

PENGARUH KEMIRINGAN BATAS HORISON TERHADAP WAKTU PELONGSORAN PADA TANAH DOMINAN DEBU DAN LIAT

Sandy Budi Wibowo, Widiyanto, Sudarto*

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya

*penulis korespondensi: sdt-fp@yahoo.com

Abstract

Landsliding duration is the time span between saturated soil condition and landslide in seconds. It is a parameter to describe failure process. Horizon boundary declivity is a broad in horizon boundary formed an angle toward the horizontal and assumed parallel with slope surface. Landsliding duration can be measured by way of landslide simulation to saturated soil sample through artificial rain with 50 mm hour⁻¹ intensity up to landslide. Soil sample taken as a whole by pipe. This treatment consisted of 40° and 70° horizon boundary declivity and repeated 10 times. Soil sampling conducted at 4 locations divided by 2 locations with silt domination and 2 locations with clay domination. Beside that, qualitative observation performed of process and mass movement as well. The result of observation has shown that landsliding duration at 40° horizon boundary declivity is slower than 70°. Gravitation forces has characteristic of holding soil mass at 40° horizon boundary declivity, but at 70° horizon boundary declivity it will cause landslide. Medium texture will landslide faster than fine texture at 40° horizon boundary declivity. But at 70° horizon boundary declivity both of medium and fine texture will landslide together. Due to that 70° horizon boundary declivity dominated by gravitation force that pull soil mass to the downslope. While at 40° horizon boundary declivity, soil physics nature is still have a role, where fine texture have characteristic of sticky and medium texture have a quality of slick. Translational slides happen at 70° horizon boundary declivity so many times. While topples usually happen at 40° horizon boundary declivity. This cause of at 40° horizon boundary declivity soil physics nature still have a role of landslide, while at 70° horizon boundary declivity gravitation forces pull soil mass more dominant. But if it related with texture, translational slides usually happen at medium texture and topples happen at fine texture so many times. Landslide process at fine texture is preceded by cracks forming ended by topples. While landslide process at medium texture is preceded by smooth erosion on soil surface and soil liquefaction at upper side of horizon boundary because of the water is not able to penetrate beneath horizon.

Key words: landsliding duration, horizon boundary declivity, texture

Pendahuluan

Sektor Longsor merupakan kejadian alami yang bersifat unik karena tidak hanya terjadi pada daerah yang mengalami alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian, tetapi juga terjadi pada lereng atas gunung dan perbukitan yang biasanya terjal meskipun tertutupi oleh vegetasi dengan stratifikasi kanopi tinggi. Hal ini

menunjukkan bahwa aspek vegetasi saja masih dirasa kurang tanpa diimbangi dengan aspek kelerengan dan kemiringan batas stratifikasi tanah di dalamnya. Kajian terkait dengan longsor dan kelerengan permukaan tanah selaku penyebab longsor sudah banyak diangkat menjadi obyek penelitian. Tetapi studi mengenai kemiringan batas horison terkait dengan kelerengan melalui simulasi longsor

belum banyak diketahui. Pembentukan tanah secara alami pada daerah berlereng memungkinkan kemiringan lereng sejajar dengan batas horison sehingga memicu longsor dengan tipe luncuran translasi. Sedangkan tekstur tanah mempengaruhi hubungan kemiringan batas horison dengan waktu pelongsoran pada lokasi yang berbeda. Waktu pelongsoran adalah waktu yang dihitung pada saat simulasi longsor dari keadaan tanah jenuh hingga terjadinya longsor. Waktu pelongsoran dapat dijadikan parameter untuk menggambarkan proses terjadinya keruntuhan pada kombinasi dua horison yang berbeda. Kombinasi horison ini terdiri dari massa tanah yang mengalami longsor dengan massa tanah yang menjadi bidang gelincir. Kombinasi horison akan menggambarkan karakteristik tanah yang potensi longsohnya dapat diduga melalui waktu pelongsoran Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah 1) Mengetahui hubungan kemiringan batas horison terhadap waktu pelongsoran pada tekstur tanah berdebu dan berliat dan 2) Mengetahui jenis gerakan massa pada saat simulasi longsor.

Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan di empat lokasi di DAS Brantas diantaranya dua lokasi di Desa Kemiri Kecamatan Jabung, Kabupaten Malang, Desa Tulungrejo Kecamatan Bumiaji, Kotamadya Batu dan Desa Pandesari, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2007 untuk tahap persiapan, yang kemudian dilanjutkan survei lapang pada bulan Mei hingga Juni 2007 untuk tahap analisa data dan pelaporan dilakukan pada bulan Juli hingga Agustus 2007. Waktu pelongsoran diukur dengan melakukan simulasi longsor pada sampel tanah jenuh yang diberi hujan buatan sehingga terjadi longsor. Sampel tanah diambil secara utuh menggunakan pipa dan terdiri dari kombinasi dua horison tanah dan batas antar horison tersebut. Perlakuan dilakukan pada batas horison tersebut, yaitu terdiri dari kemiringan batas horison 40° dan 70°. Kemiringan batas horison tersebut diperoleh dengan memiringkan pipa pada saat pengambilan. Pengamatan kualitatif berupa

jenis longsor yang terjadi ketika simulasi dilakukan sebagai dasar untuk mengetahui proses longsor dan penyebab longsor. Pengambilan dilakukan di empat lokasi terdiri dari 2 lokasi dengan dominasi tekstur berdebu dan 2 lokasi yang dominasi tekstur berliat. Masing-masing perlakuan diulang 10 kali untuk meminimalkan pengaruh kesalahan.

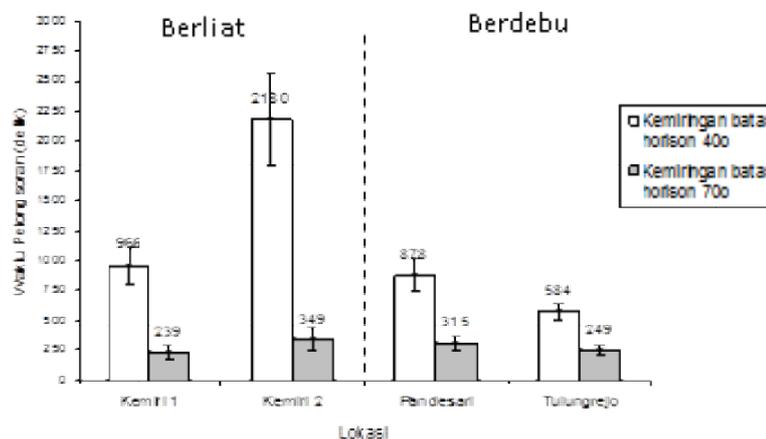
Hasil dan Pembahasan

Waktu Pelongsoran

Waktu pelongsoran adalah waktu yang dihitung dari keadaan tanah jenuh hingga terjadinya longsor dengan satuan detik. Waktu pelongsoran diperoleh setelah melakukan simulasi longsor dengan intensitas hujan buatan sebesar 50 mm jam⁻¹. Berdasarkan hasil pengamatan, diperoleh waktu pelongsoran rata-rata yang disajikan pada Gambar 1. Waktu pelongsoran rata-rata pada kemiringan batas horison 40° lebih lambat dibandingkan 70°. Waktu pelongsoran rata-rata tekstur berliat lebih lambat dibandingkan tekstur berdebu hanya terjadi pada kemiringan batas horison 40°, sedangkan pada kemiringan batas horison 70° tidak berbeda. Kemiringan batas horison memberikan pengaruh sangat nyata terhadap waktu pelongsoran ($F_{hit} = 29,06^{**}$). Waktu pelongsoran pada kemiringan batas horison 40° lebih lambat dibandingkan kemiringan batas horison 70° (Tabel 1). Waktu pelongsoran rata-rata pada kemiringan batas horison 40° adalah 1152 detik, sedangkan waktu pelongsoran rata-rata pada kemiringan batas horison 70° adalah 288 detik. Lamanya waktu pelongsoran pada kemiringan batas horison 40° dibandingkan 70° disebabkan oleh perbedaan besarnya gaya tarik dan gaya penahan. Distribusi gaya gravitasi yang terjadi pada kombinasi horison ditunjukkan pada Gambar 2. Kemiringan batas horison (α) mempengaruhi besarnya distribusi gaya gravitasi. Nilai $w \sin \alpha$ pada kemiringan batas horison 40° lebih kecil dibandingkan $w \cos \alpha$ sehingga $w \cos \alpha$ memiliki peranan besar dalam menahan massa tanah, sedangkan pada kemiringan batas horison 70° nilai $w \sin \alpha$ lebih besar dibandingkan $w \cos \alpha$ sehingga $w \cos \alpha$ memicu waktu pelongsoran yang lebih cepat. Kondisi alami pada tanah lebih kompleks

karena bidang batas horison merupakan potensial bidang gelincir, sehingga bidang batas horison belum menjadi bidang licin sempurna.

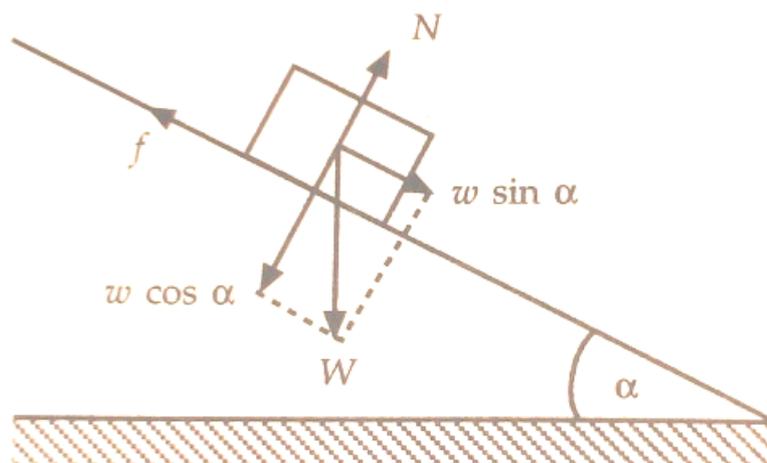
Bidang gelincir sempurna hanya terjadi apabila terdapat pencairan pada sebagian tanah di atas batas horison.



Gambar 1. Waktu pelongsoran rata-rata pada tiap lokasi dengan kemiringan batas horison 40° dan 70°

Tabel 1. Waktu pelongsoran rata-rata pada kemiringan batas horison 40° dan 70°

Titik	Kemiringan	
	40°	70°
Kemiri 1	966 detik (55-1808 detik)	239 detik (15-678 detik)
Kemiri 2	2180 detik (44-4832 detik)	349 detik (13-1007 detik)
Pandesari	878 detik (176-1705 detik)	315 detik (3-737 detik)
Tulungrejo	584 detik (67-1054 detik)	249 detik (56-547 detik)
Rata-rata	1152 detik	288 detik



Gambar 2. Distribusi gaya pada kemiringan batas horison (Kamajaya, 1999)

Tanah memiliki sifat alir (rheologi) yaitu perubahan bentuk tanah sesuai dengan perubahan kandungan air (Utomo, 1985). Tanah pada keadaan kering menjadi keras dan bersifat sebagai benda padat. Apabila terdapat penambahan air, tanah berangsur-angsur berubah menjadi bahan semacam pasta hingga akhirnya bersifat sebagai benda cair. Susunan struktur tanah juga berpengaruh terhadap pembentukan bidang licin sempurna. Susunan struktur tanah mengunci bersifat menahan massa tanah yang longsor. Sebaliknya, struktur tanah tidak mengunci bersifat memperkecil gaya penahan longsor (Gambar 3). Kondisi demikian membutuhkan pemecahan partikel agar terjadi perubahan kedudukan partikel tanah (Utomo, 1985). Penambahan massa oleh air hujan ketika simulasi dapat mempercepat penghancuran struktur tanah pada potensial bidang gelincir melalui peningkatan gaya tarik

ke bawah lereng. Sebaran waktu pelongsoran pada semua lokasi dibuat untuk mengetahui karakteristik waktu pelongsoran pada setiap kemiringan batas horison (Gambar 4). Waktu pelongsoran pada kemiringan batas horison 40° berkumpul pada kisaran 0-2000 detik yang menunjukkan besarnya gaya tarik ke bawah lereng, sedangkan jangkauan dalam kelas interval yang besar (500 detik) menunjukkan bahwa sifat fisik tanah sangat mempengaruhi proses longsor. Erosi banyak terjadi pada kemiringan batas horison 40° karena pukulan air hujan dapat menghancurkan agregat permukaan (Utomo, 1994). Erosi tersebut menyisakan gumpalan agregat lemah yang kemudian longsor karena terdapat kemantapan agregat yang berbeda pada satu penampang profil. Bentuk, ukuran dan kemantapan agregat sendiri umumnya beragam di dalam suatu profil (Hillel, 1982).



Gambar 3. Susunan struktur tanah tidak mengunci (a) dan mengunci (b) pada potensial bidang gelincir

Waktu pelongsoran pada kemiringan batas horison 70° berkumpul pada kisaran 0-550 detik serta jangkauan yang kecil pada tiap kelas interval (110 detik) menunjukkan bahwa sudut kemiringan batas horison cukup besar yaitu sekitar untuk meminimalisir gaya penahan longsor. Gaya yang mendominasi dan bekerja secara efektif adalah gaya gravitasi karena besarnya sudut kemiringan batas horison mendekati vertikal, maka gaya gravitasi bersifat menarik massa tanah ke bawah. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengaruh gravitasi dalam menarik massa tanah sangat besar terutama pada sudut 70° . Analisa yang dilakukan pada kemiringan batas horison 70° menunjukkan

tidak adanya perbedaan ($P\text{-value} = 0.877^{(n)}$) antara waktu pelongsoran pada tekstur berdebu dan berliat. Gaya tarik sejajar kemiringan batas horison 70° jauh lebih besar daripada gaya penahan pada batas horison, sehingga menyebabkan waktu pelongsoran yang terjadi cenderung seragam (Tabel 2). Karnawati (2005) menyebutkan bahwa pada lereng lebih dari 45° faktor yang paling berperan adalah gaya gravitasi. Waktu pelongsoran pada tekstur berdebu dan berliat berbeda nyata ($P\text{-value} = 0.018^*$) pada kemiringan batas horison 40° . Waktu pelongsoran rata-rata pada tekstur berliat adalah 1573 detik. Sedangkan waktu pelongsoran tekstur berdebu adalah 731 detik.

Proses longsor pada tekstur berliat membutuhkan waktu untuk menghancurkan agregat tanah dan membuat rekahan sebelum akhirnya terjadi longsor.

Tabel 2. Waktu pelongsoran rata-rata pada tekstur berdebu dan berliat

Tekstur	40°	70°
Berliat	1573 detik	294 detik
Berdebu	731 detik	282 detik
Rata-rata	1152 detik	288 detik

Hal tersebut menunjukkan bahwa pengaruh gravitasi dalam menarik massa tanah sangat besar terutama pada sudut 70°. Analisa yang dilakukan pada kemiringan batas horison 70° menunjukkan tidak adanya perbedaan ($P\text{-value} = 0.877^{\text{tn}}$) antara waktu pelongsoran pada tekstur berdebu dan berliat. Gaya tarik sejajar kemiringan batas horison 70° jauh lebih besar daripada gaya penahan pada batas horison, sehingga menyebabkan waktu pelongsoran yang terjadi cenderung seragam (Tabel 2). Karnawati (2005) menyebutkan bahwa pada lereng lebih dari 45° faktor yang paling berperan adalah gaya gravitasi. Waktu pelongsoran pada tekstur berdebu dan berliat berbeda nyata ($P\text{-value} = 0.018^*$) pada kemiringan batas horison 40°. Waktu pelongsoran rata-rata pada tekstur berliat adalah 1573 detik. Sedangkan waktu pelongsoran tekstur berdebu adalah 731 detik.

Tabel 2. Waktu pelongsoran rata-rata pada tekstur berdebu dan berliat

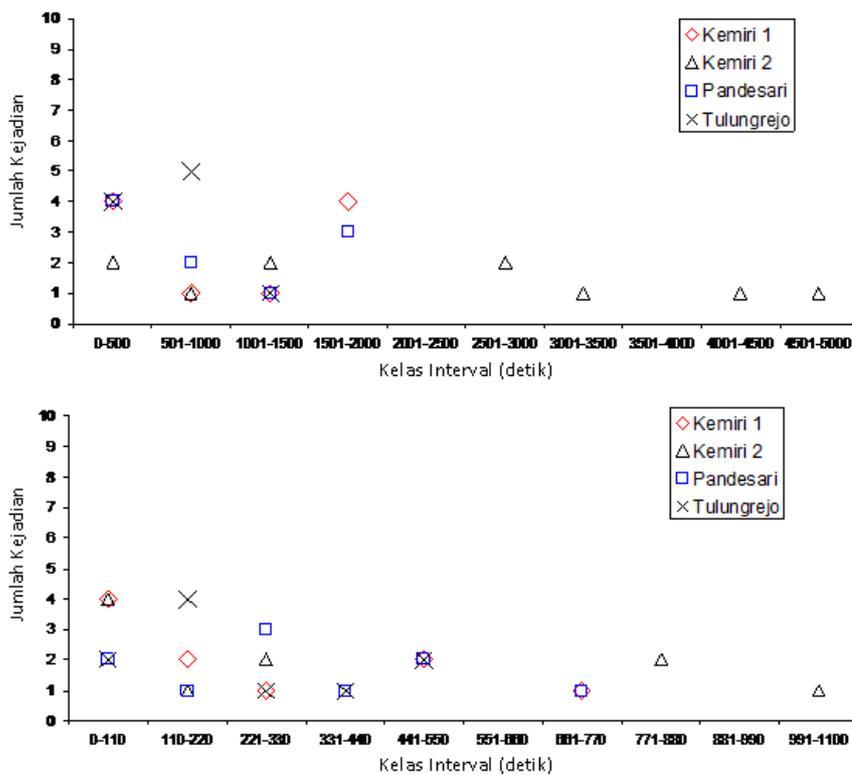
Tekstur	40°	70°
Berliat	1573 detik	294 detik
Berdebu	731 detik	282 detik
Rata-rata	1152 detik	288 detik

Proses longsor pada tekstur berliat membutuhkan waktu untuk menghancurkan agregat tanah dan membuat rekahan sebelum akhirnya terjadi longsor. Hal tersebut dapat diketahui dari jenis longsor yang terjadi, yaitu robohan. Sebelum terjadinya robohan, biasanya

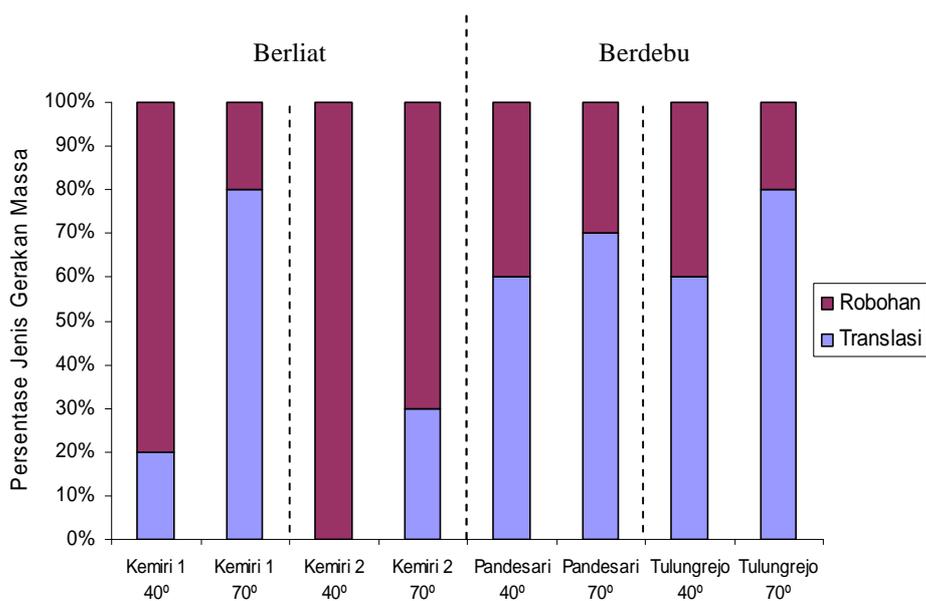
didahului dengan adanya rekahan yang terisi penuh oleh air (Hardiyatmo, 2006). Selain itu, tekstur berliat cenderung menahan sebagian besar air dan saat basah bersifat plastis dan lengket (Hillel, 1982) sehingga lebih sulit untuk longsor. Peranan tekstur terhadap proses longsor pada kemiringan batas horison 40° adalah sebagai gaya penahan melalui gaya kohesi pada kombinasi horison, yaitu gaya Tarik menarik antar partikel tanah pada tekstur berliat lebih besar daripada tekstur berdebu. Tetapi gaya tersebut menjadi berkurang pengaruhnya terhadap waktu pelongsoran dibandingkan dengan sudut kemiringan batas horison yang lebih tinggi.

Jenis Gerakan Massa dan Proses Longsor

Jenis gerakan massa yang terjadi pada simulasi longsor terbagi menjadi dua macam, yaitu robohan dan longsor translasi. Jenis gerakan massa robohan merupakan gerakan material roboh dan mengguling karena adanya air yang mengisi rekahan sehingga keseimbangan hanya bertumpu pada sudut tertentu yang masih terpijak (Paripurno, 2006). Robohan diawali dengan adanya rekahan yang menandakan terdapat masalah terhadap kemandirian agregat tanah. Sedangkan longsor translasional adalah gerakan di sepanjang bidang gelincir yang sejajar dengan permukaan lereng, sehingga tanah bergerak searah dengan lereng (Hardiyatmo, 2006). Sehingga kemiringan batas horison dapat memicu terjadinya longsor translasi. Proses longsor sendiri selalu diawali dengan erosi pada tanah yang diikuti gerakan massa longsor. Data hasil pengamatan jenis longsor dapat diketahui melalui Gambar 5. Longsor translasi lebih banyak terjadi pada kemiringan batas horison 70° daripada kemiringan batas horison 40°. Sedangkan robohan lebih banyak terjadi pada kemiringan batas horison 40° daripada kemiringan batas horison 70°. Akan tetapi apabila dikaitkan dengan tekstur, longsor translasi banyak terjadi pada tekstur berdebu sedangkan robohan banyak terjadi pada tekstur berliat. Robohan lebih banyak terjadi pada kemiringan batas horison 40° disebabkan karena pengaruh gravitasi tidak sebesar pada kemiringan batas horison 70° sehingga sifat fisik tanah lebih berperan..



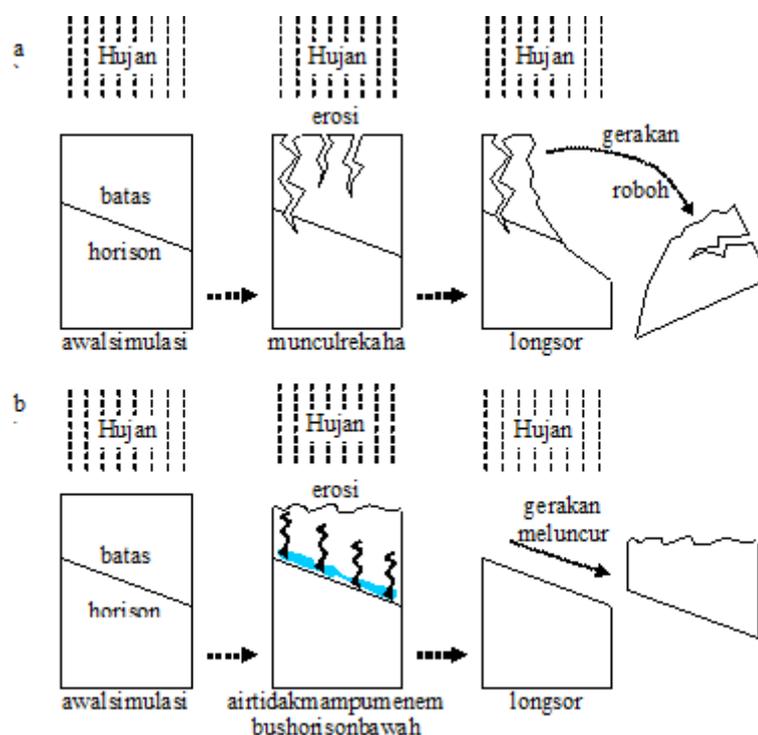
Gambar 4. Sebaran Waktu Pelongsoran pada Kemiringan Batas Horison 40° (atas) dan 70° (bawah)



Gambar 5. Jenis gerakan massa yang terjadi pada saat simulasi longsor

Kemiringan batas horison 70° menyebabkan pengaruh gravitasi sangat besar pada bidang gelincir. Hal tersebut didukung dengan pertemuan antara dua tekstur yang berbeda sehingga memungkinkan terjadinya pergeseran pada batas horison. Pergeseran inilah yang memicu terjadinya longsor yang bergerak sejajar dengan batas horison/longsoran translasi. Proses robohan diawali dengan erosi secara tidak merata pada permukaan tanah. Air hanya menggerus bagian yang lemah pada permukaan tanah sehingga air terkumpul pada beberapa titik. Bekas erosi tersebut membentuk rekahan yaitu pecahan memanjang dan terbuka dari permukaan tanah hingga pada kedalaman tertentu yang mempunyai bidang belah alami (Schaetzl dan Anderson, 2005). Rekahan memiliki pengaruh negatif terhadap kejadian longsor karena mengurangi kestabilan sebagian massa tanah yang akan longsor. Rekahan tersebut juga terisi air sehingga menekan massa

tanah. Pengaruh negatif tersebut akan semakin besar seiring dengan lamanya hujan yang turun hingga akhirnya terjadi robohan. Longsoran translasi diawali dengan erosi secara merata pada seluruh permukaan. Erosi terjadi dikarenakan adanya pukulan air hujan dan kikisan limpasan permukaan (Utomo, 1994). Tanah yang terbawa erosi sangat banyak pada awal simulasi tetapi berangsur-angsur berkurang sehingga meninggalkan agregat yang mantap. Kemudian air meresap ke dalam tanah hingga berkumpul pada batas horison karena air tidak dapat menembus horison di bawahnya. Pada saat inilah terjadi pencairan tanah di atas batas horison sehingga terjadi longsoran translasi. Tekstur berliat dan berdebu memiliki respon yang berbeda terhadap hujan yang turun (Gambar 6). Pukulan air hujan yang jatuh tidak menimbulkan erosi secara merata pada tekstur berliat karena adanya daya kohesi yang tinggi (Supardi, 1983).



Gambar 6. Skema proses robohan (a) dan longsoran (b)

Pukulan air hujan tersebut hanya memecah agregat tanah sehingga timbul beberapa rekahan. Biasanya rekahan pada tanah

ditemukan pada vertisols dan terjadi pada musim kering disebabkan karena mengkerutnya mineral liat 2:1 (Munir, 1995). Tetapi pada

proses robohan, rekahan justru terjadi pada saat keadaan jenuh dan disebabkan karena pukulan air hujan. Sebagian rekahan bergabung menjadi rekahan yang lebih besar dengan panjang sekitar 10 cm dari permukaan. Ukuran rekahan juga semakin besar seiring dengan meningkatnya gaya tarik massa tanah yang akan roboh (Hardiyatmo, 2006). Adanya rekahan tersebut yang berakhir pada gerakan massa robohan. Pukulan air hujan menimbulkan erosi secara merata pada tekstur berdebu. Massa tanah yang tererosi sangat banyak pada awal simulasi kemudian berangsur-angsur berkurang. Hal tersebut dapat diketahui dari keruhnya air limpasan permukaan dan banyak massa tanah yang terbang pada saat awal simulasi. Proses erosi sendiri dicirikan dengan penghancuran, pengangkutan dan pengendapan (Utomo, 1994). Sehingga limpasan permukaan menandakan adanya pengangkutan sedangkan massa tanah yang terbang menandakan penghancuran dan pengendapan. Setelah erosi berkurang tertinggal agregat tanah sangat mantap dengan nilai DMR diatas 2 mm (Tim penyusun, 1990) yang nantinya akan menjadi massa longsor. Sebagian volume air yang tidak menyebabkan erosi masuk ke dalam horison atas tetapi tidak dapat menembus batas horison sehingga terjadi pencairan pada tanah di atas batas horison. Hal inilah yang memicu terjadinya longsoran translasi.

Kesimpulan

Waktu pelongsoran pada kemiringan batas horison 40° lebih lambat daripada kemiringan batas horison 70°. Pada kemiringan batas horison 40° tanah dengan dominasi tekstur debu lebih mudah longsor daripada tanah dengan dominasi tekstur liat. Tetapi pada kemiringan batas horison 70° keduanya sama-sama mudah mengalami longsor. Robohan banyak terjadi pada kemiringan batas horison 40° dan tekstur berliat. Longsoran translasional banyak terjadi pada kemiringan batas horison 70° dan tekstur berdebu.

Daftar Pustaka

Hardiyatmo, H.C. 2006. Penanganan tanah longsor dan erosi. Gajah Mada University Press. Yogyakarta

- Hillel, D. 1982. Introduction to soil physics. diterjemahkan oleh R.H. Susanto, dan R.H. Purnomo. 1998. Pengantar fisika tanah. P.T Mitra Gama Widya. Yogyakarta
- Kamajaya, K. 1999. Fisika. Ganeca Exact. Jakarta
- Munir, M. 1995. Tanah-tanah utama Indonesia. Dunia Pustaka Jaya, Jakarta
- Paripurno, E.T. 2006. Modul manajemen bencana pengenalan longsor untuk penanggulangan bencana. Available at <http://www.pedulibencana.com>
- Schaetzl, R., and S. Anderson. 2005. Soil genesis and geomorphology. Cambridge University Press. Cambridge
- Soepardi, G. 1983. Sifat dan ciri tanah. IPB. Bogor
- Tim Penyusun. 1990. Penuntun fisika tanah. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Utomo, W. H. 1994. Erosi dan konservasi tanah. IKIP. Malang.
- Utomo, W.H. 1985. Dasar-dasar fisika tanah. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang