



Mekanisme Terjadinya Tanah Longsor Desa Tieng Kejajar Analisis Interaksi Gaya Gravitasi dan Kestabilan Lereng

¹Rizka Ekawati, ²Salma Khusna Wahda, ³Nugroho Prasetya Adi

¹Prodi Pendidikan Fisika, FITK, Universitas Sains Al-Qur'an, Wonosobo, Indonesia

Email Korespondensi: rizkaekw69@gmail.com

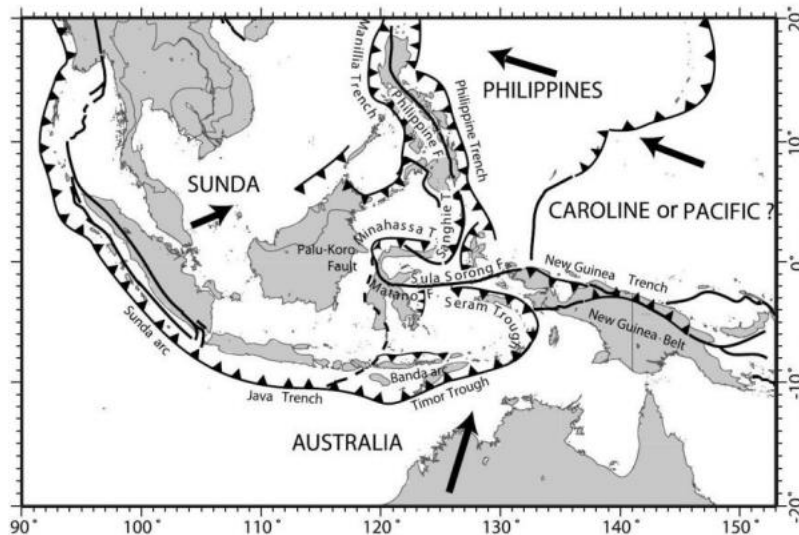
Article Info	Abstract
<p>Article History Received: 04 August 2024 Revised: 13 December 2024 Published: 30 December 2024</p> <p>Keywords Landslide; Gravity Force Interaction; Slope Gradient</p>	<p>Landslide Mechanism in Tieng Kejajar Village Analysis of Gravitational Force Interaction and Slope Stability. Tieng Village, Kejajar District, generally has topographic conditions that can be a factor causing landslides. The study was conducted to determine the mechanism of landslides with the interaction of gravity and slope gradient in Tieng Village, Kejajar. The research method used two methods: literature study and field observation. The literature study method collects published literature and important extracts from the literature to support the research explanation. The field observation method collects data through observation and is taken directly from the data center or location. The results of the study showed that the slope gradient in Tieng Village was 15-30% or 8.53 ° -16.70 ° which can be categorized as a relatively steep slope and the gravity force exceeds its holding force so that it has a high potential for landslides.</p>
Informasi Artikel	Abstrak
<p>Sejarah Artikel Diterima: Direvisi: Dipublikasi:</p> <p>Kata kunci Longsor; Interaksi Gaya Gravitasi; Kemiringan Lereng</p>	<p>Desa Tieng Kecamatan Kejajar secara umum memiliki kondisi topografi yang dapat menjadi faktor penyebab terjadinya tanah longsor. Penelitian dilakukan untuk mengetahui mekanisme terjadinya longsor dengan interaksi gaya gravitasi dan kemiringan lereng pada Desa Tieng, Kejajar. Metode penelitian yang digunakan dengan dua metode: studi literatur dan observasi lapangan. Metode studi literatur mengumpulkan literatur yang telah diterbitkan dan intisari penting dari literatur tersebut untuk mendukung penjelasan penelitian. Metode observasi lapangan mengumpulkan data melalui pengamatan dan diambil secara langsung dari pusat data atau lokasi. Hasil penelitian menunjukkan kemiringan lereng pada Desa Tieng 15-30% atau 8,53°-16,70° dapat dikategorikan sebagai lereng yang relatif curam dan gaya gravitasi melebihi gaya penahanannya sehingga berpotensi tinggi untuk terjadi longsor.</p>
<p>Sitasi: Ekawati, R., Wahda, S. K., & Adi, N. P. (2024). Mekanisme Terjadinya Tanah Longsor Desa Tieng Kejajar Analisis Interaksi Gaya Gravitasi dan Kestabilan Lereng. <i>Lambda: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA dan Aplikasinya</i>, 4(3), 202-210.</p>	

PENDAHULUAN

Indonesia adalah bagian dari Cincin Api, menempatkan di daerah yang rentan terhadap bencana geohidrometeorologis. Ciri-ciri geografis dan latitude tanah meningkatkan kemungkinan bencana yang terjadi di Indonesia tropis (Nisa Farichatun, 2014; Nurjani et al., 2023). Bencana adalah peristiwa yang dapat menyebabkan kerusakan langsung atau tidak langsung pada berbagai aspek, termasuk masalah sosial, ekonomi, dan lingkungan. Oleh karena itu, sangat penting untuk menerapkan tindakan kritis untuk mengurangi dampak bencana (Huwae et al., 2022; Lawalata et al., 2022; Ratuluhain et al., 2023).

Pulau-pulau Indonesia dapat dianalisis dari perspektif tektonik, karena mereka terletak pada konvergensi tiga zona geologi utama. Zona subduksi yang meliputi Indonesia, yang tercermin dalam Gambar 1, adalah penyebab utama terjadinya gempa bumi yang kuat dan tingkat aktivitas gunung berapi yang tinggi di wilayah tersebut. Tiga plat tektonik utama yang terlibat termasuk Plate Asia Tenggara bergerak ke tenggara, Plate Indo-Australia bergerak ke

utara, dan Plate Pasifik bergerak ke barat. Interaksi antara plat ini membuat Indonesia rentan terhadap bahaya seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, tsunami, dan gempa (Zakaria et al., 2022).



Gambar 1. Zona subduksi dinamis dan zona patahan utama wilayah Indonesia, perpotongan tiga lempeng struktural utama: (1) Sunda (Eurasia) umumnya stabil, (2) Australia-Laut Hindia yang bergerak Utara dan (3) Samudra Filipina yang bergerak ke Barat- Lempeng Pasifik Barat (Socquet et al. 2006, dari).

Setengah dari jumlah bencana tanah longsor yang ada di dunia terjadi di bagian Asia. Salah satunya yaitu wilayah Indonesia yang mempunyai 2 iklim yaitu musim kemarau atau panas dan musim hujan atau penghujan, serta terletak pada garis khalkulistiwa. Pada saat musim hujan wilayah Indonesia kerap memicu terjadinya bencana tanah longsor khususnya untuk masyarakat yang berada di pegunungan atau daerah rawan longsor. Tanah longsor tentunya menjadi ancaman besar bagi kehidupan manusia, properti, infrastruktur maupun lingkungan (Isnaini, 2019).

Tanah longsor merupakan bencana alam yang umum terjadi di seluruh dunia, dan sering kali menimbulkan dampak yang sangat buruk (Putra & Podo, 2017). Tanah longsor juga dapat diartikan sebagai pengikisan tanah bersamaan dengan derak tanah yang mengakibatkan pergerakan lapisan tanah dan batuan-batuan pada suatu budang tanah (Yassar et al., 2020). Fenomena ini terjadi ketika material tanah dan batuan yang berada di lereng mengalami pergerakan menuju kaki lereng. Mekanisme terjadinya tanah longsor sangat kompleks dan melibatkan berbagai faktor, baik alamiah maupun antropogenik. Salah satu faktor utama yang berkontribusi terhadap terjadinya tanah longsor adalah gaya gravitasi yang bekerja pada massa tanah dan batuan di lereng. Selain itu, kestabilan lereng juga sangat dipengaruhi oleh kondisi geoteknik, struktur geologi, dan faktor hidrologi.

Analisis mekanisme tanah longsor melibatkan pemahaman interaksi gaya gravitasi dan stabilitas lereng. Berbagai faktor berkontribusi terhadap kejadian longsor, seperti curah hujan, permukaan air tanah, sifat tanah, dan geometri lereng. Penelitian telah menunjukkan bahwa gaya gravitasi, fluidisasi, pelumasan dasar longsor, dan keberadaan nanopartikel memainkan peran penting dalam pergerakan tanah longsor (Chen et al., 2022; Zeng et al., 2024; Vorobyov et al., 2022). Faktor-faktor seperti tinggi kemiringan, gradien kemiringan, kohesi tanah, sudut gesekan internal, dan berat satuan mempengaruhi stabilitas kemiringan, mempengaruhi faktor keamanan lereng tanah (Zeng et al., 2024). Selain itu, curah hujan lebat dan kenaikan permukaan air tanah telah diidentifikasi sebagai kontributor signifikan terhadap ketidakstabilan lereng dan kejadian longsor, mempercepat proses geser (Chen et al., 2022; Meng et al., 2022). Teknik pemantauan seperti pemantauan deformasi, uji mekanis, dan

pemodelan numerik membantu dalam memahami perilaku lereng dalam kondisi yang berbeda, memberikan wawasan tentang mekanisme longsor dan analisis stabilitas (Meng et al., 2022; Feng et al., 2023).

Memahami mekanisme yang mendasari kejadian-kejadian ini sangat penting untuk memitigasi dampaknya (Amashi et al., 2018). Strategi mitigasi bencana memainkan peran penting dalam mengatasi risiko tanah longsor dengan menganalisis interaksi gaya gravitasi dan stabilitas lereng. Berbagai studi menekankan pentingnya mengevaluasi langkah-langkah mitigasi struktural yang ada dan persepsi risiko masyarakat untuk meningkatkan kesiapsiagaan bencana (Kamal et al., 2023). Mengintegrasikan mitigasi bencana ke dalam pendidikan dapat berkontribusi secara signifikan untuk membangun ketahanan dan kesiapsiagaan dalam masyarakat (Wulandari et al., 2023).

Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) digunakan untuk menilai dampak longsor dan menentukan upaya mitigasi yang sesuai berdasarkan kondisi lingkungan yang diidentifikasi (Andriani et al., 2022). Selain itu, penelitian tentang stabilitas lereng dan kondisi tanah, bersama dengan penerapan teknik penguatan seperti Geo-Anchor dan sistem drainase yang tepat, merupakan langkah penting dalam mengurangi risiko bencana yang terkait dengan tanah longsor (Salimah, 2021). Pendekatan multidisiplin, yang mencakup analisis geo-hidro-mekanis (GHM), sangat penting untuk memahami mekanisme longsor dan mengembangkan strategi mitigasi yang efektif untuk manajemen risiko berkelanjutan (Cotecchia et al., 2020).

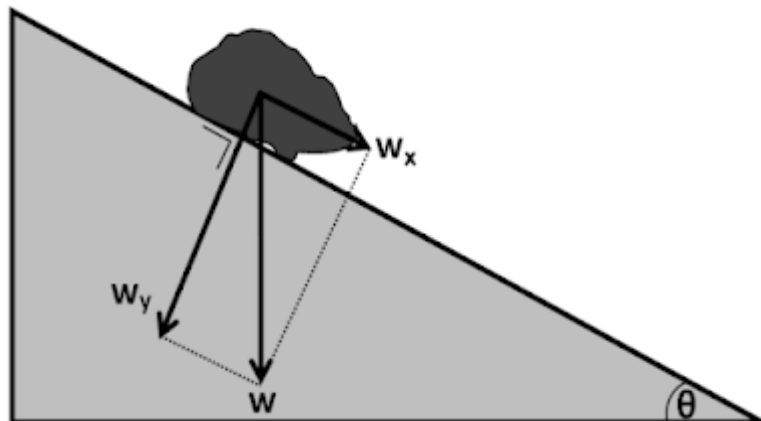
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis mekanisme terjadinya tanah longsor dengan fokus menganalisis interaksi antara gaya gravitasi dan stabilitas lereng, yang merupakan faktor kunci dalam terjadinya tanah longsor. Metode yang digunakan mencakup survei lapangan serta pemodelan numerik untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng dan mekanisme terjadinya longsor.

METODE

Jurnal ini dibuat menggunakan dua metode: studi sastra dan observasi lapangan. Metode studi sastra melibatkan mengumpulkan literatur yang diterbitkan dan meringkas poin-poin kunci dari sastra tersebut untuk mendukung penjelasan penelitian. Metode observasi lapangan mengumpulkan data melalui observasi langsung dari pusat data atau lokasi. Data yang dikumpulkan dari pengamatan lapangan dalam penelitian ini meliputi sudut kemiringan dan ulasan literatur tentang dampak gravitasi pada landslides.

Model Fisika Longsor

Dalam ilmu fisika, bencana tanah longsor dapat diintegrasikan dengan materi hukum Newton pada bidang miring. Perhatikan gambar Analisis Gaya pada Bidang Miring berikut:



Gambar 2. Analisis Gaya pada Bidang Miring

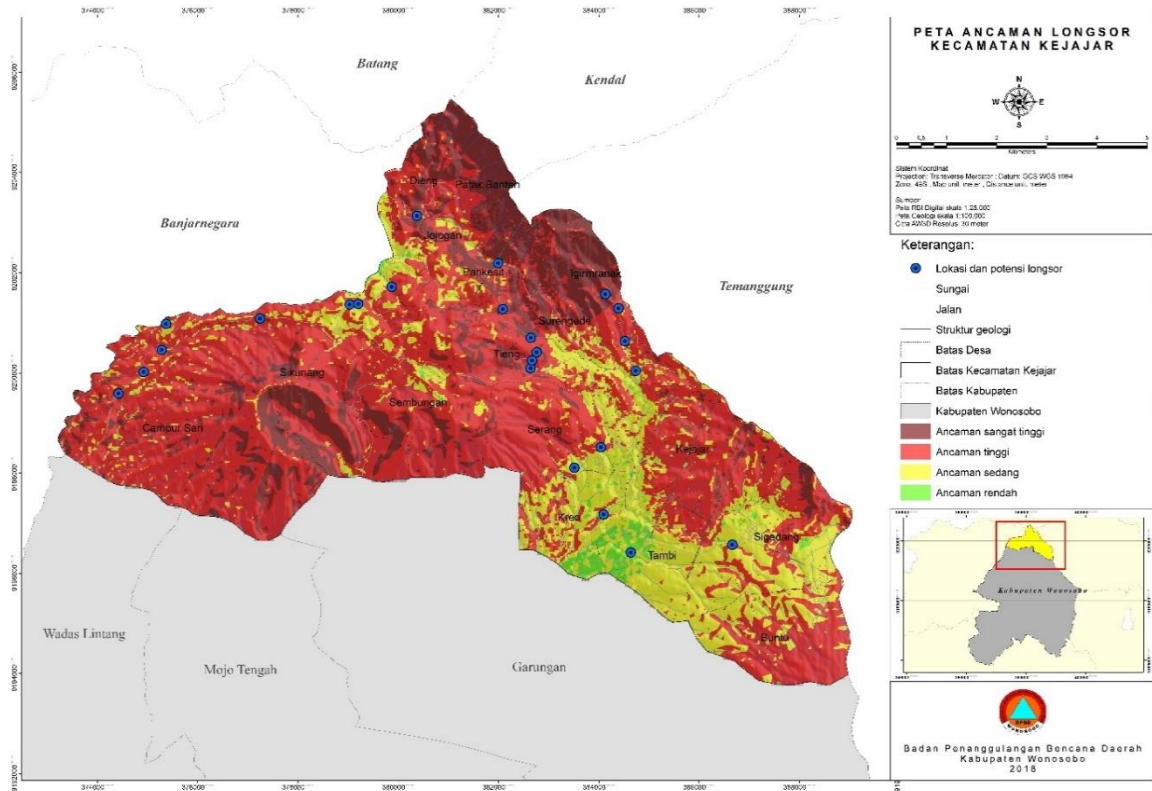
Gaya gravitasi dan gaya berat dapat diuraikan menjadi komponen gaya gravitasi pada arah sumbu y (w_y) dan arah sumbu x (w_x). Gaya gravitasi yang searah y (w_y) menahan material agar tetap berada di atas permukaan lereng, atau gaya pendicular, sedangkan gaya gravitasi yang searah x (w_x) menyebabkan material terlepas dan tertarik, menyebabkannya bergerak. Semakin curam lereng, semakin besar kemungkinan longsor. Longsor terjadi apabila gaya kohesi $w_x > w_y$ dan $w_x >$ terjadi pada material penyusun permukaan lereng (Wati, 2015).

Kemiringan lereng, gaya kohesi antar partikel penyusun lereng, dan kecilnya gaya gesek antar material penyusun lereng dengan bidang gelincir adalah beberapa faktor yang dapat memengaruhi terjadinya tanah longsor. Pergerakan massa batuan dari puncak ke dasar lereng menunjukkan bahwa karena mengalami perpindahan, massa batuan melakukan usaha. Usaha dalam fisika adalah hasil kali komponen gaya (F) dengan besar perpindahan (s). Massa benda dan sudut kemiringan bidang mempengaruhi besarnya usaha pada bidang miring, yang dapat dituliskan secara matematis sebagai $W = F \cdot s$. usaha yang dilakukan oleh hasil gaya yang bekerja pada suatu benda sehubungan dengan perubahan energi kinetiknya.

Perubahan energi kinetik sebanding dengan nilai usaha gaya tersebut; dengan kata lain, ketika nilai usaha gaya tersebut meningkat sebagai akibat dari kondisi lereng yang curam, energi kinetik yang dihasilkan dari pergerakan tanah juga akan meningkat. Akibatnya, jika terjadi tanah longsor pada lereng yang curam atau dengan sudut kemiringan yang besar, dampak kerusakan lingkungan sekitar akan sangat besar (Wati, 2015).

Lokasi Penelitian

Desa Tieng merupakan salah satu desa di Kecamatan Kejajar Kabupaten Wonosobo yang mempunyai luas wilayah 315.618978 Ha atau sekitar 3,85 % dari total luas wilayah Kecamatan Kejajar. Lokasi Desa Tieng berada di antara Gunung Prau dan Gunung Sumbing sehingga Desa tersebut memiliki kondisi tanah yang subur namun terletak pada topografi berbukit dan lereng terjal, sehingga mengakibatkan terjadinya longsor pada kondisi hujan dengan intensitas tinggi. Desa Tieng memiliki kemiringan lereng 15-30% yang termasuk dalam kriteria rawan longsor. Sedangkan secara geografis Desa Tieng terletak diantara 7 13'30" LS – 7 14'20" LS dan 109 55'20" – 109 57'00" BT atau 381000 – 384000 mT dan 9199000 – 9202000 mU. Lebih tepatnya lokasi penelitian di Dusun Ngesong, Desa Tieng, Kecamatan Kejajar, Kabupaten Wonosobo. Lokasi longsor terletak pada koordinat 109° 56' 15" BT dan 07° 14' 8.9"



Gambar 3. Peta geologi Desa Tieng

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemiringan Lereng

Mayoritas massa longsor yang bergerak pada bidang gelincir disebabkan oleh gaya tarik gravitasi bumi dan komponen gaya berat yang sejajar permukaan bidang miring. Pada daerah telitian, bagian-bagian ini terbuat dari batuan yang lapuk dan mudah luruh jika terkena air hujan. Banyak air hujan meresap ke dalam tanah karena curah hujan yang tinggi, dan pepohonan besar dan pemukiman berada di atas dan disamping lereng. Gaya gesekan terjadi berlawanan dengan arah gerakan luncuran massa longsor karena permukaan bidang miring kasar.

Selain empat desa di Kecamatan Kejajar: Desa Kejajar, Desa Igirmanak, Desa Dieng, Desa Campursari, dan Desa Ngesong, Desa Tieng juga memiliki tingkat kerawanan longsor tinggi. Desa Tieng memiliki kemiringan lereng 15-30%. Kemiringan lereng dapat diukur dalam satuan derajat atau persen. Kemiringan lereng 15-30% dapat dikonversi menjadi derajat sebagai berikut :

$$\begin{aligned} 15\% &= 8,53 \\ 30\% &= 16,70 \end{aligned}$$

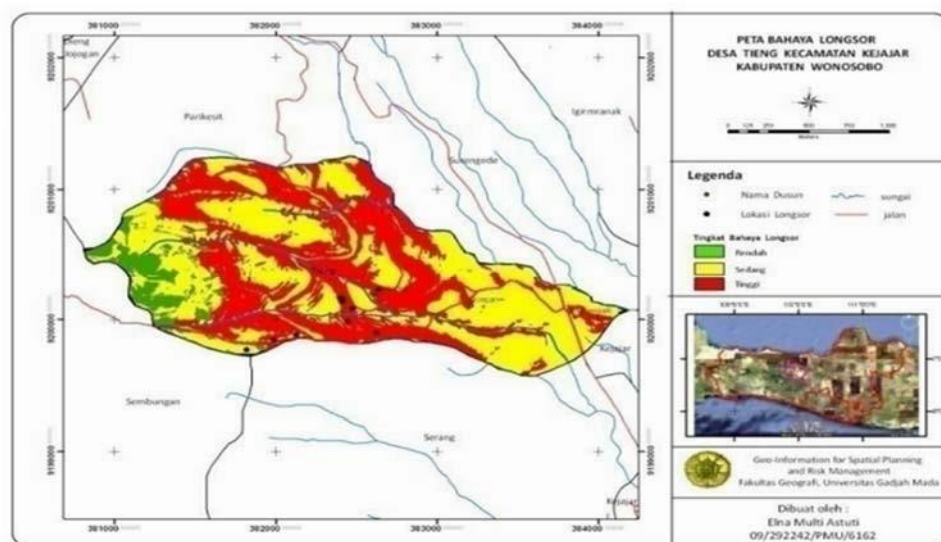
Rumus untuk mengkonversik kemiringan lereng dari persen ke derajat adalah derajat = arctan (persen/100). Dimana arctan adalah fungsi invers tangen. Berikut adalah tabel konversi kemiringan lereng dari persen ke derajat:

Tabel 1. Konversi kemiringan lereng dari persen ke derajat

Kemiringan Lereng (%)	Derajat
10	5,71
15	8,53
20	11,31
25	14,04
30	16,70
35	19,29
40	21,80

Dari tabel tersebut dan dalam konteks longsor, kemiringan lereng 15-30% atau 8,53°-16,70° dapat dikategorikan sebagai lereng yang relatif curam dan berpotensi tinggi untuk terjadi longsor. Dalam penelitian ini, kami menemukan bahwa kemiringan lereng, penggunaan lahan, jenis tanah, dan curah hujan adalah beberapa penyebab utama slide di area survei. Longsor sering ditemukan di daerah yang tidak stabil dan di bukit tebal. Menurut sebuah studi Fauzan. dkk (2018) stabilitas tanah menurun seiring dengan meningkatnya sudut kemiringan. Topografi Tieng Village di distrik Kejajar adalah bukit dan padat, dengan banyak tempat yang tebal dan melengkung.

Menurut penyelidikan, kemiringan di Desa Tieng sebagian besar antara 15 dan 30 persen, yang merupakan lokasi yang sangat tebal. Dengan demikian, kita menyadari bahwa gempa bumi bisa terjadi di sana. Perhatikan ilustrasi berikut:



Gambar 3 Peta bahaya tanah longsor Desa Tieng

Sebuah lereng atau tebing yang terjal akan meningkatkan gaya pendorong. Air sungai, mata air, air laut, dan angin mengikis lereng. Dengan ujung lereng terjal dan bidang longsor mendatar, kebanyakan sudut lereng yang menyebabkan longsor adalah lebih dari 20 derajat. Tebal lapisan tanah yang membentuk lereng menunjukkan tingkat perlapukan batu yang akhirnya menjadi tanah ini. Lapisan tanah yang tebal ini terbentuk di bawah lapisan batu yang kedap air, yang membuat tanah di bawahnya menjadi bidang gelincir yang

memungkinkan longsor. Lapisan tanah yang tebal di atas lereng ini menunjukkan area yang rawan longsor (Goma et al., 2022).

Longsoran terjadi jika kondisi lereng stabil berubah menjadi tidak stabil, yang dikarenakan gaya pendorong pada lereng lebih besar dari gaya penahan, yang diakibatkan oleh kemiringan lereng, air, beban, dan jenis tanah batuan,. Proses tanah longsor Longsor dapat dijelaskan sebagai berikut: udara yang memasuki tanah akan menciptakan bobot, jika udara digabungkan dengan udara lain sebagai gel, menyebabkan tanah menjadi licin.

Gaya Gravitasi

Longsor terjadi ketika material longsor (seperti tanah, batu, atau puing) terlepas dari lereng atau tebing karena gaya gravitasi melebihi gaya penahanannya. Beberapa mekanisme gaya gravitasi yang berhubungan dengan bencana longsor adalah sebagai berikut:

1. Gaya Berat : Berat setiap benda dihitung berdasarkan gaya tarik gravitasi Bumi terhadap massanya. Jika berat material di lereng lebih besar daripada gaya gesek atau penahan lainnya, material tersebut dapat terlepas dan menyebabkan longsor.
2. Gaya Penurunan : Ketika material longsor terlepas dari lereng, gaya penurunan, juga dikenal sebagai gravitasi, menyebabkan material bergerak ke bawah lereng atau tebing dengan kecepatan yang berbeda tergantung pada kemiringan lereng dan karakteristik material.
3. Gaya Pemisahan : Material juga dipisahkan oleh gaya gravitasi dari lereng atau tebing, terutama ketika kestabilan lereng menurun karena air hujan yang meresap ke dalam tanah dan mengurangi daya tahannya.
4. Gaya Dorongan : Jika material terkumpul di bagian bawah lereng memberikan gaya dorongan ke material di atasnya, itu dapat menyebabkan longsor.

Dalam situasi bencana longsor, memahami mekanisme gaya gravitasi ini sangat penting untuk mengidentifikasi komponen risiko yang mungkin dan mengembangkan metode mitigasi yang efektif, seperti desain struktur perkuatan lereng, pemetaan zona rawan longsor, atau teknik pengendalian erosi.

KESIMPULAN

Desa Tieng memiliki tingkat kerawanan yang tinggi terhadap kejadian longsor. Kemungkinan faktor dominan disebabkan oleh kemiringan lereng serta curah hujan sebagai faktor pemicu. Berdasarkan pembahasan penelitian Desa Tieng memiliki kemiringan lereng 15-30% atau $8,53^{\circ}$ - $16,70^{\circ}$ dapat dikategorikan sebagai lereng yang relatif curam sehingga berpotensi tinggi untuk terjadi longsor dan stabilitas tanah berbanding terbalik dengan kemiringan lereng, artinya nilai stabilitas tanah lebih rendah jika kemiringan lereng lebih besar. Selain kemiringan lereng, mekanisme gaya gravitasi pada longsor berperan penting ketika bencana longsor karena gaya gravitasi melebihi gaya penahanannya.

DAFTAR PUSTAKA

- A.E., Vorobyov., A., Hovhannisyanyan., G.K., Kozhogulova. (2022). Identifying the main features of landslide movement and developing the basic mechanisms. Banber. Metalurgia, nyut'agitut'yun, ěnderk'ogtagortsum, 97-109. doi: 10.53297/18293395-2022.1-97
- Amashi, A. R., Hulagabali, A. M., Solanki, C. H., & Dodagoudar, G. R. (2018). Landslide Risk Assessment and Mitigation—A Case Study. In *Lecture notes in civil engineering* (pp. 249–258). https://doi.org/10.1007/978-981-13-0562-7_27
- Andriani, A., Adji, B. M., & Ramadhani, S. (2022). The Analysis of Impact and Mitigation of Landslides Using Analytical Hierarchy Process (AHP) Method. In *Lecture notes in civil engineering* (pp. 457–466). https://doi.org/10.1007/978-981-16-9348-9_40

- Bhandari, T., Hamad, F., Moormann, C., Sharma, K., & Westrich, B. (2016). Numerical modelling of seismic slope failure using MPM. *Computers and Geotechnics*, 75, 126–134. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2016.01.017>
- Chen, T., Shu, J., Han, L., & Li, B. (2022). Landslide mechanism and stability of an open-pit slope: The Manglai open-pit coal mine. *Research Square (Research Square)*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1729647/v1>
- Cotecchia, F., Santaloia, F., & Tagarelli, V. (2020). Towards a geo-hydro-mechanical characterization of landslide classes: Preliminary results. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(22), 1–41. <https://doi.org/10.3390/app10227960>
- Fauzan, M. E., Damayanti, A., & Saraswati, R. (2018). Wilayah potensi bencana tanah longsor dengan Metode SINMAP di Daerah Aliran Ci Manuk Hulu, Kabupaten Garut, Jawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional Geotik*, 1, 221–231.
- Feng, S., Liu, L., Gao, C., & Hu, H. (2023). Analysis of the Mechanisms Underpinning Rainstorm-Induced Landslides. *Fluid Dynamics & Materials Processing*, 19(5), 1189–1201. <https://doi.org/10.32604/fdmp.2023.023637>
- Goma, E. I., Sunimbar, S., & Angin, I. S. (2022). Analisis Geologi Kejadian Longsor Di Desa Wolotolo Kecamatan Detusoku Kabupaten Ende. *JPG (Jurnal Pendidikan Geografi)*, 9(2), 10–24. <https://doi.org/10.20527/jpg.v9i2.13471>
- Huwae, L. M. C., Hukubun, R. D., & Hukubun, W. G. (2022). PENDIDIKAN MITIGASI BENCANA GEMPA BUMI KEPADA SISWA KATEKISASI DI SEKTOR CALVARY JEMAAT GPM REHOBOTH. *PAKEM: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1), 18–23. <https://doi.org/10.30598/pakem.2.1.18-23>
- Isnaini, R. (2019). Analisis Bencana Tanah Longsor di Wilayah Provinsi Jawa Tengah. *Islamic Management and Empowerment Journal*, 1(2), 143–160. <https://doi.org/10.18326/imej.v1i2.143-160>
- Kamal, A. S. M. M., Hossain, F., Ahmed, B., Rahman, M. Z., & Sammonds, P. (2023). Assessing the effectiveness of landslide slope stability by analysing structural mitigation measures and community risk perception. *Natural Hazards*, 117(3), 2393–2418. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05947-6>
- Kayabasi, A., Yesiloglu-Gultekin, N., & Gokceoglu, C. (2015). Use of non-linear prediction tools to assess rock mass permeability using various discontinuity parameters. *Engineering Geology*, 185, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2014.12.007>
- Lacasse S. and Farrokh N., 2008. Landslide risk assessment and mitigation. In: Sassa K. and Canuti P. (Eds): Landslides – Disaster Risk Reduction. Springer, pp 31-61.
- Lawalata, F. F., Meilanny Cornelis, Velicia Ivena Hutubessy, Bireinda Tirza Violetta Tuapattinaya, & Ronald Darlly Hukubun. (2022). Mitigasi Bencana Tsunami Bagi Siswa SD Negeri 1 Latuhalat. *ABDIKAN: Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Sains Dan Teknologi*, 1(2), 201–206. <https://doi.org/10.55123/abdikan.v1i2.283>.
- Meng, Q., Hu, X., Zhang, J., Li, P., Zhou, C., & Wang, Z. (2022). Multifactor Analysis of Landslide Mechanisms: A Case Study of Yongji Expressway, China. *Geofluids*, 2022, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2022/8297754>
- Mohan, A., Singh, A. K., Kumar, B., & Dwivedi, R. (2020). Review on remote sensing methods for landslide detection using machine and deep learning. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 32(7). <https://doi.org/10.1002/ett.3998>

- Nisa Farichatun. (2014). MANAJEMEN PENANGGULANGAN BENCANA BANJIR, PUTING BELIUNG, DAN TANAH LONGSOR DI KABUPATEN JOMBANG. *JKMP*, 2(2), 103–220.
- Nurjani, E., Rahayu, A., & Rachmawati Jurusan Geografi Lingkungan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, F. (2023). UPAYA MITIGASI BENCANA. *Geomedia*, 11(2).
- Putra, A. W. S., & Podo, Y. (2017). Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pengetahuan masyarakat dalam mitigasi bencana alam tanah longsor. *Urecol 6th*, 305–314. <http://journal.unimma.ac.id/index.php/urecol/article/view/1549>
- Ratuluhain, E. S., Hukubun, R. D., Lokollo, F. F., Kalay, D. E., Saleky, V. D., Buton, I., & Wairata, I. M. (2023). *Sosialisasi Mitigasi Bencana Gempa Bumi di SMP Negeri 8 Ambon Negeri Hutumuri Socialization of Earthquake Disaster Mitigation at SMP Negeri 8 Ambon Negeri Hutumuri*. 1(3), 40–45. <https://doi.org/10.59024/jnb.v1i3.158>
- Salimah, A. (2021). Slope stability analysis for landslide mitigation in Satui, Tanah Bumbu, South Kalimantan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 708(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/708/1/012022>
- Van Gorsel J T 2018 Bibliography of the geology of Indonesia and surrounding areas Edition 7.0 accessed from https://vangorselslist.com/pdf/BIG_I_Regional_7.pdf
- Wati, W. (2015). Pengembangan Modul Pembelajaran Fisika SMA Terintegrasi Penanggulangan Bencana Tanah Longsor. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 4(1), 109–119. <https://doi.org/10.24042/jpifalbiruni.v4i1.85>
- Wulandari, T., Tanjung, Y. I., Festiyed, F., Asrizal, A., Desnita, D., & Diliarosta, S. (2023). Literature Review: Analisis Integrasi Mitigasi Bencana pada Pembelajaran. *SAP (Susunan Artikel Pendidikan)*, 7(3), 390. <https://doi.org/10.30998/sap.v7i3.15462>
- Yassar, M. F., Nurul, M., Nadhifah, N., Sekarsari, N. F., Dewi, R., Buana, R., Fernandez, S. N., & Rahmadhita, K. A. (2020). Penerapan Weighted Overlay Pada Pemetaan Tingkat Probabilitas Zona Rawan Longsor di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2020.v1i1.13>
- Zeng, Y., Zhang, Y., Hu, W., Chen, M., Hu, Q., Liu, X., & Zhu, X. (2024b). A case study on soil slope landslide failure and parameter analysis of influencing factors for safety factor based on strength reduction method and orthogonal experimental design. *PLoS One*, 19(5), e0300586. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0300586>