

Analisis Faktor Pengontrol Longsor di Daerah Boro-Boro dan Sekitarnya Kecamatan Ranomeeto Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara

Zeth Yoseptian Batupadang¹, Hasria¹, Erwin Anshari²

¹Program Studi Teknik Geologi, Universitas Haluoleo, Kendari, Indonesia

²Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Haluoleo, Kendari, Indonesia

*Email korespondensi: zethyoseptian@gmail.com

Tel: +62-823-4638-4613

SARI

Penelitian ini terletak di daerah Boro-Boro dan Sekitarnya, Kecamatan Ranomeeto, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara geografis daerah penelitian terletak pada koordinat $3^{\circ}58,56'-4^{\circ}31,52'LS$, dan $121^{\circ}58'-123^{\circ}16'BT$. Lokasi penelitian termasuk ke dalam Formasi Alangga yang tersusun oleh batupasir dan konglomerat berumur Plistosen. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan faktor pengontrol longsor serta jenis longsor pada lokasi penelitian. Metode yang dipakai pada penelitian ini adalah survey lapangan secara langsung meliputi pengambilan data litologi, sampel tanah, mengukur kemiringan lereng selanjutnya dilakukan pengolahan data lapangan dan analisis data hasil lapangan. Faktor pengontrol yang berpengaruh di daerah penelitian terdiri dari kemiringan lereng, litologi, dan jenis tanah dengan potensi jenis longsor berupa luncuran dan runtuh batuan.

Kata kunci: Longsor, batupasir, Alangga, kemiringan lereng, Konawe Selatan

ABSTRACT

This research is in the Boro-Boro area, Ranomeeto District, South Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province. Geographically, the research area is located at coordinates $3^{\circ}58.56'-4^{\circ}31.52'LS$ and $121^{\circ}58'-123^{\circ}16'BT$. The research location belongs to the Alangga Formation, composed of sandstone and conglomerate of Pleistocene age. This study aims to determine the landslide control factors and types of landslides at the research location. The method used in this research is a direct field survey that includes lithological data survey, soil samples, measuring the slope, processing field data, and analyzing field data. The controlling factors that influence the research area consist of slope geometry, lithology, and soil type with potential landslides in debris slides and rockfall.

Keywords: Landslides, sandstone, Alangga, slope, South Konawe

1 Pendahuluan

Longsor atau dikenal sebagai gerakan massa tanah, batuan atau kombinasinya, sering terjadi pada lereng-lereng alam yang merupakan suatu fenomena alam yang mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan atau faktor yang menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser tanah. Daerah penelitian, secara administrasi berada di Desa Boro-Boro dan sekitarnya yang merupakan Kecamatan Ranomeeto Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara. Pada ruas jalan daerah tersebut merupakan salah satu lokasi yang sering terjadi tanah longsor. Hal ini ditandai jatuhnya material berupa tanah dan batuan pada badan jalan, titik badan jalan mengalami retak-retak karena sebelah kiri-kanan jalan belum

terbangun saluran air akibatnya air hujan meluap hingga menutupi badan jalan ketika musim penghujan, serta pohon tumbang.

Longsor merupakan gerakan material pembentuk lereng yang diakibatkan oleh terjadinya kegagalan geser, disepanjang satu atau lebih bidang longsor. Gerakan massa tanah ini merupakan gerakan melorot ke bawah dari material pembentuk lereng, yang dapat berupa tanah, batu, tanah timbunan atau campuran dari material lain. Bila gerakan massa tanah tersebut sangat berlebihan, maka disebut tanah longsor (*landslide*). Longsor ini merupakan salah satu bencana alam yang sering melanda daerah perbukitan di daerah tropis basah (Hardiyatmo, 2012).

Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang mengakibatkan hilangnya nyawa manusia dan menyebabkan kerusakan luas pada properti dan infrastruktur. Tanah longsor secara umum mencakup semua gerakan kebawah atau tiba-tiba material permukaan seperti tanah liat, pasir, kerikil, dan batu. Tanah longsor adalah salah satu bencana utama yang merusak didaerah pegunungan yang diakibatkan karena pengaruh gempa bumi atau curah hujan (Naryanto, 2002).

Pergerakan massa tanah/batuan pada lereng dapat terjadi akibat interaksi pengaruh antara beberapa kondisi yang meliputi geologi, morfologi, struktur geologi, hidrogeologi dan tata guna lahan. Kondisi-kondisi tersebut saling berpengaruh sehingga mewujudkan suatu kondisi lereng yang mempunyai kecenderungan atau berpotensi untuk bergerak. Kondisi lereng demikian disebut kondisi rentan untuk bergerak. Jadi, pengertian rentan disini berarti berpotensi atau kecenderungan untuk bergerak namun belum mengalami gerakan (Karnawati, 2005).

Longsor terjadi akibat meluncurnya suatu volume tanah diatas suatu lapisan agak kedap air yang jenuh air. Lapisan tersebut mengandung kadar liat (*clay*) atau batuan tinggi/tebal dan setelah jenuh air akan berfungsi sebagai peluncur. Batuan yang tidak tembus air dapat menciptakan bidang luncur terhadap tanah. Air yang masuk kedalam tanah tidak dapat menembus lapisan batuan (kedap air) dan akan mengalir/menyebar secara lateral. Sehingga ketika terjadi hujan airnya akan memenuhi permukaan gelincir dan jika permukaan gelincir tidak kuat menahannya maka terjadilah longsor tanah diatas lapisan liat atau batuan tersebut (Hardiyatmo, 2012).

Peristiwa tanah longsor atau dikenal sebagai gerakan massa tanah, batuan atau kombinasinya, sering terjadi pada lereng-lereng alami atau buatan (bidang luncur) dan sebenarnya merupakan fenomena alam, yaitu alam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan atau faktor yang mempengaruhinya (Suryolelono, 2003).

Menurut Cruden dan Varnes (1996) karakteristik massa tanah pembentuk lereng terbagi menjadi: Longsor (*slides*) merupakan perpindahan masa batuan atau tanah melalui suatu permukaan bidang. Permukaan bidang tersebut dapat berupa kekar, sesar, atau bidang perlapisan yang searah dengan kemiringan lereng. Jatuhan (*fall*) adalah gerakan jatuh material pembentuk lereng (tanah atau batuan) di udara dengan tanpa adanya interaksi antara bagian-bagian material longsor. Jatuhan batuan dapat terjadi pada semua jenis batuan dan umumnya terjadi akibat oleh pelapukan, perubahan temperatur, tekanan air tanah, atau penggalan/penggerusan bagian bawah lereng. Robohan (*topples*) adalah gerakan material roboh dan biasanya terjadi pada lereng batuan yang sangat terjal sampai tegak yang mempunyai bidang-bidang ketidakterusan yang relatif vertikal. Tipe gerakan hampir sama dengan jatuhan, hanya gerakan batuan longsor adalah mengguling hingga roboh, yang berakibat batuan lepas dari

permukaan lerengnya. Aliran (*flow*) dapat berupa *debris flow* (aliran bahan rombakan) dengan material berukuran butir kasar sampai dengan *mudflow* (aliran lumpur) yakni aliran material dengan ukuran butir secara dominan adalah lempung. Aliran lumpur (*mudflow*) terjadi apabila material cairan kental bergerak menuruni lereng dengan cepat. Biasanya materialnya jenuh air dan utamanya partikel halus (*debris*).

Faktor pengontrol gerakan tanah merupakan faktor-faktor yang dapat membuat kondisi suatu lereng atau tebing menjadi rentan atau siap untuk bergerak. Lereng yang berpotensi untuk bergerak ini baru akan bergerak apabila ada gangguan yang memicu terjadinya gerakan tanah (Karnawati, 2005). Faktor-faktor pengontrol ini umumnya merupakan fenomena alam meskipun ada yang bersifat non alamiah.

Lereng Terjal

Semakin curam kemiringan suatu lereng akan semakin besar gaya penggerak/pendorong massa tanah/batuan penyusun lereng. Jenis struktur dan komposisi tanah/batuan penyusun lereng juga berperan penting dalam mengontrol terjadinya gerakan tanah. Hal ini disebabkan karena batuan penyusun lereng tersebut bersifat masif dan kompak atau tidak terdapat bidang-bidang lemah pada massa batuan penyusun lereng sehingga gaya kohesi dan kuat geser batuan tersebut cukup besar untuk mempertahankan kestabilan lereng.

Kondisi Tanah

Kedalaman atau solum tekstur dan struktur tanah menentukan besar kecilnya air limpasan permukaan dan laju penjumlahan tanah oleh air. Pada tanah bersolum dalam (>90 cm), struktur gembur dan penutupan lahan rapat sebagian besar air hujan terinfiltrasi ke dalam tanah dan hanya sebagian kecil yang menjadi air limpasan permukaan. Sebaliknya pada tanah bersolum dangkal, struktur padat, dan penutupan lahan kurang rapat hanya sebagian kecil air hujan yang terinfiltrasi dan sebagian besar menjadi aliran permukaan. Faktor lain yang menentukan kelongsoran tanah adalah ketahanan gesekan bidang luncur. Ketahanan gesekan ditentukan oleh bentuk partikel. Pada partikel berbentuk lempengan seperti liat, penambahan air mempercepat keruntuhan. Sebaliknya pada partikel berbentuk butiran seperti kuarsa dan feldspar, penambahan air memperlambat keruntuhan (Saptohartono, 2010). Dalam hal kekritisitas stabilitas lereng pada intensitas hujan yang sama 127,4mm/jam tekstur tanah pasir cenderung lebih cepat mencapai kondisi kritis dibanding tekstur tanah lempung dan tanah liat setelah hujan (Saptohartono, 2010).

Kondisi Tata Guna Lahan

Penggunaan lahan seperti persawahan maupun tegalan dan semak belukar, terutama pada daerah yang mempunyai kemiringan lereng terjal umumnya sering terjadi peristiwa tanah longsor. Minimnya penutupan permukaan tanah dan vegetasi sehingga perakaran sebagai pengikat tanah menjadi berkurang dan mempermudah tanah menjadi retak-retak pada musim kemarau. Pada musim penghujan air akan mudah masuk dan meresap kedalam lapisan tanah melalui retakan tersebut dan dapat menyebabkan lapisan tanah tersebut menjadi jenuh air. Hal demikian cepat atau lambat akan mengakibatkan terjadinya longsor atau gerakan tanah (Wahyunto dkk., 2007).

Tutupan lahan memiliki peranan pada kasus longsor sangat kompleks. Jika tumbuhan tersebut memiliki perakaran yang mampu menembus sampai ke lapisan batuan dasar maka tumbuhan tersebut akan sangat berfungsi sebagai penahan masa lereng. Pada kasus tertentu

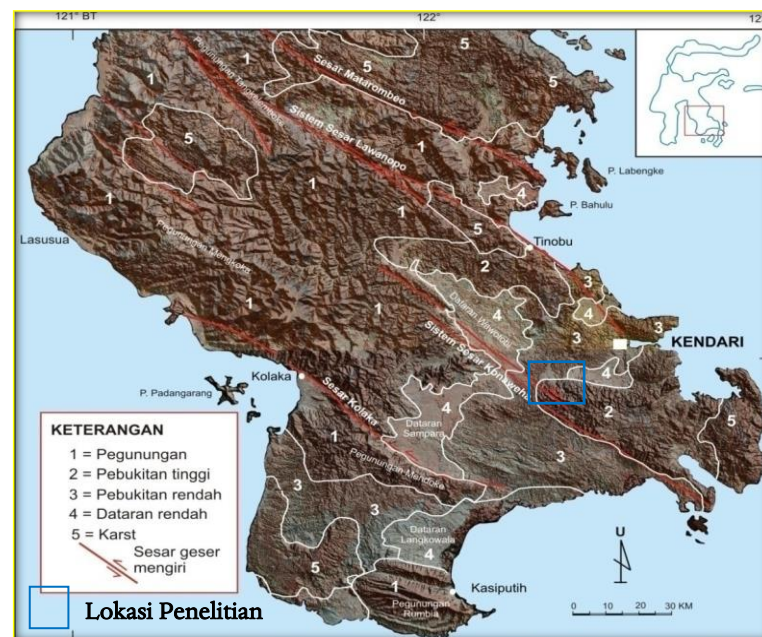
tumbuhan hidup pada lereng dengan kemiringan tertentu justru berperan sebagai penambah beban lereng yang mendorong terjadinya longsor (Harist dkk., 2019).

Kondisi Geologi

Faktor geologi yang dapat mempengaruhi terjadinya gerakan tanah adalah struktur geologi, sifat batuan, hilangnya perekat tanah karena proses alami (pelarutan). Struktur geologi yang menyebabkan terjadinya gerakan tanah adalah: kontak batuan dasar dengan pelapukan batuan, retakan/rekahan, perlapisan batuan, dan patahan. Zona patahan merupakan zona lemah yang mengakibatkan kekuatan batuan berkurang sehingga menimbulkan banyak retakan yang memudahkan air meresap (Saputra dkk., 2016).

2 Geologi

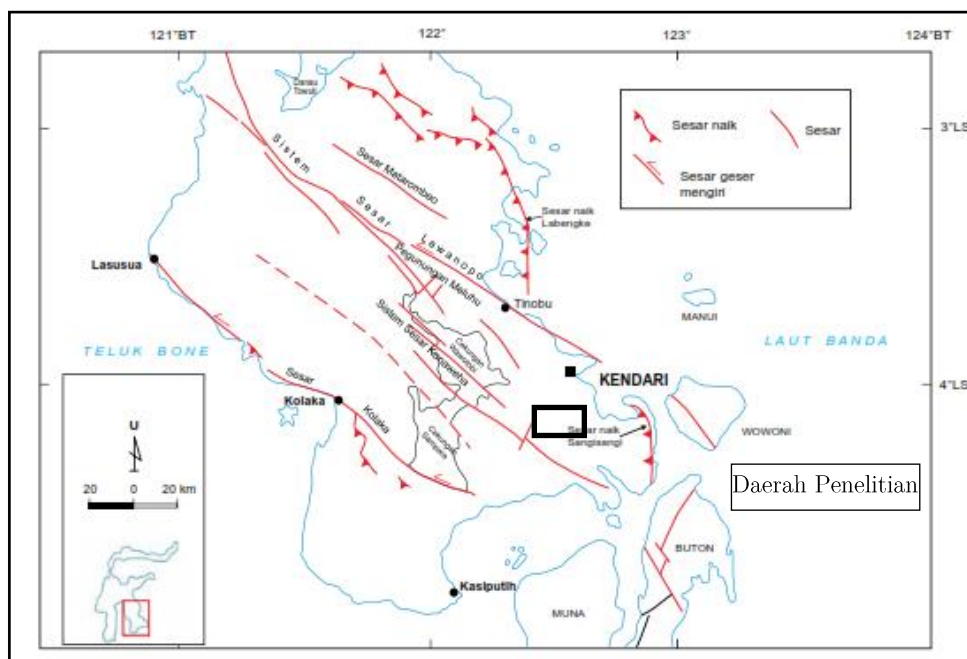
Pulau Sulawesi terdiri dari empat semenanjung sempit yang terdiri atas lengan-lengan, leher dan batang yang dikelilingi oleh teluk dalam dan tepian cekungan laut marginal. Lengan-lengan tersebut terdiri dari lengan selatan, lengan timur dan lengan tenggara. Setidaknya terdapat lima satuan morfologi yang dapat dibedakan dari Citra IFSAR di bagian tengah dan ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi (Gambar 1), antara lain satuan pegunungan, perbukitan tinggi, perbukitan rendah, dataran rendah, dan karst (Suroño, 2013).



Gambar 1 Bagian Selatan Lengan Sulawesi dari Citra IFSAR (Modifikasi dari Suroño, 2013)

Berdasarkan ciri fisik yang dijumpai di lokasi penelitian serta kesebandingan yang dilakukan terhadap Peta Geologi Lembar Kolaka (Simandjuntak dkk., 1993). Formasi batuan penyusun peta geologi regional lembar Kolaka diuraikan dari termuda yakni: Aluvium, Formasi Alangga, Formasi Buara, Formasi Boepinang, Formasi Eomoiko, Formasi Langkowala, Formasi Pompangeo, Formasi Matano, Kompleks Ultramafik, Formasi Meluhu, Formasi Laonti, dan Formasi Mekongga. Suroño (2013) menyatakan bahwa pada lengan tenggara Sulawesi, struktur

utama yang terbentuk setelah tumbukan adalah sesar geser mengiri yang terutama terdiri atas Sesar Lawanopo, Sistem Sesar Konawehea (Sesar Lainea), Sesar Kolaka, dan Sesar Matano serta liniasi. Sesar dan liniasi menunjukkan sepasang arah utama tenggara-baratlaut (332°), dan timurlaut baratdaya (42°). Arah tenggara-baratlaut merupakan arah umum dari sesar geser mengiri di lengan tenggara Sulawesi. Sesar Kolaka merupakan salah satu sesar utama yang berarah barat laut-tenggara. Sesar Kolaka memanjang sekitar 250 km dari pantai barat Teluk Bone sampai ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi. Sesar Kolaka relatif sejajar dengan sesar Lawanopo dan Sistem Sesar Konawehea (**Gambar 2**).



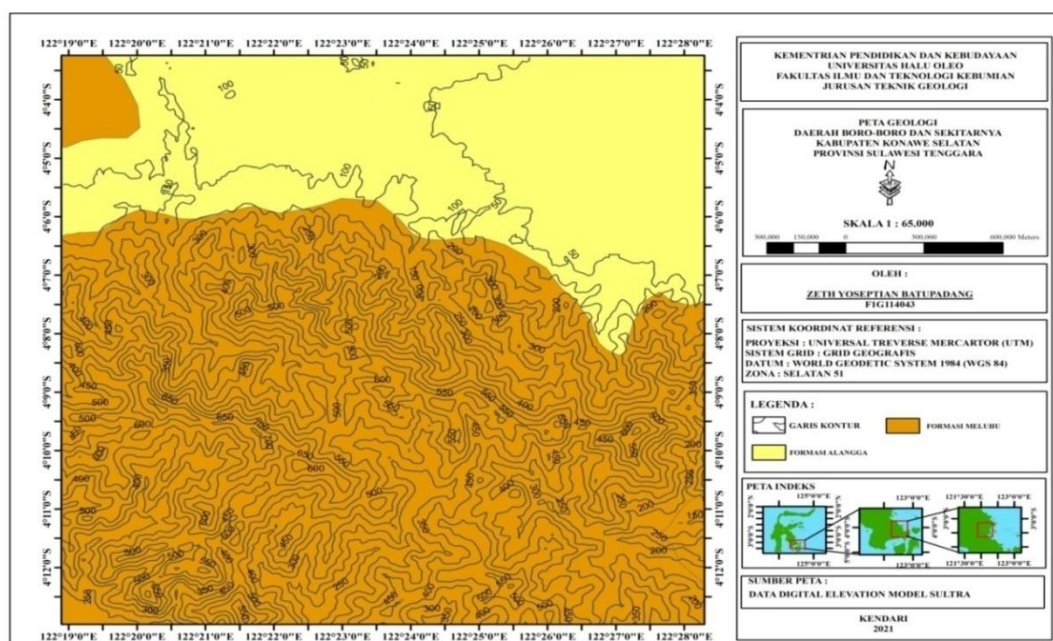
Gambar 2 Struktur geologi Lengan Tenggara dan sekitarnya (Surono, 2013)

Stratigrafi pada wilayah penelitian merupakan bagian dari lembar kolaka. Wilayah penelitian termasuk kedalam Formasi Alangga yang terdiri atas konglomerat dan batupasir. Umur dari Formasi ini adalah Plistosen dan lingkungan pengendapannya pada daerah darat-payau. Formasi ini menindih tak selaras formasi yang lebih tua yang masuk kedalam kelompok molasa Sulawesi (**Gambar 3**).

3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian terdiri dari 3 tahapan yaitu tahap persiapan, tahap pengumpulan data yaitu tahap pengambilan data secara langsung di lapangan yang meliputi pengambilan data litologi, pengambilan jenis tanah terganggu, pengambilan data kemiringan lereng, dan pengambilan data struktur. Selanjutnya tahap pengolahan data lapangan yaitu tahap ini dilakukan dengan pengolahan data-data yang telah diambil secara langsung di lapangan dimulai dari pengolahan data litologi dilakukan dengan menggabungkan dan menyesuaikan data litologi yang dijumpai pada setiap titik pengamatan di lapangan dengan hasil analisa

petrografi/laboratorium. Kemudian pengolahan jenis tanah agar dapat mengetahui sifat fisik tanah daerah penelitian serta dilakukan pengolahan data morfologi dengan acuan pengklasifikasian bentuk muka bumi berdasarkan klasifikasi geomorfologi (van Zuidam, 1986) di antaranya klasifikasi bentang alam, kelerengan dan pola aliran dan pengolahan data struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian adalah dengan pengamatan langsung di lapangan. Selanjutnya dari hasil analisis data-data tersebut yang telah digabungkan maka akan didapat hasil perbandingan yang kemudian digunakan untuk mengetahui hubungan faktor pengontrol terhadap kejadian longsor dan mengetahui jenis longsoran di daerah penelitian.



Gambar 3 Peta geologi daerah penelitian yang tersusun atas batupasir dan konglomerat

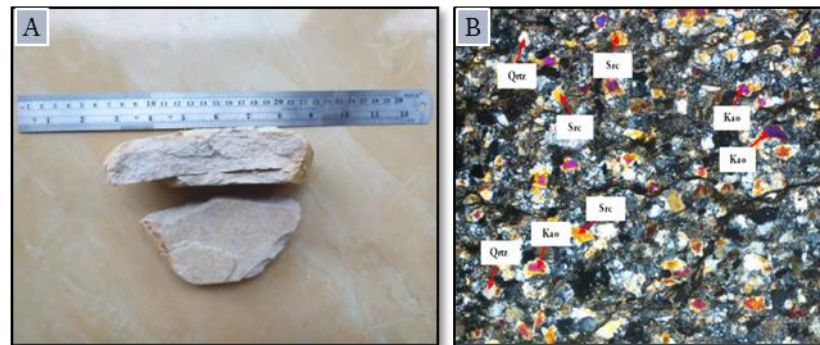
4 Hasil dan Pembahasan

Daerah penelitian terletak di desa Boro-Boro dan sekitarnya Kecamatan Ranomeeto Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara. Litologi pada lokasi penelitian berdasarkan data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan melalui pengamatan litologi pada singkapan di lokasi penelitian serta pengambilan data struktur geologi dan pengambilan data morfologi berupa pengukuran lereng, mengidentifikasi jenis soil serta material penyusunnya. Kondisi litologi yang dijumpai pada daerah penelitian didominasi oleh batupasir.

4.1 Batupasir

Dari hasil pengambilan data di lapangan yaitu sebanyak 5 stasiun dijumpai singkapan batuan sedimen klastik. Singkapan yang dijumpai telah mengalami pelapukan baik berupa pelapukan fisika maupun pelapukan kimiawi. Singkapan jenis batuan sedimen klastik memiliki ciri fisik warna lapuk coklat kekuningan dengan warna segar abu-abu memiliki tekstur ukuran butir pasir halus. Bentuk butir membundar dengan sortasi ukuran butir baik, kemas tertutup, memiliki

porositas yang buruk (**Gambar 4**). Komposisi material terdiri dari fragmen pasir halus, matriks pasir sangat halus, dan semen silika, dengan struktur berlapis. Berdasarkan hasil deskripsi litologi diatas maka nama batumannya yaitu batupasir halus.



Gambar 4 a) *Hand specimen* batupasir halus, b) Sayatan tipis batupasir dengan dominasi kuarsa dan plagioklas

4.2 Kemiringan lereng

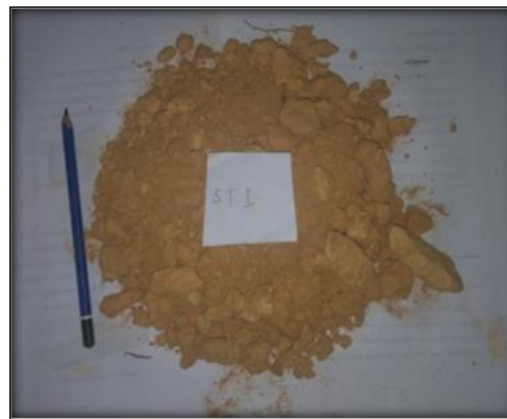
Dari hasil pengambilan data kemiringan lereng di lapangan terdapat 5 stasiun longsor. Pada stasiun 1 memiliki kemiringan lereng 57° , stasiun longsor 2 memiliki kemiringan lereng 65° , stasiun longsor 3 memiliki kemiringan lereng 55° , stasiun longsor 3 memiliki kemiringan lereng 58° , stasiun longsor 4 memiliki kemiringan lereng 57° (**Gambar 5**). Morfologi yang terdapat merupakan kemiringan lereng terjal termasuk dalam kategori lereng yang terjal, batumannya mulai tersingkap. Proses denudasional terjadi secara intensif serta mulai menghasilkan endapan rombakan (koluvial). Akibat yang dari lereng yang terjal terhadap longsor adalah akan meningkatkan daya dorong yang mengakibatkan batuan dan juga material yang dibawanya dapat bergerak dengan mudah sehingga mengakibatkan terjadinya gerakan tanah. Kenampakan struktur geologi sudah tidak ada karena telah mengalami pelapukan yang cukup tinggi dan tertutup dengan material-material longsor.

4.3 Tanah

Tanah yaitu hasil pelapukan mineral maupun batuan, yang dimana material tanah ini juga berpengaruh terhadap longsor. Dari hasil penelitian yang dilakukan dijumpai jenis tanah kambisol yang merupakan bagian dari tanah inceptisol. Tanah inceptisol dapat disebut sebagai tanah muda karena pembentukannya agak cepat sebagai hasil pelapukan batuan induk. Tanah ini mempunyai horison penciri yaitu horison kambik (**Gambar 6**).



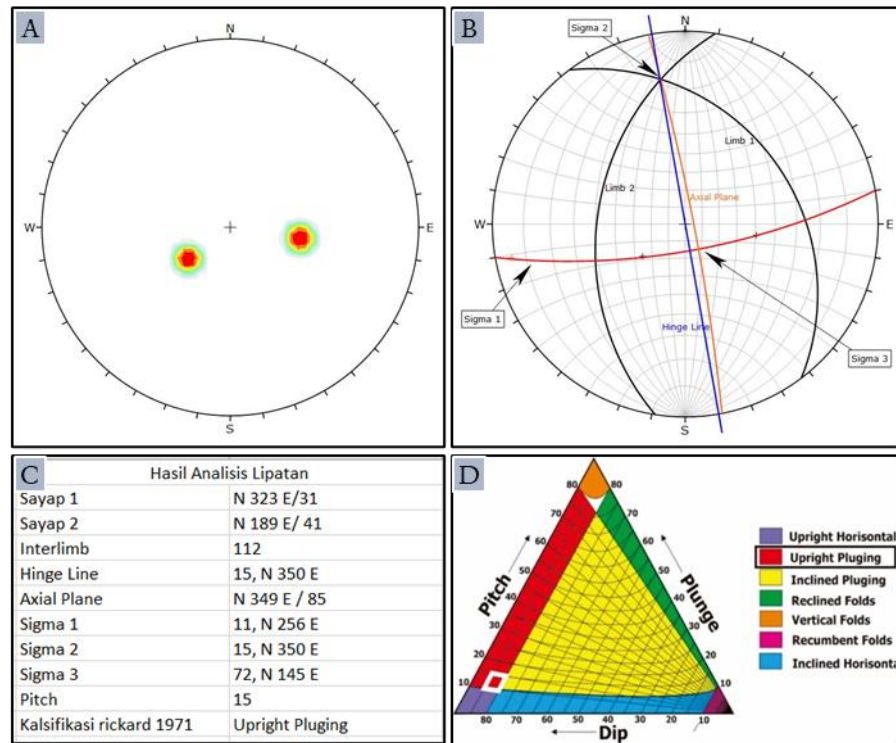
Gambar 5 Lokasi yang menunjukkan lereng dengan gerakan tanah (a) Stasiun 2 (b) Stasiun 4



Gambar 6 Jenis tanah kambisol pada tanah penutup penyusun lereng

4.4 Struktur Geologi

Struktur geologi yang di jumpai pada daerah penelitian berada pada pinggir jalan dengan jenis batuan sedimen yang mengalami perlipatan. Lipatan yang dijumpai di lapangan merupakan indikasi adanya pengaruh dari kontrol struktur geologi dan dilakukan pengukuran untuk mengetahui orientasi perlipatan yang terbentuk pada lokasi penelitian. Dari pengukuran tersebut dijumpai lipatan dengan diameter panjang 8 meter, dimana kedudukan sayap lipatan bagian kanan $N323^{\circ}E/31^{\circ}NE$ diameter (0-280 cm), puncak lipatan $N240^{\circ}E/20^{\circ}NW$, sedangkan sayap bagian kiri lipatan $N189^{\circ}E/41^{\circ}NW$ diameter (280-460 cm), lembah lipatan $N240^{\circ}E/22^{\circ}NW$, serta sayap bagian kanan selanjutnya memiliki kedudukan $N254^{\circ}E/30^{\circ}NW$ diameter (460-800 cm), singkapan ini terletak pada arah penggambaran $N170^{\circ}E$. kemudian dari data yang diperoleh diproyeksi pada stereonet (**Gambar 7**). Dari hasil analisis tersebut diperoleh jenis lipatan yang mempengaruhi daerah penelitian yaitu *upright plunging* (Rickard, 1971).



Gambar 7 a) Densitas pola sayap lipatan yang terbentuk b) Proyeksi arah tegasan dan sayap lipatan c) Hasil analisis lipatan stereonet, d) Hasil plotting data sumbu lipatan dan bidang sumbu lipatan

Dari hasil analisis faktor pengontrol longsor dan tabel faktor pengontrol gerakan tanah (Karnawati, 2005), maka jenis longsorannya yaitu luncuran (Tabel 1). Longsor jenis ini diakibatkan oleh pergerakan tanah serta batuan pada bidang gelincir dengan sedikit rotasi. Pergerakan ini berasal dari atas lereng, lalu menuju ke lereng yang lebih rendah serta massa tanah yang bergerak menuju ke bagian bawah lereng dan mengakibatkan tanah mengalami longsor serta runtuhnya material yang terbawa dari atas lereng menuju bagian bawah lereng. Material longsor ini berupa tanah serta pecahan-pecahan batuan yang berukuran kecil.

Tabel 1 Hasil rekapitulasi pengamatan faktor gerakan tanah di daerah penelitian

Faktor Pengontrol	Lokasi				
	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4	Stasiun 5
Kemiringan Lereng	57°	65°	55°	58°	57°
Lithology	Batu pasir halus	Batu pasir kasar	Batu pasir sedang	Batupasir kasar	Batu pasir halus
Tanah	Kambisol	Kambisol	Kambisol	Kambisol	Kambisol
Massa Yang Bergerak	Endapan aluvial serta tanah residu	Endapan aluvial tanah residu	Endapan aluvial tanah residu	Endapan aluvial tanah residu	Endapan aluvial tanah residu
Massa Tanah/Batuan yang tidak bergerak	Tanah yang masih bersifat kompak	Tanah yang masih bersifat kompak	Tanah yang masih bersifat kompak	Tanah yang masih bersifat kompak	Tanah yang masih bersifat kompak
Struktur Geologi	Lipatan	-	-	-	-

Faktor Pengontrol	Lokasi				
	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4	Stasiun 5
Jenis Longsoran	Luncuran	Luncuran	Luncuran	Luncuran	Luncuran

5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian faktor pengontrol longsor yang mempengaruhi di daerah penelitian adalah memiliki kemiringan lereng terjal, selanjutnya litologi yang telah mengalami pelapukan yaitu batuan sedimen klastik berupa batupasir serta memiliki jenis tanah kambisol serta hasil analisis dari faktor pengontrol longsor dijumpai potensi jenis longsoran luncuran.

Referensi

- Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996. *Landslide Types and Processes*. National Academy Press.
- Hardiyatmo, H.C., 2012. *Tanah Longsor & Erosi: Kejadian dan Penanganan*, 1 ed. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Harist, M.C., Rahatiningtyas, N.S., Adeanti, M., 2019. Analisis spasial wilayah rawan longsor dan hubungannya dengan tutupan vegetasi di Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan (Studi kasus: Kecamatan Aranio). *Semin. Nas. Geomatika* 3, 1203–1212. <https://doi.org/10.24895/SNG.2018.3-0.1045>
- Karnawati, D., 2005. *Bencana alam: Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya*. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Naryanto, H.S., 2002. *Evaluasi dan Mitigasi Bencana Tanah Longsor di Pulau Jawa Tahun 2001*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.
- Rickard, M.J., 1971. A classification diagram for fold orientations. *Geol. Mag.* 108, 23–26. <https://doi.org/10.1017/S0016756800050925>
- Saptohartono, E., 2010. *Analisis Pengaruh Curah Hujan Terhadap Tingkat Kerawanan Tanah Longsor Kabupaten Bandung*. Skripsi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Saputra, I.W.G.E., Ardhana, I.P.G., Adnyana, I.W.S., 2016. Analisis Bencana Tanah Longsor di Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng. *ECOTROPHIC* 10, 54–61.
- Simandjuntak, T.O., Surono, Sukido, 1993. *Peta Geologi Lembar Kolaka, Sulawesi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Surono, 2013. *Geologi Lengan Tenggara Sulawesi*, 2 ed. Badan Geologi, Bandung.
- Suryolelono, K.B., 2003. *Bencana alam tanah longsor perspektif ilmu geoteknik*. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- van Zuidam, R.A., 1986. *Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping*. Publisher The Hague, Netherland.
- Wahyunto, Sastramihardja, H., Supriatna, W., Wahdini, W., Sunaryo, 2007. Kerawanan Longsor Lahan Pertanian Di Daerah Aliran Sungai Citarum, Jawa Barat, in: Kurnia, U., Agus, F., Setyorini, D., Setiyanto, A. (Ed.), *Prosiding Seminar Nasional Multifungsi dan Konversi Lahan Pertanian*. Balai Penelitian Tanah Kementerian Pertanian, Jakarta, hal. 99–112.