

SIMULASI PENGUKURAN LONGSOR PADA KELETERANGAN DAN KEDALAMAN BIDANG GELINCIR YANG BERBEDA

Simulation of landslides Measurements on Different Slopes and Depths of Slickenside

Pilya Tri Oktafiani, Sri Rahayu Utami*, Christanti Agustina

Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran no. 1 Malang 62145

*Penulis korespondensi: sriyutami@gmail.com

Abstrak

Tanah longsor merupakan salah satu bencana geologi yang sering terjadi di Indonesia. Tanah longsor dapat disebabkan oleh beberapa faktor; ada faktor manusia dan faktor alam. Pada prinsipnya tanah longsor terjadi apabila gaya penahan lebih kecil dari gaya penggerakannya. Kerugian akibat dampak tanah longsor dapat dikurangi dengan tindakan pencegahan. Penelitian ini mempelajari pengaruh kemiringan lereng dan kedalaman permukaan gelincir terhadap waktu dan volume longsor, yang disimulasikan pada dua tanah dengan kelas tekstur yang berbeda. Simulasi longsor dilakukan di Agro Techno Park dan Kebun Percobaan Fakultas Pertanian. Simulasi menggunakan delapan perlakuan dan sepuluh ulangan yang terdiri atas tiga faktor yaitu tekstur tanah, kemiringan lereng dan kedalaman lereng. Simulasi longsor dilakukan dengan menggunakan kotak akrilik ukuran 100 cm x 50 cm x 75 cm dengan intensitas hujan 70 mm jam⁻¹. Variabel yang diukur adalah waktu terjadinya longsor, volume longsor, tekstur tanah dan bulk density. Analisis data menggunakan *independent sample t-test*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemiringan lereng dan kemiringan lereng berpengaruh signifikan terhadap waktu dan volume longsor. Semakin besar kemiringan lereng maka longsor lebih cepat terjadi pada waktu terjadinya longsor dan semakin besar volume longsor. *Slickenside* yang lebih dalam memiliki waktu terjadinya longsor yang lebih lama, namun volume longsornya lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kemiringan lereng memiliki pengaruh yang lebih kecil terhadap kedalaman *slickenside* dan tekstur tanah terhadap durasi longsor dan volume longsor.

Kata kunci : durasi longsor, simulasi longsor, slickenside, lereng volume longsor

Abstract

Landslide is one of the geological disasters that often occurs in Indonesia. Landslides can be caused by several factors; there are human factors and natural factors. In principle, landslides occur when the resisting force is smaller than the driving force. Landslides on a small and large scale can occur over time and have a fairly severe impact. Therefore, this study simulated the effect of slope and depth of slip surface on the duration and volume of landslides, which are simulated on two soils with different texture classes. Landslide simulations were conducted at Agro Techno Park and The Experimental Gardens Faculty of Agriculture. The simulation used eight treatments and ten replications consisting of three factors there are soil texture, slope and depth of slickenside. Landslide simulation was conducted using an acrylic box with a size of 100 cm x 50 cm x 75 cm with rain intensity 70 mm hour⁻¹. The variables measured are landslides duration, landslides volume, soil texture and bulk density. Data analysis used an independent sample t-test. The result showed slope and slickenside have a significant effect on landslides duration and landslides volume. The greater the slope, the landslide occurs faster on landslides duration and the greater the volume of the landslide. The deeper slickenside has a longer landslides duration, but the volume of the landslide is larger. It showed that the greater slope has a smaller influence on the depth of slickenside and soil texture on the landslides duration and landslides volume.

Keywords : landslide duration, landslide simulation, landslide volume, slickenside, slope

Pendahuluan

Salah satu bencana geologi yang sering terjadi di Indonesia adalah longsor. Longsor merupakan suatu peristiwa Bergeraknya material batuan, tanah ataupun material campuran dengan skala besar yang bergerak ke bawah atau keluar lereng karena adanya gangguan kestabilan tanah ataupun batuan yang menyusun lereng (Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2016). Tanah longsor dapat mengakibatkan rusaknya tatanan bentang lahan, sumber daya alam, lingkungan hingga merugikan manusia. Pada tahun 2011-2015, bencana tanah longsor terjadi sebanyak 2.425 kejadian di berbagai wilayah Indonesia. Kejadian longsor terbanyak terjadi di Provinsi Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Sumatera Barat, serta Kalimantan Timur yang mengakibatkan 1.163 jiwa meninggal, 112 orang hilang, 973 orang terluka, dan sekitar 48.191 orang mengungsi (Amri *et al.*, 2016). Bencana longsor dapat diakibatkan faktor buatan manusia dan faktor alam. Faktor buatan manusia, seperti perubahan fungsi tebing yang memotong bukit untuk pembuatan jalan raya, serta perubahan penggunaan lahan yang diawali dengan membuka hutan (Rahmi, 2012). Faktor alam yang dapat memengaruhi kejadian tanah longsor, diantaranya tingkat lereng yang curam, kedalaman bidang gelincir tanah, dan curah hujan tinggi dengan kurun waktu yang lama sehingga dapat menambahkan beban pada lereng.

Secara prinsip longsor terjadi apabila kekuatan gaya penahan lebih kecil dibandingkan dengan gaya pendorong yang ada. Gaya penahan dipengaruhi oleh kekuatan material tanah atau batuan. Gaya pendorong dapat dipengaruhi oleh tingginya intensitas hujan, kemiringan lereng yang terjal, adanya lapisan bidang gelincir, dan berat jenis tanah (Priyono, 2015). Daerah dengan kemiringan lereng curam banyak ditemukan bencana tanah longsor yang biasanya memiliki tingkat risiko sangat berbahaya. Kemiringan lereng merupakan salah satu faktor utama terjadinya longsor yang dibantu dengan adanya gravitasi di bumi ini (Prayogo, 2014). Wilayah dengan kemiringan lereng lebih dari 15% merupakan kategori wilayah rentan terjadinya longsor (Amri *et al.*, 2016). Longsor banyak ditemukan di tempat berlereng curam, seperti gunung ataupun perbukitan, meskipun banyak daerah yang tertutup oleh vegetasi. Hal ini menggambarkan bahwa longsor terjadi tidak hanya disebabkan oleh faktor vegetasi dan kelerengan saja, melainkan masih terdapat faktor lain. Salah satu penyebab longsor adalah lapisan kedap air atau

biasa disebut dengan bidang gelincir. Bidang gelincir merupakan suatu lapisan yang porus kemudian bertemu dengan lapisan kedap air (Arsyad dan Riadi, 2013). Perbedaan tekstur tanah juga menghasilkan kecepatan kejadian longsor yang berbeda. Simulasi longsor yang dilakukan oleh Wibowo *et al.* (2014) diketahui bahwa tekstur tanah berpengaruh terhadap waktu terjadinya longsor.

Bencana longsor baik dalam skala kecil ataupun skala besar dapat terus terjadi dari waktu ke waktu dan dapat menimbulkan dampak yang cukup parah. Kerugian akibat longsor dapat dikurangi dengan tindakan pencegahan. Hubungan dari faktor-faktor penyebab terjadinya longsor masih perlu dipelajari untuk meminimalisasi terjadinya kerugian yang lebih besar. Oleh karena itu penelitian ini mencoba mengkaji pengaruh kemiringan lereng dan kedalaman bidang gelincir terhadap waktu dan volume longsor yang terjadi, yang disimulasikan pada 2 tanah dengan kelas tekstur yang berbeda.

Bahan dan Metode

Tempat dan waktu penelitian

Lokasi simulasi longsor dan pengambilan sampel tanah dilakukan di dua lokasi yang memiliki kelas tekstur tanah berbeda (berdebu dan berliat). Simulasi longsor dan pengambilan sampel tanah dominan berdebu bertempat di *Agro Techno Park*, Universitas Brawijaya, Cangar, Kota Batu. Simulasi longsor dan pengambilan sampel tanah dominan berliat bertempat di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Jatimulyo, Kota Malang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September hingga Desember 2020 untuk persiapan pembuatan alat simulasi, simulasi longsor pada bulan Desember 2020 hingga Februari 2021, tahap analisis laboratorium dan analisis data dilakukan pada bulan Maret 2021.

Rancangan percobaan

Simulasi longsor ini terdiri atas delapan perlakuan dengan masing-masing perlakuan dilakukan 10 kali ulangan (Tabel 1). Perlakuan simulasi ini terdiri atas tiga faktor, yaitu tekstur tanah (dominan debu dan dominan liat), kelerengan (40 dan 50) dan kedalaman bidang gelincir (10 dan 20 cm).

Pelaksanaan penelitian

Pembuatan alat simulasi longsor

Simulasi longsor menggunakan alat penyangga tanah menggunakan kayu dan seng sebagai bidang

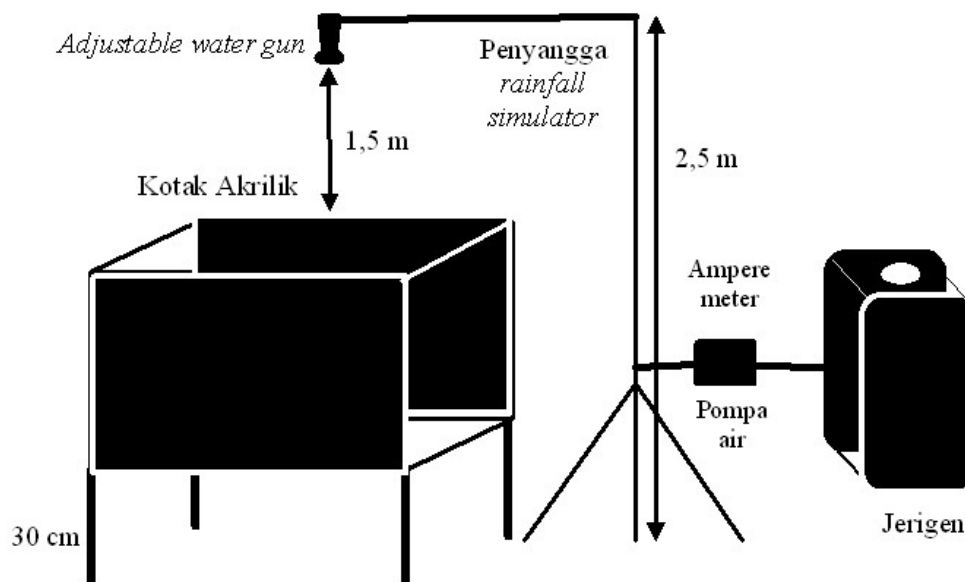
gelincir dengan ukuran seng 1,2 m × 0,5 m yang sudah dibuat dengan kemiringan 40° dan 50°. Kedalaman bidang gelincir 10 cm dan 20 cm didapatkan dengan cara membuat garis sejajar di setiap sisi kotak akrilik yang ditarik secara tegak lurus 10 cm dan 20 cm dari permukaan seng (bidang gelincir) menggunakan spidol permanen sebagai batas garis acuan. Simulasi hujan menggunakan *Adjustable water gun* sebagai pengganti *rainfall simulator* dengan intensitas hujan 70 mm jam⁻¹. Untuk menghasilkan intensitas hujan 70 mm jam⁻¹ yaitu dengan cara mengatur putaran *noozle* dan juga *ampere meter* hingga mencapai 2,6 ampere. Agar mempermudah mengatur hujan dibantu dengan rangkaian penyangga yang terbuat dari kayu dengan ketinggian kayu 2,5 m, jarak *Adjustable water gun*

gelincir dengan kotak akrilik 1,5 m (Gambar 1). Jerigen digunakan untuk menampung kebutuhan air selama simulasi berjalan. Intensitas hujan didapatkan melalui simulasi hujan dengan menampung air yang keluar dari *rainfall simulator* (*adjustable water gun*) selama 5 menit untuk mendapatkan volume air tertampung (mL), setelah itu dilanjutkan menghitung intensitas hujan dengan cara membagi volume (mL) dengan luas permukaan wadah (cm) dan waktu (jam). Pengukuran sebaran butir hujan dilakukan dengan cara menampung air yang keluar dari *rainfall simulator* menggunakan 3 botol (kapasitas 1 L) yang diletakkan secara acak di dalam kotak akrilik selama 10 menit. Sebaran butir hujan dikatakan merata apabila ketinggian air di dalam wadah sama.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan.

Kode	Perlakuan		
	Tekstur	Kemiringan (°)	Kedalaman Bidang Gelincir (cm)
CL1T1	Lempung Berdebu	40	10
CL1T2	Lempung Berdebu	40	20
CL2T1	Lempung Berdebu	50	10
CL2T2	Lempung Berdebu	50	20
JL1T1	Berliat	40	10
JL1T2	Berliat	40	20
JL2T1	Berliat	50	10
JL2T2	Berliat	50	20

Keterangan: C = Cagar; J = Jatimulyo; L1 = Kelerengan 40°; L2 = Kelerengan 50°; T1 = Kedalaman Bidang Gelincir 10 cm; T2 = Kedalaman Bidang Gelincir 20 cm.



Gambar 1. Rancangan letak alat simulasi.

Pengambilan sampel dan simulasi longsor

Masing-masing tempat simulasi longsor dilakukan pengambilan sampel tanah (utuh dan tidak utuh) untuk analisis laboratorium (tekstur tanah dan berat isi) dilakukan menggunakan cetok dengan metode diagonal untuk penentuan titik pengambilan sampel. Simulasi longsor diawali dengan tahapan meletakkan sampel tanah sesuai dengan keadaan lahan yang sebenarnya dengan menggunakan sekop. Sekop ditancapkan ke tanah dengan sejajar secara perlahan hingga kedalaman tanah 10 cm atau 20 cm, kemudian tanah diletakkan di dalam kotak akrilik, di atas rangkaian kayu dengan kemiringan lereng 40° atau 50°. Kemudian menyusun tanah secara horizontal menggunakan sekop agar tersusun rapi dan rata.

Simulasi longsor dilakukan dengan penjujukan tanah dengan air terlebih dahulu. Tanah yang sudah digunakan untuk simulasi tidak dapat digunakan untuk simulasi berikutnya, agar homogenitas terjaga. Selama simulasi dilakukan pengukuran dan identifikasi dari tiap-tiap variabel pengamatan. Variabel pengamatan waktu terjadinya longsor didapatkan dari tetesan pertama air *rainfall simulator* hingga terjadinya longsor menggunakan *stopwatch*. Pengamatan volume longsor diukur menggunakan Metode *Grid*. Setiap *grid* berukuran 10 cm × 10 cm. Pengukuran volume longsor dilakukan sebanyak 3 kali dari setiap ulangan perlakuan, untuk memastikan hasil pengukuran volume longsor. Volume longsor didapatkan dari rumus:

$$\text{Volume longsor (cm}^3\text{)} = \sum (\text{Luasan Longsor (LL)} \times \text{Tinggi Longsor (TL)})$$

$$\text{LL (cm}^2\text{)} = \text{asumsi besar luas longsor setiap grid x luas grid (10 cm x 10 cm)}$$

Asumsi luas daerah terjadinya longsor (1, 3/4, 1/2, 1/4) yang ada di dalam 1 kotak (*grid*) dikalikan dengan luas *grid* (10 cm x 10 cm = 100 cm²), Tinggi longsor (cm) didapatkan dengan cara mengukur ketinggian tanah yang hilang (mengalami longsor) di setiap *grid* menggunakan penggaris yang ditancapkan tegak lurus dengan bidang gelincir.

Hasil dan Pembahasan***Kondisi umum wilayah***

Agro Techno Park merupakan kebun percobaan yang dikelola oleh Universitas Brawijaya dan berada di Cangar, Kota Batu. Lokasi ini berada di dalam kawasan hutan konservasi Taman Hutan Raya R. Soeryo di area kaki Gunung Api Arjuno-Welirang

dengan ketinggian 1.600 m di atas permukaan laut dengan rata-rata curah hujan sebesar 1.807 mm tahun⁻¹ (Maisyaroh, 2010). *Agro Techno Park* memiliki kondisi geologi Lava Welirang 1 yang berasal dari aktivitas Gunung Api Arjuno-Welirang dengan produk aktivitas gunung api berupa breksi gunung api, lava, breksi tufan dan tuf (Rohmah *et al.*, 2018). Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa lokasi *Agro Techno Park* memiliki tanah dengan berat isi 0,99 g cm⁻³ dengan tekstur tanah lempung berdebu.

Kebun Percobaan Fakultas Pertanian berada di Kelurahan Jatimulyo, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Data yang disediakan oleh Pemerintah Kota Malang (2021), Kecamatan Lowokwaru berada di Barat Daya Kota Malang yang termasuk suatu dataran dengan ketinggian 200-460 m dari permukaan laut. Material dasar lokasi ini terdiri atas alluvial kelabu yang memiliki bahan induk dari endapan batuan sedimen. Curah hujan rata-rata sebesar 2,71 mm, dengan bulan basah atau musim penghujan pada bulan Oktober-April, dan bulan kering atau musim kemarau pada bulan April-Oktober. Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa lokasi Kebun Percobaan Fakultas Pertanian memiliki kelas tekstur tanah liat dengan berat isi 1,45 g cm⁻³.

Waktu terjadinya longsor***Waktu terjadi longsor pada kemiringan lereng dan kedalaman bidang gelincir yang berbeda***

Hasil simulasi longsor menunjukkan bahwa waktu terjadinya longsor lebih cepat terjadi pada lereng lebih curam (Gambar 2). Rata-rata waktu terjadi longsor pada kemiringan lereng 40° pada tekstur dominan debu (Cangar) sebesar 1.782,80 detik, sedangkan pada tekstur dominan liat (Jatimulyo) sebesar 3.166,30 detik. Kemiringan lereng 50° rata-rata waktu terjadinya longsor tekstur tanah dominan debu (Cangar) sebesar 982,30 detik, pada tekstur tanah dominan liat (Jatimulyo) sebesar 2.118,90 detik. Tanah dominan debu pada kemiringan lereng 50° rata-rata waktu terjadinya longsor lebih cepat 33% dibanding tanah dominan debu pada kemiringan lereng 40°, begitu juga pada tanah dominan liat. Kemiringan lereng 50° tanah dominan liat rata-rata waktu terjadinya longsor lebih cepat 45% dibanding tanah dominan liat pada kemiringan lereng 40°. Hal ini membuktikan waktu terjadinya longsor pada kemiringan lereng 40° lebih lama dibandingkan dengan kemiringan lereng 50°. Potensi terjadinya longsor meningkat seiring dengan bertambah besarnya kemiringan lereng. Hal

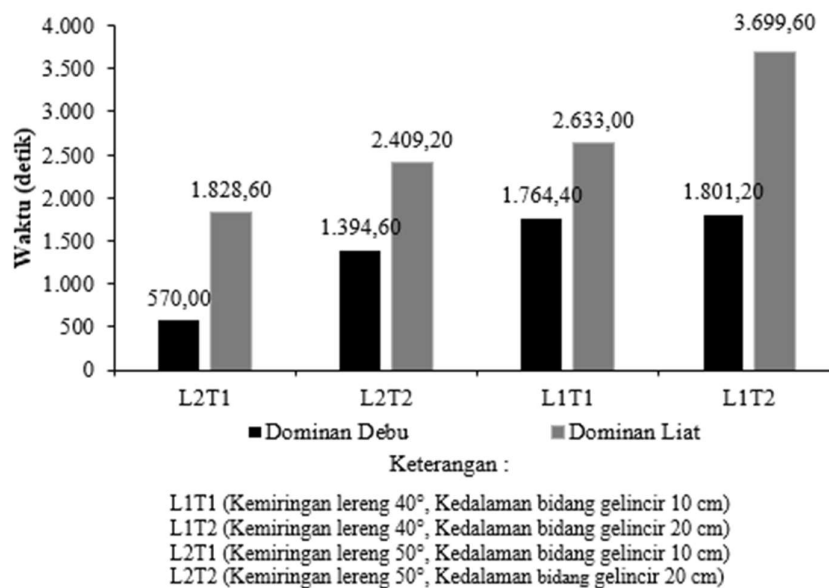
ini disebabkan kemiringan lereng juga dapat memengaruhi kecepatan aliran air. Lereng yang datar memiliki kecepatan aliran air yang lebih rendah dibandingkan dengan lereng yang curam. Lahan dengan lereng curam memiliki kecepatan aliran air yang tinggi menyebabkan lahan lebih cepat dipenuhi air sehingga menyebabkan kandungan air tanah meningkat dan berpotensi longsor. Longsor dapat terjadi apabila kandungan air meningkat, hal ini disebabkan adanya pertambahan massa tanah dan dapat melemahkan ikatan antar partikel tanah (Susanti dan Miardini, 2019). Besar kemiringan lereng juga berpengaruh terhadap kondisi kritis lereng yang berpengaruh juga pada waktu terjadinya longsor. Kondisi kritis yang dimaksud adalah kondisi lereng tidak stabil sehingga berpotensi besar terjadi longsor. Hubungan antara kemiringan lereng dengan waktu kondisi kritis lereng adalah semakin besar nilai kemiringan lereng maka waktu tercapainya kondisi kritis pada lereng semakin cepat (Soernarmo *et al.*, 2008). Kondisi kritis lereng dapat dilihat melalui stabilitas lereng. Stabilitas lereng dapat diketahui melalui nilai faktor keamanan atau *safety factor* (SF). Nilai faktor keamanan merupakan perbandingan antara gaya penahan dengan gaya penggerak longsor (Arzaq *et al.*, 2020). Jika nilai SF = 1 maka lereng tersebut menjadi kritis. Apabila nilai SF kecil (SF < 1) maka potensi terjadinya longsor semakin besar (Supandi *et al.*, 2017). Nilai SF mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya besar kemiringan lereng (Tawakkal *et*

al., 2016). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pangemanan *et al.* (2014) dengan hasil, seiring bertambahnya besar sudut lereng nilai SF mengalami penurunan (Tabel 2).

Tabel 2. Nilai SF pada sudut lereng 30, 40, 50, 60, 70 dan 80° (Pangemanan *et al.*, 2014).

No	Kemiringan Lereng	Nilai SF
1	30°	0,617
2	40°	0,467
3	50°	0,368
4	60°	0,304
5	70°	0,260
6	80°	0,230

Tabel 2 menjelaskan bahwa perbedaan besar kemiringan lereng berpengaruh pada nilai SF. Hal ini menjadi dugaan pada lereng 50° memiliki nilai SF lebih kecil dibandingkan lereng 40°. Sehingga pada kemiringan lereng 50° lebih cepat mengalami waktu kondisi kritis, dan waktu terjadi longsor yang dibutuhkan juga semakin cepat. Hasil simulasi longsor menunjukkan bahwa waktu terjadinya longsor lebih cepat terjadi pada kedalaman bidang gelincir yang dangkal (Gambar 2). Tanah dominan debu pada kedalaman bidang gelincir 10 cm rata-rata waktu terjadinya longsor lebih cepat 27% dibanding tanah dominan debu pada kedalaman bidang gelincir 20 cm, begitu juga pada tanah dominan liat.



Gambar 2. Waktu rata-rata terjadi longsor pada kemiringan lereng (40° dan 50°) dan kedalaman bidang gelincir (10 cm dan 20 cm).

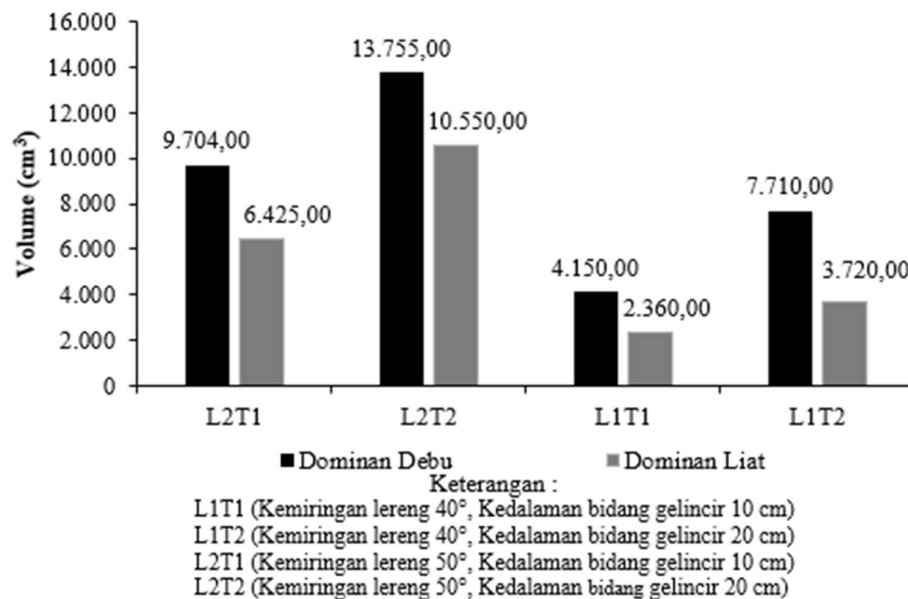
Kedalaman bidang gelincir 10 cm hasil rata-rata waktu terjadinya longsor tanah dominan liat lebih cepat 27% dibanding tanah dominan liat pada kedalaman bidang gelincir 20 cm. Rata-rata waktu terjadinya longsor pada kedalaman bidang gelincir 10 cm pada tekstur dominan debu (Cangar) sebesar 1.167,20 detik, sedangkan pada tekstur dominan liat (Jatimulyo) sebesar 2.230,50 detik. Rata-rata waktu terjadinya longsor pada kedalaman bidang gelincir 20 cm tekstur tanah dominan debu (Cangar) sebesar 1.597,90 detik, sedangkan pada tekstur tanah dominan liat (Jatimulyo) sebesar 3.054,40 detik. Hal ini membuktikan waktu terjadinya longsor pada kedalaman bidang gelincir 10 cm lebih cepat dibandingkan kedalaman bidang gelincir 20 cm. Kedalaman bidang gelincir 20 cm membutuhkan waktu terjadinya longsor lebih lama dengan rata-rata waktu terjadinya longsor lebih besar, berkisar 1.597,90-3,054,40 detik, sedangkan pada kedalaman bidang gelincir 10 cm memiliki rata-rata waktu terjadinya longsor lebih sedikit yang berkisar 1.167,20-2.230,50 detik. Hal ini diduga pada kedalaman bidang gelincir dangkal (10 cm) kelebihan kapasitas air tanah terjadi lebih cepat dibandingkan dengan kedalaman bidang gelincir yang dalam (20 cm). Hal ini yang menyebabkan kedalaman bidang gelincir 10 cm mengalami ketidakstabilan lereng lebih cepat, dibandingkan dengan kedalaman bidang gelincir 20 cm. Tanah tidak stabil dan berpotensi terjadinya longsor

disebabkan adanya volume air yang masuk melebihi kapasitas air yang ada (Akman *et al.*, 2017).

Volume longsor

Volume longsor pada kemiringan lereng dan kedalaman bidang gelincir yang berbeda

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada lereng lebih curam volume longsor yang dihasilkan lebih besar (Gambar 3). Rata-rata volume longsor pada kemiringan lereng 40° pada tekstur dominan debu (Cangar) sebesar 5.930 cm³, pada tekstur dominan liat (Jatimulyo) sebesar 3.040 cm³. Kemiringan lereng 50° memiliki rata-rata volume longsor pada tekstur tanah dominan debu (Cangar) sebesar 11.729,5 cm³, dan pada tekstur tanah dominan liat (Jatimulyo) sebesar 8.487,50 cm³. Tanah dominan debu pada kemiringan lereng 50° rata-rata volume longsor lebih besar 49% dibanding tanah dominan debu pada kemiringan lereng 40°, begitu juga pada tanah dominan liat. Kemiringan lereng 50° tanah dominan liat rata-rata volume longsor lebih besar 64% dibanding tanah dominan liat pada kemiringan lereng 40°. Hal ini membuktikan volume longsor pada kemiringan lereng 40° lebih kecil dibandingkan dengan kemiringan lereng 50°. Sudut kemiringan lereng yang digunakan pada simulasi ini termasuk ke dalam kelas kemiringan lereng sangat curam, sehingga berpotensi tinggi terjadi longsor.



Gambar 3. Rata-rata volume longsor pada kemiringan lereng 40° dan 50° dan kedalaman bidang gelincir (10 cm dan 20 cm).

Daerah yang berlereng curam memiliki potensi longsor lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang berlereng landai (Nurhidayati *et al.*, 2015). Nilai rata-rata volume longsoran pada kemiringan lereng 50° lebih besar daripada kemiringan lereng 40°, hal ini diduga pada lereng 50° gaya penggerak tanah lebih besar dibandingkan pada lereng 40°. Nurhidayati *et al.* (2015) menjelaskan bahwa lereng yang semakin curam maka gaya penggerak tanah semakin besar, sehingga semakin curam lereng maka volume longsoran semakin besar.

Hasil simulasi longsor menunjukkan bahwa pada kedalaman bidang gelincir yang lebih dangkal volume longsoran yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan kedalaman bidang gelincir yang dalam (Gambar 3). Rata-rata volume longsoran kedalaman bidang gelincir 10 cm pada tekstur dominan debu (Cangar) sebesar 6.927 cm³, sedangkan pada tekstur dominan liat (Jatimulyo) rata-rata volume longsoran sebesar 4.392,50 cm³. Hasil rata-rata volume longsoran kedalaman bidang gelincir 20 cm pada tekstur tanah dominan debu (Cangar) sebesar 10.732,50 cm³, sedangkan pada tekstur tanah dominan liat (Jatimulyo) sebesar 7.135 cm³. Tanah dominan debu pada kedalaman bidang gelincir 20 cm memiliki nilai rata-rata volume longsoran lebih besar 35% dibanding tanah dominan debu pada kedalaman bidang gelincir 10 cm, begitu juga pada tanah dominan liat. Kedalaman bidang gelincir 20 cm hasil rata-rata waktu terjadinya longsor tanah dominan liat lebih besar 38% dibanding tanah dominan liat pada kedalaman bidang gelincir 10 cm. Hal ini membuktikan volume longsoran pada kedalaman bidang gelincir 10 cm lebih kecil dibandingkan dengan kedalaman bidang gelincir 20 cm.

Nurhidayati *et al.* (2015), menjelaskan bahwa pada kedalaman bidang gelincir yang dangkal volume longsoran yang dihasilkan lebih rendah, semakin dalam bidang gelincir yang ada, maka volume longsoran yang dihasilkan semakin besar.

Analisis pengaruh kemiringan lereng dan kedalaman bidang gelincir yang berbeda terhadap waktu dan volume longsor

Uji -t dua sampel tidak berpasangan menggunakan taraf 5% dilakukan untuk mengetahui perbedaan waktu dan volume longsoran pada setiap perlakuan, dengan faktor kemiringan lereng 40° dan 50° serta kedalaman bidang gelincir 10 cm dan 20 cm. Hasil dari uji-t dua sampel tidak berpasangan (*independent sample t-test*) dari setiap perlakuan simulasi dapat dilihat pada Tabel 3. Uji-t dua sampel tidak berpasangan (*independent sample t-test*) baik pada waktu terjadinya longsor ataupun volume longsoran didapatkan hasil bahwa nilai p-value sig. (*2-tailed*) <0,05 yaitu berbeda nyata. Hal ini dapat diartikan bahwa faktor kemiringan lereng (40° dan 50°) serta kedalaman bidang gelincir (10 cm dan 20 cm) memberikan pengaruh terhadap waktu dan volume longsoran. Faktor kemiringan lereng 40° dan kemiringan lereng 50° menyebabkan waktu terjadinya longsor yang berbeda. Hal ini disebabkan kemiringan lereng merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada terjadinya longsor. Kemiringan lereng merupakan salah satu unsur topografi yang memiliki pengaruh paling besar pada kejadian bencana tanah longsor (Soewandita, 2018). Perbedaan kemiringan lereng dapat menyebabkan perbedaan potensi longsor. Suatu daerah dengan kemiringan lereng curam maka potensi terjadi longsor juga semakin tinggi (Rahmad *et al.*, 2018).

Tabel 3. Hasil uji-t dua sampel tidak berpasangan waktu terjadinya longsor dan volume longsoran.

Tempat	Perlakuan	Waktu Sig. (<i>2-tailed</i>)	Volume Sig (<i>2-tailed</i>)
Cangar	CL1T1 x CL1T2	0,000*	0,000*
	CL1T1 x CL2T1	0,000*	0,000*
	CL1T1 x CL2T2	0,000*	0,000*
	CL1T2 x CL2T1	0,000*	0,002*
	CL1T2 x CL2T2	0,000*	0,000*
	CL2T1 x CL2T2	0,000*	0,000*
Jatimulyo	JL1T1 x JL1T2	0,000*	0,003*
	JL1T1 x JL2T1	0,000*	0,000*
	JL1T1 x JL2T2	0,000*	0,000*
	JL1T2 x JL2T1	0,000*	0,000*
	JL1T2 x JL2T2	0,000*	0,000*
	JL2T1 x JL2T2	0,000*	0,000*

Keterangan: * = *p-value* <0,05 berbeda nyata.

Besar kemiringan lereng berperan pada proses terjadinya longsor. Semakin besar sudut lereng maka gaya dorong yang dihasilkan lereng tersebut juga semakin besar, gaya geser yang ada juga semakin besar sehingga terjadi longsor juga semakin cepat (Zaika dan Syafi'ah, 2012). Perbedaan kemiringan lereng dapat berpengaruh terhadap waktu dan volume longsor. Hal ini diduga karena adanya gaya pendorong yang mendominasi dibandingkan dengan gaya penahan di lereng. Salah satunya bentuk gaya pendorong yang berperan atau mendominasi pada kemiringan lereng ketika terjadinya longsor adalah gaya gravitasi. Gaya gravitasi berperan langsung pada proses perpindahan material (longsor) baik secara lambat ataupun cepat (Adhitya *et al.*, 2016). Selain itu, terdapat hubungan antara besar sudut kemiringan lereng dengan gaya gravitasi ketika terjadi longsor. Besar sudut kemiringan lereng memberikan pengaruh terhadap besarnya gaya gravitasi (Akbar *et al.*, 2021). Simulasi yang dilakukan oleh Wibowo *et al.* (2014), mendapatkan hasil bahwa semakin besar sudut kemiringan, maka terdapat dominasi gaya pendorong, gaya pendorong yang dimaksud adalah gaya gravitasi. Hal ini yang dapat menimbulkan waktu pelongsoran terjadi lebih cepat dan juga memberikan pengaruh yang besar dalam menarik massa tanah pada kemiringan lereng 50°. Kedalaman bidang gelincir juga merupakan salah satu faktor yang menyebabkan hasil uji-t dua sampel tidak berpasangan (*independent sample t-test*) berbeda nyata pada setiap perlakuan. Hal ini terjadi karena adanya pergerakan atau perpindahan material yang berada di suatu lintasan atau bidang ketika terjadi longsor. Bidang atau lintasan ini biasa disebut dengan bidang gelincir. Oleh karena itu, bidang gelincir juga menjadi salah satu faktor penyebab terjadi longsor (Nurhidayati *et al.*, 2015). Kedalaman bidang gelincir perlu diketahui untuk mengetahui besar potensi longsor yang terjadi. Kedalaman bidang gelincir yang dalam dapat menyebabkan potensi longsor semakin besar, dan juga sebaliknya, semakin dangkal kedalaman bidang gelincir maka potensi longsor semakin kecil (Anriani *et al.*, 2018). Kedalaman bidang gelincir memiliki peran pada proses terjadinya longsor. Peran yang diberikan dari perbedaan kedalaman bidang gelincir menyebabkan perbedaan waktu dan volume longsoran yang dihasilkan. Nurhidayati *et al.* (2015) menyatakan, yaitu semakin dalam bidang gelincir, maka volume longsoran juga semakin besar, dan semakin dangkal bidang gelincir, maka volume longsoran yang ditimbulkan juga semakin kecil.

Kesimpulan

Waktu terjadinya longsor paling cepat didapatkan pada perlakuan CL2T1 (kemiringan lereng 50°, kedalaman bidang gelincir 10 cm, tanah dominan debu), sedangkan waktu terjadinya longsor paling lambat didapatkan pada perlakuan JL1T2 (kemiringan lereng 40°, kedalaman bidang gelincir 20 cm, tanah dominan liat). Volume longsoran tertinggi didapatkan pada perlakuan JL2T2 (kemiringan lereng 50°, kedalaman bidang gelincir 20 cm, tanah dominan liat), sedangkan volume longsoran terendah didapatkan pada perlakuan JL1T1 (kemiringan lereng 40°, kedalaman bidang gelincir 10 cm, tanah dominan liat). Hal ini berarti bahwa waktu terjadinya longsor cepat tidak selalu menghasilkan volume longsoran yang besar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kemiringan lereng, semakin kecil pengaruh kedalaman bidang gelincir dan tekstur tanah terhadap waktu terjadinya longsor dan volume longsoran.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan dan staf *Agro Techno Park* (ATP) Universitas Brawijaya, di Cangar, Desa Sumber Brantas, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu dan Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Jatimulyo, Malang atas bantuannya dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adhitya, F., Rusdiana, O. dan Saleh, M.B. 2016. Penentuan jenis tumbuhan lokasi dalam upaya mitigasi longsor dan teknik budidayanya pada areal rawan longsor di KPH Lawu DS: studi kasus di RPH Cepoko. *Jurnal Silvikultur Tropika* 8(1):9-19.
- Akbar, L.O.J., Lihawa, F. dan Mahmud, M. 2021. Analisis tipe dan bidang gelincir longsor di Kabupaten Gorontalo Utara. *Jambura Geoscience Review* 3(2):73-83.
- Akmam, A.H. dan Putra, A. 2017. Optimasi metode batasan invers kuadrat terkecil pada resistivitas geolistrik Wenner-Schlumberger untuk penyelidikan struktur batuan di Kabupaten Malalak Kabupaten Agam Sumatera Barat. *International Conference on Technical and Vocation Education and Training* 58-63.
- Amri, M.R., Yulianti, G., Yunus, R., Wiguna, S., Adi, A.W., Ichwana, A.N., Randorangkir, R.E. dan Septian, R.T. 2016. Risiko Bencana Indonesia. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Jakarta. pp. 218.
- Anriani, D., Akmam dan Amir, H. 2018. Estimasi bidang gelincir menggunakan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi Schlumberger di Kelurahan Balai

- Gadang Kecamatan Kototangah. *Pillar of Physics* 11(1):33-40.
- Arsyad, A.S.M. dan Riadi, B. 2013. Potensi risiko bencana alam longsor terkait cuaca ekstrim di Kabupaten Ciamis, Jawa Barat. *Jurnal Ilmiah Geomatika* 19(1):57-63.
- Arzaq, M.H., Wardoyo, S.S. dan Wicaksono, A.P. 2020. Identifikasi Karakteristik Longsor dan Analisis Kestabilan Lereng (Studi Kasus : Dusun Banjarharjo II , Desa Muntuk , Kecamatan Dlingo, Kabupaten Bantul). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan Ke-II Strategi Pengelolaan Lingkungan Sumberdaya Mineral Dan Energi Untuk Pembangunan Berkelanjutan*. 70–77.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2016. Definisi Bencana. <https://bnpb.go.id/definisi-bencana>.
- Maisyaroh, W. 2010. Struktur komunitas tumbuhan penutup tanah di Taman Hutan Raya R. Soerjo Cagar, Malang. *Jurnal Pembangunan dan Alam Lestari* 1(1):1-9.
- Nurhidayati, Akmam dan Amir, H. 2015. Investigasi bidang gelincir di Jorong Koto Baru Nagari Aie Dingin Kabupaten Solok dengan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi Schlumberger. *Pillar of Physics* 6(1):73-80.
- Pangemanan, V. G.M., Turangan, A.E. dan Somple, O.B.A. 2014. Analisis kestabilan lereng dengan metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik* 2(1):37-46.
- Pemerintah Kota Malang. malangkota.go.id. 2021. Profil Kecamatan Lowokwaru Kota Malang. [Malangkota.Go.Id](http://malangkota.go.id). <https://keclowokwaru.malangkota.go.id/gambaran-umum/> (Diakses: Agustus 9, 2021).
- Prayogo, R. 2014. Potensi Bahaya Longsorlahan (landslide) Pada Sub DAS Bruni di Lereng Gunung Wilis Kabupaten Kediri. *Pendidikan Geografi FIS Unesa* 3(1):66-73.
- Priyono. 2015. Hubungan klasifikasi longsor, klasifikasi tanah rawan longsor dan klasifikasi tanah pertanian rawan longsor. *Gema* 27(49):1602-1617.
- Rahmad, R., Suib dan Nurman, A. 2018. Aplikasi SIG untuk pemetaan tingkat ancaman longsor di Kecamatan Sibolangit, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. *Majalah Geografi Indonesia* 32(1):1-13.
- Rahmi, A. 2012. Analisa pengaruh curah hujan terhadap kejadian tanah longsor di Ulu Klang Malaysia. *Jurnal Aptek*. 4(1):65-68.
- Rohmah, S.A., Maryanto, S. dan Susilo, A. 2018. Identifikasi air tanah daerah Agrotechno Park Cagar Batu Jawa Timur berdasarkan metode geolistrik resistivitas. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya* 14(1):5-11.
- Soernarmo, S.H., Sadisun, I.A. dan Saptohartono, E. 2008. Kajian awal pengaruh intensitas curah hujan terhadap pendugaan potensi tanah longsor berbasis spasial di Kabupaten Bandung, Jawa Barat. *Jurnal Geoplaka* 3(3):133-141.
- Soewandita, H. 2018. Analisis kawasan rawan longsor dan keterkaitannya terhadap kualitas tanah dan penggunaan lahan (kasus di kawasan agribisnis Juhut Kabupaten Pandeglang). *Jurnal Teknologi Reduksi Risiko Bencana* 2(1):27-35.
- Supandi, S., Shilyyanora, A.R. dan Ag, I. 2017. Pengaruh morfologi dan sifat material terhadap kestabilan lereng di Kecamatan Kalibawang, Kulon Progo. *Jurnal Teknologi Technoscintia* 10(1):84-91.
- Susanti, P.D. dan Miardini, A. 2019. Identifikasi karakteristik dan faktor pengaruh pada berbagai tipe longsor. *Agritech*. 39(2):97-107.
- Tawakkal, M.Z., Surjandari, N.S. dan Dananjaya, R.H. 2016. Pengaruh curah hujan harian maksimum bulanan terhadap stabilitas lereng (studi kasus : Desa Mangunharjo, Jatipurno, Wonogiri). *E-Journal Matriks Teknik Sipil* 4(2):445-449.
- Wibowo, S.B., Widiyanto dan Sudarto. 2014. Pengaruh kemiringan batas horison terhadap waktu pelongsoran pada tanah dominan debu dan liat. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 1(1):61-68.
- Zaika, Y. dan Syafi'ah. 2012. Pengaruh beban dinamis dan kadar air tanah terhadap stabilitas lereng pada tanah lempung berpasir. *Rekayasa Sipil* 5(1):35-39.