

## SIMULASI PENDUGAAN LONGSOR: PENGARUH INTENSITAS HUJAN PADA TANAH DENGAN TEKSTUR DAN KANDUNGAN BAHAN ORGANIK YANG BERBEDA

### Landslide Estimation Simulation: Effect of Rainfall Intensity on Soils with Different Textures and Organic Matter Contents

Nur Fadillah Aunur Rofiq, Sri Rahayu Utami\*, Christanti Agustina

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

\*Penulis korespondensi: sriyutami@gmail.com

---

#### Abstrak

Faktor alam dan ulah manusia dapat menyebabkan terjadinya tanah longsor. Faktor alam meliputi intensitas curah hujan yang tinggi dan daerah pegunungan atau perbukitan dengan kemiringan lereng yang curam. Perbuatan manusia yang dapat menyebabkan tanah longsor adalah konversi lahan dan pengelolaan lahan yang tidak tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh intensitas hujan pada tanah dengan tekstur dan kandungan bahan organik yang berbeda. Studi simulasi longsor dilakukan di Agro Techno Park dan Lapang Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Penelitian ini menggunakan box akrilik (ukuran 100 cm x 50 cm x 75 cm) dan plat aluminium sebagai alas yang diatur kemiringannya 50°. Terdapat delapan kombinasi perlakuan yang terdiri dari tiga faktor yaitu tekstur tanah (berdebu dan berliat), intensitas curah hujan (70 mm jam<sup>-1</sup> dan 120 mm jam<sup>-1</sup>), dan aplikasi bahan organik (tanpa dan dengan aplikasi bahan organik). Variabel yang diukur adalah durasi dan volume longsor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu terjadinya longsor dan volume material longsor dipengaruhi oleh intensitas curah hujan. Aplikasi bahan organik ke tanah pada intensitas hujan berapa pun dapat mengurangi waktu terjadinya longsor dan volume longsor hingga setengahnya dibandingkan dengan tanpa aplikasi bahan organik. Di antara tiga faktor yang diuji (tekstur tanah, aplikasi bahan organik dan intensitas curah hujan), intensitas curah hujan tampaknya menjadi faktor yang paling yang menentukan waktu terjadinya longsor dan volume longsor.

**Kata kunci:** *bahan organik, intensitas hujan, longsor, simulasi longsor*

---

#### Abstract

Natural factors and human actions can cause landslides. Natural factors include high rainfall intensity and mountainous areas or hills with steep slopes. Human actions that can cause landslides are land conversion and inappropriate land management. This study aimed to explore the effect of rain intensity on soils with different textures and organic matter content. The landslide simulation study was conducted at the Agro Techno Park and Experimental Field, Faculty of Agriculture, Brawijaya University. This study used an acrylic box (size 100 cm x 50 cm x 75 cm) and aluminium plate as a base, which was adjusted to a slope of 50°. There were eight treatment combinations consisting of three factors: soil texture (silty and clayey), rainfall intensity (70 mm hour<sup>-1</sup> and 120 mm hour<sup>-1</sup>), and organic matter application (without and with organic matter application). The variables measured were landslide duration and volume. The results showed that the duration and volume of landslide materials are largely influenced by rainfall intensity. Adding organic matter to the soil at any rainfall intensity may decrease landslide duration and volume by half compared to without organic matter application. Among the three factors examined (soil texture, organic matter application and rainfall intensity), rainfall intensity seems to be the most determining factor in landslide duration and volume.

**Keywords:** *landslide, landslides simulation, organic matter, rain intensity*

---

## Pendahuluan

Wilayah Indonesia secara geografis memiliki potensi bencana alam yang tinggi. Indonesia merupakan negara yang berada pada pertemuan tiga lempeng, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Indo-Australia. Dinamika lempeng yang cukup intensif membentuk relief permukaan bumi yang sangat bervariasi dan khas menjadi satu wilayah perbukitan dan pegunungan dengan berbagai kemiringan lereng. Wilayah pegunungan dengan lereng-lereng yang curam memiliki potensi bencana tanah longsor yang tinggi (Rahman, 2015).

Tanah longsor terjadi karena adanya gerakan tanah akibat dari massa tanah dan batuan yang bergerak di sepanjang lereng ataupun di luar lereng karena adanya faktor gravitasi. Permukaan tanah yang miring memungkinkan pengaruh gaya gravitasi untuk bekerja pada seluruh bagian panjang lereng (Suwaryo dan Yuwono, 2017). Daerah pegunungan atau perbukitan yang memiliki kondisi tanah labil dengan lereng yang curam merupakan daerah rawan longsor apabila curah hujan yang turun cukup tinggi (Suriadi dan Hartini, 2014). Sebelum terjadinya tanah longsor, peningkatan curah hujan berkorelasi positif terhadap kelembapan tanah (Ponziani *et al.*, 2012). Intensitas hujan yang tinggi dapat menyebabkan kandungan air di dalam tanah meningkat sehingga beban pada lereng bertambah dan tanah menjadi mudah bergeser (Khosiah dan Ana, 2017).

Bencana tanah longsor dapat menjadi masalah apabila terjadi di daerah pemukiman. Rentang waktu 2008-2017, bencana tanah longsor terjadi rata-rata 363 kejadian per tahun. Pola bencana di Indonesia berdasarkan historis data menunjukkan bahwa tanah longsor meningkat pada saat memasuki musim penghujan. Tanah longsor sering terjadi pada bulan Oktober dan cenderung mengalami peningkatan pada bulan November dan Desember (BNPB, 2017). Bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah berpengaruh nyata dalam meningkatkan porositas total, jumlah pori dan kemandapan agregat serta menurunkan kerapatan bongkah dan permeabilitas (Hasibuan, 2015). Pupuk kandang ayam yang ditambahkan ke dalam tanah mampu meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Mikroorganisme akan menguraikan bahan organik dan menghasilkan salah satu senyawa polisakarida yang berperan sebagai perekat partikel pembentuk agregat tanah (Duaja, 2012). Agregat tanah yang mantap mampu menahan daya pukulan butir-butir air hujan yang jatuh ke permukaan tanah sehingga penghancuran

tanah yang mengakibatkan rekahan tanah penyebab longsor dapat dicegah (Arifin, 2010). Bencana tanah longsor dapat menimbulkan kerugian yang besar.

Oleh karena itu, diperlukan upaya dalam mempelajari hubungan faktor-faktor penyebab terjadinya tanah longsor untuk meminimalisir kerugian yang besar. Salah satu bentuk pendekatan yang dilakukan yaitu simulasi longsor. Simulasi longsor merupakan salah satu cara untuk mengkaji pengaruh intensitas hujan pada tanah dengan tekstur dan kandungan bahan organik yang berbeda terhadap waktu dan volume longsor yang terjadi.

## Bahan dan Metode

### *Tempat dan waktu penelitian*

Penelitian simulasi longsor dilaksanakan pada bulan September 2020–Februari 2021. Lokasi pengambilan sampel tanah dan simulasi longsor yang digunakan untuk pendugaan longsor berada di dua tempat yang berbeda. Pengambilan sampel tanah dan simulasi longsor tekstur dominasi debu dilakukan di daerah *Agro Techno Park (ATP)*, Universitas Brawijaya, Cangar, Kota Batu. Pengambilan sampel tanah dan simulasi longsor tekstur dominasi liat dilakukan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Jatimulyo, Kota Malang.

*Agro Techno Park (ATP)* Universitas Brawijaya, Cangar, Kota Batu merupakan salah satu kawasan hutan konservasi yang berada di Taman Hutan Raya R. Soerjo. Kawasan Taman Hutan Raya R. Soerjo secara astronomis terletak pada posisi  $7^{\circ}40'100''$ - $7^{\circ}49'310''$  LS dan  $112^{\circ}22'120''$  -  $112^{\circ}46'300''$  BT (UPT TAHURA R. Soerjo, 2010). Menurut klasifikasi iklim Schmid dan Ferguson, Taman Hutan Raya R. Soerjo termasuk tipe iklim C dan D dengan curah hujan rata-rata 2.500-4500 mm tahun<sup>-1</sup>. Jenis tanah termasuk Regosol karena berasal dari aktivitas abu vulkanik dengan warna coklat kekuningan dan bersifat sangat peka terhadap erosi (Maulida *et al.*, 2012). Berdasarkan hasil uji laboratorium yang telah dilakukan di Laboratorium Fisika dan Laboratorium Kimia Tanah, Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, tanah di *Agro Techno Park* termasuk tekstur tanah lempung berdebu dan memiliki berat isi sebesar  $0,99 \text{ g cm}^{-3}$ .

Kebun Percobaan Fakultas Pertanian yang berada di Kelurahan Jatimulyo, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang berada di ketinggian 460 m dpl. Daerah ini memiliki suhu rata-rata 22,2-24,5 °C (Purnamaningrum dan Nihayati, 2019). Material dasar penyusun wilayah ini terdiri atas alluvial

kelabu bahan induk dari endapan batuan sedimen, dengan tekstur tanah liat dan berpasir, konsistensi teguh (lembab) plastis bila basah dan mengeras bila kering. Curah hujan rata-rata 1.883 mm tahun<sup>-1</sup> dan kelembaban udara sebesar 72% (Nurani dan Tyasmoro, 2020). Berdasarkan hasil uji laboratorium yang telah dilakukan, tanah di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Jatimulyo termasuk tekstur tanah liat dan memiliki berat isi sebesar 1,45 g cm<sup>-3</sup>.

**Rancangan penelitian**

Penelitian simulasi pendugaan tanah longsor ini dilakukan dengan menggunakan delapan perlakuan dan diulang sebanyak sepuluh kali (Tabel 1). Perlakuan penelitian ini terdiri atas tiga faktor yaitu tekstur tanah yang terdiri atas tanah tekstur dominan debu (Cangar) dan tanah tekstur dominan liat (Jatimulyo), intensitas hujan (70 mm jam<sup>-1</sup> dan 120 mm jam<sup>-1</sup>), dan kandungan bahan organik yang

berbeda. Variabel yang diamati meliputi waktu terjadinya longsor dan volume longoran. Analisis data menggunakan *software* SPSS dan menggunakan metode analisis data Uji-t dua sampel tidak berpasangan (*independent sample t-test*).

**Pelaksanaan penelitian**

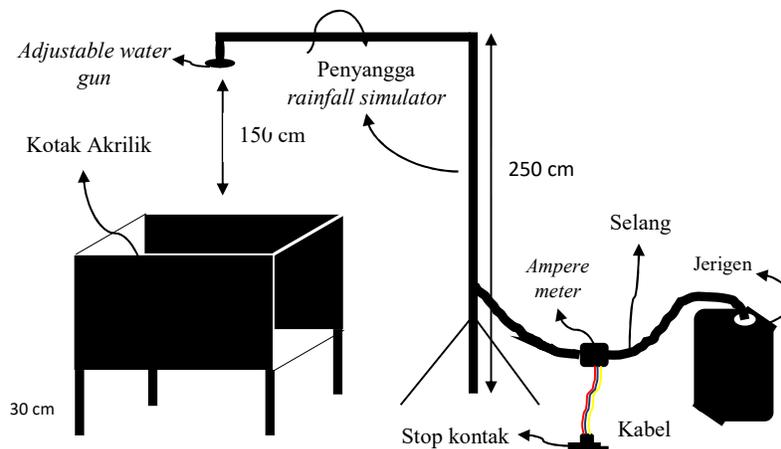
*Intensitas hujan buatan*

Penelitian simulasi longsor ini menggunakan intensitas hujan yang berbeda, yaitu intensitas hujan sebesar 70 mm jam<sup>-1</sup> dan 120 mm jam<sup>-1</sup>. Simulasi hujan pada penelitian ini menggunakan alat *Adjustable water gun* sebagai pengganti *rainfall simulator*. Penyangga kayu yang terbuat dari rangkaian kayu dengan ketinggian kayu 250 cm dan jarak antara *Adjustable water gun* dengan kotak akrilik 150 cm (Gambar 1). Hal ini bertujuan agar air yang keluar dari *Adjustable water gun* rata mengenai seluruh bagian permukaan tanah.

Tabel 1. Kombinasi Perlakuan dalam Simulasi Longsor.

Kode	Tekstur	Perlakuan	
		Intensitas Hujan	Bahan Organik
CI <sub>1</sub> BO <sub>0</sub>	Lempung Berdebu	70 mm jam <sup>-1</sup>	Tidak ditambah
CI <sub>1</sub> BO <sub>1</sub>	Lempung Berdebu	70 mm jam <sup>-1</sup>	Ditambah
CI <sub>2</sub> BO <sub>0</sub>	Lempung Berdebu	120 mm jam <sup>-1</sup>	Tidak ditambah
CI <sub>2</sub> BO <sub>1</sub>	Lempung Berdebu	120 mm jam <sup>-1</sup>	Ditambah
JI <sub>1</sub> BO <sub>0</sub>	Liat	70 mm jam <sup>-1</sup>	Tidak ditambah
JI <sub>1</sub> BO <sub>1</sub>	Liat	70 mm jam <sup>-1</sup>	Ditambah
JI <sub>2</sub> BO <sub>0</sub>	Liat	120 mm jam <sup>-1</sup>	Tidak ditambah
JI <sub>2</sub> BO <sub>1</sub>	Liat	120 mm jam <sup>-1</sup>	Ditambah

Keterangan : C = Tanah Berdebu; J = Tanah Berliat; I<sub>1</sub> = Intensitas Hujan 70 mm jam<sup>-1</sup>; I<sub>2</sub> = Intensitas Hujan 120 mm jam<sup>-1</sup>; BO<sub>0</sub> = Tidak ditambah Bahan Organik; BO<sub>1</sub> = ditambah Bahan Organik; BO = Bahan Organik



Gambar 1. Rancangan letak alat simulator.

Nilai intensitas hujan didapat dengan mengatur putaran *nozzle* dan juga mengatur nilai *ampere meter* pada tuas regulator. Nilai intensitas hujan sebesar 70 mm jam<sup>-1</sup> didapat dengan mengatur putaran *nozzle* menjadi putaran A dengan tekanan *ampere meter* sebesar 2,6. Nilai intensitas hujan sebesar 120 mm jam<sup>-1</sup> didapat dengan mengatur putaran *nozzle* menjadi putaran B dengan tekanan *ampere meter* sebesar 3,0 (Gambar 2). Intensitas hujan didapat melalui simulasi hujan dengan cara menampung air yang keluar dari *Adjustable water gun* selama 5 menit. Untuk mendapatkan nilai intensitas hujan 70 mm jam<sup>-1</sup>, air yang tertampung diperlukan sebanyak 2.905 mL. Perhitungan intensitas hujan dilakukan dengan cara membagi luas permukaan (cm<sup>2</sup>) kotak akrilik sebesar 5.000 cm<sup>2</sup> dengan volume air yang tertampung (mL) sebesar 2.905 mL dan dibagi waktu (jam) sebesar 0,083 jam. Untuk mendapatkan nilai intensitas hujan 120 mm mm jam<sup>-1</sup>, air yang tertampung diperlukan sebanyak 4.980 mL. Perhitungan intensitas hujan dilakukan dengan cara membagi luas permukaan (cm<sup>2</sup>) kotak akrilik sebesar 5.000 cm<sup>2</sup> dengan volume air yang tertampung (mL) sebesar 4.980 mL dan dibagi waktu (jam) sebesar 0,083 jam.



Gambar 2. Putaran nozzle A dan putaran nozzle B.

Pengujian intensitas hujan buatan dilakukan secara berulang untuk mendapatkan hasil yang konstan. Selanjutnya untuk melihat sebaran air hujan dilakukan dengan cara menempatkan tiga botol yang berukuran 1 L secara acak di dalam kotak akrilik selama 10 menit. Sebaran air hujan dikatakan merata apabila tinggi air pada ketiga botol sama (Gambar 3). Pengujian sebaran hujan dilakukan secara berulang untuk mendapatkan hasil yang konstan.

#### *Inkubasi tanah*

Inkubasi tanah dilakukan selama satu bulan pada masing-masing sampel tanah di lokasi yang berbeda

(Cangar dan Jatimulyo). Inkubasi tanah dilakukan dengan membuat campuran pupuk kandang ayam dengan tanah dominan debu (Cangar) ataupun tanah dominan liat (Jatimulyo). Campuran tanah dan pupuk kandang ayam memiliki perbandingan 1:1, inkubasi tanah dilakukan selama satu bulan.



Gambar 3. Hasil simulasi sebaran butir hujan.

#### *Pengambilan sampel*

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan dengan mengambil jenis tekstur tanah yang berbeda yaitu tekstur tanah dominan debu (Cangar) dan tekstur tanah dominan liat (Jatimulyo). Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan mengambil sampel tanah utuh dan tidak utuh pada masing-masing lokasi dilakukannya simulasi longsor. Pengambilan sampel tanah untuk simulasi longsor menggunakan sampel tanah sesuai keadaan lahan yang sebenarnya. Pengambilan sampel tanah untuk simulasi longsor dilakukan dengan menancapkan sekop pada tanah dengan sejajar hingga kedalaman 20 cm. Tanah yang telah diambil kemudian diletakkan secara perlahan ke dalam kotak akrilik secara horizontal.

#### *Simulasi longsor*

Simulasi longsor menggunakan wadah kotak yang terbuat dari rangkaian akrilik yang berukuran 100 cm x 50 cm x 75 cm dengan ketebalan 6 mm, dan terdapat rangkaian penyangga tanah yang berada di dalam kotak akrilik. Penyangga tanah terbuat dari rangkaian kayu dan seng yang berukuran 120 cm x 50 cm dengan kemiringan 50°. Simulasi longsor hanya menggunakan tanah sekali pakai, agar homogenitas tanah terjaga. Tanah yang telah diambil utuh dari lahan diletakkan ke dalam kotak akrilik dengan kedalaman 20 cm. Tanah yang digunakan untuk simulasi longsor merupakan tanah yang telah jenuh oleh air. Parameter pengamatan waktu longsor didapat dari tetesan air pertama hingga tanah tergerak oleh air dan terjadi longsor.

Parameter jenis longsor dapat diketahui dengan cara mengidentifikasi karakteristik jenis longsor yang terjadi. Pengamatan parameter volume longsor diukur menggunakan metode grid. Volume longsor diukur menggunakan grid yang telah dibuat dengan ukuran 10 cm x 10 cm.

Pengukuran volume longsor diulang sebanyak tiga kali disetiap ulangan perlakuan. Pengukuran parameter jenis longsor dapat diketahui dengan cara mengidentifikasi karakteristik dari setiap jenis longsor yang terjadi. Volume longsor didapat dari rumus :

$$\text{Volume Longsor} = \sum (\text{luas longsor} \times \text{tinggi longsor})$$

Volume longsor didapat dengan mengukur tinggi longsor (cm) dan dikali luas longsor (%). Tinggi longsor didapat dengan cara mengukur ketinggian tanah yang hilang pada masing-masing grid. Tinggi longsor diukur menggunakan penggaris yang ditancapkan secara vertikal pada bidang gelincir. Luas longsor didapat dengan menghitung luas area di dalam grid yang mengalami longsor (dinyatakan dalam 1, 3/4, 1/2, dan 1/4 bagian), kemudian dikalikan dengan luas grid (10 cm x 10 cm = 100 cm<sup>2</sup>).

## Hasil dan Pembahasan

### Waktu longsor

Hasil simulasi longsor menunjukkan pengaruh intensitas hujan, tekstur, dan kandungan bahan organik yang berbeda terhadap waktu longsor. Tabel 2 menyajikan hasil simulasi longsor pada tekstur tanah dominan debu (Cangar) dan dominan liat (Jatimulyo) pada intensitas hujan dan kandungan bahan organik yang berbeda. Hasil uji-t dua sampel tidak berpasangan menunjukkan bahwa rata-rata pada waktu longsor nilai *p-value sig.* (2-tailed) <0,05. Hal ini dapat diartikan bahwa terdapat perbedaan nyata antara hasil waktu longsor pada intensitas hujan 70 mm jam<sup>-1</sup> dan 120 mm jam<sup>-1</sup>

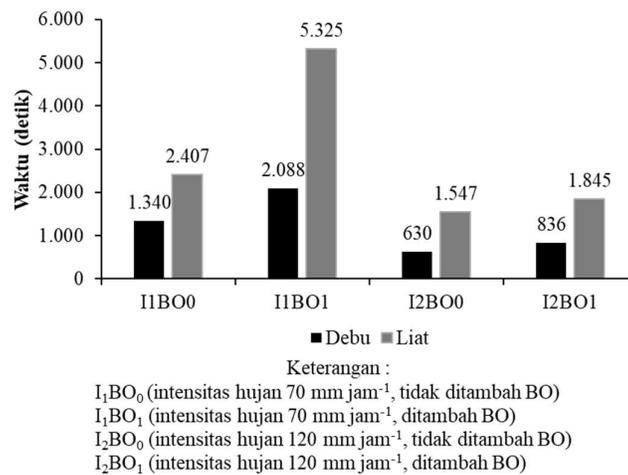
serta kandungan bahan organik yang berbeda. Hasil simulasi longsor menunjukkan bahwa waktu longsor lebih cepat terjadi pada intensitas hujan 120 mm jam<sup>-1</sup> daripada intensitas hujan 70 mm jam<sup>-1</sup> (Gambar 4).

Tanah tekstur dominan debu (Cangar) dengan intensitas hujan sebesar 70 mm jam<sup>-1</sup> dan 120 mm jam<sup>-1</sup> masing-masing memiliki rata-rata waktu untuk terjadi longsor sebesar 1.714 detik dan 733 detik. Tanah tekstur dominan liat (Jatimulyo) dengan intensitas hujan sebesar 70 mm jam<sup>-1</sup> dan 120 mm jam<sup>-1</sup> masing-masing memiliki rata-rata waktu untuk terjadi longsor sebesar 3.867 detik dan 1.696 detik. Intensitas hujan 120 mm jam<sup>-1</sup> pada tekstur tanah dominan debu dan liat menghasilkan waktu longsor dua kali lebih cepat daripada intensitas 70 mm jam<sup>-1</sup>. Hujan dengan intensitas yang tinggi dan jatuh terus menerus dapat menyebabkan bobot tanah bertambah dan daya ikat tanah berkurang, sehingga semakin rentan terhadap longsor (Hidayat dan Zahro, 2018). Hujan pemicu longsor adalah tipe hujan deras dan tipe hujan normal tetapi berlangsung lama. Tipe hujan deras adalah hujan yang mempunyai intensitas 70 mm jam<sup>-1</sup> atau hujan dengan intensitas lebih dari 100 mm hari<sup>-1</sup>.

Tabel 2. Hasil uji dua sampel tidak berpasangan waktu longsor.

Lokasi	Perlakuan	Waktu <i>Sig. (2-tailed)</i>
Cangar	CI <sub>1</sub> BO <sub>0</sub> X CI <sub>1</sub> BO <sub>1</sub>	0,000008*
	CI <sub>1</sub> BO <sub>0</sub> X CI <sub>2</sub> BO <sub>0</sub>	0,000004205*
	CI <sub>1</sub> BO <sub>0</sub> X CI <sub>2</sub> BO <sub>1</sub>	0,000003*
	CI <sub>1</sub> BO <sub>1</sub> X CI <sub>2</sub> BO <sub>0</sub>	0,00004609*
	CI <sub>1</sub> BO <sub>1</sub> X CI <sub>2</sub> BO <sub>1</sub>	0,00000656*
	CI <sub>2</sub> BO <sub>0</sub> X CI <sub>2</sub> BO <sub>1</sub>	0,000054*
Jatimulyo	JI <sub>1</sub> BO <sub>0</sub> X JI <sub>1</sub> BO <sub>1</sub>	0,00000136*
	JI <sub>1</sub> BO <sub>0</sub> X JI <sub>2</sub> BO <sub>0</sub>	0,00000439*
	JI <sub>1</sub> BO <sub>0</sub> X JI <sub>2</sub> BO <sub>1</sub>	0,00000314*
	JI <sub>1</sub> BO <sub>1</sub> X JI <sub>2</sub> BO <sub>0</sub>	0,0000000108*
	JI <sub>1</sub> BO <sub>1</sub> X JI <sub>2</sub> BO <sub>1</sub>	0,00000007313*
	JI <sub>2</sub> BO <sub>0</sub> X JI <sub>2</sub> BO <sub>1</sub>	0,000003164*

Keterangan: \*= (*p-value*<0,005) Berbeda Nyata



Gambar 4. Waktu longsor pada perlakuan intensitas hujan dan bahan organik yang berbeda.

Tipe hujan normal adalah hujan yang intensitasnya kurang dari 20 mm hari<sup>-1</sup>. Tipe hujan normal apabila berlangsung selama beberapa minggu hingga beberapa bulan dapat efektif memicu longsor (Atikah *et al.*, 2017). Intensitas hujan yang tinggi dapat memengaruhi kecepatan waktu terjadinya longsor. Semakin tinggi intensitas hujan, maka semakin cepat waktu terjadinya longsor. Longsor dapat terjadi akibat terbentuknya zona penjuhan pada lapisan yang berada di dekat permukaan tanah. Terbentuk zona penjuhan ini akibat turunnya hujan dengan waktu yang relatif lama serta memiliki intensitas hujan sedang hingga tinggi (Damanik, 2012).

Hasil simulasi longsor menunjukkan rendahnya kandungan bahan organik di dalam tanah mengakibatkan waktu terjadinya longsor menjadi lebih cepat (Gambar 4). Tanah dominan debu yang tidak ditambah bahan organik dan tanah dengan penambahan bahan organik masing-masing membutuhkan waktu sebesar 985 detik dan 1.462 detik untuk terjadi longsor. Tanah dominan liat yang tidak ditambah bahan organik dan tanah dengan penambahan bahan organik masing-masing membutuhkan waktu sebesar 1.978 detik dan 3.586 detik untuk terjadi longsor. Perlakuan dengan penambahan bahan organik pada tekstur dominan debu dan liat menghasilkan waktu longsor dua kali lebih lambat daripada perlakuan tanpa penambahan bahan organik.

Hasil penelitian simulasi longsor yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semakin besar kandungan bahan organik di dalam tanah dapat memperlambat waktu longsor. Hasil penelitian ini tidak sesuai dengan teori Utomo *et al.* (2015) yang

menyatakan bahwa meningkatnya kandungan bahan organik di dalam tanah akan diikuti oleh penurunan berat isi tanah. Tanah yang memiliki berat isi rendah mengandung nilai porositas yang tinggi. Penambahan bahan organik ke dalam tanah dapat meningkatkan porositas tanah (Nita *et al.*, 2015). Tingginya nilai porositas tanah dapat meningkatkan laju infiltrasi (Darmayanti, 2012). Bahan organik dapat membantu dalam penciptaan biopori tanah sehingga ruang untuk kadar air tanah dapat meningkat (Delima *et al.*, 2018). Waktu terjadinya tanah longsor dipengaruhi oleh kecepatan laju infiltrasi tanah, semakin cepat tanah mengalami infiltrasi maka semakin cepat tanah jenuh oleh air. Tanah yang jenuh air mengakibatkan butir-butir tanah tertekan sehingga mengakibatkan massa tanah bergerak (Ningtyas *et al.*, 2020).

Hasil penelitian simulasi longsor menunjukkan bahwa semakin besar kandungan bahan organik di dalam tanah dapat memperlambat waktu longsor. Hal itu karena adanya penambahan pupuk kandang ayam untuk meningkatkan nilai kandungan bahan organik di dalam tanah. Pupuk kandang ayam yang diaplikasikan ke dalam tanah dapat memperbaiki sifat fisik tanah, sifat kimia tanah, sifat biologi tanah, juga mencegah erosi dan mengurangi terjadinya keretakan tanah (Khair *et al.*, 2013). Pukulan air hujan yang jatuh dapat menimbulkan erosi, pukulan air hujan tersebut hanya memecah agregat tanah sehingga menimbulkan rekahan atau retakan di permukaan tanah. Air akan menyusup masuk ke dalam bagian yang retak. Kandungan air di dalam tanah menjadi jenuh karena air masuk dan terakumulasi di bagian dasar lereng sehingga menimbulkan gerakan lateral.

Pupuk kandang ayam yang ditambahkan ke dalam tanah dapat memperbaiki stabilitas agregat tanah sehingga meminimalkan terjadinya rekahan atau retakan (Mustoyo *et al.*, 2013). Maka dari itu, perlakuan dengan penambahan bahan organik berupa pupuk kandang ayam dapat memperlambat terjadinya longsoran.

Tekstur tanah memberikan perbedaan terhadap waktu longsor. Hasil simulasi longsor pada (Gambar 4) menunjukkan bahwa tanah dominan debu memerlukan waktu lebih cepat untuk terjadinya longsor dibandingkan tanah dominan liat. Tanah dominan debu menghasilkan rata-rata waktu longsor sebesar 1.224 detik untuk terjadi longsor. Tanah dominan liat menghasilkan rata-rata waktu longsor sebesar 2.781 detik untuk terjadi longsor. Kombinasi perlakuan  $CI_2BO_0$  (tekstur dominan debu+intensitas hujan 120 mm  $jam^{-1}$  + tanpa penambahan BO) merupakan kombinasi yang menghasilkan waktu longsor paling cepat (630 detik). Waktu pelongsoran merupakan

waktu yang dihitung dari keadaan tanah jenuh hingga terjadi tanah longsor dengan satuan detik. Waktu pelongsoran tekstur tanah berliat lebih lambat dibandingkan dengan tekstur tanah berdebu. Proses longsor pada tekstur berliat membutuhkan waktu lebih lama untuk menghancurkan agregat tanah dan membuat rekahan. Tekstur berliat cenderung menahan sebagian air dan saat basah bersifat plastis dan lengket, sehingga lebih lama longsor apabila dibandingkan dengan tekstur tanah berdebu (Wibowo *et al.*, 2014).

#### Volume longsoran

Hasil simulasi longsor menunjukkan pengaruh intensitas hujan, tekstur, dan kandungan bahan organik yang berbeda terhadap volume longsoran. Tabel 3 menyajikan hasil simulasi longsor pada tekstur tanah dominan debu (Cangar) dan dominan liat (Jatimulyo) pada intensitas hujan dan kandungan bahan organik yang berbeda.

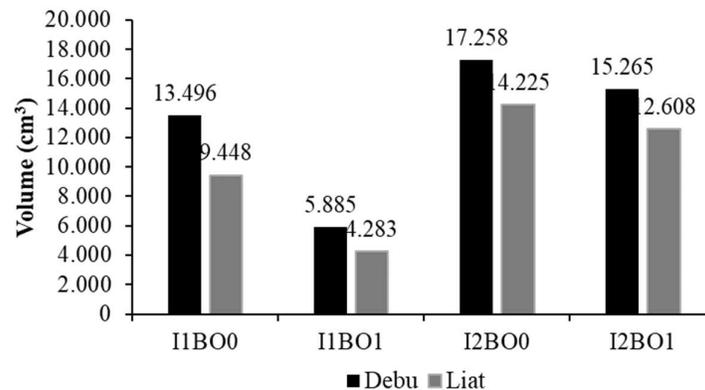
Tabel 3. Hasil uji dua sampel tidak berpasangan volume longsor.

Lokasi	Perlakuan	Volume Sig. (2-tailed)
Cangar	$CI_1BO_0$ X $CI_1BO_1$	0,00000043*
	$CI_1BO_0$ X $CI_2BO_0$	0,000156*
	$CI_1BO_0$ X $CI_2BO_1$	0,006279*
	$CI_1BO_1$ X $CI_2BO_0$	0,00000398*
	$CI_1BO_1$ X $CI_2BO_1$	0,000005767*
	$CI_2BO_0$ X $CI_2BO_1$	0.000526*
Jatimulyo	$JI_1BO_0$ X $JI_1BO_1$	0,000006641*
	$JI_1BO_0$ X $JI_2BO_0$	0,000009327*
	$JI_1BO_0$ X $JI_2BO_1$	0,000043*
	$JI_1BO_1$ X $JI_2BO_0$	0,00004769*
	$JI_1BO_1$ X $JI_2BO_1$	0,00000373*
	$JI_2BO_0$ X $JI_2BO_1$	0,00005877*

Keterangan: \*= ( $p$ -value<0,005) Berbeda Nyata

Hasil uji t dua sampel tidak berpasangan (*independent sample T-test*) menunjukkan bahwa rata-rata pada volume longsoran nilai  $p$ -value sig. (2-tailed) <0,05. Hal ini dapat diartikan bahwa terdapat perbedaan nyata antara hasil volume longsoran pada intensitas hujan 70 mm  $jam^{-1}$  dan 120 mm  $jam^{-1}$  serta kandungan bahan organik yang berbeda. Hasil simulasi longsor menunjukkan bahwa volume longsoran yang dihasilkan lebih besar pada intensitas hujan yang lebih tinggi (Gambar 5). Tanah tekstur dominan debu (Cangar) dengan intensitas hujan sebesar 70 mm  $jam^{-1}$  dan 120 mm  $jam^{-1}$  masing-masing menghasilkan rata-rata

volume longsoran sebesar 9.691  $cm^3$  dan 16.262  $cm^3$ . Tanah tekstur dominan liat (Jatimulyo) dengan intensitas hujan sebesar 70 mm  $jam^{-1}$  dan 120 mm  $jam^{-1}$  masing-masing menghasilkan rata-rata volume longsoran sebesar 6.865  $cm^3$  dan 13.417  $cm^3$ . Intensitas hujan 120 mm  $jam^{-1}$  pada tekstur tanah dominan debu dan liat menghasilkan volume longsoran dua kali lebih besar daripada intensitas hujan 70 mm  $jam^{-1}$ . Longsornya lereng tanah banyak terjadi setelah hujan lebat atau hujan yang berlangsung lama. Intensitas curah hujan di atas 50 mm  $jam^{-1}$  dapat menyebabkan terjadinya tanah longsor dangkal (Sarya *et al.*, 2014).



Keterangan :

I<sub>1</sub>BO<sub>0</sub> (intensitas hujan 70 mm jam<sup>-1</sup>, tidak ditambah BO)

I<sub>1</sub>BO<sub>1</sub> (intensitas hujan 70 mm jam<sup>-1</sup>, ditambah BO)

I<sub>2</sub>BO<sub>0</sub> (intensitas hujan 120 mm jam<sup>-1</sup>, tidak ditambah BO)

I<sub>2</sub>BO<sub>1</sub> (intensitas hujan 120 mm jam<sup>-1</sup>, ditambah BO)

Gambar 5. Volume longsoran pada perlakuan intensitas hujan dan bahan organik yang berbeda.

Intensitas hujan yang tinggi mengakibatkan peningkatan jumlah air infiltrasi yang berdampak pada tanah jenuh air, maka pori tanah mudah hancur dan agregasi tanah menjadi sangat lemah sehingga ketahanan geser tanah menurun. Akibatnya jenuh air dapat menambah beban tanah yang akan memicu terjadinya longsor dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah dengan mengangkut benda. Semakin banyak jenuh air yang menambah beban tanah maka semakin besar pula volume tanah yang akan terangkut (Priyono, 2015). Intensitas hujan yang tinggi memengaruhi kondisi tanah. Air hujan akan masuk ke dalam rongga/pori-pori tanah, jika air terus menerus memenuhi pori tanah maka tanah akan mengalami kondisi jenuh air. Hal itu dapat mengakibatkan tanah kehilangan kemampuannya dalam menahan beban struktural di atasnya (Bujung *et al.*, 2019).

Hasil simulasi longsor menunjukkan rendahnya kandungan bahan organik di dalam tanah mengakibatkan volume longsoran yang dihasilkan lebih besar (Gambar 5). Tanah dominan debu (Cangar) yang tidak ditambah bahan organik dan tanah dengan penambahan bahan organik masing-masing memiliki rata-rata volume longsoran sebesar 15.377 cm<sup>3</sup> dan 10.575 cm<sup>3</sup>. Tanah dominan liat (Jatimulyo) yang tidak ditambah bahan organik dan tanah dengan penambahan bahan organik masing-masing memiliki rata-rata volume longsoran sebesar 11.837 cm<sup>3</sup> dan 8.445 cm<sup>3</sup>. Perlakuan tanpa penambahan bahan organik pada tanah dominan debu dan liat

menghasilkan volume longsoran dua kali lebih besar daripada perlakuan dengan penambahan bahan organik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin rendah kandungan bahan organik di dalam tanah dapat memperbesar volume longsoran. Hasil penelitian ini tidak sesuai dengan hasil penelitian Ayuningtyas *et al.* (2018) bahwa bahan organik mampu memperbaiki struktur tanah, aerasi, dan infiltrasi air. Infiltrasi air yang baik dapat mempermudah air hujan yang masuk ke dalam tanah mengisi pori-pori udara di dalam tanah. Air yang mengisi pori-pori udara di dalam tanah mengakibatkan tanah mengalami kejenuhan, sehingga massa tanah menjadi bertambah dan kestabilan lereng terganggu (Hidayat, 2020). Semakin besar tanah berpotensi mengalami longsor semakin besar pula volume longsoran yang terjadi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan bahan organik di dalam tanah memperlambat waktu longsor dan memperkecil volume longsoran. Hal itu karena adanya penambahan pupuk kandang ayam untuk meningkatkan nilai kandungan bahan organik di dalam tanah. Pupuk kandang ayam sebagai pembenah tanah membantu mencegah terjadinya erosi dan mengurangi terjadinya retakan tanah. Pupuk kandang ayam pada permukaan tanah dapat menghambat laju aliran permukaan tanah. Erosi akan meningkat apabila kecepatan aliran permukaan meningkat. Besarnya erosi yang tak sebanding dengan aliran permukaan diduga karena besarnya intensitas curah hujan (Wati *et al.*, 2014).

Erosi tanah dalam skala besar dapat menyebabkan longsor karena muka tanah yang hanyut oleh air.

Tekstur tanah memberikan perbedaan terhadap volume longsoran yang dihasilkan. Hasil simulasi longsor pada (Gambar 5) menunjukkan bahwa tanah dominan debu menghasilkan volume longsoran lebih besar dibandingkan tanah dominan liat. Tanah dominan debu menghasilkan rata-rata volume longsoran sebesar 12.976 cm<sup>3</sup>. Tanah dominan liat menghasilkan rata-rata volume longsoran sebesar 10.141 cm<sup>3</sup>. Kombinasi perlakuan Cl<sub>2</sub>BO<sub>0</sub> (tekstur dominan debu+intensitas hujan 120 mm jam<sup>-1</sup> + tanpa penambahan BO) merupakan kombinasi yang menghasilkan volume longsoran paling besar (17.258 cm<sup>3</sup>). Tekstur tanah liat memiliki sifat lekat dan tekstur tanah debu memiliki sifat licin jika terkena air, sehingga tekstur tanah debu lebih mudah menyerap air. Kemampuan tanah dalam menyerap air berbanding lurus dengan nilai porositas tanah. Apabila porositas tanah semakin besar, maka kemampuan tanah dalam menyerap air semakin baik (Bintoro *et al.*, 2017). Tanah tekstur debu (Cangar) memiliki berat isi sebesar 0,99 g cm<sup>-3</sup> dan tanah tekstur liat (Jatimulyo) memiliki berat isi sebesar 1,45 g cm<sup>-3</sup>. Semakin besar nilai berat isi tanah, maka semakin rendah nilai porositas tanah (Rosyidah dan Wirosoedarmo, 2013). Hal ini mengakibatkan volume longsoran pada tekstur tanah debu (Cangar) lebih besar dibandingkan dengan tekstur tanah liat (Jatimulyo).

### Kesimpulan

Intensitas hujan dan kandungan bahan organik memberikan pengaruh nyata terhadap waktu terjadinya longsor dan volume longsoran yang dihasilkan. Tanah tanpa penambahan bahan organik dengan intensitas hujan yang tinggi menghasilkan waktu longsor lebih cepat dan volume longsoran semakin besar. Simulasi longsor menunjukkan hasil kombinasi perlakuan Cl<sub>2</sub>BO<sub>0</sub> (tekstur dominan debu+intensitas hujan 120 mm jam<sup>-1</sup>+tanpa penambahan bahan organik) memiliki waktu terjadinya longsor paling cepat diantara kombinasi perlakuan lainnya (630 detik) dan menghasilkan volume longsoran paling banyak (17.258 cm<sup>3</sup>). Hal ini menunjukkan bahwa tekstur tanah dominan debu, intensitas hujan yang tinggi, dan kandungan bahan organik yang rendah menghasilkan waktu longsor yang terjadi semakin cepat dan volume longsoran yang dihasilkan semakin besar. Intensitas hujan memiliki pengaruh yang lebih dominan dibandingkan kandungan

bahan organik dan tekstur tanah. Semakin besar intensitas hujan, semakin kecil pengaruh kandungan bahan organik dan tekstur tanah terhadap waktu terjadinya longsor dan volume longsoran.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada staf *Agro Techno Park (ATP)*, Universitas Brawijaya, Cangar, Kota Batu, staf Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Jatimulyo, Kota Malang, serta pranata laboratorium pendidikan di Laboratorium Fisika dan Laboratorium Kimia Tanah, Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya atas bantuannya dalam pelaksanaan penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- Arifin, M. 2010. Kajian sifat fisik tanah dan berbagai penggunaan lahan dalam hubungannya dengan pendugaan erosi tanah. *Jurnal Pertanian MAPETA* 12(2):111-115.
- Atikah, D., Juwono, P.T. dan Hendrawan, A.P. 2017. Pengaruh hujan pada stabilitas lereng di jalan tol Gempol-Pandaan. *Jurnal Teknik Pengairan* 8(1):79-88.
- Ayuningtyas, E.A., Ilma, A.F.N. dan Yudha, R.B. 2018. Pemetaan erodibilitas tanah dan korelasinya terhadap karakteristik tanah di DAS Serang, Kulon Progo. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan* 2(1) 37-46.
- Bintoro, A., Widjajanto, D. dan Irun. 2017. Karakteristik fisik tanah pada beberapa penggunaan lahan di Desa Beka Kecamatan Marawola Kabupaten Sigi. *Jurnal Agrotekbis* 5(4):423-430.
- BNPB. 2017. Data Bencana Indonesia 2017. Pusat Data, Informasi dan Humas Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Jakarta.
- Bujung, D.P.A.P., Turangan. A.E., dan Sarajar. A.N. 2019. Pengaruh intensitas curah hujan terhadap kuat geser tanah. *Jurnal Tekno* 17(72):47-51.
- Damanik, M.R.S. dan Restu, R. 2012. Pemetaan tingkat risiko banjir dan longsor Sumatera Utara berbasis sistem informasi geografis. *Jurnal Geografi* 4(1):29-42.
- Darmayanti, A.S. 2012. Beberapa sifat fisika kimia tanah yang berpengaruh terhadap model kecepatan infiltrasi pada tegakan mahoni, jabon dan trembesi di Kebun Raya Purwodadi. *Jurnal Penelitian Hayati* 17(1):185-191.
- Delima, D., Akbar, H. dan Rafli, M. 2018. Tingkat laju infiltrasi tanah pada DAS Kreueng Mane Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Agrium* 15(1):17-28.
- Duaja, W. 2012. Pengaruh pupuk urea, pupuk organik padat dan cair kotoran ayam terhadap sifat tanah, pertumbuhan dan hasil selada keriting di tanah Inceptisol. *Jurnal Bioplantae* 1(4):236-246.

- Hasibuan, A.S.Z. 2015. Pemanfaatan bahan organik dalam perbaikan beberapa sifat tanah pasir pantai selatan Kulon Progo. *Jurnal Planta Tropika* 3(1): 31-40.
- Hidayat, R. 2020. Analisis pengaruh infiltrasi hujan terhadap stabilitas lereng di Pangkalan, Sumatera Barat. *Jurnal Teknik Hidraulik* 11(1):25-36.
- Hidayat, R. dan Zahro, A.A. 2018. Identifikasi Curah Hujan Pemicu Longsor di Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu Hulu-Banjarnegara. *Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS IX 2018*.
- Khair, H., Pasaribu, M.S. dan Suprpto, E. 2013. Respon pertumbuhan dan produksi tanaman jagung (*Zea mays* L.) terhadap pemberian pupuk kandang ayam dan pupuk organik cair plus. *Jurnal Agrium* 18(1):13-22.
- Khosiah, K. dan Ana, A. 2017. Tingkat kerawanan tanah longsor di Dusun Landungan Desa Guntur Macan Kecamatan Gunungsari Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Ilmiah Mandala Education* 3(1):195-200.
- Maulida, H.F., Anggoro, S. dan Susilowati, I. 2012. Persepsi Pengunjung terhadap Pengelolaan Obyek Wisata Alam Air Panas Cangar. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 106-110.
- Mustoyo., Simanjuntak, B.H. dan Suprihati. 2013. Pengaruh dosis pupuk kandang terhadap stabilitas agregat tanah pada sistem pertanian organik. *Jurnal Agric* 25(1):51-57.
- Ningtyas, G.R., Priyantari, N. dan Suprianto, A. 2020. Analisis data resistivitas dan uji permeabilitas tanah di daerah rawan longsor Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember. *Journal Online of Physics* 6(1):6-12.
- Nita, C.E., Siswanto, B. dan Utomo, W.H. 2015. Pengaruh pengolahan tanah dan pemberian bahan organik (blotong dan abu ketel) terhadap porositas tanah dan pertumbuhan tanaman tebu pada Ultisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 2(1):119-127.
- Nurani, A.B. dan Tyasmoro, S.Y. 2020. Pengaruh aplikasi PGR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) dan dosis pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan dan hasil kubis bunga (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.). *Jurnal Produksi Tanaman* 8(8):724-733.
- Ponziani, F., Pandolfo, C., Stelluti, M., Berni, N., Brocca, L. dan Moramarco, T. 2012. Assessment of rainfall thresholds and soil moisture modeling for operational hydrogeological risk prevention in the Umbria Region (Central Italy). *Journal of Landslides* 9(2):229-237.
- Priyono. 2015. Hubungan klasifikasi longsor, klasifikasi tanah rawan longsor dan klasifikasi tanah pertanian rawan longsor. *Jurnal Gema* 27(49):1602-1617.
- Purnamaningrum, A. dan Nihayati, E. 2019. Pengaruh pemakaian mulsa dan dosis nitrogen terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman iler (*Plectranthus scutellarioides* (L.) R. Br.). *Jurnal Produksi Tanaman* 7(12):2186-2195.
- Rahman, A.Z. 2015. Kajian mitigasi bencana tanah longsor di Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal Manajemen dan Kebijakan Publik* 1(1):1-14.
- Rosyidah, E. dan Wirosuedarmo, R. 2013. Pengaruh sifat fisik tanah pada konduktivitas hidrolik jenuh di 5 penggunaan lahan (studi kasus di Kelurahan Sumbersari Malang). *Jurnal Agritech* 33(3):340-345.
- Sarya, G., Andriawan, A.H., Ridho, A. dan Seputro, H. 2014. Intensitas curah hujan memicu tanah longsor dangkal di Desa Wonodadi Kulon. *Jurnal Pengabdian LPPM UNTAG Surabaya* 1(1):65-71.
- Suriadi, A.B.M. dan Hartini, S. 2014. Analisis potensi risiko tanah longsor di Kabupaten Ciamis dan Kota Banjar, Jawa Barat. *Jurnal Majalah Ilmiah Globe* 16(2):165-172.
- Suwaryo, P.A.W. dan Yuwono, P. 2017. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pengetahuan masyarakat dalam mitigasi bencana alam tanah longsor. *The 6th University Research Colloquium Universitas Muhammadiyah Magelang*. 305-314.
- UPT TAHURA R. Soerjo. 2010. *Profil Taman Hutan Raya Raden Soerjo*. Malang. Dinas Kehutanan Provinsi Jawa Timur.
- Utomo, B.S., Nuraini, Y. dan Widiyanto. 2015. Kajian kemandirian agregat tanah pada pemberian beberapa jenis bahan organik di perkebunan kopi robusta. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 2(1):111-117.
- Wati, Y., Alibansyah, M.R. dan Manfarizah. 2014. Pengaruh lereng dan pupuk organik terhadap aliran permukaan, erosi dan hasil kentang di Kecamatan Atu Lintang Kabupaten Aceh Tengah. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan* 3(6):496-505.
- Wibowo, B.S., Widiyanto, dan Sudarto. 2014. Pengaruh kemiringan batas horizon terhadap waktu pelongsoran pada tanah dominan debu dan liat. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 1(1):61-68.