

Analysis of vulnerability levels in avalanche disaster studies

Allan Asrar^{a*}

^aUniversitas Islam Negeri Imam Bonjol Padang, Indonesia

*E-mail: allanasrar@uinib.ac.id

Abstract: Geographically, Indonesia is a country that is both potentially prone to disasters such as volcanic eruptions, earthquakes, tsunamis, floods and landslides. An analysis of the level of vulnerability to landslides has been carried out in the area of West Sumatra. Landslides occur due to gradual changes in composition, structure, hydrological cycle or vegetation conditions in an area. Areas with very low to low landslide susceptibility levels are in the southeastern region. Areas with a moderate level of vulnerability to landslides are spread from west to east from West Sumatra. In the western part of the area is dominated by a fairly large soil movement factor, while in the southern part, the dominant factor is a steep slope. Areas with high to very high landslide susceptibility levels are in the northern and southern regions. This high vulnerability area can occur if the rainfall is above normal, especially in areas bordering river valleys, escarpments, road cliffs or if the slopes are disturbed.

Keywords: Landslide disaster, level of vulnerability, disaster factors, rainfall

Abstrak: Secara geografis Indonesia termasuk suatu negara yang berpotensi sekaligus rawan bencana seperti letusan gunung berapi, gempa bumi, tsunami, banjir dan tanah longsor. Telah dilakukan penelitian analisis tingkat kerawanan bencana longsor di daerah sumatera barat. Bencana longsor terjadi karena adanya perubahan-perubahan secara bertahap dalam komposisi, struktur, daur hidrologi atau kondisi vegetasi disuatu daerah. Daerah dengan tingkat kerawanan longsor sangat rendah sampai rendah berada pada kawasan bagian tenggara. Daerah dengan tingkat kerawanan longsor sedang tersebar dari barat hingga timur dari daerah sumatera barat. Pada kawasan bagian barat didominasi oleh faktor pergerakan tanah yang cukup besar, sedangkan pada bagian selatan, faktor dominannya adalah kemiringan lereng yang curam. Daerah dengan tingkat kerawanan longsor tinggi sampai sangat tinggi berada pada kawasan bagian utara dan selatan. Daerah kerawanan tinggi ini dapat terjadi longsor jika curah hujan di atas normal, terutama pada daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, gawir, tebing jalan atau jika lereng mengalami gangguan.

Kata Kunci : Bencana Longsor, tingkat kerawanan, faktor bencana, curah hujan.

PENDAHULUAN

Sebagai sebuah negara kepulauan Wilayah Indonesia terdiri dari pulau-pulau dan berada pada diantara dua samudera. Selain itu Indonesia dilalui oleh empat lempengan bumi sehingga dipermukaan datarannya terdapat banyak gunung berapi aktif. Berdasarkan kondisi geografis tersebut menempatkan Indonesia memiliki potensi bencana yang tinggi. Dalam buku Natural Hazards and Disasters, Donald Hyndman dan David Hyndman menyatakan bahwa perubahan iklim bumi diperkirakan akan menyebabkan terjadinya erosi garis pantai yang terjadi secara cepat, bersamaan dengan itu peristiwa cuaca yang lebih ekstrem menyebabkan terjadinya tanah longsor, banjir, angin topan, dan kebakaran hutan (Hyndman & Hyndman, 2017). Sebuah studi yang dilakukan oleh Bündnis Entwicklung Hilft dan Ruhr University Bochum Jerman yang dipublikasikan melalui World Risk Report 2018 menempatkan Indonesia pada urutan ke 39 di dunia dalam hal resiko bencana alam dan tergolong dalam kategori High Risk (Bündnis Entwicklung Hilft, 2018; Heintze et.al, 2018). Dalam situsnya, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menguraikan lebih lanjut bahwa secara geografis Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik yaitu lempeng Benua Asia, Benua Australia, lempeng Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Pada bagian selatan dan timur Indonesia terdapat sabuk vulkanik yang memanjang dari Pulau Sumatera, Jawa -Nusa Tenggara, Sulawesi, yang sisinya berupa pegunungan vulkanik tua dan dataran

rendah yang sebagian didominasi oleh rawa-rawa. Kondisi tersebut sangat berpotensi sekaligus rawan bencana seperti letusan gunung berapi, gempa bumi, tsunami, banjir dan tanah longsor.

Tanah longsor merupakan potensi bencana geologis berupa pergerakan longsor ke bawah berupa tanah, batuan, dan atau material yang terkena cuaca karena gravitasi. Tanah longsor merupakan salah satu fenomena alam yang tidak terkontrol yang menarik perhatian manusia karena berpotensi membahayakan keselamatan manusia. Tanah longsor berhubungan dengan masalah kemiringan, ketika stabilitas kemiringan terganggu, pergerakan menurun dengan banyak karakter memindahkan tempat. Tanah longsor sering sekali terjadi karena penebangan hutan dan aktifitas manusia lainnya. Fenomena tanah longsor ini biasanya dipelajari dari dua titik yang berbeda. Fenomena ini dipandang sebagai proses aksi gerak permukaan tanah yang menjadi subyek studi geologi. Geologi mempelajari fenomena longsor sebagai satu proses exogenic denudation yang signifikan, mulai penyebab, aktifitas dan hasilnya. Sedangkan menurut studi teknik sipil meneliti kemiringan dari sudut pandang keamanan bangunan. Biasanya tanah yang longsor bergerak pada suatu bidang tertentu. Bidang ini disebut bidang gelincir (slip surface) atau bidang geser (shear surface). Bentuk bidang gelincir ini sering mendekati busur lingkaran, dalam hal ini tanah longsor tersebut disebut rotational slide yang bersifat berputar. Ada juga tanah longsor yang terjadi pada bidang gelincir yang hampir lurus dan sejajar dengan muka tanah, dalam hal ini tanah longsor disebut translational slide. Tanah longsor semacam ini biasanya terjadi bilamana terdapat lapisan agak keras yang sejajar dengan permukaan lereng.

Jika lereng terletak pada suatu lapisan tanah yang sangat lunak, tidak padat ataupun lapisan batu, bidang longsor mungkin tidak berupa lingkaran. Kelongsoran semacam ini dapat terjadi pada tanah timbunan yang dipadatkan berlapis-lapis, namun pada salah satu lokasi tertentu atau lebih, terdapat lapisan yang lunak. Kecepatan longoran dan kerusakan yang terjadi tergantung pada homogenitas tanah lempungnya dan kandungan lapisan tanah yang lolos air di dalam tanah timbunannya. Distribusi tekanan air pori dari tanah mudah meloloskan air yang ditimbun pada kondisi kadar air yang tinggi, dapat mengurangi kuat geser tanah yang terletak di bawahnya, sehingga dapat menambah kemungkinan terjadi longoran.

Bencana tanah longsor dipandang sebagai peristiwa yang diakibatkan oleh proses alam atau akibat perilaku manusia yang dapat mengakibatkan jatuhnya korban jiwa dan harta benda, kerusakan lingkungan hidup, sarana dan prasarana, fasilitas umum serta mengganggu tata kehidupan dan penghidupan masyarakat.



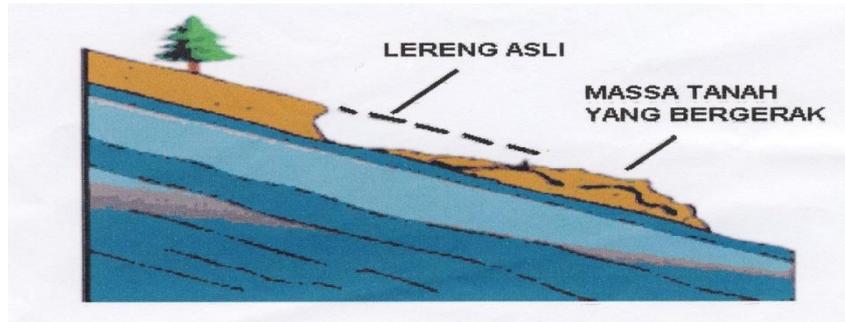
Gambar 1. Gaya-Gaya penyebab gerakan tanah.

Biasanya tanah longsor terjadi sebagai dampak sekunder dari hujan badai yang lebat, gempa bumi serta letusan gunung api. Bahan-bahan yang membentuk tanah longsor terbagi menjadi dua jenis lapisan batu atau lapisan tanah (yang terdiri atas tanah dan berbagai sisa bahan organik).

Faktor –faktor yang menyebabkan ketidakstabilan tanah sehingga menyebabkan longsor secara umum diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Faktor yang menyebabkan naiknya tegangan geser yang bekerja dalam tanah.
2. Faktor yang menyebabkan turunnya kekuatan geser tanah.

Faktor-faktor yang menyebabkan naiknya tegangan geser yang bekerja dalam tanah, meliputi naiknya berat unit tanah karena pembasahan, adanya beban eksternal seperti bangunan, bertambahnya kecuraman lereng karena erosi alami atau karena penggalian dan bekerjanya beban guncangan. Kehilangan kekuatan geser tanah dapat terjadi dengan adanya adsorpsi air, kenaikan tekanan pori, beban guncangan atau beban berulang, pengaruh pembekuan dan pencairan, hilangnya sementasi material, proses pelapukan, hilangnya kekuatan karena regangan berlebihan pada lempung sensitive. Biasanya tanah yang longsor bergerak pada suatu bidang tertentu.



Gambar 2. Aliran Massa tanah dan batuan bergerak ke arah bawah

Bidang ini disebut bidang gelincir (*slip surface*) atau bidang geser (*shear surface*). Bentuk bidang gelincir ini sering mendekati busur lingkaran, dalam hal ini tanah longsor tersebut disebut *rotational slide* yang bersifat berputar. Ada juga tanah longsor yang terjadi pada bidang gelincir yang hampir lurus dan sejajar dengan muka tanah, dalam hal ini tanah longsor disebut *translational slide*. Tanah longsor semacam ini biasanya terjadi bilamana terdapat lapisan agak keras yang sejajar dengan permukaan lereng.

Pengenalan Ciri-ciri Gerakan Tanah

Gerakan tanah untuk tipe runtuh, longsor, dan aliran dapat dikenali secara visual di lapangan dengan memperhatikan ciri-ciri dari masing-masing. Setiap tipe gerakan tanah mempunyai mekanisme yang berbeda satu terhadap lainnya, sehingga setiap tipe gerakan pun menampilkan cirinya yang khusus.

Gerakan pada massa tanah menunjukkan ciri yang berbeda dengan gerakan massa batuan, walaupun tipe gerakannya sama, karena perbedaan sifat fisik dan teknik antara massa tanah dan batuan. Oleh karena itu dalam mempelajari tipe gerakan pertama kali harus dikenali dahulu jenis materialnya, yaitu : tanah atau batuan. Setelah mengenali betul jenis materialnya selanjutnya harus diamati secara teliti massa yang bergerak dan massa yang stabil di sekelilingnya. Setiap bagian dari kedua massa tersebut menampilkan ciri yang berbeda. Massa yang bergerak perlu diamati dan dicatat tentang segala kenampakan di bagian kepala, badan, kaki, dan ujung kaki; sedangkan massa yang stabil perlu diamati di bagian mahkota, gawir utama, dan sayapnya.

Dengan mengenali jenis material massa gerakan dan ciri-ciri yang nampak di setiap bagian tersebut di atas, maka dapatlah diperkirakan tipe gerakan tanah yang terjadi. Peristiwa yang dapat menyebabkan terjadinya gerakan tanah dibedakan menjadi gangguan luar dan gangguan dalam.

Gangguan Luar:

1. Getaran yang ditimbulkan oleh antara lain: gempa bumi, peledakan, kereta api, dapat mengakibatkan gerakan tanah sebagai contoh : gempa bumi Tes di Sumatera Selatan pada tahun 1952 dan getaran yang ditimbulkan oleh kereta api Jakarta - Yogyakarta di dekat Purwokerto tahun 1947.
2. Pembebanan tambahan, terutama disebabkan oleh aktivitas manusia, misalnya adanya bangunan atau timbunan di atas tebing. Contoh lainnya bila kita membangun di atas lereng tersebut suatu bangunan apakah berupa bangunan untuk rekreasi, gubuk, atau membuat tugu dan sebagainya. Hal ini akan menambah beban di sekitar lereng tersebut, jika telah melebihi daya dukungnya sudah tentu akan menimbulkan kelongsoran juga.
3. Peningkatan beban yang melampaui daya dukung tanah atau kuat geser tanah. Beban yang berlebihan ini dapat berupa beban bangunan ataupun pohon-pohon yang terlalu rimbun dan rapat yang ditanam pada lereng lebih curam dari 40 derajat.
4. Hilangnya penahan lateral, dapat disebabkan antara lain oleh pengikisan (erosi sungai, pantai), aktivitas manusia (penggalian). Sebagai contoh : penggalian tras di tepi jalan Bandung - Lembang (Pasarjati), erosi sungai pada jalan Pacitan - Ponorogo, erosi pantai Bengkulu.
5. Hilangnya tumbuhan penutup, dapat menyebabkan timbulnya alur pada beberapa daerah tertentu. Jika pada suatu tebing atau yang pada awalnya cukup lebat hutannya, lalu karena kebutuhan kayu kita tebangi hutan tersebut, maka hal ini akan memicu terjadi longsor, karena akar kayu tersebut bisa memperkuat lereng kalau sudah ditebang tentu kekuatannya akan hilang karena lapuk, sementara itu akibat salah penggunaan tanah lereng misalnya kita bangun rumah di atasnya atau kita jadikan lahan pertanian tentu akan gundul hutannya, sehingga akhirnya memperlemah kestabilan lereng tersebut. Erosi makin meningkat dan akhirnya terjadi gerakan tanah.

Gangguan Dalam:

1. Hilangnya rentangan permukaan : selaput air yang terdapat diantara butir tanah memberikan tegangan tarik yang tidak kecil. Sebaliknya jika air merupakan lapisan tebal, maka akibatnya akan berlawanan. Karena itu makin banyak air masuk ke dalam tanah, parameter kuat gesernya makin berkurang.

2. Naiknya berat massa tanah batuan : masuknya air ke dalam tanah menyebabkan terisinya rongga antarbutir sehingga massa tanah bertambah.
3. Pelindian bahan perekat, air mampu melarutkan bahan pengikat butir yang membentuk batuan sedimen. Misalnya perekat dalam batu pasir yang dilarutkan air sehingga ikatannya hilang.
4. Naiknya muka air tanah : muka air dapat naik karena rembesan yang masuk pada pori antar butir tanah. Tekanan air pori naik sehingga kekuatan gesernya turun.
5. Pengembangan tanah : rembesan air dapat menyebabkan tanah mengembang terutama untuk tanah lempung tertentu, jika lempung semacam itu terdapat di bawah lapisan lain.
6. Surut cepat ; jika air dalam sungai atau waduk menurun terlalu cepat, maka muka air tanah tidak dapat mengikuti kecepatan menurunnya muka air.
7. Pencairan sendiri dapat terjadi pada beberapa jenis tanah yang jenuh air, seperti pasir halus lepas hila terkena getaran (dikarenakan gempa bumi, kereta api dan sebagainya).

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian yang bersifat studi pustaka dengan menggunakan sumber data berupa buku, catatan dan artikel jurnal ilmiah/penelitian terdahulu. Pada penelitian ini rangkaian kegiatannya berkenaan dengan pengumpulan data, membaca dan memilih, lalu mengolah informasi yang sesuai dan diperlukan untuk menjawab rumusan masalah. Adapun prosedur yang dilakukan pada penelitian studi pustaka ini meliputi: 1) menemukan ide umum tentang penelitian yang akan dilakukan, 2) mencari informasi yang mendukung topik penelitian, 3) memfokuskan penelitian dan mengorganisasi materi yang sesuai, 4) mencari dan menemukan sumber data berupa sumber pustaka utama yaitu buku dan artikel-artikel jurnal ilmiah, 5) melakukan catatan simpulan yang didapat dari sumber data, 6) melakukan review atas informasi yang telah dianalisis dan sesuai untuk membahas dan menjawab rumusan masalah penelitian tersebut.

Pergerakan Tanah (Longsor) di Sumatera Barat

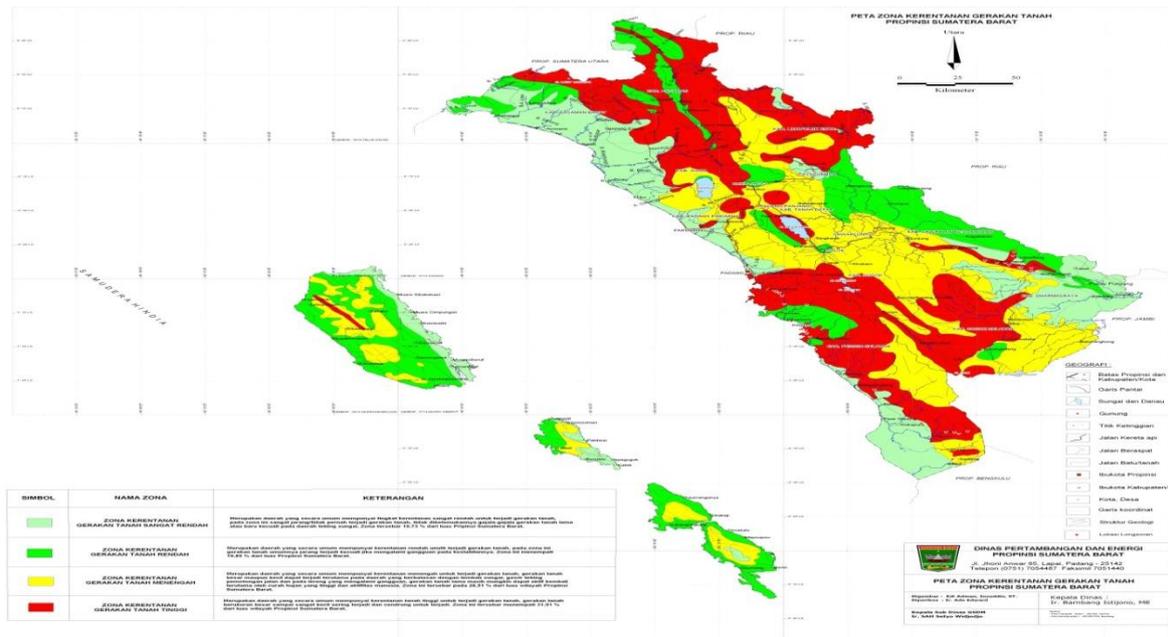
Wilayah provinsi Sumatera Barat terdapat potensi gerakan tanah dengan kategori skala rendah, menengah hingga tinggi. Berdasarkan data yang dikeluarkan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) hal ini sebagai peringatan dini kepada pemerintah daerah setempat. Kategori menengah mengacu pada kondisi di suatu daerah yang memiliki potensi menengah terjadi gerakan tanah yang disebabkan oleh curah hujan di atas normal, terutama pada daerah berbatasan dengan lembah sungai, gawir, tebing jalan. Sementara itu pada kategori tinggi mengacu pada kondisi dengan curah hujan di atas normal dan gerakan tanah lama dapat aktif kembali.

Bencana Longsor yang terjadi di kabupaten lima puluh kota dimana daerah termasuk berada dalam kerawanan tinggi. Berikut ini beberapa gambar kejadian-kejadian longsor yang pernah terjadi beberapa tahun ini di beberapa kecamatan, dan ini juga bertujuan untuk membuktikan bahwa hasil analisis cenderung mendekati kondisi nyata di lapangan.

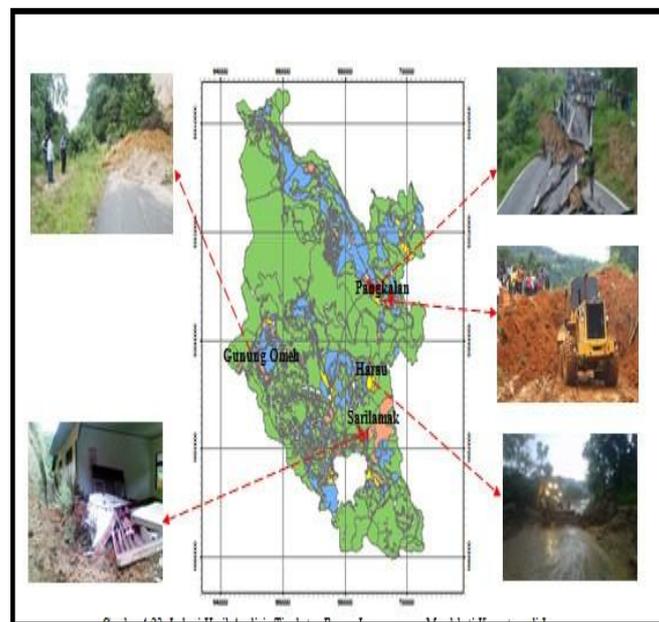
Kejadian longsor yang terjadi di bawah ini sebagian besar terjadi pada saat terjadi hujan dengan intensitas curah hujan yang tinggi. Dari paparan gambar-gambar kejadian longsor yang terjadi di lokasi studi diatas dapat disimpulkan bahwa setelah disesuaikan antara lokasi-lokasi kejadian ini dengan peta hasil analisis, nilai kisaran klasifikasi tingkatan menurut Nugroho, J.A, dkk (2009) ini hasilnya cenderung mendekati dengan kenyataan di lapangan.

Tabel 1. Nilai Kisaran Harkat Klasifikasi menurut Nugroho, J.A, dkk (2009)

No.	Klasifikasi	Kisaran Nilai
1.	Sangat Tinggi	0.770 - 0.960
2.	Tinggi	0.579 - 0.769
3.	Sedang	0.388 - 0.578
4.	Rendah	0.197 - 0.387
5.	Sangat Rendah	0.006 - 0.196



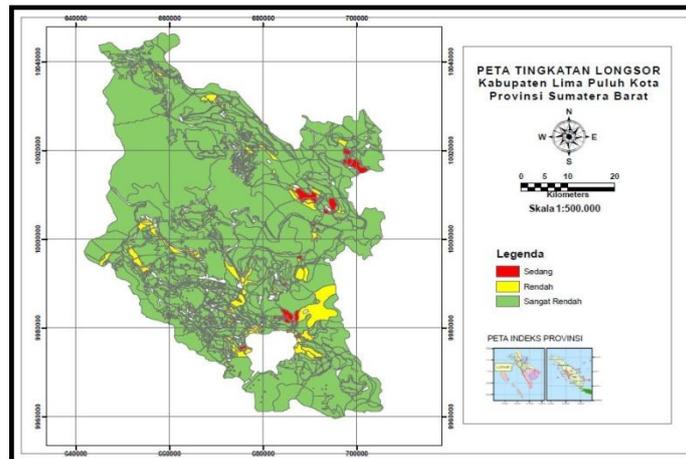
Gambar 3. Peta Pergerakan Tanah di Sumatera Barat



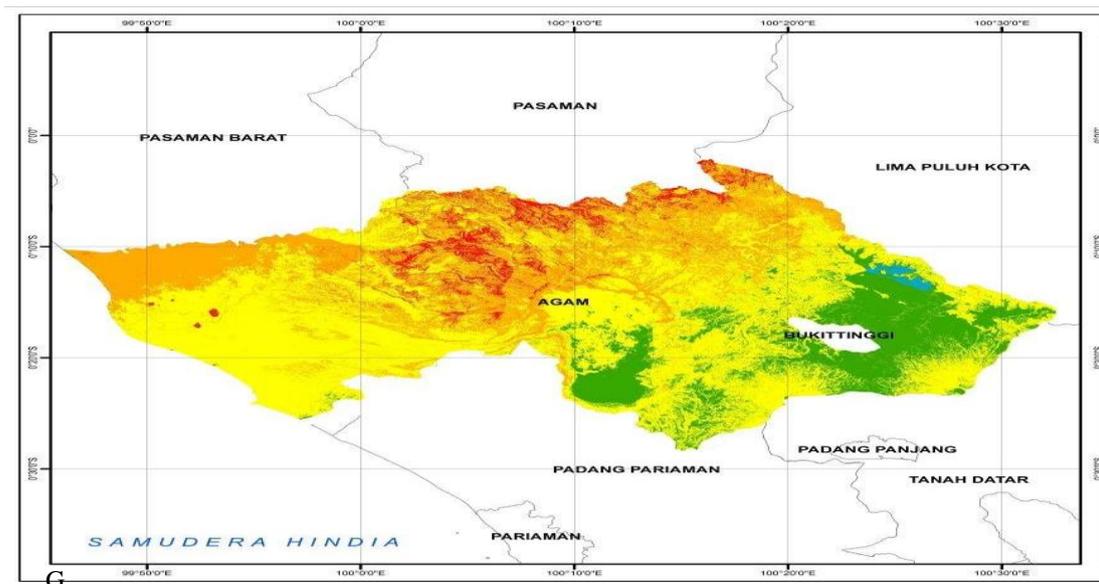
Gambar 4. Lokasi hasil analisis tingkatan rawan longsor

Analisis kerawanan longsor di Kabupaten Agam dibuat berdasarkan nilai curah hujan tahunan, pergerakan tanah, dan kemiringan lereng. Penentuan tingkat kerawanan longsor dibuat berdasarkan total skor dari ketiga parameter tersebut. Pada penelitian ini tingkat kerawanan longsor dikategorikan menjadi lima tingkat kerawanan yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi.

Kabupaten Agam didominasi dengan tingkat kerawanan longsor sedang dengan persentase sebesar 45,11% yang tersebar dari barat hingga beberapa bagian di selatan dari Kabupaten Agam. Tingkat kerawanan rendah sebesar 10,53% yang tersebar di bagian timur Kabupaten Agam. Daerah dengan tingkat kerawanan tinggi teramati sebesar 39,85% dan sangat tinggi sebesar 3,76% yang tersebar di bagian utara Kabupaten Agam (Maulani dkk, 2020).



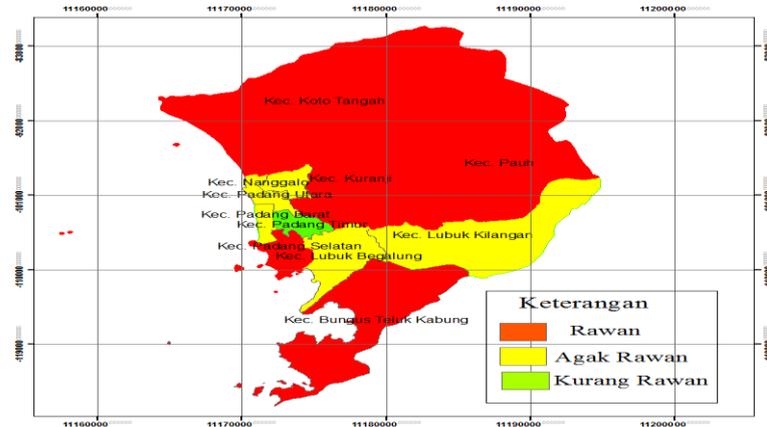
Gambar 5. Peta tingkatan rawan longsor berdasarkan klasifikasi Arifin S, dkk



Gambar 6. Peta Rawan Longsor Kabupaten Agam

Lokasi terjadinya longsor mendominasi daerah dengan tingkat kerawanan longsor sedang sampai dengan sangat tinggi. Namun selama tahun 2019 sampai bulan April 2020 bencana longsor paling banyak terjadi pada daerah yang mencakup zona hijau dan kuning, yaitu tingkat kerawanan rendah dan sedang. Longsor yang banyak terjadi pada zona ini diperkirakan akibat adanya perbedaan struktur batuan dari masing-masing daerah (Fransiska dkk 2017). Daerah ini disusun oleh batuan vulkanik kuarter dan tersier dengan jenis batuan andesit. Andesit merupakan jenis batuan yang memiliki sifat kedap air sehingga menampung air dan tidak bisa meloloskan air, akibatnya batuan tersebut dapat dijadikan sebagai bidang gelincir sehingga bencana longsor dapat terjadi dengan mudah (Arsyad dkk., 2018).

Untuk daerah Kota Padang daerah rawan longsor dapat ditentukan berdasarkan parameter – parameter yang mempengaruhi dan memicu akan kejadian longsor itu sendiri. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah berdasarkan besar pergerakan tanah, tingkat curah hujan dan kemiringan lereng yang terjadi setiap daerah di Kota Padang. Hasil penelitian menunjukkan lima dari 11 kecamatan di Kota Padang mengalami pergerakan tanah yang cukup besar setiap tahunnya. Secara teori semakin besar tingkat kemiringan tanah atau lereng disuatu wilayah, maka pada umumnya akan semakin menambah kemungkinan terjadinya gerakan tanah pada suatu daerah tersebut. Maksudnya semakin besar pergerakan tanah pada suatu wilayah maka tingkat kestabilan lereng akan semakin menurun yang menyebabkan terjadinya longsor di daerah tersebut (Apriyono, 2009).

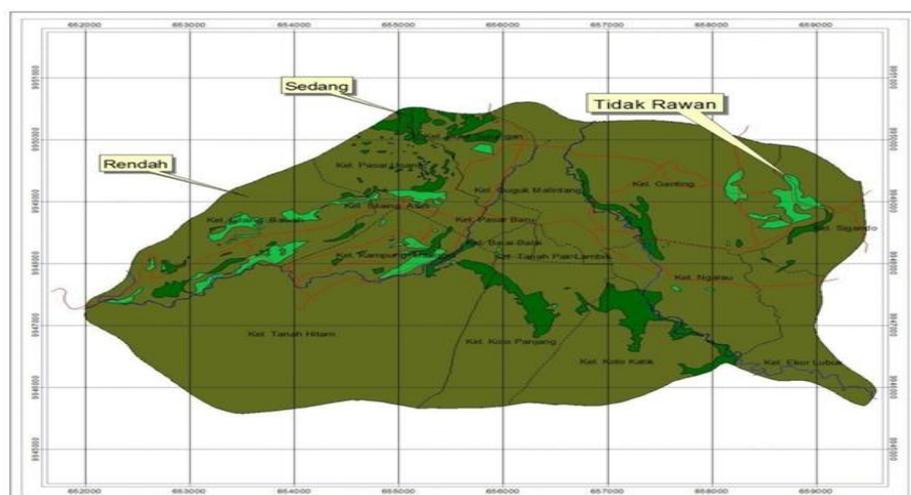


Gambar 7. Analisis tingkat kerawanan longsor Kota Padang

Jadi dapat disimpulkan berdasarkan penelitian yang dilakukan bahwa lima kecamatan di Kota Padang yang mengalami pergerakan tanah atau lereng setiap tahun yakni Kecamatan Pauh 1,65 cm/tahun, Kecamatan Padang Selatan 1,32 cm/tahun, Kecamatan Kuranji 0,825 cm/tahun, Kecamatan Bungus Teluk Kabung 2,31 cm/tahun, dan Kecamatan Koto Tengah 1,32 cm/tahun, beresiko sering mengalami terjadinya longsor di daerah tersebut. Selain besarnya pergerakan tanah yang mempengaruhi tingkat kerawanan longsor untuk masing-masing wilayah di Kota Padang, faktor geologi lain seperti besarnya tingkat curah hujan Kota Padang. Menurut Suryanti (2019) topografi Kota Padang berada pada rentang 500 m – 3500 m yang merupakan wilayah dengan kategori kelerengan yang cukup curam serta tingkat curah hujan yang tinggi rata-rata perkecamatan di Kota Padang sekitar 2.816,7–4.487,9 mm per tahun yang menyebabkan sering terjadinya longsor.

Kemudian berdasarkan data wilayah potensi longsor, wilayah Kota Padang Panjang terbagi atas 3 potensi rawan longsor yaitu : (1) tingkat sedang, (2) tingkat rendah dan (2) tidak rawan. Bahaya longsor tingkat sedang terdapat di sebagian Kelurahan Bukit Surungan, Pasar Usang, Koto Katik, Koto Panjang, Ganting, dan Sigando, dan Silaing Bawah (Erna, dkk 2018). Pada Zona ini dapat terjadi longsor jika curah hujan di atas normal, terutama pada daerah yang berbatasan dengan lembah sungai, gawir, tebing jalan atau jika lereng mengalami gangguan. Untuk bahaya longsor tingkat rendah yaitu terdapat di hamper sebagian besar wilayah Kota Padang panjang, bisa dikatakan hampir 2/3 bagian Kota Padang Panjang digolongkan pada kawasan dengan tingkat bahaya longsor rendah. Dan untuk kawasan yang tidak rawan longsor terdapat di sebagian Kelurahan Ganting, Silaing Bawah, Silaing Atas, Kampung Manggis, dan Bukit Surungan.

Pada gambar 8 ditunjukkan bahwa bencana longsor di Kota Padang Panjang hanya terjadi pada musim hujan pada daerah dengan kemiringan > 40 % dan pada daerah bukit atau gunung atau sepanjang lembah sungai. Hal ini terlihat dari peta tingkat bahaya longsor di bawah ini.



Gambar 8. Peta tingkat rawan bahaya longsor Kota Padang Panjang

SIMPULAN

Secara umum daerah Sumatera Barat berada dengan tingkat kerawanan bencana longsor yang berbeda-beda. Sesuai dengan data kondisi alam dan data bencana longsor yang pernah terjadi. Penggunaan lahan sebagian besar masih didominasi oleh wilayah hutan dan persawahan. Sementara penggunaan lahan bisa dikatakan telah sesuai dengan penataan ruang yang seharusnya karena penataan wilayah pemukiman telah dilakukan dengan semestinya, sehingga rata-rata wilayah yang memiliki tingkat bahaya longsor bukanlah daerah pemukiman penduduk.

Upaya penanggulangan bencana longsor dapat dilakukan dalam bentuk strategi dan upaya penanggulangan sebagai berikut: 1) Menghindari daerah rawan gerakan tanah untuk pembangunan pemukiman dan fasilitas utama lainnya. 2) Mengurangi tingkat keterjalannya lereng dengan memangkas sebagian lereng yang terjal. 3) Meningkatkan/memperbaiki dan memelihara drainase baik air permukaan maupun air tanah. Fungsi drainase adalah untuk menjauhkan air dari lereng, menghindari air meresap ke dalam lereng atau menguras air ke dalam lereng ke luar lereng. Jadi drainase harus dijaga agar jangan sampai tersumbat atau meresapkan air ke dalam tanah. 4) Penghijauan dengan tanaman khususnya untuk lereng curam, dengan kemiringan lebih dari 40 derajat atau sekitar 80% sebaiknya tanaman tidak terlalu rapat serta diselingi dengan tanaman yang lebih pendek dan ringan serta di bagian dasar ditanami rumput.

REFERENSI

- Apriyono, A., Analisis Penyebab Tanah Longsor di Kalitlaga Banjarnegara, Universitas Soedirman, *Dinamika Rekayasa*, 5(1) hal 14-18 (2009).
- Arsyad, U., Barker, R., Wahyuni, dan Matandung K.K. 2018, 'Karakteristik Tanah Longsor di Daerah Aliran Sungai Tangka', *Jurnal Hutan dan Masyarakat*, vol.10, no.1, pp. 203-214.
- BNPB, I. (2017). Potensi dan Ancaman Bencana. Retrieved April 1, 2019, from Badan Nasional Penanggulangan Bencana website: <https://bnpb.go.id>.
- BNPB, I. (2019). Data Informasi Bencana Indonesia (DIBI). Retrieved April 1, 2019, from <http://bnpb.cloud/dibi//tabel3a>.
- Bündnis Entwicklung Hilft. (2018). The World Risk Report. Retrieved April 1, 2019, from WeltRisikoBericht website: <https://weltrisikobericht.de/english-2>.
- Ckhotimah, Husnul, Mutya Vonnisa, Arif Budiman 2020, 'Pemanfaatan Data ALOS PALSAR Untuk Estimasi Pergerakan Tanah Kota Padang Upaya Mitigasi Bencana Longsor Jurnal Fisika Unand (JFU) Vol. 9, No. 1, Januari 2020, hal. 93-99.
- Fransiska, L., Tjahjono, B., dan Gandasasmita, K. 2017, 'Studi Geomorfologi dan Analisis Bahaya Longsor di Kabupaten Agam, Sumatera Barat', *Buletin Tanah dan Lahan*, vol.1, no.1, pp. 51- 57.
- Hyndman, D. W., & Hyndman, D. (2017). *Natural hazards and disasters* (5th ed.). Boston, MA: Cengage Learning.
- Juita, Erna., Dasrizal, Zuriyani, Elvi. 2018, 'Analisis Spasial Tingkat Bahaya Longsor Kota Padang Panjang Sumatera Barat', *Jurnal Spasial* Volume 5, Nomor 3, 2018: hal.44-49.
- Maulani, Dinda Adfy, Marzuki. 2020, 'Analisis Kerawanan Bencana Longsor dari Karakteristik Hujan, Pergerakan Tanah dan Kemiringan Lereng di Kabupaten Agam', *Jurnal Fisika Unand (JFU) Vol. 10, No. 1, Januari 2021, hal.8 - 14.*
- Suryanti, K., Mekanisme Variasi Dijurnal Curah Hujan di Sumatera Barat, Tesis, UNAND 2019.