

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Tatanan tektonik Indonesia yang berada pada pertemuan tiga lempeng telah membentuk morfologi yang sangat bervariasi mulai dari pedataran hingga pegunungan. Kondisi tersebut menyebabkan Indonesia menjadi rawan terjadinya gerakan tanah atau longsor.

Bencana alam gerakan tanah sering terjadi terutama pada musim hujan. Bencana alam gerakan tanah ini telah menelan banyak korban jiwa dan harta benda. Salah satu upaya untuk mencegah terjadinya korban adalah melalui mitigasi bencana. Salah satu upaya mitigasi bencana adalah dengan mengetahui tingkat kerawanan setiap wilayah. Dibutuhkan adanya peta zona kerentanan gerakan tanah sebagai dasar mengambil kebijakan mitigasi baik berupa relokasi, analisa kebutuhan penanggulangannya serta acuan dalam perencanaan dan pengembangan wilayah.

Kabupaten Gowa adalah merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki topografi yang relatif bergelombang sedang hingga bergelombang kuat atau terjal. Kondisi topografi tersebut menyebabkan daerah ini sering mengalami bencana tanah longsor atau gerakan tanah. Selain topografi yang terjal, jenis

penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan daya dukung lahan menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya bencana gerakan tanah.

Berbagai penelitian mengenai zonasi kerentanan gerakan tanah telah dilakukan, namun ketelitian hasil pemetaan tersebut belum memberikan hasil yang maksimal. Hal ini bisa disebabkan karena perbedaan metode dan data atau parameter yang digunakan. Tingkat ketelitian hasil analisis zonasi kerentanan gerakan tanah seharusnya dapat diuji sehingga hasil analisis tersebut dapat diyakini sebagai penelitian yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis melakukan penelitian mengenai pemodelan densitas zona kerentanan gerakan tanah dengan menggunakan DEM IFSAR sebagai salah satu data pendukung utama untuk memperoleh peta zonasi dengan tingkat ketelitian yang tinggi.

B. RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana zonasi kerentanan gerakan tanah di Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa.
2. Bagaimana tingkat ketelitian hasil analisis bahaya gerakan tanah di Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa.
3. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi tingkat akurasi zonasi gerakan tanah di Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa.

C. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui zonasi kerentanan gerakan tanah di Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa
2. Mengetahui tingkat ketelitian hasil analisis zonasi kerentanan gerakan tanah di Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa.
3. Mengetahui faktor yang mempengaruhi tingkat akurasi zonasi gerakan tanah di Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa.

D. MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat memberikan informasi bagi pemerintah setempat mengenai zonasi kerentanan gerakan tanah sehingga pemerintah daerah dapat mengambil kebijakan terkait mitigasi bencana gerakan tanah.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi kegiatan penelitian gerakan tanah khususnya mengenai tingkat ketelitian analisis zonasi kerentanan gerakan tanah.

E. RUANG LINGKUP PENELITIAN

Ruang lingkup/batasan dari penelitian ini adalah pembuatan zonasi kerentanan gerakan tanah di daerah penelitian dengan menggunakan dua metode (metode *Frequency Ratio* dan metode *Weight of Evidence*) untuk mendapatkan perbandingan nilai akurasi zonasi kerentanan gerakan tanah di Kecamatan Manuju dan Kecamatan Bungaya Kabupaten Gowa.

F. DEFINISI ISTILAH

1. Gerakan Tanah : Perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng (Varnes, 1978).
2. Kerentanan: kecenderungan untuk terjadi/terkena.(*Badan Standar Nasional, 2005*)
3. DEM (*Digital Elevation Model*): Data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat (Tempfli, 1991).
4. Pemodelan: Rencana, representasi, atau deskripsi yang menjelaskan suatu objek, sistem, atau konsep, yang seringkali berupa penyederhanaan atau idealisasi. Bentuknya dapat berupa model fisik (maket, bentuk prototipe), model citra (gambar rancangan, citra komputer), atau rumusan matematis

([https://id.wikipedia.org/wiki/Model_\(disambiguasi\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Model_(disambiguasi)), diakses tanggal 15 Mei 2019.).

5. Densitas: Kerapatan yang dihitung dengan perbandingan luas gerakan tanah dengan luas peta parameter (Van Westen, 2014).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. GEOLOGI REGIONAL

1. Geomorfologi

Menurut Sukamto dan Supriatna (1982), bentuk morfologi yang menonjol pada Peta Geologi Lembar Ujungpandang Benteng dan Sinjai adalah kerucut Gunungapi Lompobattang. Gunungapi Lompobattang memiliki elevasi 2.876 mdpl yang tersusun oleh batuan vulkanik berumur Pliosen.

Selain kerucut Gunungapi Lompobattang, terdapat dua kerucut gunungapi lain, yaitu kerucut Gunungapi Baturape dan kerucut Gunungapi Cindako. Kerucut Gunungapi Baturape berada di sebelah Barat kerucut Gunungapi Lompobattang dengan elevasi 1124 mdpl. Kerucut Gunungapi Cindako berada di sebelah Utara kerucut Gunungapi Lompobattang dengan elevasi 1500 mdpl. Kedua bentuk kerucut yang tererosi ini tersusun oleh batuan vulkanik berumur Pliosen.

Morfologi daerah sebelah Barat Gunung Cindako dan sebelah Utara Gunung Baturape merupakan daerah berbukit. Bagian Barat Gunung Baturape daerah perbukitan dengan elevasi sekitar 500 mdpl. Bentuk morfologi ini tersusun oleh batuan klastik gunungapi berumur Miosen. Bukit-bukit yang memanjang dan tersebar di daerah ini mengarah ke Gunung Cindako dan Gunung Baturape berupa retas-retas basal.

Pada bagian Barat morfologi daerah ini merupakan dataran rendah yang umumnya merupakan daerah rawa dan dataran banjir dari beberapa sungai besar.

2. Stratigrafi

Menurut Sukanto dan Supriatna (1982) dalam Peta Geologi Regional Lembar Ujungpandang Benteng dan Sinjai, jenis batuan yang tersingkap di sekitar wilayah penelitian adalah basal, diorit, Formasi Batuan Gunungapi Lompobattang, Formasi Batuan Gunungapi Baturape Cidako dan Formasi Camba.

Formasi Camba (*Tmc*) merupakan batuan tertua di daerah penelitian. Formasi camba diperkirakan berumur Miosen Tengah sampai Pliosen dengan ketebalan sekitar 4.250 meter dan menindih tidak selaras batuan-batuan yang lebih tua. Formasi Camba tersusun oleh batuan sedimen laut yang berselingan dengan batuan sedimen klastik gunungapi. Secara lateral berangsur berubah menjadi dominan batuan gunungapi (*Tmcv*). Batuan sedimen laut berasosiasi dengan karbonat mulai diendapkan sejak Miosen Akhir sampai Pliosen.

FORMASI CAMBA (*Tmc*): batuan sedimen laut berselingan dengan batuan gunungapi, batupasir tufaan berselingan dengan tufa batupasir dan batulempung; bersisipan napal, batugamping, konglomerat dan breksi gunungapi dan batubara.

Warna batuan beraneka ragam mulai dari merah, coklat, putih, kelabu muda sampai kehitaman umumnya mengeras kuat; perlapisan dengan ketebalan 4 cm hingga 100 cm. Tufa berbutir halus hingga lapili; tufa lempungan berwarna merah dan banyak mengandung mineral biotit. Konglomerat dan breksi umumnya tersusun atas fragmen andesit dan basal dengan ukuran antara 2 cm hingga 30 cm. Batugamping pasiran mengandung koral dan moluska. Batulempung berwarna kelabu tua dan napal yang mengandung fosil foram kecil. Formasi Camba di daerah ini diperkirakan berumur Miosen Tengah sampai Miosen Akhir.

BATUAN GUNUNGAPI BATURAPE CINDAKO (*Tpbv*): lava dan breksi, dengan sisipan sedikit tufa dan konglomerat. Bersusunan basal, sebagian besar porfiri dengan fenokris piroksen ukuran besar sampai 1 cm dan sebagian kecil kasatmata, berwarna kelabu tua kehijauan hingga hitam; lava sebagian ditemukan dalam bentuk kekar tiang dan sebagian kekar lapis, pada umumnya breksi berfragmen kasar, mulai dari 15 cm hingga 60 cm, terutama basal dan sedikit andesit, dengan semen tufa berbutir kasar sampai lapili, banyak mengandung pecahan piroksen.

Kompleks terobosan diorit berupa stok dan retas di Baturape dan Cindako diperkirakan merupakan bekas pusat erupsi (*Tpbc*); batuan disekitarnya terubah kuat, amigdaloidal dengan mineral sekunder zeolit dan kalsit: keberadaan mineral galena di Baturape kemungkinan besar berkaitan dengan intrusi diorite. Daerah sekitar Baturape dan Cindako didominasi oleh batuan lava. Formasi ini memiliki ketebalan tidak kurang

dari 1.250 meter. Berdasarkan posisi stratigrafinya batuan ini diperkirakan berumur Pliosen Akhir.

BATUAN GUNUNGAPI LOMPOBATANG (Q/v): aglomerat, lava, breksi, endapan lahar dan tufa. Membentuk kerucut gunungapi strato dengan puncak tertinggi 2.950 m di atas muka laut; pada umumnya tersusun atas andesit dan sebagian basal, lava *vesicular* dan Sebagian berlapis; lava berstruktur bantal; setempat breksi dan tufa mengandung dominan biotit.

Pada kenampakan foto udara, bentuk morfologi gunungapi masih jelas dapat dilihat. Adalah pusat erupsi yang memperlihatkan bentuk kubah lava. Bentuk kerucut parasit memperlihatkan bahwa paling tidak ada 2 periode kegiatan erupsi, yaitu Q/vpl dan Q/vp2. Di daerah sekitar pusat erupsi tersusun atas : terutama lava dan aglomerat (Q/v), dan di daerah yang agak jauh dari pusat erupsi tersusun oleh breksi, endapan lahar dan tufa (Q/vb). Berdasarkan posisi stratigrafinya batuan ini diperkirakan berumur Plistosen.

DIORIT (d): terobosan diorit, kebanyakan berupa stok dan sebagian retas atau sill, menerobos batugamping Formasi Tonasa (Temt); umumnya berwarna kelabu, bertekstur porfiri, dengan fenokris amfibol dan biotit, sebagian mempunyai struktur kekar tiang. Penarikan Kalium Argon pada biotit dan apatit menunjukkan umur dari batuan ini adalah Miosen Akhir.

BASAL: terobosan basal berupa retas, sill dan stok, bertekstur porfiri dengan fenokris piroksen kasar mencapai ukuran lebih dari 1 cm, berwarna kelabu tua kehitaman dan kehijauan; sebagian dicirikan oleh struktur kekar meniang, beberapa di antaranya tersusun atas gabro. Terobosan basal di sekitar Sungai Jeneberang berupa kelompok retas yang mempunyai arah yang radial atau memusat ke Baturape dan Cindako, sedangkan bagian yang ada di sebelah Utara Jeneponto berupa stok.

Semua terobosan basal menerobos batuan dan Formasi Camba (Tmc). Penarikan Kalium/Argon pada batuan basal menunjukkan umur Miosen. Hal ini mengindikasikan bahwa kemungkinan terobosan basal berlangsung sejak Miosen Akhir sampai Pliosen Akhir.

3. Struktur Geologi

Menurut Sukanto dan Supriatna (1982), struktur geologi di daerah pegunungan Lompobattang dan sekitarnya berupa struktur lipatan dan struktur sesar.

a. Struktur Lipatan

Struktur ini mempunyai arah jurus (strike) dan kemiringan (dip) perlapisan batuan yang tidak teratur. Hal tersebut menyebabkan sulit untuk menentukan jenisnya lipatannya. Adanya perlipatan dicirikan oleh kemiringan lapisan batuan, baik batuan Tersier maupun batuan Kwarter (Kala Plistosen), sehingga umur lipatan ini diperkirakan setelah Plistosen.

b. Struktur Sesar

Struktur sesar ini mempunyai arah yang bervariasi, namun pada umumnya sesar-sesar geser yang ditemukan relatif arah Utara-Selatan, beberapa berarah Baratlaut-Tenggara dan Timur-Barat.

Terjadinya lipatan dan sesar berhubungan dengan proses tektonik daerah setempat, dimana akhir dari kegiatan gunung api Miosen Bawah, diikuti oleh tektonik yang menyebabkan terjadinya permulaan terbentuknya Lembah Walanae. Peristiwa ini kemungkinan besar berlangsung sejak awal Miosen Tengah dan menurun perlahan seiring dengan sedimentasi yang tetap berlangsung sampai kala Pliosen. Hal ini diikuti oleh aktifitas gunungapi pada daerah sebelah Baratdaya. Peristiwa ini terjadi selama Miosen Tengah sampai Pliosen dengan gunungapi bawah laut, dan muncul pada kala Pliosen sebagai gunungapi kontinen yang kemungkinan besar pada kala ini mulai terjadi perlipatan. Aktifitas magma pada kala Plistosen Atas diikuti oleh kegiatan tektonik yang menyebabkan terjadinya sesar di daerah ini.

B. LANDASAN TEORI

1. Definisi

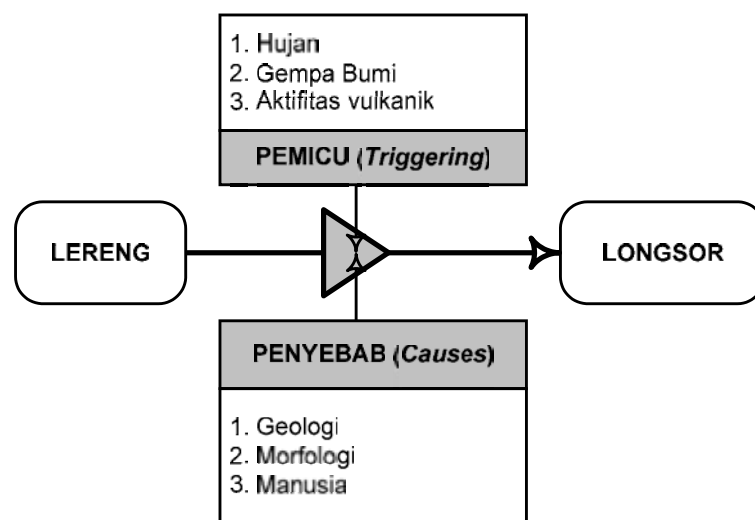
Gerakan tanah adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran, bergerak ke bawah atau keluar lereng. (Varnes, 1958 dalam Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral No.1452/K/10/MEM/2000).

Kejadian gerakan tanah pada suatu daerah dapat dijelaskan sebagai berikut: ketika hujan dengan intensitas tinggi, air hujan akan meresap ke dalam tanah sehingga bobot tanah menjadi bertambah. Air yang meresap sampai lapisan kedap air atau batuan dasar, akan mengurangi daya ikat dengan tanah lapuk di bagian atasnya sehingga bidang tersebut dapat berperan sebagai bidang gelincir. Lapisan tersebut menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak menuruni lereng dan keluar dari lereng. (Terzaghi, et al. 1967).

2. Faktor-Faktor Penyebab dan Pemicu Gerakan Tanah

Gerakan tanah dapat terjadi pada suatu lereng baik pada pegunungan, perbukitan, tebing sungai atau tebing jalan. Analisis gerakan tanah dapat dilakukan melalui identifikasi faktor-faktor penyebab (*causes*) dan pemicu (*trigger*) terjadinya gerakan tanah. **Gambar 2** menunjukkan skema dari penyebab dan pemicu terjadinya

gerakan tanah. Penyebab gerakan tanah adalah faktor-faktor yang membuat suatu lereng menjadi rentan terhadap gerakan tanah pada lokasi dan waktu tertentu. Penyebab terjadinya gerakan tanah seperti pada Tabel 1, meliputi faktor geologi, morfologi dan aktifitas manusia. Faktor penyebab gerakan tanah merupakan faktor yang mempengaruhi suatu lereng mengalami gagal struktur, sehingga lereng tersebut menjadi tidak stabil. Faktor tunggal yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya gerakan tanah disebut pemicu. Jadi dapat disimpulkan bahwa kombinasi faktor penyebab (*causes*) membuat lereng mengalami kegagalan struktur, sedangkan pemicu (*tringger*) sebagai penyebab awal terjadinya longsor. Secara umum, mekanisme kegagalan struktur atau ketidakstabilan suatu lereng atau dapat diklasifikasikan pada nilai kuat geser dan tegangan geser tanah (Varnes, 1978).



Gambar 2 Faktor-faktor *causes* dan *tringger* gerakan tanah (Varnes 1978 dalam Muntohar, 2010).

3. Tipe Gerakan Tanah

Menurut Muntohar (2010), gerakan tanah atau longsor umumnya dipengaruhi dan disebabkan oleh faktor alam misalnya jenis litologi, bentang alam atau morfologi, struktur atau kemiringan lapisan batuan, *slope* atau derajat kemiringan lereng, ketebalan soil, curah hujan dan jenis vegetasi yang ada di lereng. Jenis gerakan material pada lereng seperti bergeser (*sliding*), menggelinding (*rolling*), reruntuhan (*falling*), atau mengalir (*flowing*). Gerakan tanah umumnya terjadi pada daerah berbukit atau bergunung, tebing jalan atau tebing sungai. Terjadinya gerakan tanah karena lereng tersebut mencari titik keseimbangan baru.

Suatu lereng mejadi tidak stabil dapat disebabkan oleh karena faktor utama seperti material yang ada pada lereng menjadi jenuh oleh air hujan. Material yang jenuh air tersebut akan menambah beban pada lereng. Bertambahnya massa lereng akibat air yang mengisi material, pengaruh gravitasi, adanya bidang gelincir baik berupa perlapisan atau batas material lapuk dengan batuan dasar yang dapat berfungsi sebagai bidang gelincir, menyebabkan lereng tersebut dapat bergerak ke arah bawah keluar dari lereng.

Klasifikasi yang didasarkan pada parameter tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2**. Klasifikasi lain yang digunakan adalah dengan memasukkan beberapa variabel lain, misalnya kecepatan pergerakan (*the rate of movement*) dan kandungan air, udara dan es pada material yang mengalami longsor.

Tabel 1 Penyebab umum gerakan tanah (*Transportation Research Board (TRB), 1996*)

Faktor Penyebab	Sumber Penyebab
Faktor Geologi :	<ul style="list-style-type: none"> a. Lapisan batuan yang lemah dan sensitif b. Pelapukan batuan c. Pergeseran batuan d. Retakan atau pertemuan lapisan batuan e. Perbedaan permeabilitas lapisan tanah f. Perbedaan kekuatan batuan (kaku, padat, plastis)
Faktor Morfologi :	<ul style="list-style-type: none"> a. Pengangkatan tektonik atau vulkanik b. Lapisan es c. Erosi d. Perubahan letak beban pada lereng e. Kerusakan tanaman pelindung pada lereng
Faktor Fisik :	<ul style="list-style-type: none"> a. Curah hujan yang sangat tinggi b. Pencairan es c. Hujan yang sangat lama d. Perubahan muka air tanah e. Gempa bumi f. Letusan vulkanik g. Kembang – susut karena pelapukan tanah
Faktor Manusia :	<ul style="list-style-type: none"> a. Penggalian lereng b. Penggundulan hutan (deforestation) c. Penambangan d. Getaran-getaran buatan, seperti percobaan nuklir

Gambar 3 menunjukkan ilustrasi dari peristiwa gerakan tanah beserta dengan penjelasan terminologi yang lazim. Dilihat dari mekanisme longsorannya, gerakan tanah dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis, yaitu luncuran (*slide*), reruntuhan (*fall*), jatuhan (*topple*), dan aliran (*flow*). (Varnes, 1978)

Tabel 2. Klasifikasi gerakan tanah (Varnes, 1978).

No	Type	Subtype	Description
1.	<i>Falls</i>		- <i>Rockfall (bedrock)</i> - <i>Soifall (Loose material)</i>
2.	<i>Topples</i>		- <i>Toppling failures</i>
3.	<i>Slides</i>	<i>Rotational</i>	- <i>Slump (bedrock or cohesive units of material)</i>
		<i>Planar</i>	- <i>Block-glide (bedrock or cohesive units Loose material)</i> - <i>Rockslide (bedrock)</i> - <i>Debris slide (loose material)</i>
4.	<i>Flows</i>	<i>Dry</i>	- <i>Rock avalanche</i> - <i>Sand run</i> - <i>Loes flow</i>
		<i>Moderately wet</i>	- <i>Debris avalanche</i> - <i>Earth flow</i>
		<i>Very wet</i>	- <i>Sand or silt flow</i> - <i>Debris flow</i> - <i>Mud flow</i>

a. Keruntuhan geser atau longsoran (*sliding failures*)

Pergerakan massa tanah ini terjadi karena perbedaan jenis lapisan tanah yang mana lapisan tanah atau batuan yang stabil berada di atas lapisan yang tidak stabil. Terdapat dua jenis utama untuk keruntuhan gerakan tanah yaitu longsoran rotasi dan longsoran translasi. Perbedaan keduanya adalah pada bentuk bidang gelincirnya. Bidang longsor pada jenis rotasi berbentuk cekung ke atas (**Gambar 3**).

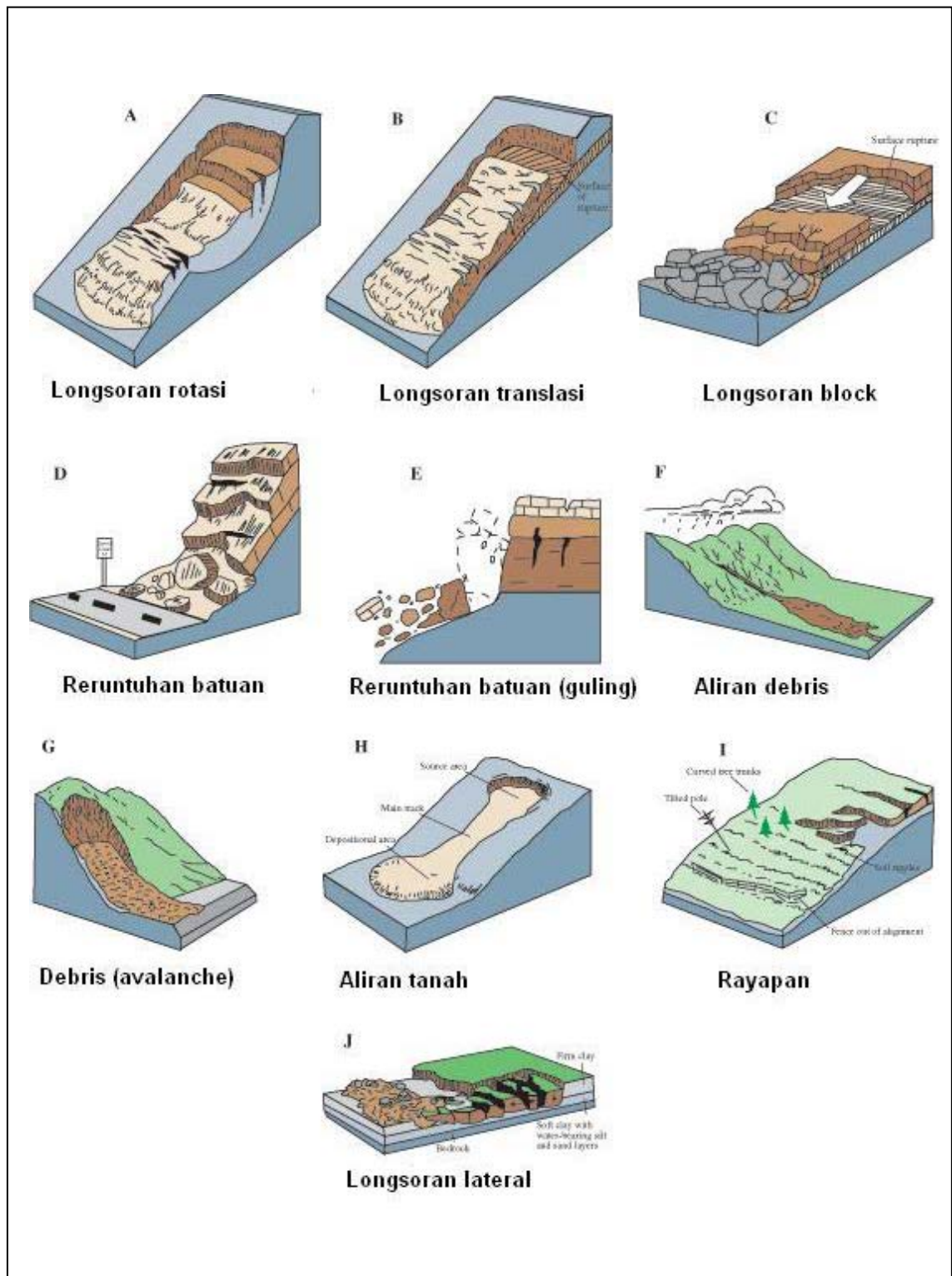
Sedangkan bidang longsor berupa bidang datar dengan sedikit berbentuk cekung ke atas (Gambar 3). Pergerakan tanah jenis translasi dapat pula dalam satu kesatuan berupa blok tanah (Gambar 3).

b. Reruntuhan batuan (*fall failures*)

Keruntuhan jenis ini lebih sering terjadi pada lereng batuan yang mana batuan bergerak hingga terlepas dari lereng yang terjal seperti pada Gambar 3. Pergerakan masa batuan dipengaruhi oleh gravitasi, proses pelapukan mekanis, dan rembesan air. Longsor jenis reruntuhan batuan ini biasanya terjadi pada agregat batuan yang pelapukannya tidak merata, batuan yang mempunyai banyak kekar (*joint*) atau retakan (*fracture*), atau pada batas antara dua jenis batuan berbeda atau zona kontak batuan (*bedding planes*).

c. Jatuhan (*toppling failures*)

Runtuhan (*topples*) adalah terlepasnya bagian dari lereng yang disebabkan oleh gaya gravitasi. Spesifikasi dari jenis longsor ini adalah adalah pergerakan massa lereng berotasi ke arah depan dari satu atau beberapa blok material karena adanya pengaruh gaya gravitasi bumi dan adanya gaya dorong material atau blok lain yang ada di atasnya. Pergerakan tersebut dapat juga disebabkan oleh bertambahnya massa material atau blok jenuh air pada lereng tersebut. (Gambar 3).



Gambar 3. Skema jenis pergerakan tanah pada lereng (Highland, 2004)

d. *Flows failures* (Longsoran aliran)

Aliran (*flow*) adalah longsoran material yang menuruni lereng dengan ukuran yang bervariasi mulai dari tanah halus sampai bongkah yang bercampur dengan air. Longsor aliran memiliki perbedaan karakteristik, yaitu :

- 1) Aliran debris (debris flow): Gambar 3 memperlihatkan model aliran debris (debris flow). Pada tipe ini, material longsoran adalah campuran material-material berupa tanah lepas, batuan, bahan-bahan organik, serta air yang membentuk massa material yang lebih cair, yang kemudian bergerak secara cepat menuruni lereng. Aliran debris umumnya mengandung lapisan tanah bergradasi baik kurang dari 50 % yang biasanya bercampur dengan aliran air permukaan. Oleh aliran air tersebut membawa dan menghanyutkan material pada lereng yang relatif curam. Aliran debris secara umum berbeda dengan jenis gerakan tanah lainnya. Aliran debris pada umumnya mengandung material yang jenuh air dan dengan persentase lanau dan pasir yang besar. Aliran debris umumnya berbentuk saluran yang curam (*steep gullies*), dan sisa-sisa material aliran debris dapat diindikasikan oleh kandungan material debris pada ujung saluran. Debris flow adalah gerakan tanah dengan ukuran material yang bervariasi (dari halus hingga kasar) dan bercampur dengan air. Debris flow biasanya terjadi pada waktu hujan intensitas tinggi pada lereng curam. Debris flow ini salah satu jenis

gerakan tanah yang sering terjadi di Indonesia.

- 2) Debris bahan rombakan (*debris avalanche*): jenis aliran ini adalah jenis gerakan tanah yang bergerak sangat cepat dan dalam massa yang besar. Material debris umumnya merupakan bahan rombakan hasil pelapukan berupa campuran tanah dan batuan. Skema ilustrasi aliran tipe ini ditunjukkan pada **Gambar 3**.
- 3) Aliran tanah (*earthflow*): Gerakan tanah ini memiliki karakteristik hampir sama dengan aliran *debris*, perbedaannya terletak pada ukuran material yang lebih halus dan seragam. Gerakan tanah ini umumnya terjadi pada lereng dengan kemiringan yang tidak terlalu terjal seperti yang terlihat pada **Gambar 3**. Material halus yang ada pada lereng yang banyak mengandung air akan mengalir sehingga meninggalkan bentuk lereng baru menyerupai sebuah cekungan. Gerakan tanah jenis ini umumnya terjadi pada material yang bergradasi baik atau dengan ukuran butir sangat halus dan lunak serta berada pada kondisi jenuh air. Selain material yang sangat halus, gerakan tanah jenis ini juga dapat terjadi pada material granular yang lebih kering. Hal tersebut dapat terjadi jika material tersebut mengandung lebih dari 50% pasir, lanau, partikel lempung, sehingga material ini dapat bergerak secara cepat menuruni lereng. Gerakan tanah ini sering disebut dengan aliran lumpur (*mudflow*).
- 4) Rayapan (*creep*): Rayapan adalah pergerakan massa pada lereng berupa batuan dan tanah yang bergerak secara sangat lambat dan

dalam waktu yang relatif lama. Terjadinya gerakan tanah karena cukupnya tegangan geser untuk mengakibatkan terjadinya deformasi tetap, tetapi tegangan geser tersebut sangat kecil untuk membuat retakan pada lereng. Jenis gerakan tanah rayapan yaitu: (1) berubah-ubah atau *seasonal*, (2) menerus atau *continuous*, dan (3) bertahap atau *progressive*. Secara visual kenampakan soil creep tidak mudah teridentifikasi dalam waktu yang singkat karena bentuk lereng umumnya relatif tidak memperlihatkan perubahan. Ada beberapa indikator yang dapat dijadikan sebagai petunjuk untuk mengidentifikasi gerakan tanah ini, misalnya tiang listrik atau adanya pohon yang miring dan adanya retakan pada permukaan tanah atau gelombang tanah pada lereng. (Gambar 3)

- 5) Longsoran lateral (*lateral-spreading failures*) Gerakan tanah *lateral* adalah peristiwa yang unik karena terjadi pada kemiringan yang landai atau pada wilayah yang relative datar (**Gambar 3**). Karakteristik dominan dari pergerakan materialnya adalah perpanjangan *lateral* yang diikuti dengan retakan geser dan tarik. Gerakan tanah jenis ini biasanya disebut likuifaksi. Likuifaksi dapat terjadi karena kondisi material tanah yang jenuh air, lepas, serta daya lekat sedimennya rendah sehingga menyebabkan kondisi tanah berubah dari padat menjadi cair. Likuifaksi umumnya terjadi karena adanya guncangan tanah yang cepat, seperti ketika terjadinya gempa bumi. Pada saat terjadi gempa material yang saling terikat oleh batuan dasar ataupun

tanah, berubah bercampur dengan air tanah sehingga berubah menjadi cair. Bagian atas dari lapisan tanah akan mengalami retak yang meluas dan kemudian material tersebut berubah bentuk, berotasi/berputar, hancur atau mencair dan kemudian mengalir. Longsoran secara lateral di wilayah yang landai pada material yang mempunyai sortasi yang baik dapat berlangsung secara bertahap. Gerakan tanah yang terjadi secara tiba-tiba pada sebuah wilayah yang sempit dan akan bergerak dengan cepat.

Gerakan tanah yang terdiri dari 2 atau lebih tipe gerakan tanah disebut sebagai gerakan tanah kompleks.

Gerakan tanah dapat juga diklasifikasikan berdasarkan kecepatan pergerakannya, gerakan tanah dapat diklasifikasikan sebagai berikut: (Varnes, 1978)

- a. Luar biasa cepat lebih cepat dari 3,00 m/detik;
- b. Sangat cepat 0,30 m/menit - 3,00 m/detik;
- c. Cepat 1,50 m/hari - 0,30 m/menit;
- d. Menengah 1,50 m/bulan - 1,50 m/hari;
- e. Lambat 1,50 m/tahun - 1,50 m/bulan;
- f. Sangat lambat 0,06 m/tahun – 1,50 m/tahun;
- g. Luar biasa lambat kurang dari 0,06 m/tahun.

4. Digital Elevation Model (DEM) IFSAR

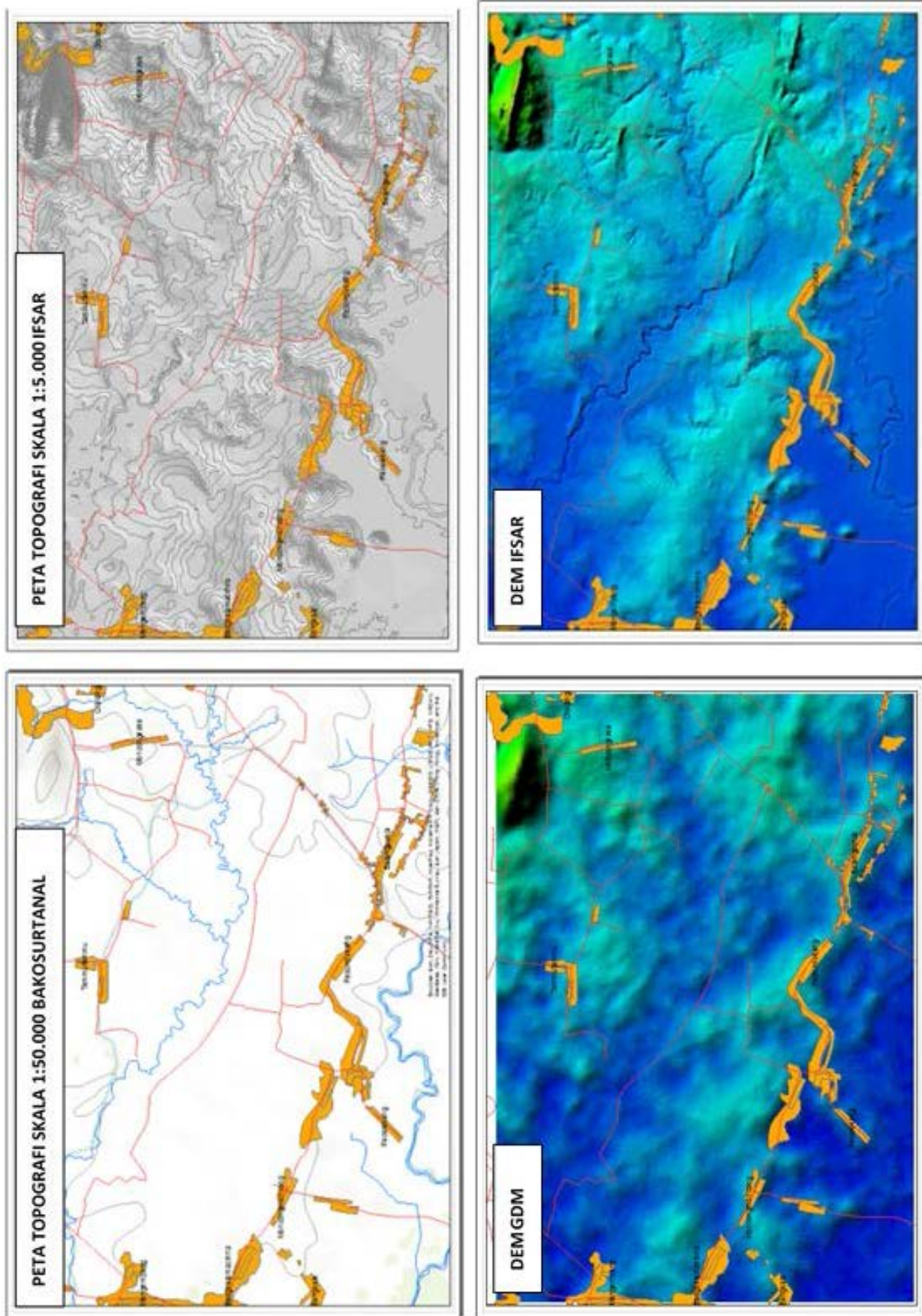
Peta topografi adalah salah satu faktor penting dalam analisis zonasi kerentanan gerakan tanah. Peta topografi yang tersedia pada umumnya berskala 1:50.000 (RBI Badan Informasi Geospasial) dan

beberapa kawasan dengan skala 1:25.000. Untuk mendapatkan peta topografi skala besar, sumber data alternatif adalah data *Digital Elevation Model* (DEM).

Digital Elevation Model (DEM) merupakan data spasial yang memberikan informasi topografi suatu daerah, pada umumnya digunakan untuk perencanaan tata ruang, perencanaan pembangunan infrastruktur, eksplorasi tambang, kebencanaan, telekomunikasi hingga pertahanan dan keamanan. Pada bidang geodesi dan geomatika, DEM dapat digunakan untuk pembuatan peta topografi, pembuatan citra orthorektifikasi, perhitungan cadangan dan volume *cut and fill*, dan pemodelan tiga dimensi (3D).

Salah satu jenis DEM yang berskala besar adalah DEM IFSAR. Produk DEM IFSAR yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data DTM (*Digital Terrain Model*), yaitu elevasi permukaan tanah bukan elevasiutupan lahan. DEM IFSAR digeoreferensi secara tepat untuk memberikan data informasi posisi geometris dan data elevasi yang akurat.

Data DEM IFSAR memiliki resolusi horizontal 5 meter dengan tingkat akurasi horizontal 2 meter dan akurasi vertikal 1 meter.



Gambar 4. Perbandingan ketelitian data DEM GDM dan DEM IFSAR

Tabel 3. Spesifikasi Data DEM IFSAR (*Whitepaper Intermap*)

Product	Pixel Size (m)	Horizontal Accuracy RMSE (m)	Vertical Accuracy RMSE (m)
DSM	5.0	2.0	1.0
DTM	5.0	2.0	1.0
ORI	1.25	2.0	-

Produk elevasi yang dihasilkan teknologi IFSAR sesuai untuk kebutuhan data spasial seperti analisis zonasi rawan bencana gerakan tanah. Data DEM IFSAR dapat digeneralisasi menjadi data kontur, kemiringan lereng, arah lereng, panjang lereng dan kecembungan lereng. Data tersebut akan menjadi peta-peta paramater dalam analisis spasial.

DEM IFSAR resolusi 5m menunjukkan akurasi yang tinggi (*rms/Root Mean Square Error* 0,28m dan 0,55m pada kepercayaan 95%). Dengan akurasi tersebut DEM IFSAR resolusi tinggi dapat memenuhi persyaratan dalam penelitian yang berkaitan dengan topografi bahkan dalam relief yang cukup datar. (Mercuri, et al; 2004)