

**KAJIAN MINERAL LEMPUNG PADA KEJADIAN BENCANA
LONGSORLAHAN DI PEGUNUNGAN KULONPROGO DAERAH
ISTIMEWA YOGYAKARTA**

***A Study of Clay Mineral in The Occurrences of Landslide Disaster Area at
Kulonprogo Mountains Yogyakarta Special Province***

Kuswaji Dwi Priyono

Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta

E-mail: kuswaji@yahoo.com

ABSTRACT

The aims of this study is know the characteristic of the clay mineral types in the landslides occurrence sites, and to examine the relation between the clay and intensity of landslides in Kulonprogo Mountains. Understanding of clay type character will be very important in the landslides disaster mitigation in the area landslides disturbed. This study use survey method, purposive sampling and qualitative analysis. At each landslides location soil sample was taken to determine the clay characteristic. The clay types was analysed by by X-Ray Diffraction. Spatial distribution of landslides based on the landforms unit supported by topographical map, geological map, and Digital Elevation Modell (DEM). The result of this study shows that clay mineral average in this landslides study location: caolin (70,64%), smectit/montmorillonit (15,12%), halite (4,33%), illite (2,99%), quartz (2,91%), cristabolite (2,28%), feldspar (1,34%), and goethite (0,39%). Clay mineral composition show that the interaction over land forming factors which make caolin forming in great quantities possible.

Keywords: clay type character, landslide, landform

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengetahui tipe, jenis, jumlah dan agihan mineral lempung, dan mengkaji karakter tipe lempung terhadap intensitas kejadian longsorlahan di Pegunungan Kulonprogo. Pemahaman karakter tipe lempung sangat penting dalam mitigasi bencana longsorlahan di wilayah rawan longsorlahan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei, perolehan data secara sampling dengan analisis gabungan kualitatif dan kuantitatif. Pada lokasi kejadian longsorlahan yang ada dikaji secara pedologis untuk mengetahui karakter tipe lempung. Cara pengambilan sampel dilakukan secara purposive (purposive sampling). Analisis tipe lempung dilakukan dengan X-Ray Diffraction. Pemetaan kejadian longsorlahan pada satuan bentuklahan yang dilakukan dengan bantuan peta rupa bumi, peta geologi, dan kontur digital dibantu analisis Digital Elevation Modelling (DEM).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata mineral lempung pada lokasi kejadian longsorlahan di daerah penelitian adalah: kaolin (70,64%), smektit/montmorillonit (15,12%), halite (4,33%), illite (2,99%), quartz (2,91%), cristabolite (2,28%), feldspar (1,34%), dan goethite (0,39%). Komposisi mineral lempung menunjukkan bahwa adanya interaksi antara berbagai faktor pembentuk tanah yang memungkinkan terbentuknya kaolin dalam jumlah banyak.

Kata kunci: karakter tipe lempung, longsorlahan, perkembangan tanah

PENDAHULUAN

Daerah Pegunungan Kulonprogo secara geomorfologis sangat menarik dikaji karena sejarah perkembangan bentuklahannya yang kompleks. Kompleksnya kondisi fisik daerah Pegunungan Kulonprogo adalah adanya proses endogenik dan eksogenik yang bekerja pada berbagai batuan hingga membentuk bentanglahan yang ada saat ini. Beberapa batuan ditemukan antara lain: batu pasir, napal pasiran, batu lempung, dan batu gamping berumur Eosen Tengah; batuan andesit, breksi andesit dan tuff yang merupakan hasil aktivitas Gunungapi Menoreh kala Oligosen; batu gamping dan koral yang terendapkan pada Miosen Bawah; dan material koluvium yang terendapkan pada Zaman Quarter (Raharjo, dkk., 1995). Perbedaan batuan dan waktu pembentukan batuan tersebut berpengaruh terhadap tingkat perkembangan tanah yang tercermin dari terbentuknya berbagai tipe lempung. Proses perkembangan bentuklahan berikutnya lebih dipengaruhi oleh proses-proses eksogenik yang menghasilkan lembah-lembah sungai dan redistribusi material hasil pelapukan batuan yang salah satunya adalah longsorlahan. Kajian longsorlahan sebagai salah satu proses geomorfologi dan bentuklahan tidak dapat lepas dari kajian karakter tipe lempung yang terbentuk.

Distribusi tipe lempung dipengaruhi oleh proses geomorfologi dan perkembangan tanahnya. Sementara itu, pola distribusi tanah di permukaan bumi mengikuti konsep geomorfologi (Daniels, 1971 dalam Jungerius, 1985). Secara garis besar, faktor pembentuk tanah hampir sama dengan faktor pembentuk bentuklahan (Jamulya, 1996). Menurut Jenny (1994), faktor pembentuk tanah meliputi bahan induk, relief/topografi, iklim, organisme, dan waktu. Adapun faktor pembentuk

bentuklahan meliputi batuan induk, relief/topografi, dan proses (yang dipengaruhi iklim, organisme, dan waktu). Dalam proses pembentukannya, faktor-faktor tersebut tidak bekerja sendiri-sendiri, melainkan saling bekerja sama sehingga menghasilkan tanah. Tubuh tanah secara umum dapat dipandang sebagai suatu media yang dinamik. Pada keadaan tertentu salah satu atau beberapa faktor pembentuk tanah dapat lebih dominan pengaruhnya dibanding faktor yang lain, sehingga sifat-sifat tanah yang terbentuk menjadi heterogen.

Mekanisme terjadinya longsorlahan di suatu lereng perbukitan/pegunungan dipengaruhi oleh komposisi tipe lempung yang terbentuk. Pada banjar topografi (*toposekuen*) merupakan tempat gejala teragihnya sekelompok tanah secara berturut-turut di sepanjang lereng sebagai hasil topografi (*topofunction*) dalam kondisi faktor-faktor pembentuk tanah lain yang sama (Milne, 1935 dalam Gerrard, 1981). Lereng atas dengan kemiringan nisbi curam mempunyai drainase bebas, aliran permukaan besar, infiltrasi air kecil; sedangkan lereng bawah mempunyai drainase terhambat, infiltrasi air besar; dan bagian lembah dengan bentuk datar atau cekungan berpengaturan jelek menimbulkan iklim mikro yang berbeda sehingga terjadi perubahan sifat-sifat tanah dari lereng atas sampai lereng bawah bahkan sampai lembah (Gerrard, 1981).

Tingkat perkembangan tanah merupakan ukuran kuantitatif jumlah perubahan yang terjadi di dalam tanah yang umumnya lebih ditunjukkan oleh sifat-sifat morfologi yang terlihat pada penampang profil tanah. Tingkat perkembangan tanah dapat dinilai berdasarkan warna tanah, kedalaman solum, kedalaman dan ketebalan horizon iluviasi, penyebaran lempung di dalam profil tanah, tekstur, struktur tanah, dan

karakter tipe lempungnya dimana sifat-sifat ini dapat diukur secara kuantitatif (Foth dan Turk, 1972 dalam Birkeland, 1984). Tanah yang lebih berkembang akan mempunyai horisonisasi yang lebih kompleks dan sifat fisik yang lebih mantap. Perbedaan tipe, jenis, jumlah, dan sebaran mineral lempung yang terbentuk pada berbagai kejadian longsorlahan terkait dengan keadaan lereng yang mempengaruhi proses transformasi ataupun pembentukan mineral lempung yang sejalan dengan tingkat perkembangan tanahnya.

Perubahan sifat fisika dan kimia tanah yang terjadi pada banjar topografi menunjukkan adanya perubahan intensitas pelapukan searah dengan kemiringan dari lereng bagian atas ke bagian bawah. Urutan pelapukan mineral lempung di daerah atas cenderung membentuk kaolin, sedangkan daerah bawah cenderung menghasilkan montmorillonit (Gunn, 1974). Mineral kaolin terbentuk ketika intensitas pelindian maksimal. Proses pelapukan tanah merupakan suatu proses perubahan mineral-mineral tanah baik secara fisik maupun kimia ke dalam suatu bentuk yang lebih stabil, disamping perubahan butiran-butiran tanah dari fraksi kasar ke bentuk yang lebih halus. Pelapukan batuan menghasilkan lapisan lapuk atau regolit, apabila telah mengalami deferensiasi horizon maka lapisan lapuk membentuk profil pelapukan selanjutnya batuan yang melapuk membentuk mineral sekunder yang bervariasi menurut tingkat perkembangannya dan lingkungannya (Summerfield, 1991).

Sejauh ini belum banyak penelitian yang mengkaji secara khusus tentang mineral lempung dalam mekanisme longsorlahan. Atas dasar pertimbangan tersebut, maka pemahaman tentang mineral lempung dan agihannya di daerah perbukitan/pegunungan dirasa penting dikaji untuk mendukung

mekanisme kejadian bencana longsorlahan. Sejalan dengan latar belakang di atas, maka penelitian ini memiliki dua tujuan penelitian sebagai berikut:

1. mengetahui tipe, jenis, jumlah dan agihan mineral lempung di daerah penelitian, dan
2. mengkaji karakter tipe lempung terhadap intensitas kejadian longsorlahan di daerah penelitian.

METODE PENELITIAN

Penelitian karakter tipe lempung pada kejadian longsorlahan ini dilaksanakan di daerah Pegunungan Kulon Progo, sehingga ruang lingkup penelitian ini mencakup semua satuan bentuklahan yang terdapat kejadian longsorlahan (*landslide*) di daerah penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei, perolehan data gabungan secara sensus dan sampling dengan analisis gabungan kualitatif dan kuantitatif. Perolehan data lokasi kejadian longsorlahan dilakukan secara sensus yang diawali data kejadian longsorlahan dari Register Bencana Kantor Kecamatan, dilanjutkan wawancara tak terstruktur (*indepth interview*) kepada tokoh masyarakat untuk memperoleh tambahan lokasi kejadian longsorlahan masa lalu.

Populasi penelitian ini adalah semua kejadian longsorlahan yang berlokasi pada semua satuan bentuklahan di Pegunungan Kulonprogo. Sampling dilakukan untuk perolehan data sampel tanah untuk keperluan analisis laboratorium. Cara pengambilan sampel dilakukan secara purposif (*purposive sampling*). Pertimbangan dalam pengambilan sampel secara purposif ini karena adanya perbedaan luas satuan bentuklahan dan jumlah kejadian longsorlahannya. Lokasi kejadian longsorlahan umumnya telah terusik

karena direhabilitasi kembali untuk aktivitas pertanian dan atau permukiman.

Pada lokasi kejadian longsorlahan yang terdapat pada satuan bentuklahan dikaji secara geomorfik dan pedologis untuk mengetahui karakter bentuklahan rawan longsorlahan dan karakter tipe lempung pada lokasi kejadian longsorlahannya. Selanjutnya karakter tipe lempung digunakan sebagai dasar penyusunan upaya mitigasi bencana longsorlahan mendatang. Pengambilan sampel pada lokasi kejadian longsorlahan yang lokasi profil tanah longsorlahan sudah tidak teridentifikasi, dilakukan pada lokasi yang representatif sesuai kondisi bentuklahan dan perkembangan tanahnya.

Variabel yang diamati, diukur, dan dikaji dalam penelitian ini meliputi sifat morfologi, fisik, kimia tanah dan mineralogi lempung yang menjadi kriteria penciri mekanisme longsorlahan yang didukung data iklim (suhu dan curah hujan). Contoh tanah yang digunakan untuk analisis mineral lempung dengan Difraksi Sinar X adalah lempung berukuran kurang dari dua micron ($< 2\mu$) yang dibebaskan dari bahan-bahan pengikatnya, seperti bahan organik, kapur, dan besi. Sampel lempung diperoleh saat analisis besar butir di Laboratorium Tanah Fakultas Geografi UGM dari beberapa kali pemipetan lempung untuk memperoleh berat sekitar 1 gram fraksi lempung.

Difraksi Sinar X yang digunakan adalah Model Phillips, memakai radiasi dari lampu Cu yang dihasilkan pada 40 KV dan 30 mA ($\text{Cu } K_{\alpha} = \lambda = 1,5418 \text{ \AA}$), *Scan speed* 1°/menit dan dicatat pada kertas difraktogram dengan sudut 2α dengan chart speed 10 mm/menit. Scanning terhadap masing-masing contoh dilakukan pada sudut 2θ dari 5° sampai 30°. Dengan diketahuinya panjang gelombang Sinar X (λ) yang

dipergunakan, maka ketebalan antar bidang-bidang atom (*basal spacing*) akan dapat dihitung dengan rumus Bragg berikut:

$$n\lambda = 2d \sin\theta \text{ ----- } 1)$$

- n : bilangan bulat (=1)
 λ : panjang gelombang dari sinar yang dihasilkan oleh X-Ray (= 1,5418 \AA)
d : jarak antarlapisan
 θ : sudut datang

Dengan rumus seperti di atas maka setiap puncak (*peak*) pada difraktogram dapat dihitung nilai d-nya, karena sudut dimana puncak tersebut muncul diketahui. Setiap mineral lempung akan memberikan pola kurva tertentu dengan ciri-ciri tertentu. Berdasarkan persamaan Bragg, jika seberkas sinar-X dijatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Puncak-puncak yang didapatkan dari data pengukuran ini kemudian dicocokkan dengan standar difraksi sinar-X untuk hampir semua jenis material. Standar ini disebut *JCPDS* (Brindley, G.W. dan Brown, G., 1980). Selanjutnya dalam analisis X-Ray Diffraction diperoleh persentase 8 mineral lempung, yaitu: *kaolin*, *smectite*, *quartz*, *crystalolite*, *olivin*, *feldspar*, *goethite*, dan *illite*.

Alat atau instrumen yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengumpulkan data meliputi alat lapangan dan alat laboratorium. Alat-alat tersebut dapat dirinci seperti berikut ini.

1. Alat lapangan: kompas-clinometer tipe Brunton, GPS (*Global Positioning Sys-*

tem) Garmin, Lacer Ace, seperangkat selidik tanah lapangan (*soil test kit*), *Munsell Soil Color Chart*, bor tanah, meteran gulung 30 m, yallon, kamera, alat-alat tulis, serta buku panduan lapangan, seperti *Geomorphological Field Manual* (Dackombe dan Gardiner, 1983).

2. Alat laboratorium: *X Ray Diffraction*, komputer Pentium 4 dengan RAM 256 MB dan Software SIG, Erlenmeyer, pipet, ayakan, gelas ukur, tabung reaksi, dan alat penimbang.

Cara analisis data hasil penelitian secara umum menggunakan analisis spasial, kualitatif, dan kuantitatif. Berdasarkan analisis spasial dapat dijelaskan agihan keruangan karakter tipe lempung pada kejadian longsorlahan dan tingkat kerawanan longsorlahan. Selanjutnya analisis ekologiikal dipergunakan untuk menjelaskan mengapa terjadi perbedaan dan persamaan tingkat kerawanan longsorlahan dengan mengkaitkan karakteristik bentuklahan (geomorfik) dengan karakteristik tipe lempung yang terbentuk (pedologis). Karakteristik bentuklahan merupakan hasil penelitian yang telah dipublikasikan peneliti sebelumnya. Selanjutnya publikasi ini merupakan kajian lanjut karakter tipe lempung yang akan memberi informasi tingkat perkembangan tanah yang dimungkinkan massa tanah rawan terlongsorkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Mineral Lempung

Berdasarkan karakteristik pedologis pada 28 sampel yang tersebar pada 11 satuan bentuklahan, tingkat perkembangan tanah pada setiap bentuklahan yang didasarkan pada susunan horizon, rasio horizon A/B

untuk kandungan lempung, BV/ BJ, KPK, COLE, dan tipe lempung menunjukkan perbedaan tingkat perkembangan tanahnya dari awal, sedang, dan lanjut. Kenyataan lapangan menunjukkan bahwa tanah di daerah penelitian masih dalam tingkat perkembangan tanah, gangguan dalam proses perkembangan tanahnya sangat intensif oleh ubahan lahan yang dilakukan penduduk. Berdasarkan peta tanah dari hasil penelitian Bappeda DIY dan UGM Tahun 1997 dan hasil survei lapangan, tanah pada lokasi kejadian longsorlahan termasuk pada order Alfisol (*great group Hapludalfs*), Entisol (*great group Troporthents*), dan Inceptisol (*great group Eutropepts*).

Perkembangan tanah selanjutnya didasarkan analisis perkembangan profil tanah yang dicerminkan oleh susunan horizon dan solum tanahnya. Adapun variabel tanah yang lain digunakan untuk analisis mekanisme proses pedogeomorfik yang telah berlangsung di daerah penelitian. Hakekat perkembangan tanah merupakan perwujudan horisonisasi akibat perubahan mineral tanah dan butiran-butiran tanah baik secara fisik maupun secara kimia (Bergur, et al., 2008; Foth, 1994). Hasil penelitian morfologi profil tanah disesuaikan dengan pembagian tingkat perkembangan tanah menurut Birkeland (1999) yang mengemukakan bahwa tingkat perkembangan tanah dapat dibagi menjadi tingkat perkembangan awal, sedang, dan lanjut. Tanah dengan tingkat perkembangan awal hanya mempunyai horison A-C oks (horison C teroksidasi) atau C ca (horison C dengan jumlah Ca tinggi), atau horison A-B cambic-C oks/ca pada penampang profilnya. Tanah dengan tingkat perkembangan sedang mempunyai horison A atau A dan A, Bt, dan C oks/ca. Horison B dapat berupa argilik, natrik, spodik, atau oksik.

Pengenalan proses pokok yang terlibat dalam pemilahan katena ini berkaitan dengan interaksi antara tanah dengan bentuklahan. Interaksi tersebut dapat digunakan untuk menjelaskan saling tindak dan saling ketergantungan antara proses kejadian longsorlahan dengan proses pedogenesis dalam satu kesatuan. Hubungan bentuklahan, great group tanah, dan jumlah kejadian longsorlahan di daerah penelitian disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan karakteristik bentuklahan dan perkembangan tanah, tingkat kerawanan longsorlahan tinggi dicirikan oleh morfologi dan morfogenesis lereng atas perbukitan denudasional dengan perkembangan tanah Eutropept; tingkat kerawanan longsorlahan sedang dicirikan oleh morfologi perbukitan denudasional, dengan perkembangan tanah Eutropept; dan tingkat kerawanan longsorlahan rendah dicirikan oleh morfologi dan morfogenesis lereng kaki perbukitan denudasional dengan perkembangan tanah hapludalfs. Perbedaan tingkat kerawanan longsorlahan di daerah penelitian dipengaruhi oleh

morfologi lereng yang sangat mempengaruhi aktivitas dan pola pergerakan air, baik di atas permukaan (*surface flow*) maupun di bawah permukaan (*subsurface flow*). Perbedaan kelembapan yang ada dalam tanah akibat pengaruh morfologi akan menyebabkan bervariasinya sifat-sifat tanah.

Kerangka pemikiran teoritis penelitian ini adalah pada tingkat perkembangan tanah akan terjadi akumulasi lempung pada lapisan bawah dari suatu profil tanah, jenuhnya lapisan lempung yang terakumulasi pada lapisan bawah dapat berfungsi sebagai bidang gelincir massa tanah di atasnya sehingga terjadi fenomena longsorlahan. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan peningkatan fraksi lempung pada lapisan tengah dan bawah yang mencerminkan adanya peningkatan kandungan lempung pada horison eluviasi ke horison illuviasi. Akumulasi lempung pada horison bawah juga didukung oleh permeabilitas tanah permukaan yang relatif cepat dibandingkan horison di bawahnya sehingga akan mempercepat terjadinya proses pelindian

Tabel 1. Sebaran Longsorlahan pada Bentuklahan dan Great Group Tanah (1978-2009)

Bentuklahan	Hapludalf		Troporthents		Eutropepts		Jumlah Longsorlahan	
	Typic	Lithic	Andic	Typic	Lithic	Typic		Lithic
D1	4	9					13	
D2						20	14	34
D3	7	18						25
D4						36	13	49
D5	7	8						15
D6			5	3				8
D7						6	2	8
D8						2	4	6
S1				3				3
S2						2	2	4
S3							1	1

Sumber: hasil analisis

di horison eluviasi yang selanjutnya diendapkan di horison illuvial. Proses demikian itu oleh Buol, et al. (1980) dinyatakan sebagai proses *Lessivage* atau *Likuisiviasi*. Kondisi struktur tanah permukaan hingga lapisan dalam didominasi gumpal, sedangkan konsistensi tanahnya agak lekat hingga sangat lekat.

Kandungan lempung horison B pada 13 profil longsorlahan merupakan horison argilik, dengan kandungan lempung 21-78% lebih banyak dibandingkan kandungan lempung pada horison A. Foth (1994) mengemukakan bahwa pembentukan horison argilik memerlukan bahan induk yang mengandung lempung atau hasil pelapukan untuk membentuk lempung dan diperlukan periode pembasahan dan pengeringan yang berselang-seling. Periode pembasahan dan pengeringan untuk perkembangan horison argilik diperlukan ribuan tahun.

Agihan Mineral Lempung dan Tingkat Kerawanan Longsorlahan

Mineral lempung yang terbentuk dipengaruhi oleh mekanisme proses transformasi ataupun pembentukan mineral lempung yang sejalan dengan tingkat perkembangan tanah. Grim (1968) mengemukakan bahwa mineral lempung yang terbentuk dalam tanah sangat tergantung pada kandungan Si, macam dan konsentrasi kation yang ada, pH tanah serta intensitas pelindian. Hasil analisis mineral lempung dengan Difraksi Sinar X pada setiap Profil menghasilkan sebaran mineral lempung (Tabel 2).

Jumlah mineral lempung yang terbentuk dalam proses pembentukan tanah umumnya tergantung pada jenis dan konsentrasi dari susunan kation, Si, pH tanah, dan kecepatan pelindian basa-basa dari hasil pelapukan (Grim, 1968).

Komposisi mineral dari 28 profil tanah menunjukkan rerata mineral lempung kaolinit (70,64%), smektit/ montmorillonit (15,12%), halite (4,33%), illite (2,99%), quartz (2,91%), cristabolite (2,28%), feldspar (1,34%), dan goethite (0,39%). Komposisi mineral lempung tersebut juga menunjukkan bahwa adanya interaksi antara berbagai faktor pembentuk tanah yang memungkinkan terbentuknya kaolin dalam jumlah banyak.

Di Pegunungan Kulonprogo, tipe mineral lempung ini terdistribusi hampir sama di setiap profil tanah pada satuan bentuklahannya. Tipe kaolin mendominasi sebaran mineral lempung di permukaan lahan, adanya retakan permukaan pada tanah dengan kandungan tipe lempung kaolin memudahkan air hujan masuk ke dalam lapisan tanah bagian bawah. Akumulasi fraksi lempung yang ada di bagian bawah menjadi bidang gelincir yang memicu kejadian longsorlahan. Tipe mineral lempung smektit di bagian bawahnya yang mempunyai kemampuan mengembang sebagai hasil dari sifat mineralnya dapat mengabsorpsi air yang besar, sehingga memicu terjadinya longsorlahan. Nurcholis (2005) telah mengemukakan bahwa keberadaan mineral smektit sangat penting dalam menentukan sifat fisik dan kimia dalam tanah atau dari sumberdaya alam lainnya. Air dan kation-kation yang masuk ke dalam interlayer atau lembaran struktur kristal tetrahedral-oktahedral-tetrahedral menyebabkan mekanisme mengembang yang menyebabkan semakin lebarnya retakan tanah di bagian atas.

Melihat komposisi mineral lempungnya, menunjukkan bahwa jenis mineral kaolin dan smektit/montmorillonit mendominasi fraksi lempung yang ada. Hal ini menunjukkan bahwa interaksi yang terjadi di antara berbagai faktor pembentuk tanah

memungkinkan terbentuknya kaolinit dan smektit dalam jumlah banyak. Berdasarkan sebaran mineral lempung, dari 28 sampel tanah terdapat 4 profil tanah dengan kandungan lempung smektit yang lebih besar daripada kaolin, namun ada 22 profil dengan kandungan lempung kaolin yang lebih besar, dan 2 profil dengan kandungan lempung kaolin dan smektit yang berimbang.

Terbentuknya kaolin yang besar merupakan transformasi dari mineral lempung

smektit, mengingat daerah penelitian dulunya pernah berada di bawah permukaan air laut kemudian mengalami pengangkatan, selanjutnya proses pelapukan kimia berjalan intensif pada lapisan lempung yang banyak mengandung besi-besi. Besi-besi ini teroksidasi sehingga lingkungan berubah menjadi masam dan terlindi masa-basa dan silica, sehingga perbandingan SiO_2 / Al_2O_3 menjadi kecil. Keadaan smektit menjadi tidak mantap dan dapat berubah menjadi kaolin.

Tabel 2. Hasil Analisis Mineral Lempung berdasarkan Difraksi Sinar-X

Profil	Mineral Lempung (%)							
	Kaolin	Smektit	Kuarsa	Kristabolit	Olivin	Felspar	Gothit	Illit
L1	21,50	58,50	10,50	0,00	9,50	0,00	0,00	0,00
L2	95,00	0,00	1,31	3,69	0,00	0,00	0,00	0,00
L3	90,00	0,00	2,00	3,00	5,00	0,00	0,00	0,00
L4	35,00	0,00	25,00	0,00	0,00	10,00	0,00	30,00
L5	47,42	44,84	2,58	0,00	2,58	2,58	0,00	0,00
L6	92,40	0,00	3,00	2,00	2,60	0,00	0,00	0,00
L7	70,00	25,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L8	40,00	20,00	0,00	0,00	30,00	10,00	0,00	0,00
L9	61,96	18,04	0,00	4,22	6,87	0,00	8,91	0,00
L10	78,00	10,00	0,00	7,00	3,00	1,20	0,00	0,80
L11	95,00	0,00	2,00	2,00	1,00	0,00	0,00	0,00
L12	90,00	0,00	4,50	2,00	3,50	0,00	0,00	0,00
L13	95,00	0,00	2,00	2,00	1,00	0,00	0,00	0,00
L14	90,00	0,00	0,00	3,70	3,05	3,25	0,00	0,00
L15	70,00	25,00	3,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
L16	95,00	0,00	2,73	2,00	0,27	0,00	0,00	0,00
L17	70,81	11,94	2,21	3,35	3,25	0,00	0,00	8,44
L18	71,81	10,94	1,32	4,24	3,23	0,00	0,00	8,46
L19	72,81	10,94	1,21	3,35	3,15	0,00	0,00	8,54
L20	70,82	10,93	2,30	3,26	4,17	0,00	0,00	8,52
P1	25,00	55,00	0,00	0,00	20,00	0,00	0,00	0,00
P2	35,00	60,00	1,19	1,81	2,00	0,00	0,00	0,00
P3	45,00	35,00	0,00	0,00	10,00	10,00	0,00	0,00
P4	95,00	0,00	1,13	0,75	0,00	0,00	0,00	3,12
P5	92,00	0,00	1,80	1,20	0,00	0,00	2,00	3,00
P6	77,00	0,00	0,26	4,60	4,47	0,00	0,00	13,67
P7	70,00	20,00	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P8	86,56	7,37	1,24	2,71	1,69	0,43	0,00	0,00
Rerata	70,64	15,12	2,91	2,28	4,33	1,34	0,39	2,99

Sumber: analisis data laboratorium X-Ray Deffraction Fraksi Lempung

Hal ini diperjelas bahwa urutan pelapukan mineral lempung di daerah atas cenderung membentuk kaolin, sedangkan daerah bawah cenderung menghasilkan montmorillonit (Gunn, 1974). Mineral kaolin terbentuk ketika intensitas pelindian maksimal. Pada lingkungan alkalis adanya Ca dan Mg maka lempung smektit dapat terbentuk dan di bawah pengaruh ion hidrogen maka smektit dapat berubah menjadi kaolin.

Pada fraksi lempung yang mendominasi smektit/montmorillonit dimungkinkan karena adanya perlindian pada lereng-lereng yang lebih atas yang membawa basa-basa dan terkumpul pada bagian bawah. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya pelonggokan lempung dan silica sehingga perbandingan SiO_2 / Al_2O_3 lebih dari 2 dan terbentuk mineral lempung tipe 2:1 khususnya smektit. Aliran air lateral dari lereng atas menuju lereng bawah juga berperan dalam penambahan lengas, sehingga menyebabkan terbentuknya cermin sesar di lapisan bawah akibat adanya pengembangan dan pengerutan tanah yang mengandung mineral lempung smektit.

Ada dua kemungkinan mengapa terbentuk mineral lempung kaolinit dan smektit dalam jumlah yang sama, kemungkinan pertama kaolin terbentuk sebagai hasil pelapukan lanjutan dari smektit atau sebaliknya, smektit terbentuk baru yang berasal dari kaolinit dengan penambahan silica bebas dan basa-basa terutama Ca dan Mg yang dibawa oleh aliran air tanah dari lereng-lereng atas serta dalam lingkungan agak alkalis. Kenyataan menunjukkan bahwa nilai $COLE > 0,09$ maka dapat disimpulkan bahwa yang pertama lebih mungkin terjadi daripada yang kedua. Berdasarkan kandungan mineral dalam hubungannya dengan tingkat pelapukan tanah oleh Jackson dan Sherman (1953

dalam Buol et al., 1980), pada tingkat pelapukan 9 kandungan mineral smektit yang dominan dan pada tingkat pelapukan 10 kandungan kaolin yang lebih dominan.

Analisis agihan mineral lempung dalam penelitian ini menunjukkan bahwa 22 profil tanah (77%) pada lokasi kejadian longsorlahan didominasi kandungan mineral lempung kaolin, 4 profil (16%) didominasi kandungan mineral lempung smektit, dan 2 profil (8%) dengan kandungan mineral lempung kaolin dan smektit yang berimbang. Berdasarkan analisis tingkat kerawanan longsorlahan dan karakteristik bentuklahannya menunjukkan bahwa morfologi dan morfogenesis dapat dijadikan ciri karakter bentuklahan rawan longsorlahan. Pada bagian perbukitan denudasional dan struktural mempunyai ciri ketinggian tempat yang tinggi (601-800 m dpal), kemiringan lereng curam (60-80%), kedalaman zone lapuk (40-59 cm), posisi bidang kontak (20-30°), tingkat ubahan lahan (20-30%), dan penggunaan lahan tegalan. Pada lereng atas perbukitan denudasional dan struktural dicirikan oleh ketinggian (400-600 m dpal), kemiringan lereng (40-60%), kedalaman zone lapuk (60-90 cm), posisi bidang kontak (31-40°), dan penggunaan lahan sawah. Selanjutnya pada Lereng kaki perbukitan denudasional dan struktural dicirikan oleh ketinggian tempat (200-399 m dpal), kemiringan lereng (20-40%), kedalaman zone lapuk (20-39 cm), posisi bidang kontak (10-20°) dan penggunaan lahan sawah.

Selanjutnya dari analisis karakteristik perkembangan tanahnya, lokasi kejadian longsorlahan mempunyai karakteristik perkembangan tanah dalam kelompok tanah-tanah yang sedang dalam taraf perkembangan (Entisol, Alfisol, dan Inceptisol). Gabungan analisis karak-

teristik bentuklahan dan karakteristik perkembangan tanahnya menghasilkan 5 karakter, dalam penelitian ini sebagai tipologi pedogeomorfik kejadian longsor-lahan di daerah penelitian. Berdasarkan karakteristik bentuklahannya, tingkat kerawanan bencana longsorlahan tinggi di daerah penelitian umumnya terdapat pada lereng atas perbukitan eutropepts. Secara geomorfologis, pada lereng atas perbukitan terjadi akumulasi gerakan air menuju bawah permukaan di atas bidang gelincir yang maksimal sehingga material tanah dan bahan lapukan batuan di atas lapisan impermeabel bergerak ke bawah. Lapisan impermeabel yang berfungsi sebagai bidang gelincir dapat berupa batuan induk yang keras (andesit dan breksi Formasi Bemmelen) atau lapisan dengan akumulasi partikel lempung yang meningkat di lapisan bawah (kandungan lempung pada horizon B tinggi). Tingkat kerawanan tinggi tercermin juga pada *great group* tanah Eutropepts, tanah ini terdapat pada perbukitan denudasional dan lereng atas perbukitan karena intensitas pengelolaan lahan pertanian dengan pembuatan teras bangku yang menyebabkan air hujan mudah masuk ke dalam lapisan impermeabel yang memicu terjadinya longsorlahan.

Pada perbukitan denudasional troporthents dan perbukitan struktural troporthent mempunyai tingkat kerawanan longsor-lahan yang sedang. Secara geomorfik pada perbukitan denudasional dan perbukitan struktural mempunyai kemiringan lereng yang curam (60-80%) sehingga kesempatan air hujan masuk ke dalam lapisan bawah relatif sedikit/kurang dibandingkan pada lereng atas perbukitan denudasional. Pada lereng kaki perbukitan denudasional umumnya mempunyai tingkat kerawanan longsor-lahan yang rendah karena merupakan akumulasi hasil proses erosi

dan atau longsorlahan dari lereng atasnya. Kandungan tipe lempung kaolinit yang tinggi pada bagian perbukitan yang mempunyai sifat mudah retak-retak dimungkinkan memberi kesempatan air hujan masuk ke dalam lapisan bawah yang lebih besar. Tipe lempung smektit yang mempunyai sifat mudah mengembang dan mengkerut pada lapisan bawah pada bagian lereng atas memicu Bergeraknya lapisan tanah di atas permukaan lereng yang miring sehingga tingkat kejadian longsorlahannya tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Di daerah penelitian mempunyai agihan mineral lempung yang menunjukkan bahwa 22 profil tanah (77%) pada lokasi kejadian longsorlahan didominasi kandungan mineral lempung kaolin, 4 profil (16%) didominasi kandungan mineral lempung smektit, dan 2 profil (8%) dengan kandungan mineral lempung kaolin dan smektit yang berimbang.

Kandungan tipe lempung kaolin yang tinggi pada bagian perbukitan yang mempunyai sifat mudah retak-retak dimungkinkan memberi kesempatan air hujan masuk ke dalam lapisan bawah yang lebih besar. Tipe lempung smektit yang mempunyai sifat mudah mengembang dan mengkerut pada lapisan bawah pada bagian lereng atas memicu Bergeraknya lapisan tanah di atas permukaan lereng yang miring sehingga tingkat kejadian longsorlahannya tinggi.

Penelitian ini masih bersifat lokal dalam kasus di Pegunungan Kulonprogo sehingga disarankan adanya penelitian lanjut yang dilakukan untuk verifikasi di wilayah pegunungan/perbukitan yang lain. Kelemahan yang terdapat dalam penelitian ini adalah terbatasnya lokasi longsorlahan

yang masih dapat diidentifikasi perkembangan tanahnya karena telah mengalami kerusakan akibat rehabilitasi lahan pasca terjadinya longsorlahan. Disarankan adanya data aktual profil tanah sesaat setelah terjadinya bencana longsorlahan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang

sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Bambang Setiaji selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah member ijin untuk melanjutkan kuliah S-3 dan Prof. Dr. Harun Joko Prayitno selaku Ketua LPPM Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah membantu dalam pembiayaan penelitian ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada segenap mahasiswa yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bemmelen, R.W. Van, 1949, *The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. The Hague: Government Printing Office.
- Bergur Sigfusson, Gislason, S., dan Paton, G.I., 2008, Pedogenesis and Weathering Rates of a Histic Andosol in Iceland: Field and Experimental Soil Solution Study, *Geoderma* 144:572-592, www.elsevier.com/locate/geoderma.
- Birkeland, Peter.,W., 1999, *Soils and Geomorphology*, New York: Oxford University Press.
- Brindley, G.W. dan Brown, G. (ed), 1980, *Crystal Structures of Clay Mineral and Their X-Ray Identification*. London: Mineralogical Society.
- Buol, S.W., Hole, F.D., and McCracken, R.J., 1980, *Soil Genesis and Classification*, New York: The Iowa State University Press.
- Foth, Henry, D., 1994, *Dasar-dasar Ilmu Tanah, Alih Bahasa Adisoemarto, S.*, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Gerrard, A.J., 1981, *Soil and Landforms, An Introduction of Geomorphology and Pedology*, London: Department of Geography, University of Birmingham.
- Grim, R.E., 1968, *Clay Mineralogy*, New York: Mc Graw Hill Book Company.
- Gunn, R.H., 1974, A Soil Catena on Weathered Basalt in Queensland. *Aus.J.Soil Res*, 12: 1-4.
- Jamulya, 1996, Kajian Tingkat Pelapukan Batuan Menurut Toposekuen di DAS Tangsi Kabupaten Magelang, *Laporan Penelitian*, Yogyakarta: Lembaga Penelitian UGM.
- Jenny, H., 1994, *Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology*, New York: Dover Publ. Inc.

- Jungerius, P.D. (ed), 1985, *Soil and Geomorphology*, Cremlingen:catena Verlag.
- Priyono, K.D., Sunarto, Sartohadi, dan Sudibyakto, 2011, Tipologi Pedogeomorfik Kejadian Longsorlahan di Pegunungan Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta Indonesia, *Forum Geografi*, Vol 25. No. 1, Juli 2011.
- Nurcholis, M., 2005, Some Properties and Problems of Smectite Minerals on Java Soil, *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* Vol 5(2) 2005: 63-70.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, dan Rosidi, H.M.D., 1995, *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*, edisi kedua, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Summerfield, M.A., 1991, *Global Geomorphology, An Introduction to The Study of Landform*, Singapore: Longman Singapore Pub.