

BAB I

PENDAHULUAN UMUM

1.1 Latar Belakang

Permasalahan kerentanan bencana alam, terutama tanah longsor, merupakan tantangan besar dalam perencanaan tata ruang dan pembangunan wilayah di Indonesia. Tanah longsor tidak hanya mengakibatkan kerugian material dan korban jiwa, tetapi juga berdampak pada keberlanjutan kawasan permukiman dan kegiatan ekonomi masyarakat. Fenomena ini menjadi perhatian khusus, terutama di wilayah-wilayah yang memiliki topografi curam dan struktur geologi labil seperti di sebagian besar wilayah Sulawesi Barat.

Transmigrasi sebagai program strategis nasional bertujuan untuk pemerataan penduduk dan pengembangan wilayah, termasuk di Kabupaten Polewali Mandar. Namun, ketersediaan lokasi permukiman dan lahan usaha yang aman dari bencana menjadi syarat utama agar tujuan program transmigrasi dapat tercapai secara berkelanjutan. Penerapan prinsip mitigasi bencana dalam penyediaan kawasan transmigrasi menjadi krusial guna mencegah terjadinya pemindahan risiko bencana ke lokasi baru.

Bencana tanah longsor dipicu oleh kombinasi faktor alam dan aktivitas manusia, seperti curah hujan tinggi, kemiringan lereng yang terjal, jenis tanah yang mudah jenuh air, serta deforestasi dan pengelolaan lahan yang tidak berkelanjutan (Rahardjo et al., 2018). Oleh karena itu, pengkajian karakteristik fisik lahan serta penggunaan teknologi spasial seperti GIS (*Geographic Information System*) sangat penting dalam mengidentifikasi zona rawan longsor.

Penelitian oleh Kusratmoko (2017) menunjukkan bahwa pemanfaatan data spasial, peta topografi, dan citra satelit dapat digunakan secara efektif untuk mengidentifikasi wilayah dengan potensi longsor tinggi. Sementara itu, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) telah mengembangkan Peta Rawan Bencana yang dapat dijadikan acuan awal dalam proses perencanaan lokasi transmigrasi, namun peta ini belum sepenuhnya dikaji secara lokal berdasarkan kondisi geomorfologis daerah.

Kajian lokasi transmigrasi tidak hanya mempertimbangkan faktor sosial-ekonomi, tetapi juga aspek kerentanan bencana dan keberlanjutan lingkungan. Menurut Yuliasuti & Hadi (2019), perencanaan lokasi transmigrasi yang tidak memperhatikan potensi bahaya alam dapat menyebabkan kegagalan program dan kerugian sosial bagi masyarakat penerima transmigran. Oleh karena itu, integrasi data bencana dalam kebijakan penentuan lokasi permukiman dan lahan usaha merupakan kebutuhan mendesak.

Di Kabupaten Polewali Mandar, sebagian besar wilayah transmigrasi berada pada daerah dataran tinggi yang berbatasan langsung dengan kawasan perbukitan. Beberapa kejadian longsor telah tercatat di kecamatan-kecamatan seperti Bulo, Tapango, dan Luyo, yang juga menjadi target pengembangan permukiman dan lahan usaha transmigrasi. Minimnya kajian mitigasi bencana di wilayah ini dapat meningkatkan potensi terjadinya bencana sekunder akibat alokasi lahan yang tidak tepat.

Studi oleh Saputra et al. (2020) mengembangkan pendekatan multi-kriteria berbasis GIS untuk mengidentifikasi tingkat kerawanan longsor di kawasan perdesaan dan merekomendasikan langkah-langkah mitigatif dalam bentuk konservasi lahan, penguatan lereng, dan pelarangan pembangunan di zona sangat rawan. Model ini sangat relevan untuk diadaptasi dalam konteks transmigrasi di Polewali Mandar guna meningkatkan aspek keamanan dan keberlanjutan program.

Pendekatan mitigasi longsor juga tidak dapat dilepaskan dari aspek sosial masyarakat lokal, termasuk kearifan lokal dalam mengelola ruang dan penggunaan lahan. Penelitian oleh Satriawan dan Widiatmaka (2021) menekankan pentingnya memperhitungkan persepsi risiko masyarakat dalam menyusun kebijakan mitigasi berbasis komunitas. Hal ini relevan dalam konteks transmigrasi, karena penerima manfaat sering kali belum memiliki pengetahuan terhadap ancaman bencana di wilayah baru.

Berdasarkan kajian literatur dan kondisi aktual di Kabupaten Polewali Mandar, terdapat kesenjangan penelitian (research gap) dalam bentuk minimnya studi yang secara spesifik mengkaji aspek mitigasi tanah longsor dalam konteks penyediaan lokasi permukiman dan lahan usaha transmigrasi. Padahal, pemahaman terhadap faktor-faktor fisik dan sosial yang mempengaruhi kerawanan longsor sangat penting untuk mendukung proses perencanaan kawasan transmigrasi yang aman dan berkelanjutan.

Oleh karena itu, penelitian ini memiliki signifikansi strategis dalam memberikan kontribusi ilmiah terhadap integrasi aspek mitigasi bencana dalam penyediaan lokasi transmigrasi. Penelitian ini juga dapat menjadi referensi kebijakan dalam merancang kawasan transmigrasi yang tidak hanya layak secara ekonomi tetapi juga aman secara geologis. Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mengkaji potensi tanah longsor di Kabupaten Polewali Mandar serta menganalisis implikasinya terhadap ketersediaan dan kelayakan lokasi permukiman dan lahan usaha transmigrasi, guna merumuskan strategi mitigasi bencana berbasis spasial.

1.2 Rumusan Masalah

Pemilihan judul ini dilatarbelakangi oleh tingginya kerentanan bencana tanah longsor di wilayah Kabupaten Polewali Mandar, yang secara geografis didominasi oleh daerah berbukit dan bergelombang. Kondisi topografi tersebut berpotensi menimbulkan bahaya longsor, terutama di musim penghujan dan pada wilayah yang

mengalami tekanan pembangunan lahan, termasuk program transmigrasi. Dalam konteks perencanaan permukiman dan lahan usaha transmigrasi, aspek keamanan geologi sering kali kurang diperhatikan secara mendalam, sehingga dapat menimbulkan risiko bencana sekunder bagi masyarakat yang direlokasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian ilmiah untuk mengidentifikasi tingkat kerawanan longsor dan implikasinya terhadap penentuan lokasi transmigrasi agar tidak justru memperbesar risiko bencana.

Lebih lanjut, program transmigrasi merupakan kebijakan strategis dalam rangka pengembangan wilayah dan pemerataan penduduk, sehingga keberhasilan program ini sangat bergantung pada ketersediaan lahan yang aman dan layak huni. Sayangnya, belum banyak penelitian yang secara spesifik mengintegrasikan aspek mitigasi longsor dalam perencanaan kawasan transmigrasi di Polewali Mandar. Kajian ini menjadi penting sebagai kontribusi ilmiah yang tidak hanya menyoroti aspek fisik spasial dan geologi, tetapi juga mendukung pengambilan kebijakan berbasis data terhadap lokasi yang aman dan berkelanjutan bagi transmigran. Dengan demikian, judul ini diangkat sebagai fokus penelitian tesis karena memiliki urgensi praktis dan akademik dalam mendukung pembangunan yang tanggap terhadap risiko bencana. Dari uraian latar belakang tersebut dapat disimpulkan identifikasi masalah adalah:

- 1) Bagaimana karakteristik risiko longsor di lokasi permukiman dan lahan usaha transmigrasi di Kabupaten Polewali Mandar, berdasarkan faktor-faktor geologi, topografi, dan penggunaan lahan?
- 2) Apa saja kendala dalam pengelolaan lahan transmigrasi di Kabupaten Polewali Mandar yang berada di wilayah rawan longsor, baik dari aspek teknis, sosial, maupun kebijakan?
- 3) Bagaimana strategi mitigasi yang dapat diterapkan untuk meminimalkan risiko longsor dan mendukung keberlanjutan ketersediaan lahan transmigrasi di Kabupaten Polewali Mandar?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Menganalisis karakteristik risiko longsor di lokasi permukiman dan lahan usaha transmigrasi di Kabupaten Polewali Mandar berdasarkan faktor-faktor geologi, topografi, dan penggunaan lahan.
- 2) Menganalisis kendala dalam pengelolaan lahan transmigrasi di wilayah rawan longsor di Kabupaten Polewali Mandar, baik dari aspek teknis, sosial, maupun kebijakan.
- 3) Merumuskan strategi mitigasi longsor yang dapat diterapkan untuk meminimalkan risiko dan mendukung keberlanjutan ketersediaan lahan transmigrasi di Kabupaten Polewali Mandar.

1.4 Ruang Lingkup Dan Batasan Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada analisis risiko tanah longsor di lokasi permukiman dan lahan usaha transmigrasi di Kabupaten Polewali Mandar, dengan studi kasus pada Desa Ratte dan Desa Taramanu Tua. Kajian ini mencakup tiga aspek utama yang sesuai dengan tujuan penelitian: (1) analisis karakteristik risiko longsor berdasarkan faktor geologi, topografi, dan penggunaan lahan; (2) identifikasi kendala dalam pengelolaan lahan transmigrasi di wilayah rawan longsor dari aspek teknis, sosial, dan kebijakan; serta (3) perumusan strategi mitigasi yang adaptif dan aplikatif untuk mendukung keberlanjutan penyediaan lahan transmigrasi.

Secara spasial, penelitian ini menggunakan pendekatan pemetaan dan analisis sistem informasi geografis (SIG) untuk mengidentifikasi zona rawan longsor. Kajian geologi dan topografi mencakup analisis kemiringan lereng, jenis batuan, dan struktur tanah. Penggunaan lahan dianalisis berdasarkan interpretasi citra dan survei lapangan. Aspek sosial dan kebijakan dikaji melalui wawancara terstruktur dan studi dokumen, guna memahami kendala dalam pengelolaan kawasan transmigrasi yang berada di wilayah rawan bencana. Hasil akhir penelitian ini diharapkan mampu memberikan rekomendasi strategi mitigasi berbasis kondisi biofisik dan sosial lokal yang mendukung keberlanjutan pemanfaatan lahan. Untuk menjaga fokus dan ketajaman analisis, penelitian ini dibatasi pada hal-hal yaitu:

1. Wilayah kajian dibatasi pada dua desa, yaitu Desa Ratte dan Desa Taramanu Tua, sebagai representasi lokasi transmigrasi yang berada di wilayah dengan potensi longsor di Kabupaten Polewali Mandar.
2. Analisis karakteristik risiko longsor hanya mencakup faktor geologi, topografi, dan penggunaan lahan, tanpa mencakup faktor meteorologis seperti curah hujan ekstrem secara temporal mendalam.
3. Kajian aspek sosial terbatas pada persepsi risiko, praktik pengelolaan lahan oleh warga transmigran, serta hambatan kebijakan pada tingkat lokal, tanpa melakukan evaluasi dampak ekonomi secara kuantitatif.
4. Data spasial dan geologi yang digunakan adalah data sekunder dengan resolusi menengah, yang bersifat indikatif dan memerlukan verifikasi lapangan untuk peningkatan akurasi.
5. Rekomendasi strategi mitigasi yang dirumuskan dalam penelitian ini bersifat konseptual dan berbasis kajian literatur, wawancara, serta pemodelan spasial, bukan hasil uji coba langsung di lapangan.

1.5 Hasil Dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan beberapa temuan penting yaitu:

1. Pemetaan zonasi risiko longsor di wilayah Desa Ratte dan Desa Taramanu Tua yang menggambarkan tingkat kerawanan berdasarkan kombinasi faktor geologi, topografi, dan penggunaan lahan.

2. Karakterisasi dan analisis faktor pemicu longsor yang dominan di lokasi transmigrasi, sehingga dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan perencanaan dan pengelolaan lahan.
3. Identifikasi kendala-kendala teknis, sosial, dan kebijakan yang dihadapi dalam pengelolaan lahan transmigrasi di wilayah rawan longsor, baik dari sisi pelaksana maupun penerima transmigrasi.
4. Rumus strategi mitigasi longsor yang komprehensif dan aplikatif, yang menggabungkan pendekatan teknis berbasis spasial, partisipasi masyarakat, dan dukungan kebijakan lokal.
5. Model rekomendatif untuk perencanaan kawasan transmigrasi yang aman, berkelanjutan, dan berwawasan mitigasi bencana yang dapat diadopsi dalam konteks daerah serupa.

Penelitian ini memiliki manfaat dalam dua aspek, yaitu manfaat teoritis dan manfaat praktis:

1. Manfaat Teoritis: Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang geografi bencana, perencanaan wilayah, dan manajemen transmigrasi. Kajian ini memperkuat literatur mengenai integrasi analisis risiko bencana dalam perencanaan lahan transmigrasi, yang selama ini masih terbatas di konteks lokal Indonesia.
2. Manfaat Praktis: Hasil penelitian ini dapat digunakan oleh pemerintah daerah, Kementerian Desa dan Transmigrasi, serta instansi penanggulangan bencana sebagai referensi dalam menentukan lokasi transmigrasi yang aman dari longsor. Selain itu, strategi mitigasi yang dirumuskan dapat menjadi acuan dalam penyusunan kebijakan tata ruang, penanggulangan bencana, dan pengelolaan lingkungan yang berbasis risiko di wilayah Polewali Mandar dan daerah lainnya dengan kondisi geografis serupa.

1.6 Daftar Pustaka

- Abdiyev, K. (2023) 'Review of Slow Sand Filtration for Raw Water Treatment with Potential Application in Less-Developed Countries', *Water (Switzerland)*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/w15112007>.
- BNPB (2020) *Peta Rawan Bencana Indonesia*. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- Kusratmoko, E. (2017) 'Model Spasial Bahaya Longsor Menggunakan SIG dan Analisis Multikriteria di Kabupaten Sumedang', *Jurnal Geografi*, 49(1), pp. 1–10. <https://doi.org/10.22146/jspg.24500>.
- Rahardjo, H., Satyanaga, A., Leong, E.C. and Ng, Y.S. (2018) 'Effect of Rainfall on Slope Stability', *Geotechnical Research*, 5(2), pp. 69–84. <https://doi.org/10.1680/jgere.18.00001>.

- Rosenqvist, T., Chan, S. and Paul, C.J. (2025) 'Uncharacterized Members of the Phylum Rozellomycota Dominate the Fungal Community of a Full-Scale Slow Sand Filter for Drinking Water Production', *Water Research*, 279, 123447. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.123447>.
- Saputra, W., Maulana, M.I. and Ramdani, R. (2020) 'Penentuan Daerah Rawan Longsor Menggunakan Analisis Multikriteria Berbasis SIG di Wilayah Perbukitan', *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), pp. 256–267. <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.256-267>.
- Satriawan, A. and Widiatmaka (2021) 'Mitigasi Bencana Longsor Berbasis Kearifan Lokal dan Partisipasi Masyarakat', *Jurnal Ketahanan Nasional*, 27(1), pp. 103–120. <https://doi.org/10.22146/jkn.62045>.
- Yuliasuti, N. and Hadi, S.P. (2019) 'Evaluasi Lokasi Transmigrasi terhadap Ancaman Bencana di Indonesia', *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 30(1), pp. 57–66. <https://doi.org/10.5614/jpwk.2019.30.1.5>.

BAB II

KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN

2.1 Isu Strategis Bencana Longsor di Kabupaten Polewali Mandar

Salah satu isu strategis dalam pengembangan kawasan transmigrasi di Kabupaten Polewali Mandar adalah keterbatasan lahan yang memenuhi kriteria aman bencana, terutama dari ancaman tanah longsor. Wilayah Polewali Mandar memiliki karakteristik morfologi perbukitan dan lereng curam, terutama di daerah seperti Desa Ratte dan Taramanu Tua. Karakteristik ini menjadikan sebagian besar kawasan yang potensial secara agronomis juga memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap gerakan tanah, sehingga memerlukan perhatian khusus dalam proses perencanaan kawasan transmigrasi.

Dalam konteks regulasi, Peraturan Menteri Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi (Permendes PDTT) Nomor 2 Tahun 2016 tentang Pembangunan Kawasan Transmigrasi menyebutkan bahwa lokasi transmigrasi harus mempertimbangkan kelayakan biofisik, sosial, dan keamanan dari bencana. Namun, dalam implementasinya, evaluasi terhadap ancaman bencana, khususnya tanah longsor, masih sering bersifat administratif dan belum berbasis kajian teknis yang komprehensif. Hal ini menyebabkan adanya kawasan transmigrasi yang dikembangkan di zona rawan bencana.

Sesuai dengan Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012 tentang *Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*, analisis risiko bencana seharusnya menjadi bagian integral dalam setiap proses perencanaan pembangunan kawasan, termasuk transmigrasi. Pengkajian tersebut mencakup tiga komponen utama, yaitu bahaya (hazard), kerentanan (vulnerability), dan kapasitas (capacity). Di wilayah Polewali Mandar, aspek bahaya tanah longsor cukup tinggi, namun kapasitas mitigasi lokal masih rendah akibat keterbatasan sarana, informasi, dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan risiko.

Isu lainnya adalah belum optimalnya integrasi data spasial kebencanaan dalam proses identifikasi dan penetapan lokasi permukiman dan lahan usaha transmigrasi. Padahal, penggunaan data spasial seperti peta rawan bencana, peta geologi, dan peta kemiringan lereng sangat krusial dalam menentukan kelayakan lahan secara fisik. Ketidakhadiran pendekatan geospasial dalam tahapan awal perencanaan menyebabkan adanya lokasi transmigrasi yang berada pada wilayah rawan longsor, seperti yang teridentifikasi di beberapa titik di Desa Ratte.

Dari sisi teknis, kondisi lahan di lokasi transmigrasi yang memiliki kemiringan lebih dari 30% berpotensi tinggi mengalami longsor, terutama jika penggunaan lahannya tidak sesuai dengan daya dukung lahan. Penebangan vegetasi penahan tanah dan pengolahan tanah yang intensif untuk lahan pertanian transmigran tanpa konservasi lereng berpotensi memperparah kondisi kerawanan tersebut. Kementerian ATR/BPN melalui pedoman RTRW menyatakan bahwa lahan dengan kemiringan lebih dari 25% sebaiknya dijadikan kawasan lindung terbatas, bukan untuk pemukiman atau pertanian intensif.

Dari sisi sosial, transmigran sering kali tidak dibekali dengan pengetahuan memadai mengenai kondisi fisik dan risiko bencana di lokasi tujuan. Transmigran berasal dari daerah yang berbeda karakteristik lahannya dan memiliki kebiasaan bertani yang tidak selalu sesuai dengan kondisi topografi baru. Hal ini menjadi isu penting karena rendahnya kesadaran dan kapasitas adaptasi masyarakat terhadap lingkungan rawan longsor dapat meningkatkan risiko dan mempercepat degradasi lahan.

Selain itu, terdapat kesenjangan antara kebijakan pusat dan pelaksanaan di daerah, terutama dalam hal sinkronisasi data dan pelaksanaan mitigasi bencana. Pemerintah pusat mungkin telah menyusun peta dan strategi mitigasi, namun dalam praktiknya pemerintah daerah seringkali mengalami keterbatasan kapasitas teknis maupun anggaran untuk melaksanakan rekomendasi mitigasi, seperti pembangunan terasering, dinding penahan tanah, atau relokasi zona merah longsor.

Aspek kebijakan menjadi isu penting karena belum adanya mekanisme evaluasi risiko secara berkala terhadap lokasi transmigrasi eksisting. Wilayah yang sebelumnya dianggap aman bisa berubah menjadi rawan akibat perubahan penggunaan lahan di sekitarnya, perubahan iklim, atau aktivitas pembangunan lainnya. Oleh karena itu, penerapan sistem pemantauan risiko berbasis spasial yang berkelanjutan menjadi sangat penting dalam menjaga keberlanjutan kawasan transmigrasi.

Strategi mitigasi yang bersifat sektoral dan tidak terintegrasi juga menjadi masalah strategis. Penanganan longsor sering kali hanya menjadi domain instansi teknis seperti BPBD atau Dinas PU, tanpa melibatkan Dinas Transmigrasi, Perencanaan Daerah, atau bahkan komunitas transmigran sendiri. Padahal, mitigasi longsor di kawasan transmigrasi membutuhkan pendekatan lintas sektor yang melibatkan aspek teknis, sosial, kebijakan, dan edukasi berbasis masyarakat.

Dengan mempertimbangkan seluruh isu di atas, sangat jelas bahwa analisis risiko longsor dan penyusunan strategi mitigasi di lokasi transmigrasi di Polewali Mandar bukan hanya penting, tetapi mendesak. Tanpa pendekatan yang komprehensif dan berbasis data, program transmigrasi berisiko menciptakan kerentanan baru bagi masyarakat, alih-alih menjadi solusi pengembangan wilayah. Oleh karena itu, kajian akademik dan teknis seperti ini sangat dibutuhkan untuk memastikan bahwa kawasan transmigrasi tidak hanya layak secara administratif, tetapi juga aman dan berkelanjutan secara ekologis dan sosial.

2.2 Studi Empirik Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai mitigasi tanah longsor telah menjadi perhatian di berbagai negara, terutama yang memiliki karakteristik geologis dan topografi yang kompleks. Dai et al. (2020) dalam studi mereka di Tiongkok memetakan zona rawan longsor menggunakan integrasi data geospasial dan machine learning, dan menyimpulkan bahwa faktor seperti kemiringan lereng, curah hujan, dan jenis tanah sangat menentukan risiko bencana. Senada, Chen et al. (2021) mengembangkan model prediksi berbasis GIS dan *Artificial Neural Network* untuk daerah perbukitan di Taiwan, yang mampu meningkatkan akurasi dalam perencanaan ruang yang aman. Di Nepal, Devkota et al. (2022) menerapkan metode statistik dan GIS dalam pemetaan risiko longsor, dan menekankan pentingnya verifikasi lapangan untuk meningkatkan reliabilitas hasil pemodelan.

Sementara itu, dalam konteks kawasan permukiman dan pembangunan berbasis transmigrasi atau relokasi penduduk, beberapa studi internasional menunjukkan bahwa pemilihan lokasi tanpa kajian risiko bencana dapat menimbulkan kerentanan baru. Ardalan et al. (2019) meneliti efektivitas relokasi pascabencana di Iran dan menemukan bahwa lokasi yang dipilih tanpa mempertimbangkan potensi bencana sekunder justru menyebabkan pengulangan risiko. Di Bangladesh, Roy et al. (2020) menganalisis penempatan komunitas nelayan di daerah rawan erosi dan menunjukkan pentingnya pemetaan spasial sebagai alat mitigasi struktural dan non-struktural.

Di sisi lain, penelitian oleh Saha et al. (2021) dan Mandal et al. (2023) menekankan integrasi analisis topografi, jenis tanah, dan penggunaan lahan dalam pemodelan bahaya longsor untuk mendukung pengambilan keputusan perencanaan pembangunan. Dalam konteks tropis, Misra et al. (2020) meneliti hubungan antara tata guna lahan pertanian di lereng curam dan peningkatan kejadian longsor di India. Penelitian ini merekomendasikan perlunya pendekatan konservasi lahan sebagai bagian dari mitigasi. Zhang et al. (2021) mengusulkan *framework* penilaian risiko berbasis kapasitas adaptif masyarakat lokal untuk memperkuat ketahanan kawasan permukiman di wilayah rawan bencana.

Penelitian internasional lainnya oleh Li et al. (2019) menunjukkan bahwa pengetahuan lokal dan partisipasi masyarakat memiliki peran besar dalam mengurangi kerentanan terhadap bencana tanah longsor. Sejalan dengan itu, Alim et al. (2022) menyampaikan bahwa pendekatan mitigasi berbasis masyarakat (*community-based disaster risk reduction*) menjadi pendekatan yang efektif ketika dikombinasikan dengan data spasial dalam menentukan zona aman permukiman dan lahan usaha.

Di Indonesia, beberapa penelitian nasional juga telah membahas mitigasi bencana tanah longsor dan relevansinya terhadap perencanaan ruang. Penelitian oleh Kusratmoko (2017) menggunakan teknik analisis spasial untuk memetakan kerentanan longsor di Kabupaten Sumedang dan menunjukkan bahwa integrasi faktor geologi, lereng, dan curah hujan dapat memprediksi area rawan dengan baik. Yulianti & Hadi (2019) membahas bagaimana penempatan kawasan transmigrasi seringkali tidak mempertimbangkan ancaman bencana, dan menyarankan adanya sinergi antara kebijakan tata ruang dan mitigasi bencana. Penelitian oleh Saputra et al. (2020) mengembangkan model multi-kriteria berbasis GIS untuk menilai kerawanan longsor di daerah pedesaan dan menyarankan integrasi model tersebut dalam proses perencanaan lahan.

Studi dari Satriawan dan Widiatmaka (2021) menekankan pentingnya kearifan lokal dan partisipasi masyarakat dalam mitigasi bencana longsor, terutama di daerah dengan struktur sosial yang kuat seperti komunitas transmigrasi. Sementara itu, penelitian dari Widodo et al. (2018) mengkaji kegagalan lokasi permukiman relokasi pascaerupsi Merapi dan menyatakan bahwa faktor geologi harus menjadi komponen utama dalam analisis lokasi permukiman baru.

Meskipun berbagai penelitian di atas telah mengembangkan model risiko longsor berbasis spasial dan membahas perencanaan kawasan rawan bencana, namun terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) yang belum banyak diangkat, yakni integrasi antara analisis risiko longsor dengan penyediaan lahan transmigrasi secara spesifik di tingkat desa dalam konteks kebijakan nasional di Indonesia. Belum banyak kajian yang memadukan aspek geologi, topografi, penggunaan lahan, serta hambatan sosial dan kebijakan secara simultan dalam konteks wilayah transmigrasi yang nyata dan sedang berkembang seperti di Kabupaten Polewali Mandar.

Dengan demikian, penelitian ini menawarkan *novelty* berupa pendekatan integratif yang menggabungkan analisis spasial risiko longsor, kajian sosial kelembagaan, serta rumusan strategi mitigasi yang aplikatif dan berbasis lokal dalam konteks transmigrasi di daerah rawan bencana. Penelitian ini juga menempatkan dua desa—Ratte dan Taramanu Tua—sebagai studi kasus empirik, sehingga hasil kajiannya dapat digunakan untuk menyusun kebijakan penentuan lokasi transmigrasi yang lebih aman, adaptif, dan berkelanjutan di masa depan.

2.3 Identifikasi Ketersediaan Lokasi Permukiman dan Lahan Usaha Transmigrasi yang Aman dari Longsor

Proyek transmigrasi yang dilaksanakan oleh pemerintah Indonesia bertujuan untuk mengurangi tekanan penduduk di Pulau Jawa dan memperluas pembangunan di wilayah luar Jawa, khususnya di kawasan-kawasan perbukitan atau daerah yang belum banyak terjamah pembangunan. Namun, salah satu tantangan terbesar dalam perencanaan transmigrasi adalah pemilihan lokasi yang aman bagi permukiman dan lahan usaha transmigrasi, khususnya yang terletak di daerah rawan bencana alam seperti longsor. Longsor sering terjadi di daerah-daerah yang memiliki topografi berbukit, curah hujan tinggi, serta pola penggunaan lahan yang tidak sesuai. Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis yang mendalam dan cermat dalam mengidentifikasi lokasi-lokasi yang aman dari potensi longsor dan cocok untuk permukiman serta pengembangan lahan usaha transmigrasi.

Longsor dapat menyebabkan kerusakan infrastruktur yang parah, merusak lahan pertanian, dan bahkan menimbulkan korban jiwa. Fenomena ini sering terjadi di daerah dengan kemiringan tanah yang curam, sistem drainase yang buruk, dan penggunaan lahan yang tidak memperhatikan prinsip konservasi. Oleh karena itu, pengidentifikasian lokasi permukiman dan lahan usaha transmigrasi yang aman dari longsor sangat penting untuk meminimalkan risiko kerugian. Identifikasi ini tidak hanya melibatkan penilaian terhadap faktor fisik lahan, tetapi juga harus mempertimbangkan faktor sosial, budaya, dan

ekonomi yang mempengaruhi kemampuan masyarakat untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ada.

Proses identifikasi lokasi yang aman dari longsor membutuhkan pendekatan yang komprehensif, yang meliputi pengumpulan dan analisis data fisik dan sosial. Berikut adalah beberapa teknik yang dapat digunakan dalam proses identifikasi lokasi transmigrasi yang aman dari bencana longsor:

1. **Pemetaan Kerawanan Longsor:** Pemetaan kerawanan longsor menggunakan *Geographic Information System* (GIS) atau Sistem Informasi Geografis dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai lokasi-lokasi yang rawan longsor. Dalam pemetaan ini, peta kerawanan longsor akan dihasilkan berdasarkan berbagai parameter, seperti kemiringan tanah, jenis tanah, curah hujan, dan pola drainase. Misalnya, wilayah dengan kemiringan lebih dari 30% akan memiliki tingkat kerentanannya terhadap longsor yang lebih tinggi. Penggunaan teknologi GIS memungkinkan analisis yang lebih mendalam dan lebih cepat dalam menentukan kawasan mana saja yang harus dihindari untuk pembangunan permukiman dan lahan usaha transmigrasi.
2. **Survei Lapangan:** Selain pemetaan kerawanan longsor, survei lapangan juga perlu dilakukan untuk memastikan kondisi fisik lahan secara langsung. Survei ini bertujuan untuk memverifikasi hasil pemetaan dan mengidentifikasi faktor-faktor yang mungkin belum terakomodasi dalam data sekunder. Pada survei lapangan, faktor-faktor lain yang perlu diperhatikan termasuk kondisi drainase alami, kualitas tanah, serta potensi erosi yang dapat mempengaruhi kestabilan tanah. Survei ini juga penting untuk menilai tingkat kematangan tanah dan kelayakannya untuk kegiatan pertanian.
3. **Analisis Kemiringan Tanah dan Struktur Geologi:** Salah satu faktor utama yang mempengaruhi kerentanannya terhadap longsor adalah kemiringan tanah. Tanah yang curam lebih rentan terhadap pergerakan tanah, terutama jika kondisi tanahnya lembab atau jika ada perubahan dalam pola vegetasi. Oleh karena itu, melakukan analisis terhadap kemiringan tanah dan struktur geologi kawasan transmigrasi sangat penting untuk memastikan stabilitas tanah. Teknik seperti *slope analysis* atau analisis kemiringan dapat digunakan untuk menentukan kawasan mana yang memiliki kemiringan tanah yang aman bagi permukiman dan pertanian.
4. **Studi Cuaca dan Curah Hujan:** Curah hujan yang tinggi dapat menjadi salah satu faktor pemicu utama longsor, terutama di daerah dengan sistem drainase yang buruk. Oleh karena itu, melakukan studi cuaca jangka panjang untuk memprediksi pola curah hujan di wilayah transmigrasi sangatlah penting. Data curah hujan ini dapat digunakan untuk menentukan wilayah yang memiliki potensi besar terjadinya longsor selama musim hujan. Analisis cuaca juga dapat mencakup pola perubahan iklim yang dapat mempengaruhi intensitas hujan di masa depan.

Pemetaan Kerawanan Longsor: Pemetaan kerawanan longsor menggunakan *Geographic Information System* (GIS) atau Sistem Informasi Geografis dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai lokasi-lokasi yang rawan longsor. Dalam pemetaan ini, peta kerawanan longsor akan dihasilkan berdasarkan berbagai parameter, seperti kemiringan tanah, jenis tanah, curah hujan, dan pola drainase. Misalnya, wilayah dengan kemiringan lebih dari 30% akan memiliki tingkat kerentanannya terhadap longsor yang lebih tinggi. Penggunaan teknologi GIS memungkinkan analisis yang lebih mendalam dan lebih cepat dalam menentukan kawasan mana saja yang harus dihindari untuk pembangunan permukiman dan lahan usaha transmigrasi.

Pemilihan lokasi yang aman untuk transmigrasi tidak hanya melibatkan analisis risiko bencana alam, tetapi juga perlu mempertimbangkan faktor-faktor lain yang terkait dengan kenyamanan dan keberlanjutan kehidupan masyarakat transmigrasi. Beberapa kriteria yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi transmigrasi yang aman antara lain:

1. **Kemiringan Tanah:** Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, lokasi dengan kemiringan tanah yang terlalu curam lebih rentan terhadap longsor. Idealnya, lokasi yang aman untuk permukiman dan lahan usaha transmigrasi adalah area dengan kemiringan tanah tidak lebih dari 15-20%. Tanah

datar atau landai lebih cocok untuk kegiatan pertanian, serta lebih aman bagi pembangunan permukiman.

2. Jenis Tanah: Jenis tanah juga mempengaruhi stabilitas tanah dan potensi longsor. Tanah yang memiliki daya serap air yang tinggi, seperti tanah berpasir, lebih stabil daripada tanah lempung yang memiliki daya serap air rendah. Tanah yang memiliki komposisi campuran antara pasir dan lempung biasanya lebih baik untuk pertanian dan lebih tahan terhadap longsor. Oleh karena itu, identifikasi jenis tanah menjadi kriteria penting dalam pemilihan lokasi transmigrasi.
3. Sistem Drainase Alami: Lokasi yang memiliki sistem drainase alami yang baik, seperti sungai atau saluran air yang tidak mudah tersumbat, lebih aman untuk permukiman dan lahan usaha transmigrasi. Drainase yang buruk dapat menyebabkan penumpukan air yang dapat memicu longsor. Oleh karena itu, memilih lokasi dengan sistem drainase alami yang terjaga adalah hal yang sangat penting.
4. Aksesibilitas dan Infrastruktur: Selain faktor alam, aksesibilitas juga merupakan kriteria yang penting dalam pemilihan lokasi transmigrasi. Lokasi yang sulit dijangkau, misalnya karena kurangnya infrastruktur transportasi, akan menyulitkan distribusi barang dan jasa, serta pelayanan publik. Ketersediaan akses jalan yang baik juga mempengaruhi pengiriman bantuan jika terjadi bencana. Oleh karena itu, pemilihan lokasi transmigrasi yang mudah dijangkau dan dekat dengan infrastruktur dasar menjadi faktor penting yang harus dipertimbangkan.
5. Keberlanjutan Sosial dan Ekonomi: Pemilihan lokasi transmigrasi juga harus mempertimbangkan keberlanjutan sosial dan ekonomi. Masyarakat transmigrasi perlu memiliki akses terhadap lahan yang produktif untuk kegiatan pertanian atau perkebunan, serta sumber daya alam yang cukup untuk mendukung kebutuhan hidup mereka. Oleh karena itu, lokasi yang dipilih harus memiliki potensi ekonomi yang baik, seperti ketersediaan lahan subur yang dapat digunakan untuk usaha pertanian atau perkebunan.

Mitigasi bencana yang baik dapat mengurangi risiko terjadinya longsor di daerah yang rawan bencana. Oleh karena itu, dalam proses identifikasi lokasi transmigrasi, harus dipertimbangkan upaya mitigasi yang dapat dilakukan di wilayah tersebut. Misalnya, program penghijauan dan penanaman pohon penahan tanah, serta pembuatan saluran drainase yang baik, dapat mengurangi potensi erosi yang menjadi salah satu penyebab longsor. Selain itu, pola penggunaan lahan yang ramah lingkungan juga harus diperkenalkan agar tanah tidak cepat terdegradasi.

Agar lokasi transmigrasi dapat berfungsi dengan baik dalam jangka panjang, rencana tata ruang wilayah (RTRW) harus memperhatikan potensi kerawanan bencana, termasuk longsor. Lokasi yang dipilih harus sesuai dengan rencana tata ruang yang telah ditetapkan oleh pemerintah daerah, yang mempertimbangkan faktor-faktor lingkungan dan sosial yang mempengaruhi keberlanjutan pembangunan. Implementasi RTRW yang tepat dapat membantu mengurangi kerusakan lingkungan dan kerentanannya terhadap bencana. Oleh karena itu, penelitian ini merupakan serangkaian penelitian yang dapat digunakan sebagai salah satu pedoman dan masukan untuk menentukan lokasi atau daerah transmigrasi, khususnya lokasi yang bebas bencana longsor.

2.4 Faktor Fisik yang Mempengaruhi Pemilihan Lokasi Transmigrasi yang Aman dari Longsor

Pemilihan lokasi transmigrasi yang aman dari bencana longsor bukan hanya mempertimbangkan faktor sosial atau ekonomi, tetapi juga sangat bergantung pada kondisi fisik lahan itu sendiri. Faktor-faktor fisik yang mempengaruhi kestabilan tanah dan kerentanannya terhadap longsor harus dianalisis secara menyeluruh. Di antara berbagai faktor yang dapat menyebabkan atau memperburuk bencana longsor, beberapa faktor utama yang perlu dipertimbangkan adalah kemiringan tanah, jenis tanah, tekstur dan struktur tanah, serta sistem drainase alami yang ada di kawasan tersebut.

Kemiringan tanah atau topografi merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kerentanannya terhadap longsor. Semakin curam suatu lereng atau kemiringan tanah, semakin besar potensi terjadinya longsor, terutama di daerah dengan curah hujan yang tinggi atau pergerakan tanah yang cepat. Tanah di area yang curam lebih mudah tererosi dan cenderung kehilangan kestabilannya, terutama jika tidak ada penahanan yang memadai, seperti vegetasi atau penanaman pohon.

1. Kemiringan Ideal untuk Permukiman: Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di berbagai daerah rawan longsor, kemiringan tanah ideal untuk permukiman dan lahan usaha transmigrasi adalah antara 5% hingga 15%. Pada rentang kemiringan ini, tanah masih cukup stabil untuk kegiatan pertanian dan pembangunan permukiman. Tanah dengan kemiringan lebih dari 30% umumnya tidak disarankan untuk dijadikan lokasi permukiman atau pertanian karena tingkat kerentanannya terhadap longsor sangat tinggi.
2. Pengaruh Kemiringan Terhadap Longsor: Ketika kemiringan lebih besar dari 25-30%, proses *mass wasting* atau pergerakan massa tanah cenderung lebih cepat terjadi. Longsor atau tanah longsor sering dipicu oleh curah hujan yang tinggi, yang memperberat beban tanah di daerah yang memiliki kemiringan curam. Dalam hal ini, analisis *slope stability* atau kestabilan lereng sangat penting untuk menilai apakah suatu lokasi layak untuk pembangunan.

Jenis tanah memiliki pengaruh yang signifikan terhadap potensi longsor di suatu daerah. Tanah dengan tekstur atau komposisi tertentu dapat lebih mudah mengalami erosi atau pengikisan, yang pada gilirannya dapat meningkatkan potensi longsor. Tanah yang berjenis lempung, misalnya, memiliki daya serap air yang rendah, sehingga lebih rentan terhadap peluncuran massal pada musim hujan. Di sisi lain, tanah berpasir memiliki kapasitas drainase yang lebih baik, sehingga cenderung lebih stabil.

1. Tanah Lempung: Tanah dengan kandungan lempung tinggi cenderung memiliki kohesi atau daya ikat antarpartikel yang kuat. Namun, saat tanah lempung jenuh air, sifatnya menjadi lebih lunak dan mudah bergerak. Oleh karena itu, di daerah dengan tanah lempung, penting untuk memperhatikan pengelolaan drainase dan penerapan teknik konservasi tanah.
2. Tanah Pasir: Tanah dengan komposisi pasir lebih stabil, terutama pada kemiringan yang lebih tinggi, karena memiliki daya serap air yang lebih baik. Tanah ini juga lebih baik dalam mendukung pembangunan infrastruktur yang stabil. Namun, tanah berpasir bisa lebih mudah mengalami erosi jika tidak ada penanaman vegetasi atau penutup tanah yang cukup.
3. Tanah Liat dan Tanah Organik: Jenis tanah lainnya seperti tanah liat dan tanah organik memiliki karakteristik yang lebih mudah tergerus oleh air. Tanah liat memiliki kemampuan menahan air lebih lama, yang dapat menyebabkan permukaan tanah menjadi tergerus. Tanah organik, meskipun subur, lebih rentan terhadap erosi jika tidak dikelola dengan baik.

Selain jenis tanah, tekstur dan struktur tanah juga sangat mempengaruhi kestabilan tanah dalam menghadapi longsor. Struktur tanah merujuk pada cara butiran-butiran tanah terorganisir atau saling berikatan, sementara tekstur tanah mengacu pada ukuran butiran tanah itu sendiri (pasir, debu, atau lempung). Tanah dengan struktur yang rapuh atau butiran yang sangat halus lebih rentan terhadap pengikisan dan longsor.

1. Struktur Tanah yang Tepat untuk Pertanian: Struktur tanah yang baik adalah struktur tanah yang memiliki pori-pori yang cukup untuk memungkinkan udara dan air bergerak melalui tanah. Tanah yang terlalu padat atau padat cenderung menghambat infiltrasi air dan meningkatkan kerentanannya terhadap erosi. Oleh karena itu, tanah yang memiliki struktur granuler atau berpori lebih ideal untuk transmigrasi, terutama dalam kegiatan pertanian.
2. Tekstur Tanah dan Kestabilan Lereng: Tanah bertekstur halus, seperti lempung dan lanau, lebih mudah mengalami pengikisan dan pergeseran karena tidak mampu menahan banyak air, sedangkan tanah bertekstur kasar, seperti pasir dan kerikil, lebih stabil. Namun, tanah kasar juga cenderung lebih kering dan kurang subur, sehingga pengelolaan kelembapan menjadi tantangan tersendiri.

Sistem drainase tanah memegang peranan penting dalam mencegah terjadinya longsor. Drainase yang buruk, terutama di kawasan perbukitan, dapat menyebabkan penumpukan air di permukaan tanah, yang akan memperberat massa tanah dan memicu pergerakan tanah. Oleh karena itu, lokasi transmigrasi harus memiliki sistem drainase alami yang baik atau harus dilengkapi dengan sistem drainase buatan.

1. Drainase Alami: Tanah yang memiliki sistem drainase alami yang baik cenderung lebih stabil. Kawasan dengan drainase alami yang lancar, seperti kawasan dengan kontur yang dapat mengalirkan air hujan dengan baik, lebih aman dari ancaman longsor. Drainase yang efektif dapat mencegah penumpukan air yang memperberat tanah di area lereng.
2. Drainase yang Buruk: Sebaliknya, lokasi dengan drainase yang buruk lebih rentan terhadap terjadinya longsor. Air yang tidak dapat meresap dengan baik ke dalam tanah dapat mengalir di permukaan dan mengikis lapisan tanah yang lebih atas, yang menyebabkan tanah menjadi tidak stabil. Oleh karena itu, kawasan dengan drainase buruk harus diperbaiki dengan teknik drainase buatan agar aman untuk permukiman dan usaha transmigrasi.

Vegetasi yang ada di suatu kawasan mempengaruhi stabilitas tanah. Akar-akar tanaman dapat mengikat partikel tanah dan mencegah erosi, sehingga tanah lebih tahan terhadap pergeseran atau longsor. Di daerah perbukitan atau lereng, penting untuk mempertimbangkan jenis vegetasi yang ada, karena tanaman yang memiliki akar yang kuat dapat berfungsi sebagai penahan tanah.

1. Penghijauan dan Konservasi Tanah: Penghijauan yang baik dengan tanaman yang memiliki akar yang dalam dapat memperkuat stabilitas tanah. Tanaman seperti pohon keras, bambu, dan rumput yang tumbuh di permukaan tanah dapat mengurangi erosi dan menstabilkan tanah.
2. Kebijakan Pengelolaan Vegetasi: Pemerintah dan masyarakat transmigrasi harus bekerja sama untuk memastikan bahwa kawasan yang digunakan untuk transmigrasi tidak kehilangan vegetasi yang penting. Di kawasan yang rawan longsor, upaya penghijauan dan penanaman tanaman penahan tanah sangat penting untuk mengurangi risiko bencana alam.

Curah hujan yang tinggi adalah salah satu faktor pemicu utama longsor. Wilayah transmigrasi harus dipilih dengan memperhatikan pola curah hujan di wilayah tersebut. Kawasan yang memiliki musim hujan panjang dengan intensitas curah hujan tinggi berisiko lebih besar terhadap longsor, terutama jika drainase dan vegetasi tidak memadai.

1. Pola Curah Hujan Tahunan: Analisis curah hujan tahunan untuk suatu wilayah dapat memberikan gambaran mengenai potensi longsor di musim hujan. Lokasi transmigrasi sebaiknya berada di wilayah yang tidak terpapar hujan ekstrem selama musim hujan.
2. Perubahan Iklim: Perubahan iklim global dapat mempengaruhi pola curah hujan yang lebih ekstrem di masa depan. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pemantauan dan analisis tren perubahan iklim untuk memastikan bahwa kawasan yang dipilih tidak hanya aman pada saat ini, tetapi juga aman di masa depan.

2.5 Penerapan Mitigasi Bencana untuk Mengurangi Risiko Longsor di Kawasan Transmigrasi

Penerapan mitigasi bencana sangat penting dalam mengurangi risiko longsor, khususnya di kawasan transmigrasi yang terletak di daerah lereng atau kawasan perbukitan yang rawan terhadap pergerakan tanah. Mitigasi bencana berfokus pada upaya untuk mengurangi dampak dari bencana tersebut, baik sebelum, selama, maupun setelah kejadian longsor. Di kawasan transmigrasi, penerapan mitigasi bencana mencakup berbagai strategi yang berfokus pada perbaikan struktur tanah, pengelolaan air, penghijauan, serta pengawasan dan pemeliharaan yang berkelanjutan. Secara keseluruhan, mitigasi bencana dapat dilakukan dalam dua bentuk utama: mitigasi struktural dan mitigasi non-struktural.

Mitigasi struktural mencakup pembangunan infrastruktur penahan tanah, seperti dinding penahan tanah (*retaining walls*), saluran drainase yang efisien, serta terasering pada lahan yang terjal untuk

mengurangi erosi tanah. Terasering, misalnya, tidak hanya mengurangi laju erosi, tetapi juga memperlambat aliran air hujan yang dapat membawa tanah, sehingga mengurangi potensi longsor. Selain itu, pembuatan kanal drainase yang baik, terutama pada daerah yang rawan genangan air, sangat penting untuk mengurangi akumulasi air yang dapat memperberat massa tanah di kawasan lereng.

Mitigasi non-struktural melibatkan upaya pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan, seperti penghijauan atau penanaman vegetasi penahan tanah yang dapat mengikat tanah dengan kuat. Tanaman seperti pohon keras, bambu, dan rerumputan yang memiliki akar yang dalam dapat memperbaiki struktur tanah dan mencegah pergerakan tanah yang berbahaya. Selain itu, kebijakan dan program pelatihan bagi masyarakat transmigrasi tentang cara-cara aman untuk bertani di daerah rawan longsor, serta tentang pentingnya menjaga kelestarian alam, sangat penting untuk menciptakan kesadaran mitigasi di tingkat lokal. Pengelolaan hutan yang baik dan program penghijauan dapat sangat mengurangi dampak bencana longsor, dengan memanfaatkan potensi vegetasi sebagai alat alami untuk menahan pergerakan tanah.

2.6 Penggunaan Teknologi Pemetaan dan Analisis Spasial dalam Menentukan Lokasi Transmigrasi yang Aman

Penggunaan teknologi pemetaan dan analisis spasial memainkan peran yang sangat penting dalam menentukan lokasi transmigrasi yang aman dari risiko bencana, termasuk longsor. Dalam teknologi pemetaan berbasis sistem informasi geografis (*Geographic Information System*, GIS) sangat efektif untuk memetakan berbagai variabel fisik yang mempengaruhi potensi longsor, seperti kemiringan tanah, jenis tanah, sistem drainase, serta distribusi curah hujan dan vegetasi. GIS memungkinkan pemangku kepentingan, seperti pemerintah dan perencana kota, untuk melakukan analisis spasial yang mendalam, mengidentifikasi wilayah yang paling rentan terhadap longsor, serta memilih lokasi yang paling tepat dan aman untuk transmigrasi.

Salah satu aplikasi utama dari teknologi ini adalah dengan melakukan *overlay* peta, yang menggabungkan berbagai informasi geospasial menjadi satu peta komposit yang jelas menunjukkan area yang paling rentan terhadap longsor. Pemetaan ini dapat mencakup peta kemiringan tanah, peta jenis tanah, serta peta curah hujan. Dengan menggunakan analisis spasial, para perencana dapat menghasilkan peta kesesuaian lahan (*land suitability*) yang menunjukkan kawasan-kawasan yang aman dan cocok untuk dijadikan lokasi permukiman dan lahan pertanian transmigrasi. Teknik ini memungkinkan penilaian yang lebih objektif dan berbasis data untuk memilih lokasi yang paling aman.

Selain itu, teknologi pemetaan dapat membantu dalam perencanaan pengelolaan sumber daya alam, seperti pemetaan potensi lahan yang bisa dikembangkan menjadi lahan pertanian. Dengan analisis spasial, dapat pula dilakukan simulasi terhadap berbagai skenario perubahan kondisi fisik kawasan transmigrasi, seperti perubahan curah hujan atau konversi lahan, untuk melihat dampaknya terhadap risiko longsor. Pemetaan ini juga dapat digunakan untuk merencanakan jalur infrastruktur, akses jalan, serta pengelolaan sistem drainase yang lebih baik, sehingga meminimalisir kemungkinan terjadinya bencana di masa depan.

2.7 Rekomendasi Pola Budidaya untuk Mengurangi Kerentanannya Terhadap Longsor di Kawasan Transmigrasi

Pola budidaya yang diterapkan di kawasan transmigrasi memiliki pengaruh yang besar terhadap kerentanannya terhadap longsor. Dalam pola budidaya yang berkelanjutan dan ramah lingkungan sangat diperlukan untuk menurunkan risiko erosi dan longsor di daerah rawan bencana. Salah satu pendekatan yang bisa diterapkan adalah sistem pertanian agroforestri, di mana tanaman keras (seperti pohon penahan tanah) dipadukan dengan tanaman pertanian, seperti sayuran atau buah-buahan. Sistem ini tidak hanya

akan meningkatkan kestabilan tanah, tetapi juga dapat meningkatkan produktivitas pertanian dan memberikan manfaat ekonomi yang lebih berkelanjutan bagi masyarakat transmigrasi.

Agroforestri memiliki banyak keunggulan dalam mitigasi longsor, karena pohon-pohon dengan akar yang dalam dapat menahan tanah dari erosi. Selain itu, sistem ini juga memungkinkan pemanfaatan lahan yang lebih efisien dan meningkatkan keberagaman komoditas yang dapat diproduksi. Di kawasan transmigrasi, terutama yang terletak di lereng bukit atau kawasan perbukitan, pemilihan tanaman penahan tanah yang tepat sangat penting. Beberapa jenis tanaman yang direkomendasikan untuk digunakan sebagai penahan tanah antara lain pohon alpukat, kopi, serta berbagai jenis tanaman keras yang dapat tumbuh dengan baik di daerah beriklim tropis.

Selain agroforestri, penerapan sistem pertanian terasering juga sangat efektif dalam mengurangi risiko longsor. Terasering adalah teknik pertanian di lereng bukit yang bertujuan untuk mengurangi kemiringan tanah dan memperlambat aliran air hujan. Dengan membangun teras atau level-level tanam di sepanjang lereng, aliran air akan terhambat dan terdistribusi secara merata, mengurangi potensi tanah bergerak dan longsor. Terasering juga membantu dalam mengurangi kecepatan air hujan yang bisa membawa tanah, serta mempermudah pengelolaan irigasi dan pemupukan.

Selain itu, penggunaan teknik pertanian konservasi tanah lainnya, seperti penanaman rumput penutup tanah dan penerapan sistem pertanian tanpa olah tanah (*no-till farming*), dapat membantu mempertahankan kelembapan tanah dan mengurangi erosi permukaan. Dengan menerapkan pola budidaya yang ramah lingkungan dan berbasis konservasi, masyarakat transmigrasi tidak hanya dapat mengurangi risiko longsor, tetapi juga menjaga kelestarian lingkungan untuk generasi mendatang. Penerapan pola budidaya ini membutuhkan keterlibatan aktif dari masyarakat dan pelatihan yang intensif mengenai teknik-teknik pertanian yang ramah lingkungan, yang dapat dilakukan melalui program-program pemberdayaan masyarakat dan pelatihan berbasis komunitas.

2.8 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat, yang secara geografis terletak di bagian barat Pulau Sulawesi dan memiliki topografi yang sangat bervariasi, mulai dari dataran rendah pesisir hingga wilayah perbukitan dan pegunungan di bagian tengah dan timur. Lokasi studi difokuskan pada dua desa, yaitu Desa Ratte dan Desa Taramanu Tua, yang keduanya merupakan wilayah yang telah ditetapkan sebagai kawasan transmigrasi oleh pemerintah daerah dan memiliki potensi pengembangan permukiman dan lahan usaha.

Desa Ratte secara administratif terletak di Kecamatan Bulu. Wilayah ini didominasi oleh lereng-lereng perbukitan dengan ketinggian antara 150 hingga 700 meter di atas permukaan laut (mdpl), serta memiliki kemiringan lereng yang cukup curam, yakni lebih dari 25%. Jenis tanah di wilayah ini umumnya bertekstur lempung berpasir, dengan tingkat kohesi rendah, yang menjadikannya rentan terhadap proses pelapukan dan gerakan tanah saat curah hujan tinggi. Vegetasi dominan berupa hutan sekunder dan semak belukar, namun dalam beberapa tahun terakhir mulai dibuka untuk aktivitas pertanian oleh penduduk lokal dan transmigran.

Sementara itu, Desa Taramanu Tua berada di Kecamatan Tapango, berjarak sekitar 20 km dari pusat pemerintahan kabupaten. Topografi wilayah ini juga didominasi oleh perbukitan, dengan lereng terjal dan drainase alami yang relatif buruk. Lahan di desa ini digunakan sebagai lokasi permukiman transmigrasi dan lahan usaha pertanian seperti tanaman jagung, singkong, dan kakao. Permukaan tanah yang terbuka akibat deforestasi dan pengolahan lahan tanpa teknik konservasi menjadi faktor utama yang mempertinggi kerentanan longsor di desa ini.

Berdasarkan data curah hujan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), wilayah Polewali Mandar memiliki intensitas hujan tinggi, khususnya pada bulan Desember hingga April, dengan rata-rata >250 mm/bulan. Kondisi ini semakin memperbesar potensi terjadinya tanah longsor, terutama di

wilayah transmigrasi yang tidak dilengkapi dengan sistem drainase dan penguatan lereng yang memadai. Selain itu, minimnya pemahaman masyarakat terhadap kondisi biofisik lahan memperburuk potensi bencana.

Dalam konteks kebijakan, wilayah Desa Ratte dan Taramanu Tua telah masuk dalam prioritas pengembangan transmigrasi berdasarkan Rencana Induk Transmigrasi (RIT) daerah. Namun, dokumen tersebut belum sepenuhnya mengintegrasikan data risiko bencana geologi, sebagaimana yang disarankan oleh Perka BNPB No. 2 Tahun 2012 tentang Pengkajian Risiko Bencana. Peta rawan bencana longsor yang dikeluarkan oleh BNPB dan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) menunjukkan bahwa kedua desa berada dalam zona sedang hingga tinggi risiko longsor, namun belum menjadi pertimbangan utama dalam penetapan lokasi transmigrasi secara teknis.

Hasil observasi dan survei lapangan menunjukkan bahwa beberapa unit permukiman transmigrasi yang sudah dibangun menunjukkan gejala awal instabilitas lahan seperti retakan tanah, kemiringan struktur rumah yang tidak merata, dan erosi permukaan yang intens. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pemilihan lokasi transmigrasi belum mempertimbangkan analisis geoteknis yang menyeluruh. Di sisi lain, masyarakat lokal dan transmigran menyampaikan kekhawatiran terhadap kondisi lahan, terutama saat musim hujan, yang kerap menyebabkan material longsor menutupi akses jalan dan mengancam lahan pertanian mereka.

Pembahasan lokasi penelitian ini menggarisbawahi urgensi penerapan pendekatan mitigasi bencana dalam perencanaan dan pengelolaan lahan transmigrasi. Dengan mempertimbangkan karakteristik biofisik dan sosial-ekonomi masyarakat, perumusan strategi mitigasi yang tepat menjadi sangat penting untuk mendukung keberlanjutan kawasan transmigrasi. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya relevan secara ilmiah, tetapi juga memberikan kontribusi praktis dalam penyusunan kebijakan penentuan lokasi transmigrasi yang aman dan berkelanjutan di Kabupaten Polewali Mandar. Tabel 2.1 dan Gambar 2.1. masing-masing memperlihatkan karakteristik fisik dan sosial wilayah penelitian dan peta administrasi lokasi penelitian.

Berdasarkan hasil *overlay* dan interpretasi data spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG), wilayah Desa Ratte dan Desa Taramanu Tua termasuk dalam kategori rawan longsor sedang hingga sangat tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh kombinasi faktor kemiringan lereng yang curam ($>25\%$), jenis tanah lempung berpasir yang memiliki permeabilitas sedang hingga tinggi, serta tingginya intensitas curah hujan tahunan (>2.500 mm/tahun).

Secara keseluruhan, Desa Ratte memiliki luas sekitar ± 1.845 hektare dengan ketinggian wilayah yang bervariasi antara 150 hingga 700 mdpl. Wilayah ini merupakan lokasi transmigrasi yang telah dihuni sejak tahun 2015 dengan jumlah kepala keluarga transmigran sebanyak ± 125 KK. Sebagian besar lahan transmigrasi digunakan untuk pertanian lahan kering (jagung, kakao, singkong). Di lapangan ditemukan indikasi awal longsor seperti retakan tanah dan tanah ambles pada area lereng yang dibuka untuk pertanian tanpa konservasi.

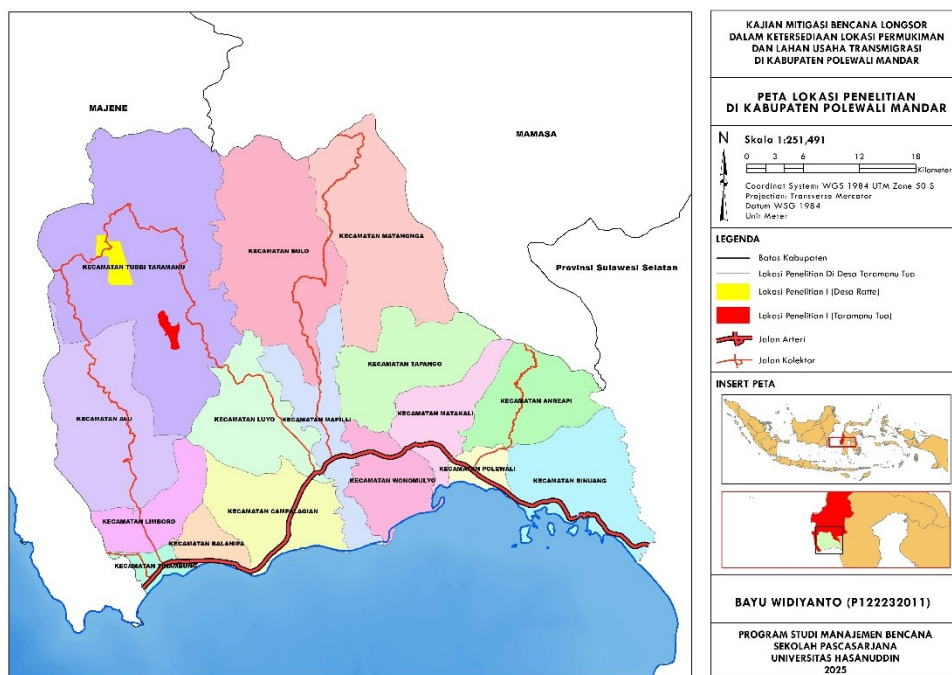
Desa Taramanu Tua memiliki cakupan wilayah lebih luas, yakni sekitar ± 1.960 hektare, dengan ketinggian rata-rata antara 200 hingga 750 mdpl. Desa ini mulai menerima transmigran sejak tahun 2016 dan saat ini dihuni oleh ± 142 KK transmigran. Lereng yang lebih terjal serta praktik pembukaan lahan tanpa teknik konservasi menyebabkan wilayah ini masuk dalam kategori rawan longsor tinggi–sangat tinggi, terutama pada zona dekat aliran sungai dan tebing curam. Olehnya itu, penelitian ini memberikan kontribusi yang sangat besar terhadap perkembangan ilmu pengetahuan.

Tabel 2.1. Karakteristik fisik dan sosial wilayah penelitian

Parameter	Desa Ratte	Desa Taramanu Tua
Kecamatan	Tutar	Tutar
Kabupaten	Polewali Mandar	Polewali Mandar
Luas wilayah	± 1.845 ha	± 1.960 ha
Ketinggian	150–700 mdpl	200–750 mdpl

Kemiringan lereng	15%–45%	20%-50%
Jenis tanah	Lempung berpasir	Lempung liat berpasir
Tutupan lahan dominan	Hutan sekunder, semak, lahan terbuka	Perkebunan, semak, sempadan sungai
Curah hujan tahunan (rata-rata)	2.500–3.000 mm/tahun	2.700–3.200 mm/tahun
Jumlah kepala keluarga transmigran	± 125 KK (gelombang 2015–2023)	± 142 KK (gelombang 2016–2023)
Aksesibilitas	Jalan tanah, sebagian berbatu	Jalan kombinasi tanah dan beton
Indikasi longsor (lapangan)	Retakan tanah, tanah ambles	Erosi lereng, material longsor ringan
Zona rawan longsor (indikatif)*	Zona sedang–tinggi	Zona tinggi–sangat tinggi

*Sumber zona rawan: overlay spasial dari peta kemiringan, jenis tanah, penggunaan lahan, dan curah hujan berdasarkan kriteria BNPB.



Gambar 2.1. Peta administrasi lokasi penelitian

2.9 Kerangka Konseptual Penelitian

Kerangka konseptual penelitian ini dikembangkan berdasarkan hubungan antara isu strategis dan faktor-faktor yang memengaruhi mitigasi longsor serta ketersediaan lokasi transmigrasi yang aman. Berikut adalah rincian kerangka konseptualnya:

1. Isu Strategis

Isu strategis yang menjadi dasar penelitian mencakup:

- Tingginya risiko longsor di Kabupaten Polewali Mandar, khususnya pada wilayah transmigrasi.
- Ketidacukupan integrasi data risiko longsor dalam perencanaan transmigrasi.

- c) Minimnya partisipasi masyarakat transmigran dalam mitigasi bencana.
- d) Kebutuhan sinergi antara kebijakan mitigasi longsor dan program transmigrasi.

Relevansi dalam penelitian: Isu strategis menjadi latar belakang yang melatarbelakangi perumusan solusi untuk mengatasi masalah mitigasi longsor, khususnya dalam konteks program transmigrasi.

2. Ketersediaan Lokasi Permukiman dan Lahan Usaha Transmigrasi yang Aman dari Longsor

Penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi wilayah transmigrasi yang memiliki tingkat risiko longsor rendah, sehingga dapat dijadikan lokasi permukiman dan lahan usaha yang aman.

- a) Indikator utama: Risiko longsor berdasarkan peta geologi, topografi, curah hujan, dan penggunaan lahan.
- b) Pendekatan: Analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG).

Relevansi dalam penelitian: Fokus ini memastikan lokasi yang dipilih untuk transmigrasi layak secara fisik, aman dari bencana longsor, dan mendukung keberlanjutan sosial-ekonomi.

3. Faktor Fisik yang Mempengaruhi Pemilihan Lokasi Transmigrasi yang Aman dari Longsor

Faktor-faktor fisik yang perlu dipertimbangkan meliputi:

- a) Geologi: Jenis batuan, struktur tanah, dan stabilitas lereng.
- b) Topografi: Kemiringan lereng dan elevasi.
- c) Hidrologi: Pola aliran air permukaan yang memengaruhi stabilitas tanah.
- d) Penggunaan lahan: Kondisi vegetasi yang memengaruhi risiko erosi.

Relevansi dalam penelitian: Penilaian faktor-faktor ini membantu menentukan lokasi yang aman secara geoteknis dan mendukung keberlanjutan permukiman transmigrasi.

4. Mitigasi Bencana untuk Mengurangi Risiko Longsor di Kawasan Transmigrasi

Strategi mitigasi yang dapat diterapkan di kawasan transmigrasi meliputi:

- a) Teknik konservasi tanah dan air, seperti pembuatan terasering dan saluran drainase.
- b) Penanaman vegetasi pelindung untuk memperkuat stabilitas lereng.
- c) Penerapan zonasi tata ruang untuk menghindari pembangunan di area berisiko tinggi.

Relevansi dalam penelitian: Mitigasi bencana yang efektif akan mendukung pengurangan risiko longsor di kawasan transmigrasi sekaligus melindungi masyarakat transmigran.

5. Teknologi Pemetaan dan Analisis Spasial dalam Menentukan Lokasi Transmigrasi yang Aman

Pemanfaatan teknologi pemetaan dan analisis spasial berbasis SIG sangat penting untuk mengidentifikasi lokasi rawan longsor.

- a) Metode: Penggunaan data peta geologi, topografi, curah hujan, dan penggunaan lahan yang dianalisis secara spasial.
- b) Output: Peta zonasi risiko longsor dan rekomendasi lokasi aman untuk transmigrasi.

Relevansi dalam penelitian: Teknologi ini memberikan basis data ilmiah yang dapat mendukung pengambilan keputusan kebijakan transmigrasi.

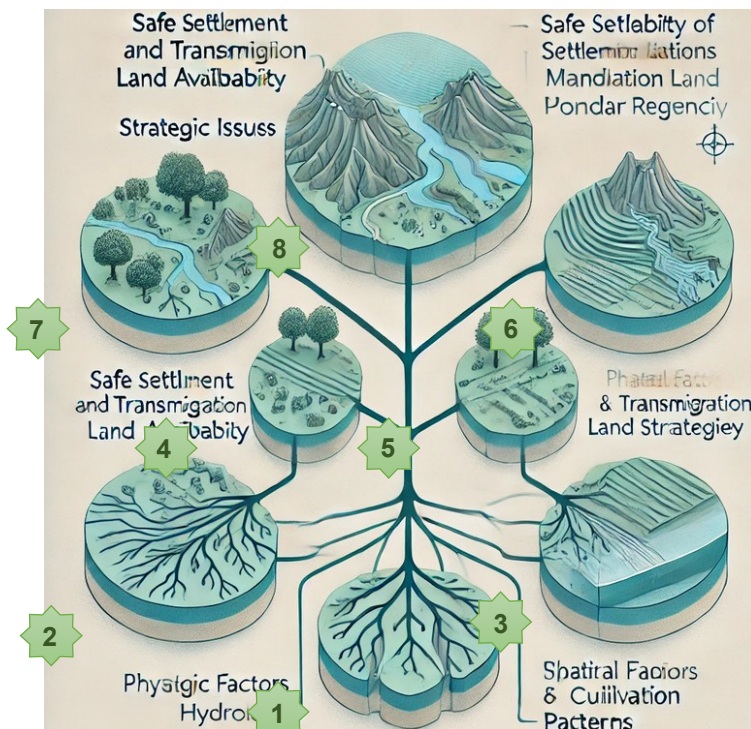
6. Pola Budidaya untuk Mengurangi Kerentanannya Terhadap Longsor di Kawasan Transmigrasi

Pola budidaya yang ramah lingkungan perlu diterapkan untuk menjaga stabilitas lahan transmigrasi, seperti:

- a) Penanaman vegetasi dengan akar dalam untuk mencegah erosi.
- b) Sistem agroforestri yang mengintegrasikan pertanian dengan pohon pelindung.
- c) Pengelolaan air permukaan yang mengurangi tekanan air pada lereng.

Relevansi dalam penelitian: Penerapan pola budidaya yang tepat tidak hanya mengurangi risiko longsor, tetapi juga meningkatkan produktivitas lahan usaha transmigrasi secara berkelanjutan.

Penelitian ini berfokus pada keterkaitan antara isu strategis mitigasi longsor, faktor fisik lokasi, teknologi analisis spasial, serta upaya mitigasi bencana melalui pendekatan teknis dan sosial. Dengan memadukan pendekatan ini, diharapkan dapat dihasilkan strategi mitigasi yang aplikatif untuk mendukung program transmigrasi yang aman dan berkelanjutan di Kabupaten Polewali Mandar. Gambar 2.2. memperlihatkan kerangka konseptual penelitian.



Gambar 2.2. Kerangka konseptual penelitian

2.10 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian merupakan pernyataan yang diajukan sebagai jawaban sementara terhadap rumusan masalah penelitian dan akan diuji kebenarannya melalui analisis data (Sugiyono, 2017). Penyusunan hipotesis ini didasarkan pada kajian teori dan penelitian terdahulu yang mendukung asumsi mengenai hubungan antara faktor-faktor penyebab longsor dan strategi mitigasi yang diterapkan. Hipotesis berperan sebagai pedoman dalam menentukan metode analisis yang digunakan serta membantu dalam pengambilan kesimpulan secara lebih objektif.

Secara umum, hipotesis penelitian diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu hipotesis nol (H_0) dan hipotesis alternatif (H_1). Hipotesis nol (H_0) menyatakan bahwa tidak terdapat hubungan atau pengaruh yang signifikan antara variabel-variabel yang diteliti, sedangkan hipotesis alternatif (H_1) menyatakan bahwa terdapat hubungan atau pengaruh yang signifikan di antara variabel-variabel tersebut (Ghozali, 2018).

Dalam konteks penelitian ini, hipotesis dirumuskan berdasarkan faktor-faktor yang diduga memiliki pengaruh terhadap tingkat risiko longsor di Lokasi Kawasan transmigrasi, Kabupaten Polewali Mandar, yaitu faktor geologi, hidrometeorologi, perubahan tata guna lahan, serta tingkat partisipasi masyarakat dalam mitigasi bencana. Selain itu, penelitian ini juga menguji efektivitas pendekatan berbasis teknologi, seperti Sistem Informasi Geografis (SIG) dan deskriptif kuantitatif, dalam mengidentifikasi zona rawan longsor dan menentukan strategi mitigasi yang optimal. Berdasarkan tujuan penelitian, hipotesis yang diajukan adalah:

Hipotesis Umum (H_0 dan H_1):

1. H_0 (Hipotesis Nol): Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara karakteristik fisik wilayah (geologi, topografi, dan penggunaan lahan) dengan tingkat risiko longsor di lokasi permukiman dan lahan usaha transmigrasi di Kabupaten Polewali Mandar.

2. H₁ (Hipotesis Alternatif): Terdapat hubungan yang signifikan antara karakteristik fisik wilayah (geologi, topografi, dan penggunaan lahan) dengan tingkat risiko longsor di lokasi permukiman dan lahan usaha transmigrasi di Kabupaten Polewali Mandar.

Hipotesis Turunan:

1. H1: Semakin curam kemiringan lereng suatu wilayah, maka semakin tinggi tingkat kerawanan longsor di lokasi transmigrasi.
2. H2: Jenis tanah bertekstur lempung berpasir dengan kohesi rendah memiliki kontribusi signifikan terhadap peningkatan risiko longsor.
3. H3: Perubahan penggunaan lahan dari hutan alami menjadi lahan pertanian tanpa konservasi meningkatkan potensi terjadinya longsor di wilayah transmigrasi.
4. H4: Minimnya kapasitas teknis dan pemahaman masyarakat transmigran terhadap konservasi lahan berkontribusi terhadap peningkatan kerentanan bencana longsor.
5. H5: Tidak adanya integrasi data risiko bencana dalam kebijakan penentuan lokasi transmigrasi berdampak pada penempatan permukiman di zona rawan longsor.

Catatan Tambahan (untuk pendekatan kualitatif):

Dalam konteks kualitatif, hipotesis bersifat proposisional, seperti:

1. "Penentuan lokasi transmigrasi belum mempertimbangkan aspek mitigasi bencana secara optimal."
2. "Strategi mitigasi longsor yang melibatkan masyarakat lokal lebih efektif dalam meningkatkan ketahanan kawasan transmigrasi."

2.11 Daftar Pustaka

- Alim, M. A., Rahman, M. A., & Chowdhury, M. R. (2022) 'Community-based disaster risk reduction: Lessons from flood-prone char land areas of Bangladesh', *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 67, 102633. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102633>
- Ardalan, A., Nakhaei, M., & Kabir, M. J. (2019) 'Evaluation of relocation programs after earthquakes: Lessons learned from Iran', *Disaster Prevention and Management*, 28(3), pp. 395–410. <https://doi.org/10.1108/DPM-01-2019-0029>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) (2012) *Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*. Jakarta: BNPB.
- Chen, W., Li, X., Wang, Y. & Liu, C. (2021) 'Landslide susceptibility mapping using integrated ensemble models and GIS: A case study from Taiwan', *Landslides*, 18, pp. 2025–2044. <https://doi.org/10.1007/s10346-021-01641-2>
- Dai, F., Xu, C., Yao, X., Xu, L., & Tu, X. (2020) 'Spatial prediction of landslides using GIS-based machine learning models: A case study in China', *Geomorphology*, 353, 107020. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.107020>
- Devkota, K. C., Pourghasemi, H. R. & Poudyal, C. P. (2022) 'Landslide susceptibility mapping using statistical and machine learning models in Nepal Himalayas', *Environmental Earth Sciences*, 81(5), pp. 1–18. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10219-9>
- Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN (2017) *Peraturan Menteri ATR/BPN Nomor 1 Tahun 2017 tentang Tata Cara Penetapan Kawasan Lindung Nasional*. Jakarta: Kementerian ATR/BPN.
- Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi (2016) *Peraturan Menteri Desa PDTT Nomor 2 Tahun 2016 tentang Pembangunan Kawasan Transmigrasi*. Jakarta: Kemendes PDTT.

- Kusratmoko, E. (2017) 'Model spasial bahaya longsor menggunakan SIG dan analisis multikriteria di Kabupaten Sumedang', *Jurnal Geografi*, 49(1), pp. 1–10. <https://doi.org/10.22146/jspg.24500>
- Li, Z., Wang, W., & Chen, L. (2019) 'Role of local knowledge in disaster risk reduction: A case study on community participation during post-earthquake recovery in China', *International Journal of Disaster Risk Science*, 10(3), pp. 355–365. <https://doi.org/10.1007/s13753-019-00230-y>
- Mandal, A., Saha, S., & Pal, S. (2023) 'Integrating morphometric and land use parameters for landslide susceptibility mapping using AHP-GIS approach', *Geocarto International*, 38(4), pp. 799–818. <https://doi.org/10.1080/10106049.2020.1866754>
- Misra, P. K., Das, A., & Bera, A. (2020) 'Soil erosion and landslide vulnerability in agricultural hill slopes of India', *Natural Hazards*, 104, pp. 1517–1538. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04242-1>
- Roy, K., Islam, A. R. M. T., & Hasan, M. (2020) 'Assessment of riverbank erosion hazard and land loss using RS and GIS in Bangladesh: A case study on Padma River', *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 19, 100345. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100345>
- Saputra, W., Maulana, M. I., & Ramdani, R. (2020) 'Penentuan daerah rawan longsor menggunakan analisis multikriteria berbasis SIG di wilayah perbukitan', *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), pp. 256–267. <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.256-267>
- Satriawan, A. & Widiatmaka (2021) 'Mitigasi bencana longsor berbasis kearifan lokal dan partisipasi masyarakat', *Jurnal Ketahanan Nasional*, 27(1), pp. 103–120. <https://doi.org/10.22146/jkn.62045>
- Widodo, A., Nugroho, S. P., & Bintari, S. H. (2018) 'Evaluasi lokasi permukiman relokasi pascabencana erupsi Merapi berdasarkan aspek geologi', *Jurnal Planesa*, 3(1), pp. 55–65. <https://doi.org/10.20961/planesa.v3i1.29332>
- Yuliasuti, N. & Hadi, S. P. (2019) 'Evaluasi lokasi transmigrasi terhadap ancaman bencana di Indonesia', *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 30(1), pp. 57–66. <https://doi.org/10.5614/jpwk.2019.30.1.5>
- Zhang, Y., Wang, Y., & Li, S. (2021) 'Landslide risk assessment based on adaptive capacity and hazard exposure in Southwest China', *Natural Hazards Research*, 1(2), pp. 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2021.04.002>

