

Mitigasi Bencana Longsor Daerah Lampung Selatan Dengan Menggunakan Metode Analisis Spasial GIS

Artika Putri Melani¹, Darvesh A. Faadhil Hatif², Airin Amelia³, Lucky⁴, Hesti^{5*}, Rahmi Mulyasari⁶ dan Nandi Haerudin⁷

Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Rajabasa, Bandar Lampung, 35145, Indonesia.

*E-mail: hesti.9201@eng.unila.ac.id

Abstrak

Bencana longsor merupakan salah satu ancaman geologi yang sering terjadi di daerah perbukitan dan pegunungan, yang dapat menyebabkan kerugian besar baik secara material maupun korban jiwa. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis spasial terhadap daerah rawan longsor daerah lampung selatan guna mendukung upaya mitigasi bencana. Metode yang digunakan melibatkan pengolahan data spasial seperti kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, dan tutupan vegetasi dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil analisis menunjukkan zona-zona dengan tingkat kerawanan longsor yang bervariasi, mulai dari rendah hingga tinggi. Informasi ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam perencanaan tata ruang, pembangunan infrastruktur, serta penyusunan strategi mitigasi yang lebih efektif untuk mengurangi risiko bencana longsor di masa depan.

Kata kunci: Analisis spasial, longsor, mitigasi, SIG, kerawanan wilayah,

1. Pendahuluan

Kabupaten Lampung Selatan adalah salah satu kabupaten yang terletak di ujung selatan Provinsi Lampung, Indonesia. Ibu kota kabupaten ini berada di Kecamatan Kalianda, dengan luas wilayah sekitar 2.109,74 km² dan populasi yang mencapai sekitar 1.109.649 jiwa pada tahun 2024. Secara geografis, daerah ini terletak antara 105° hingga 105°45' Bujur Timur dan 5°15' hingga 6° Lintang Selatan, menjadikannya sebagai daerah tropis dengan iklim yang hangat dan lembap. struktur geologi di Lampung Selatan adalah adanya sesar-sesar aktif, termasuk Sesar Lampung-Panjang dan Sesar Peterjajar, yang memiliki arah beragam seperti baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya.

Langkah awal dalam mitigasi bencana longsor adalah melakukan identifikasi wilayah-wilayah yang memiliki tingkat kerawanan tinggi. Proses ini dapat dilakukan dengan pendekatan geospasial menggunakan Sistem Informasi Geografis

(SIG) untuk menganalisis topografi, jenis tanah, curah hujan, serta penggunaan lahan. Selain itu, pemetaan geologi berbasis survei lapangan juga diperlukan guna mengetahui kondisi batuan dasar, ketebalan tanah pelapukan, serta keberadaan struktur geologi yang berpotensi melemahkan kestabilan lereng. Beberapa daerah yang memiliki kemiringan lereng lebih dari 15 derajat, terutama di sekitar perbukitan dan sepanjang jalur sesar aktif, perlu mendapat perhatian lebih dalam kajian ini.

Salah satu langkah utama dalam mitigasi bencana longsor adalah mengidentifikasi wilayah-wilayah yang memiliki tingkat kerawanan tinggi. Kajian ini dapat dilakukan melalui analisis geospasial, pemetaan geologi, serta survei langsung di lapangan guna menentukan faktor-faktor pemicu utama di masing-masing daerah. Selain itu, evaluasi terhadap tingkat risiko tanah longsor menjadi hal yang penting untuk menetapkan prioritas penanganan,

dengan mempertimbangkan aspek geologi, kondisi tanah, pola penggunaan lahan, serta kepadatan penduduk di daerah rawan.

Dalam upaya mengurangi risiko bencana, strategi mitigasi yang efektif perlu diterapkan, baik dalam bentuk struktural maupun non-struktural. Secara struktural, pembangunan sistem drainase yang baik, pembuatan terasering di lereng, serta penanaman vegetasi berakar kuat dapat membantu menstabilkan tanah dan mengurangi laju erosi. Sementara itu, secara non-struktural, peningkatan kesadaran masyarakat melalui sosialisasi dan pelatihan tanggap bencana sangat penting agar penduduk di daerah rawan memiliki kesiapan menghadapi kemungkinan longsor. Pemerintah daerah juga perlu memperkuat regulasi terkait tata ruang dan penggunaan lahan agar tidak memperburuk kondisi geologi yang sudah rentan.

2. Metodologi

Kabupaten Lampung Selatan memiliki kondisi geologi yang kompleks dengan keberadaan sesar aktif seperti Sesar Lampung-Panjang dan Sesar Peterjajar. Struktur geologi ini, ditambah dengan kondisi topografi yang bervariasi serta curah hujan yang tinggi, menjadikan wilayah ini rentan terhadap bencana tanah longsor. Oleh karena itu, diperlukan metode mitigasi yang efektif berbasis analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (GIS). GIS memungkinkan identifikasi wilayah rawan, evaluasi risiko, serta penyusunan strategi mitigasi yang lebih tepat berdasarkan data geospasial yang akurat dan terintegrasi.

Langkah awal dalam analisis mitigasi menggunakan GIS adalah pengumpulan data geospasial yang relevan untuk memahami faktor-faktor penyebab longsor. Beberapa data utama yang digunakan meliputi peta topografi dan *Digital Elevation Model* (DEM) untuk

menganalisis kemiringan lereng dan elevasi suatu wilayah, data curah hujan untuk memahami pengaruh air terhadap kestabilan tanah, serta informasi mengenai jenis tanah dan geologi guna menentukan tingkat kohesi tanah serta ketahanannya terhadap erosi. Selain itu, data tutupan lahan dan penggunaan lahan digunakan untuk mengetahui bagaimana aktivitas manusia dapat mempengaruhi stabilitas lereng, sementara data historis kejadian longsor membantu dalam validasi model prediksi serta memahami pola kejadian bencana di masa lalu.

Salah satu analisis utama dalam pemetaan wilayah rawan longsor adalah analisis kemiringan lereng menggunakan DEM. Dengan menggunakan data DEM, GIS dapat mengidentifikasi daerah dengan tingkat kemiringan yang berbeda dan mengklasifikasikannya berdasarkan tingkat risiko longsor. Kemiringan lereng yang curam (lebih dari 15 derajat) memiliki risiko tinggi untuk mengalami longsor, terutama jika tanah di daerah tersebut memiliki daya kohesi rendah atau mengalami erosi akibat hujan. Selain itu, aspek lereng (*slope aspect*) juga dianalisis untuk mengetahui orientasi lereng terhadap faktor lingkungan seperti curah hujan dan angin dominan yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng.

Curah hujan tinggi merupakan salah satu faktor utama pemicu longsor. Oleh karena itu, analisis curah hujan dilakukan untuk memahami distribusi dan intensitas hujan di Kabupaten Lampung Selatan. Data curah hujan diperoleh dari stasiun klimatologi dan dianalisis menggunakan interpolasi spasial untuk mendapatkan gambaran sebaran curah hujan di seluruh wilayah. Dengan memadukan data curah hujan dengan informasi topografi dan geologi, GIS dapat mengidentifikasi daerah yang berisiko mengalami kejenuhan air tanah yang tinggi, yang pada

akhirnya dapat menyebabkan ketidakstabilan lereng dan longsor.

Tutupan lahan memiliki peran penting dalam mitigasi bencana longsor karena vegetasi berfungsi sebagai penahan tanah dan penghambat aliran air permukaan. GIS digunakan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan dari waktu ke waktu guna mengetahui dampaknya terhadap risiko longsor. Lahan yang mengalami deforestasi atau perubahan dari hutan alami menjadi lahan pertanian atau permukiman memiliki risiko longsor yang lebih tinggi karena berkurangnya akar tanaman yang menahan tanah. Oleh karena itu, analisis spasial dilakukan untuk mengidentifikasi daerah yang mengalami perubahan tutupan lahan secara signifikan dan memiliki korelasi dengan kejadian longsor.

Setelah data geospasial terkumpul dan dianalisis secara individu, langkah selanjutnya adalah mengintegrasikan berbagai faktor penyebab longsor menggunakan metode pemodelan spasial. Teknik *Weighted Overlay* dan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) digunakan untuk memberikan bobot pada setiap faktor berdasarkan tingkat pengaruhnya terhadap kejadian longsor. Langkah-langkah dalam pemodelan spasial menggunakan AHP dan *Weighted Overlay* adalah menentukan faktor-faktor penyebab longsor seperti kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, dan tutupan lahan; menentukan bobot untuk setiap faktor berdasarkan tingkat pengaruhnya; melakukan analisis *overlay* menggunakan GIS untuk menggabungkan semua faktor dan menghasilkan peta zonasi rawan longsor; serta memvalidasi hasil pemodelan dengan data historis kejadian longsor untuk memastikan akurasi peta yang dihasilkan.

Hasil analisis GIS dalam bentuk peta zonasi rawan longsor sangat bermanfaat bagi berbagai pihak dalam upaya mitigasi bencana. Beberapa aplikasi utama dari peta

ini meliputi perencanaan tata ruang di mana pemerintah daerah dapat mengatur pembangunan infrastruktur dan permukiman agar tidak berada di daerah berisiko tinggi; sistem peringatan dini dengan mengetahui lokasi yang memiliki potensi longsor tinggi sehingga dapat memberikan informasi kepada masyarakat sebelum terjadi bencana; pengelolaan lahan dan konservasi dengan merancang program penghijauan di daerah yang mengalami deforestasi guna meningkatkan kestabilan tanah; serta strategi mitigasi struktural melalui pemasangan dinding penahan tanah, pembuatan terasering, dan pembangunan sistem drainase untuk mengurangi potensi longsor.

Pemanfaatan GIS dalam mitigasi bencana longsor di Kabupaten Lampung Selatan memberikan pendekatan yang sistematis dan berbasis data dalam memahami risiko longsor. Dengan metode analisis spasial seperti DEM untuk analisis kemiringan lereng, interpolasi curah hujan, serta pemodelan berbasis *Weighted Overlay* dan AHP, dapat dihasilkan peta zonasi rawan longsor yang akurat dan bermanfaat untuk perencanaan mitigasi yang efektif. Melalui pendekatan ini, pemerintah daerah, akademisi, dan masyarakat dapat bekerja sama dalam menyusun kebijakan mitigasi bencana yang berbasis ilmiah guna mengurangi dampak tanah longsor di wilayah ini. Dengan pemanfaatan teknologi GIS, mitigasi bencana dapat dilakukan secara lebih efisien dan berkelanjutan demi keselamatan masyarakat dan keberlanjutan lingkungan di Kabupaten Lampung Selatan.

3. Hasil dan pembahasan

Berdasarkan hasil analisis spasial menggunakan metode Geographic Information System (GIS), wilayah Lampung Selatan diketahui memiliki tingkat kerawanan yang cukup tinggi terhadap bencana tanah longsor. Hasil

overlay berbagai layer peta seperti kemiringan lereng, jenis tanah, curah hujan, dan penggunaan lahan menunjukkan bahwa beberapa kecamatan di Lampung Selatan, terutama yang berada di kawasan perbukitan dan lereng-lereng dengan kemiringan curam, menjadi titik-titik rawan terjadinya longsor. Faktor utama yang menyebabkan tingginya potensi longsor di daerah ini adalah kondisi geologi berupa tanah lempung pasir yang memiliki daya ikat rendah dan mudah jenuh air saat musim hujan. Selain itu, curah hujan tahunan yang cukup tinggi juga turut memperbesar risiko longsor, terutama saat puncak musim hujan. Aktivitas manusia seperti pembukaan lahan hutan untuk pertanian dan pemukiman tanpa memperhatikan kaidah konservasi tanah dan air semakin memperparah kondisi ini.

Mitigasi bencana tanah longsor menjadi langkah penting dan strategis untuk dilakukan di Lampung Selatan, terutama di wilayah yang hasil analisis GIS-nya masuk kategori risiko tinggi. Upaya mitigasi yang dapat diterapkan dibagi menjadi dua, yaitu mitigasi struktural dan mitigasi non-struktural. Dari sisi struktural, langkah yang disarankan adalah pembuatan terasering di daerah lereng untuk mengurangi kecepatan aliran air permukaan yang dapat menyebabkan erosi. Terasering juga membantu tanah tetap stabil dan tidak mudah tergerus air. Selain itu, pembangunan dinding penahan tanah atau retaining wall di kawasan rawan juga menjadi solusi teknis yang efektif untuk menahan pergerakan massa tanah. Penguatan saluran drainase di sepanjang jalur air alami juga perlu dilakukan agar air hujan tidak terkonsentrasi di satu titik dan memicu longsor. *Drainase* yang baik mampu mengurangi genangan air dan memperkecil risiko tanah jenuh air.

Dari sisi non-struktural, mitigasi lebih menekankan pada pemberdayaan masyarakat dan peningkatan kesadaran

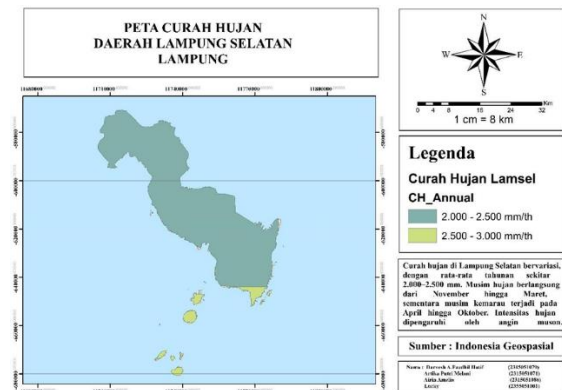
akan pentingnya menjaga kelestarian lingkungan. Edukasi kepada masyarakat mengenai bahaya tanah longsor dan pentingnya menjaga vegetasi terutama di daerah-daerah hulu dan lereng menjadi prioritas. Vegetasi dengan akar yang kuat mampu memperkuat struktur tanah dan mengurangi risiko longsor. Selain itu, pemerintah daerah harus menegakkan regulasi mengenai larangan pembukaan lahan di zona-zona rawan longsor yang sudah dipetakan melalui GIS. Penegakan hukum ini penting untuk mencegah terjadinya konversi lahan secara liar yang dapat memperbesar potensi bencana. Tak kalah penting, sistem peringatan dini berbasis data spasial dan teknologi GIS juga harus dikembangkan agar masyarakat bisa mendapatkan informasi yang cepat dan akurat ketika risiko longsor meningkat, terutama saat curah hujan ekstrem.

Penanggulangan bencana longsor harus dilakukan secara terstruktur, baik saat bencana terjadi maupun pasca-kejadian. Ketika longsor terjadi, prioritas utama adalah menyelamatkan jiwa warga dengan melakukan evakuasi ke tempat aman yang telah dipetakan sebelumnya. Tim SAR dan BPBD harus bergerak cepat untuk mengevakuasi korban dan membuka akses jalan yang terputus akibat longsor. Jalur komunikasi antara desa terdampak dan pusat komando bencana juga harus selalu aktif agar penanganan berjalan efektif dan terkoordinasi. Setelah bencana reda, langkah-langkah pemulihan seperti pembersihan material longsor, perbaikan infrastruktur yang rusak, dan pendistribusian bantuan logistik serta medis menjadi prioritas. Selain itu, evaluasi kondisi wilayah yang terkena longsor harus segera dilakukan untuk mencegah terjadinya longsor susulan, terutama jika cuaca buruk masih terus berlangsung. Upaya untuk menjaga keselamatan masyarakat atau *safety procedure* juga harus dirancang secara matang dan berkelanjutan. Salah satu cara

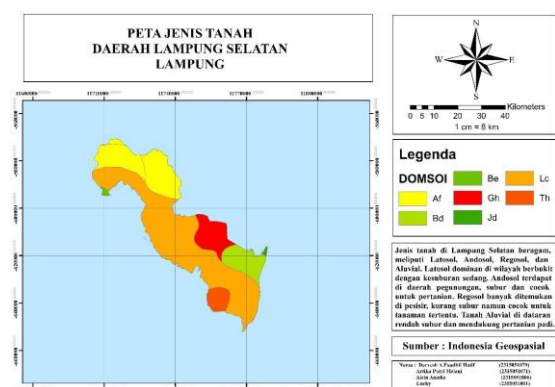
efektif yang bisa dilakukan adalah dengan melakukan pemetaan zona rawan secara detail dan berkala menggunakan GIS.

Data ini kemudian disosialisasikan kepada masyarakat agar mereka mengetahui daerah-daerah yang harus dihindari terutama saat musim hujan. Pelatihan simulasi bencana juga penting dilakukan secara rutin oleh pemerintah daerah bersama BPBD, agar masyarakat terbiasa dan siap ketika bencana benar-benar terjadi. Di sisi lain, pemasangan rambu-rambu peringatan dan sistem *early warning* seperti sirine atau notifikasi berbasis aplikasi digital juga menjadi bentuk kesiapsiagaan yang efektif. Selain itu, penguatan peran Desa Tangguh Bencana di Lampung Selatan sangat diperlukan sebagai garda terdepan penanggulangan bencana. Dengan adanya relawan yang terlatih dan paham tentang penanganan bencana, masyarakat akan lebih sigap dalam menghadapi situasi darurat.

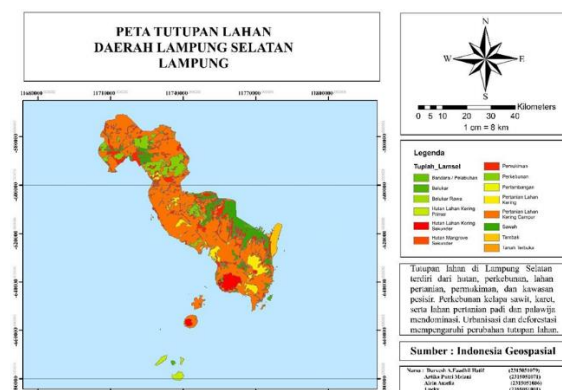
Secara keseluruhan, analisis spasial GIS memberikan gambaran jelas mengenai wilayah-wilayah yang memiliki tingkat kerawanan longsor tinggi di Lampung Selatan. Dengan kombinasi antara mitigasi struktural, non-struktural, sistem peringatan dini, serta keterlibatan aktif masyarakat, risiko bencana longsor di Lampung Selatan dapat ditekan seminimal mungkin sehingga dampak yang ditimbulkan tidak terlalu besar bagi kehidupan sosial, ekonomi, dan lingkungan masyarakat setempat.



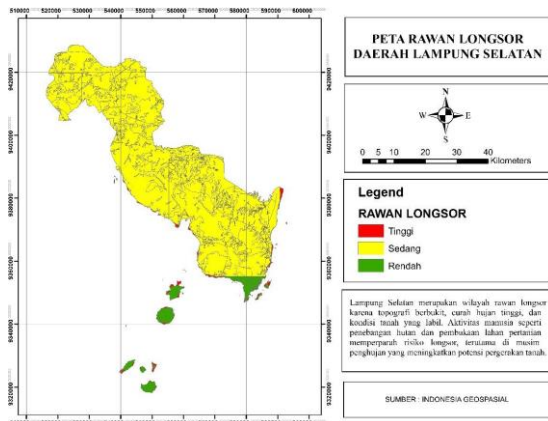
Gambar 1. Peta Curah Hujan Lampung Selatan



Gambar 2. Peta Jenis Tanah Lampung Selatan



Gambar 3. Peta Tutupan Lahan Lampung Selatan



Gambar 1. Peta Rawan Longsor Lampung Selatan

Peta yang ditampilkan menunjukkan tingkat kerawanan longsor di wilayah Lampung Selatan berdasarkan klasifikasi risiko tinggi, sedang, dan rendah. Warna merah menunjukkan daerah dengan tingkat kerawanan longsor tinggi, kuning menandakan tingkat sedang, dan hijau menunjukkan daerah dengan risiko rendah. Dari peta ini, terlihat bahwa sebagian besar wilayah Lampung Selatan dikategorikan sebagai daerah dengan tingkat kerawanan longsor sedang, sementara area dengan risiko tinggi dan rendah tersebar di beberapa lokasi tertentu.

Faktor utama yang menyebabkan tingginya potensi longsor di Lampung Selatan adalah kondisi topografi yang berbukit, curah hujan yang tinggi, serta karakteristik tanah yang labil. Faktor-faktor ini menciptakan lingkungan yang rentan terhadap pergerakan tanah, terutama saat musim hujan. Selain faktor alami, aktivitas manusia seperti deforestasi dan pembukaan lahan pertanian juga berkontribusi terhadap meningkatnya risiko longsor dengan mengurangi daya ikat tanah dan menghilangkan perlindungan alami terhadap erosi.

Wilayah yang ditandai dengan warna merah menunjukkan daerah yang paling berisiko mengalami longsor. Area ini perlu mendapat perhatian khusus dalam hal

mitigasi bencana, seperti pembangunan sistem drainase yang baik, reboisasi, dan penerapan teknik pertanian berkelanjutan. Masyarakat yang tinggal di daerah ini juga harus diberikan sosialisasi mengenai tanda-tanda awal longsor serta langkah-langkah evakuasi yang aman.

Wilayah yang ditandai dengan warna merah menunjukkan daerah yang paling berisiko mengalami longsor. Area ini perlu mendapat perhatian khusus dalam hal mitigasi bencana, seperti pembangunan sistem drainase yang baik, reboisasi, dan penerapan teknik pertanian berkelanjutan. Masyarakat yang tinggal di daerah ini juga harus diberikan sosialisasi mengenai tanda-tanda awal longsor serta langkah-langkah evakuasi yang aman.

Wilayah dengan risiko rendah (hijau) cenderung lebih stabil dan aman dari ancaman longsor. Daerah ini umumnya memiliki kondisi tanah yang lebih padat dan vegetasi yang lebih baik dalam menahan erosi. Meskipun demikian, tetap perlu adanya kebijakan tata ruang yang memperhatikan keberlanjutan lingkungan agar daerah ini tidak mengalami peningkatan risiko longsor akibat aktivitas manusia.

Secara keseluruhan, mitigasi bencana longsor di Lampung Selatan harus menjadi prioritas dalam perencanaan tata ruang dan pengelolaan lingkungan. Upaya pencegahan seperti penghijauan kembali daerah rawan, pengendalian penggunaan lahan, serta edukasi masyarakat menjadi langkah penting untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh bencana longsor. Pemerintah dan masyarakat perlu bekerja sama dalam menerapkan langkah-langkah mitigasi yang efektif demi keselamatan dan kesejahteraan penduduk di wilayah ini.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis spasial menggunakan metode *Geographic Information System* (GIS), wilayah Lampung Selatan memiliki tingkat kerawanan yang cukup tinggi terhadap bencana tanah longsor. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi kerawanan ini meliputi topografi berbukit dengan kemiringan lereng curam, curah hujan tahunan yang tinggi, serta jenis tanah lempung pasir yang labil dan mudah jenuh air. Aktivitas manusia seperti pembukaan lahan tanpa memperhatikan prinsip konservasi juga memperbesar risiko terjadinya longsor di wilayah ini.

Peta kerawanan yang dihasilkan menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Lampung Selatan tergolong dalam kategori risiko longsor sedang, sementara beberapa daerah, terutama di kawasan perbukitan, masuk dalam kategori risiko tinggi dan memerlukan perhatian khusus. Daerah-daerah ini memerlukan upaya mitigasi bencana yang terintegrasi, baik secara struktural maupun non-struktural.

Upaya mitigasi struktural yang direkomendasikan meliputi pembangunan terasering, dinding penahan tanah (*retaining wall*), serta penguatan sistem drainase untuk mengurangi aliran permukaan dan mencegah jenuhnya tanah oleh air. Sementara itu, mitigasi non-struktural mencakup edukasi dan pemberdayaan masyarakat, penegakan regulasi penggunaan lahan, pemetaan zona rawan secara berkala, serta pengembangan sistem peringatan dini berbasis teknologi GIS.

Peran aktif masyarakat, terutama melalui Desa Tangguh Bencana, serta sinergi antara pemerintah daerah, BPBD, dan instansi terkait, menjadi kunci utama dalam menghadapi potensi bencana tanah longsor di Lampung Selatan. Dengan penerapan strategi mitigasi yang tepat dan berkelanjutan, risiko bencana longsor

dapat ditekan sehingga dampaknya terhadap kehidupan sosial, ekonomi, dan lingkungan masyarakat dapat diminimalisir.

Ucapan Terimakasih

Dengan penuh rasa syukur, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan jurnal ini mengenai mitigasi bencana longsor di Kabupaten Lampung Selatan. Kami sangat menghargai dukungan, bimbingan, dan masukan dari berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penelitian dan penulisan jurnal ini. Semoga jurnal ini dapat menjadi kontribusi yang bermanfaat bagi pengembangan strategi mitigasi bencana longsor serta membantu upaya perlindungan lingkungan dan keselamatan masyarakat. Kami juga terbuka untuk segala saran dan kritik yang membangun demi perbaikan dan penyempurnaan penelitian ini di masa mendatang.

Daftar Pustaka

- Budiman, A., & Setiawan, N. (2021). Analisis spasial daerah rawan longsor menggunakan metode Weighted Overlay. *Jurnal Geosains Indonesia*, 9(1), 45–56.
- Effendi, A.C. dan Apandi, T., 1993. *Peta Geologi Bersistem, Lembar Waikabubak dan Waingapu, Pulau Sumba, Nusa Tenggara Timur, Skala 1 : 250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Goldscheider dan Drew, 2007. *Methods in Karst Hydrogeology*, Taylor & Francis Group, London, UK.
- Handayani, D., & Ardiansyah, A. (2022). Kajian kerentanan tanah longsor berbasis GIS dan AHP di Kabupaten Agam. *Jurnal Bumi Lestari*, 22(1), 33–41
- Kresic, N. dan Stevanovic, Z., 2010. *Groundwater Hydrology of Springs*, Elsevier Inc., USA.

- Milanovic, P. T., 1981. *Karst Hydrogeology*, Water Resources Publications, USA.
- Mylroie, J. E., 1984. *Groundwater as a Geomorphic Agent : Hydrologic Classification of Caves and Karst. The 'Binghamton' Symposia in Geomorphology, International Series*, No. 13, Allen & Unwin Inc., Britain.
- Parizek, R.P., 1976. On the nature and significance of fracture traces and lineaments in carbonate and other terranes, in *Karst Hydrology and Water Resources*: Vol. 1 Karst Hydrology, Water Resources Publications, Colorado, pp.47-108.
- Singhal, B. B. S., dan Gupta, R. P., 1999. *Applied Hydrogeology of Fractured Rocks*, Kluwer Academic Publisher, Netherlands.
- Soenarto, B., 2004. Identifikasi Keberadaan Air Tanah dan Keluaran Air Daerah Karst di Kabupaten Sumba Barat. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pengairan* Vol. 18. No. 54.DOI.
- Soenarto, B., 2004. Identifikasi Keberadaan Air Tanah dan Keluaran Air Daerah Karst di Kabupaten Sumba Barat. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pengairan* Vol. 18. No. 54.DOI.
- Van Zuidam, R. A., 1983. *Guide to Geomorphologic Areal Photographic Interpretation and Mapping*, Section of Geology and Geomorphology, ITC, Enschede, The Netherlands. DOI.