, pengelolaan risiko bencana, dan perlindungan masyarakat setempat. Pertama-tama, kelas tingkat rawan longsor dibagi menjadi empat kategori: rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Sebagian besar wilayah DAS Jenelata, sekitar 66,53%, berada dalam kategori sedang. Hal ini mengindikasikan bahwa mayoritas wilayah memiliki tingkat risiko longsor yang moderat. Pemahaman mendalam tentang faktor-faktor yang menyebabkan tingkat risiko sedang ini menjadi krusial untuk merancang strategi mitigasi yang efektif ([Cantarino et al., 2019](#); [Peethambaran et al., 2020](#)).

Sebaran kategori sedang yang dominan di bagian tengah hingga hilir wilayah DAS Jenelata menunjukkan bahwa risiko longsor tidak merata di seluruh DAS. Faktor topografi, jenis tanah, tata guna lahan, dan faktor lainnya di bagian tengah hingga hilir dapat menjadi fokus penelitian lebih lanjut untuk memahami dengan lebih baik penyebab dan karakteristik tingkat risiko sedang ini. Selanjutnya, perlu diperhatikan bahwa kategori

tingkat risiko tinggi mencakup sekitar 28,75% dari total luas wilayah DAS. Hal ini menunjukkan bahwa ada sebagian wilayah yang memiliki potensi risiko longsor yang signifikan. Analisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi dan memahami faktor-faktor yang mendukung risiko tinggi ini menjadi penting dalam perencanaan mitigasi ([Cantarino et al., 2019](#); [Kavzoglu et al., 2019](#); [Kurniawan et al., 2017](#)).

Adanya kategori sangat tinggi yang tersebar di hilir Sub DAS Jenelata menjadi perhatian khusus. Luasannya yang kecil (0,31%) tidak mengurangi signifikansi potensi risiko bencana di wilayah tersebut. Faktor-faktor seperti tata guna lahan, vegetasi, dan karakteristik geologis di daerah ini harus diperinci untuk merumuskan tindakan pencegahan dan mitigasi yang sesuai. Dari segi persentase, kelas tingkat risiko rendah mencakup sekitar 4,41% dari total luas wilayah DAS. Meskipun persentasenya kecil, keberadaan wilayah dengan tingkat risiko rendah tetap menjadi aset yang berharga dan dapat digunakan sebagai acuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor keberhasilan dalam mengurangi risiko longsor. Pemahaman lebih lanjut tentang karakteristik wilayah ini dapat memberikan wawasan berharga dalam merancang strategi mitigasi yang sukses ([Intrieri et al., 2019](#); [Peethambaran et al., 2020](#)).

Faktor yang berpengaruh terhadap tingkat rawan longsor di wilayah DAS Jenelata yaitu faktor kemiringan lereng, penggunaan lahan, jenis tanah dan curah hujan. Ke empat variabel tersebut saling terkait satu sama lain, namun yang dominan di wilayah DAS Jenelata yaitu: curah hujan, kemiringan lereng, dan jenis tanah ([Arifin et al., 2006](#)). Implikasi temuan penelitian ini dapat dilihat dalam konteks pengelolaan risiko bencana dan perencanaan pembangunan di wilayah DAS Jenelata. Integrasi hasil penelitian ini dalam kebijakan tata ruang dan pengembangan wilayah menjadi krusial. Pemangku kepentingan, termasuk pemerintah daerah, perlu melibatkan temuan ini dalam proses pengambilan keputusan untuk memitigasi risiko longsor dan melindungi masyarakat.

## SIMPULAN DAN SARAN

Tingkat rawan longsor di Wilayah DAS Jenelata berada pada kelas sedang sampai sangat tinggi lebih dari 90 persen. Kondisi tersebut sangat mengkhawatirkan jika pemicunya tidak mampu dikendalikan, Wilayah tersebut bisa menjadi kelas sangat tinggi terhadap bencana longsor. Diharapkan pemerintah dan masyarakat menjaga kondisi lingkungan agar lahan tidak menjadi kritis yang bisa memicu menjadi wilayah sangat rawan bencana longsor. Tetap mempertahankan hutan rimba seluas minimal 30 % dari seluruh wilayah DAS Jenelata.

## DAFTAR RUJUKAN

- Adji, T. N., & Sejati, S. P. (2014). Identification of groundwater potential zones within an area with various geomorphological units by using several field parameters and a GIS approach in Kulon Progo Regency, Java, Indonesia. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(1), 161-172. <https://doi.org/10.1007/s12517-012-0779-z>
- Arifin, S., Carolila, I., & Winarso, G. (2006). Implementasi penginderaan jauh dan SIG untuk inventarisasi daerah rawan bencana longsor (Propinsi Lampung). *Jurnal Penginderaan Jauh*, 3(1), 77-86.
- Baharuddin, I. I., Badwi, N., & Darwis, M. (2021). Spatial Analysis of Water Springs Potential in Sub Drainage Basin Hulu Jeneberang South Sulawesi Province. *Journal of Physics: Conference Series*, 1899(1), 12064.
- Bangun, Y., Simanjuntak, B. H., & Sutrisno, A. J. (2021). Analisis Perubahan Penggunaan

- Lahan Sawah dari Tahun 2008 - 2018. *LaGeografia*, 19(3), 302. <https://doi.org/10.35580/lageografia.v19i3.20118>
- Biasutti, M. (2019). Rainfall trends in the African Sahel: Characteristics, processes, and causes. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 10(4), e591.
- Cantarino, I., Carrion, M. A., Goerlich, F., & Martinez Ibañez, V. (2019). A ROC analysis-based classification method for landslide susceptibility maps. *Landslides*, 16, 265–282.
- Darwis, M. R., Uca, U., & Yusuf, M. (2021). PEMETAAN ZONASI DAERAH RAWAN BENCANA LONGSOR BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFI DI DASJENEBERANG KABUPATEN GOWA. *Jurnal Environmental Science*, 3(2).
- Dibiyosaputro, S. (1999). Longsorlahan Di Daerah Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Majalah Geografi Indonesia*, 16(2), 13–34.
- Edy, R., Hasan, A. A., & Sofyan, A. (2022). Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Ubi Kayu (*Manihot esculenta*) di DAS Gufasa. *Jurnal Pertanian Khairun*, 1(2). <https://doi.org/10.33387/jpk.v1i2.5561>
- Fiorini, A., Boselli, R., Maris, S. C., Santelli, S., Perego, A., Acutis, M., Brenna, S., & Tabaglio, V. (2020). Soil type and cropping system as drivers of soil quality indicators response to no-till: A 7-year field study. *Applied Soil Ecology*, 155, 103646.
- Fowler, H. J., Lenderink, G., Prein, A. F., Westra, S., Allan, R. P., Ban, N., Barbero, R., Berg, P., Blenkinsop, S., & Do, H. X. (2021). Anthropogenic intensification of short-duration rainfall extremes. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(2), 107–122.
- Hadmoko, D. S., Lavigne, F., Sartohadi, J., & Hadi, P. (2010). Landslide hazard and risk assessment and their application in risk management and landuse planning in eastern flank of Menoreh Mountains, Yogyakarta Province, Indonesia. *Natural Hazards*, 54(3), 623–642.
- Hazell, J., Herreno, J., Nakamura, E., & Steinsson, J. (2022). The slope of the Phillips Curve: evidence from US states. *The Quarterly Journal of Economics*, 137(3), 1299–1344.
- Intrieri, E., Carlà, T., & Gigli, G. (2019). Forecasting the time of failure of landslides at slope-scale: A literature review. *Earth-Science Reviews*, 193, 333–349.
- Iqbal, P. (2018). Geologi Kwartir dan Cuaca Daerah Lampung Barat, Kaitannya dengan Kejadian Longsor (Studi Kasus Jalur Jalan Transek Lampung Barat). *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*, 19(3), 163–169.
- Karlina, I. I. (2016). Analisis Tingkat Kerawanan Longsor Pada Sebagian Jalan Kelas Iiic Di Sub- Das Gesing, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. Universitas Gadjah Mada.
- Kavzoglu, T., Colkesen, I., & Sahin, E. K. (2019). Machine learning techniques in landslide susceptibility mapping: a survey and a case study. *Landslides: Theory, Practice and Modelling*, 283–301.
- Kotz, M., Levermann, A., & Wenz, L. (2022). The effect of rainfall changes on economic production. *Nature*, 601(7892), 223–227.
- Kurniawan, R., Mahtarami, A., & Rakhmawati, R. (2017). GEMPA: Game Edukasi sebagai Media Sosialisasi Mitigasi Bencana Gempa Bumi bagi Anak Autis. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Universitas Negeri Malang*, 6(1), 115–120. <http://studentjournal.petra.ac.id/index.php/desain-interior/article/view/2146>
- Le Coz, C., & Van De Giesen, N. (2020). Comparison of rainfall products over sub-saharan africa. *Journal of Hydrometeorology*, 21(4), 553–596.
- Long, H., Zhang, Y., Ma, L., & Tu, S. (2021). Land use transitions: Progress, challenges and prospects. *Land*, 10(9), 903.
- Lusy, I., Suwarni, N., Miswar, D., & Jaya, M. T. B. S. (2020). Pemodelan Bencana Longsor Berbasis Spasial. *LaGeografia*, 19(1), 16–27.
- Marwah, S. (2014). Analysis of Land Use Changes and Water Resource Availability in Konaweha Watershed Southeast Sulawesi Province. *Jurnal Agroteknos*, 4(3), 208–218.
- Morgan, R. P. C., & Rickson, R. J. (2003). Slope stabilization and erosion control: a

- bioengineering approach. Taylor & Francis.
- Nasiah., & Ichsan, I. (2015). Identifikasi Daerah Rawan Bencana Longsor Lahan Sebagai Upaya Penanggulangan Bencana di Kabupaten Sinjai. *Sainsmat: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, 3(2).
- Nasiah., & Sakina. (2022) Daerah Rawan Bencana Longsor di DAS Takapala Sub DAS Jeneberang Hulu Kab Gowa Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Lageografia Vol 20 No.3 Tahun 2022*.
- Nasiah., & Invanni, I. (2013). Zonasi Daerah Rawan Bencana Longsor di Sulawesi Selatan.
- Nursa'ban, M. (2010). Identifikasi Kerentanan dan Sebaran Longsor Lahan Sebagai Upaya Mitigasi Bencana di Kecamatan Bener Kabupaten Purworejo. *Jurnal Geografi Gea*, 10(2).
- O'Brien, P. E., Post, A. L., Edwards, S., Martin, T., Caburlotto, A., Donda, F., Leitchenkov, G., Romeo, R., Duffy, M., Evangelinos, D., Holder, L., Leventer, A., López-Quirós, A., Opdyke, B. N., & Armand, L. K. (2020). Continental slope and rise geomorphology seaward of the Totten Glacier, East Antarctica (112°E-122°E). *Marine Geology*, 427, 106221. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2020.106221>
- Peethambaran, B., Anbalagan, R., Kanungo, D. P., Goswami, A., & Shihabudheen, K. V. (2020). A comparative evaluation of supervised machine learning algorithms for township level landslide susceptibility zonation in parts of Indian Himalayas. *Catena*, 195, 104751.
- Poedjiastoeti, H., Sudarmadji, S., Sunarto, S., & Suprayogi, S. (2017). Penilaian Kerentanan Air Permukaan terhadap Pencemaran di Sub DAS Garang Hilir Berbasis Multi-Indeks. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 5(3), 168. <https://doi.org/10.14710/jwl.5.3.168-180>
- Sugianti, K., Mulyadi, D., & Sarah, D. (2014). Klasifikasi Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah Daerah Sumedang Selatan Menggunakan Metode Storie. *Riset Geologi Dan Pertambangan*, 24(2), 91-102.
- Syamsuri, U. A., Nasiah, N., & Maru, R. (2021). PEMETAAN TINGKAT KEKERINGAN LAHAN SAWAH BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI KABUPATEN TAKALAR. *Jurnal Environmental Science*, 3(2). <https://doi.org/10.35580/jes.v3i2.20024>
- Verburg, P. H., Alexander, P., Evans, T., Magliocca, N. R., Malek, Z., Rounsevell, M. D. A., & van Vliet, J. (2019). Beyond land cover change: towards a new generation of land use models. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 38, 77-85.
- Wang, J., Bretz, M., Dewan, M. A. A., & Delavar, M. A. (2022). Machine learning in modelling land-use and land cover-change (LULCC): Current status, challenges and prospects. *Science of the Total Environment*, 822, 153559.
- Warren, C. R. (1955). *Principles of Geomorphology*. William D. Thornbury. Wiley, New York; Chapman & Hall, London, 1954. ix+ 618 pp
- Warren, C. R. (1955). *Principles of Geomorphology*. William D. Thornbury. Wiley, New York; Chapman & Hall, London, 1954. ix+ 618 pp. Illus. \$8. *Science*, 121(3148), 637.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning (Issue 537). Department of Agriculture, Science and Education Administration.
- Xu, Y., Ge, Y., Song, J., & Rensing, C. (2020). Assembly of root-associated microbial community of typical rice cultivars in different soil types. *Biology and Fertility of Soils*, 56, 249-260.
- Zhang, Y., Bhattacharyya, R., Dalal, R. C., Wang, P., Menzies, N. W., & Kopittke, P. M. (2020). Impact of land use change and soil type on total phosphorus and its fractions in soil aggregates. *Land Degradation & Development*, 31(7), 828-841.