

# **KETERDAPATAN *SENSITIVE CLAY* PADA LOKASI LONGSORLAHAN DI DAS BOMPON, KABUPATEN MAGELANG, JAWA TENGAH**

Yoesep Budianto  
[yoesep.budianto@gmail.com](mailto:yoesep.budianto@gmail.com)

Junun Sartohadi  
[junun@ugm.ac.id](mailto:junun@ugm.ac.id)

## ***Abstract***

*In-depth study of the triggering factors in landslide are very important for risk reduction. One of the triggering factors of landslide is the occurrence of sensitive clay in the soil. The occurrence of sensitive clay might cause the landslide in Bompon Watershed, Magelang District, Central Java. The aim of research are: (1) to identify the occurrence of clay layers, (2) to characterize the clay materials, (3) to classify the sensitivity of clay and the stability of soils.*

*We investigated the occurrence of clay layers and characterized their stability based on morphology and physical characteristics. The morphological characteristics applied in the research were mainly the depth and the thickness of clay layers. The physical characteristics used for soil stability assessment were texture, bulk density, specific density, moisture content, consistency, and shear strength. Those clay sensitivity assessment were be based on the value of liquid limit, natural water content, and liquidity index.*

*The landslides in the Bompon Watershed is positively related to the occurrence of sensitive clay layers that determine the soil stability. There were ten clay layers within the soil profile having high sensitivity level at the three landslides. The thickness of sensitive clay layers at first landslide is 13 meters, the second landslide is 16,08 meters, and the third landslide is 8,4 meters. Those sensitive clay layers had made the soils at the three landslide being investigated become softer due to the increase of moisture content. The alternating of moisture content both due to natural and artificial wetting might trigger landslide in the area being studied.*

*Keywords: Clay, Landslide, Sensitive, Soil, Stability*

## **Abstrak**

Kajian mendalam mengenai faktor-faktor pemicu bencana longsorlahan sangat penting dilakukan. Salah satu faktor pemicu bencana longsorlahan adalah kandungan klei sensitif di dalam tanah. Kandungan klei sensitif menyebabkan kejadian longsorlahan di DAS Bompon, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. Tujuan penelitian adalah: (1) Mengidentifikasi keterdapatan lapisan klei di DAS Bompon; (2) Mengetahui karakteristik lapisan klei di DAS Bompon; (3) Mengklasifikasi sensitivitas klei dan stabilitas tanah di DAS Bompon.

Investigasi keterdapatan lapisan klei dan identifikasi stabilitas tanah ditinjau dari karakteristik morfologi dan fisik tanah. Karakteristik morfologi tanah yang diaplikasikan dalam penelitian adalah kedalaman dan ketebalan lapisan klei. Karakteristik fisik tanah yang digunakan untuk penentuan stabilitas tanah adalah tekstur, berat volume, berat jenis, kandungan air, konsistensi, dan kuat geser. Penentuan sensitivitas klei didasarkan pada nilai batas cair, kandungan air alami, dan indeks likuiditas.

Kejadian longsorlahan di DAS Bompon yang memiliki hubungan dengan keterdapatan lapisan klei sensitif ditentukan oleh stabilitas tanah. Ada sepuluh lapisan klei yang memiliki tingkat sensitivitas tinggi di tiga longsorlahan DAS Bompon. Ketebalan lapisan klei sensitif di longsorlahan pertama adalah 13 meter, longsorlahan kedua setebal 16,08 meter, dan longsorlahan ketiga setebal 8,4 meter. Lapisan klei sensitif telah menyebabkan tanah di tiga longsorlahan menjadi lunak saat mengalami peningkatan kadar air. Peningkatan kadar air di dalam lapisan klei disebabkan proses alami dan pengolahan lahan oleh masyarakat sehingga memicu longsorlahan di DAS Bompon.

Kata kunci : Klei, Longsorlahan, Sensitivitas, Stabilitas, Tanah

## PENDAHULUAN

Longsorlahan merupakan peristiwa perpindahan massa yang menuruni lereng oleh karena tenaga gravitasi dan lainnya (Cornforth, 2005). Banyak faktor yang berpengaruh terhadap kejadian longsorlahan di suatu wilayah. Akumulasi air selama musim penghujan yang terhubung dengan kondisi vegetasi, drainase, jenis tanah, kondisi geologi, dan aktivitas manusia mengganggu stabilitas lereng sehingga memicu terjadinya longsorlahan (Dai, *et al.*, 2002 dan Gostelow, 1991 dalam Yalcin, 2007).

Kejadian longsorlahan menjadi permasalahan yang rumit bagi Indonesia. Selama periode bulan Januari tahun 2015 hingga Januari 2016 telah terjadi 568 kejadian longsorlahan di seluruh Indonesia dengan total kematian sebanyak 136 jiwa dan 3981 jiwa harus mengungsi (BNPB, 2015). Data kehilangan jiwa dan kerugian lainnya membuktikan bahwa bencana longsorlahan harus diwaspadai oleh semua pihak.

Daerah Aliran Sungai Bompon yang terletak di Kabupaten Magelang, Jawa Tengah memiliki banyak sekali kejadian longsorlahan (Gambar 1). Kejadian longsorlahan yang terjadi di DAS Bompon tidak hanya dipengaruhi oleh faktor eksternal, namun faktor internal tanah turut memberikan pengaruh yang besar. Tanah di lokasi longsorlahan DAS Bompon memiliki kandungan klei yang tinggi dengan karakteristik yang unik. Kondisi klei akan menjadi sangat lunak saat mengalami pembasahan oleh air dalam jumlah besar (Torrance, 2012 dan L'Heureux, *et al.*, 2014). Material tanah yang mengalami kerusakan struktur karena penambahan air disebabkan



karena adanya kandungan klei sensitif.

Gambar 1. Longsorlahan di DAS Bompon

Sumber : Dokumentasi Penulis (2016)

Dinamika kondisi tanah dipengaruhi oleh proses-proses saat pembentukan tanah, salah satunya adalah proses pelapukan material induk tanah (FAO, 2006 dan Sartohadi, *et al.*, 2013). Akhir dari proses pelapukan material induk menghasilkan material klei pada tanah. Intensitas kandungan klei akan terus meningkat seiring lanjutnya proses pelapukan (Mirsal, 2008 dan Bockheim, *et al.*, 2014).

Klei sensitif merupakan material halus hasil sedimentasi atau pelapukan yang memiliki karakter fisik seperti klei serta kandungan mineral tertentu yang mendominasi, namun karena adanya interaksi dengan air maka mengalami pencucian dan kehilangan kekuatan struktur (L'Heureux, *et al.*, 2014). Struktur yang kehilangan kekuatannya akan mengakibatkan tanah runtuh. Karakteristik geoteknik yang penting dari jenis klei sensitif selain sensitivitas tinggi adalah kandungan air yang tinggi dan nilai konsistensi tanah yang rendah saat keadaan jenuh air (*liquid limit* kurang dari 40% dan *plastic limit* sekitar 20%) (Meijer, 2012 dan L'Heureux, *et al.*, 2014).

Karakteristik klei sensitif berpengaruh terhadap stabilitas tanah. Stabilitas tanah merupakan analisa dari kekuatan tanah saat menahan beban. Tanah akan mengalami pergeseran saat tidak mampu lagi menahan tekanan yang diberikan. Parameter kuat geser tanah menunjukkan gaya perlawanan yang dilakukan butir-butir tanah terhadap tekanan (Hardiyatmo, 2012). Parameter penahan di dalam tanah dilakukan oleh tingkat kohesif tanah dan gesekan antar butir-butir tanah (Cornforth, 20015; Hardiyatmo, 2012; dan Tanaka, *et al.*, 2012).

Berdasarkan kejadian-kejadian longsorlahan yang banyak terjadi di DAS Bompon, maka investigasi keterdapatan klei sensitif yang ditinjau dari parameter morfologi dan fisik tanah dalam kaitannya dengan stabilitas tanah/lahan menjadi fokus penelitian. Penelitian terkait klei sensitif memiliki tujuan untuk membuktikan keterdapatan klei sensitif di DAS Bompon, menganalisa tingkat sensitivitas klei dan stabilitas tanah, serta menghitung kedalaman klei sensitif.

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian terdiri atas variabel penelitian, alat dan bahan, pengambilan data, dan metode analisa data. Variabel penelitian terdiri dari karakteristik fisik dan morfologi tanah yang meliputi warna tanah, tekstur tanah, kadar air, konsistensi tanah, berat jenis, dan kuat geser tanah. Analisa nilai variabel dilakukan melalui kegiatan lapangan dan uji laboratorium. Tiga pertanyaan dalam penelitian meliputi intensitas keterdapatan klei sensitif, sensitivitas klei dan stabilitas tanah, serta kedalaman klei sensitif.

Seluruh data yang digunakan dalam penelitian merupakan hasil pengujian sampel tanah. Pengambilan sampel tanah menggunakan metode *purposive sampling*. Penggunaan *purposive sampling* dilakukan karena pengambilan sampel hanya dilakukan pada titik-titik kejadian longsorlahan aktif di DAS Bompon.

Teknik pengambilan sampel tanah di setiap titik sampel adalah membagi profil tanah berdasarkan genesis tanah/horizon tanah yang dicirikan perbedaan warna tanah. Sampel tanah yang diambil merupakan *undisturbed sample* (Gambar 2). Seluruh teknis pengambilan sampel dilakukan secara cermat dan teliti. Kerusakan sampel tanah akan berpengaruh terhadap hasil uji laboratorium.



Gambar 2. Tabung Sampel Tanah *Undisturbed*  
Sumber : Dokumentasi Penulis

Data untuk penentuan intensitas kandungan klei di DAS Bompon didapatkan dari pemisahan material klei melalui proses pengujian tekstur tanah. Hasil pengujian tekstur dapat diketahui besar kandungan material klei di setiap lapisan tanah. Dominasi kandungan klei di dalam tanah memiliki peran besar terhadap perubahan kadar air. Respon klei terhadap air dipengaruhi jenis mineral klei yang

ada (Tabel 1). Aktivitas mineral klei di dalam tanah ditunjukkan dari perbandingan indeks plastisitas dan persentase klei.

Tabel 1. Klasifikasi Jenis Mineral Klei

Mineral Klei	Aktivitas Klei
Natrium Montmorillonite	0,91-7,2
Illite	0,39-0,9
Kaolinite	0-0,38

Sumber : Skempton (1953) dalam Hardiyatmo (2012)

Data untuk penentuan sensitivitas klei didapatkan dari proses pengujian tegangan geser tanah yang menggunakan metode *direct shear test*. Metode *direct shear test* menghasilkan nilai sudut geser ( $^{\circ}$ ) dan kohesi tanah ( $\text{kg/m}^2$ ). Hasil pengujian kuat geser digunakan untuk analisa stabilitas dan kekuatan tanah klei saat menahan beban.

Tekanan yang diberikan ke benda uji menimbulkan kekuatan tekan bebas. Kuat tekan bebas ( $q_u$ ) memiliki hubungan dengan kuat geser atau kohesi (Tabel 2). Analisa dari hubungan kuat tekan bebas dengan kohesi adalah konsistensi tanah yang ditunjukkan pada rumus berikut (Hardiyatmo, 2012):

$$s_u = c_u = \frac{q_u}{2} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

$s_u$  atau  $c_u$  : Kuat geser

$q_u$  : Kuat tekan bebas

Tabel 2. Klasifikasi Konsistensi Tanah Terhadap Nilai Tekan Bebas

Konsistensi	$q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )
Klei keras	> 400
Klei sangat kaku	200-400
Klei kaku	100-200
Klei sedang	50-100
Klei lunak	25-50
Klei sangat lunak	<25

Sumber : Hardiyatmo (2012)

Parameter pengukur kekuatan tanah dapat dilakukan dengan analisa tingkat kohesi tanah. Menurut Atterberg (1911) dalam Hardiyatmo

(2012), nilai indeks plastisitas dapat menunjukkan sifat tanah dan tingkat kohesi tanah (Tabel 3).

Tabel 3. Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

Indeks Plastisitas	Sifat Tanah	Macam Tanah	Kohesi
0	Non-plastis	Pasir	Non-kohesi
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesi sebagian
7 -17	Plastisitas sedang	Klei berlana u	Kohesi
> 17	Plastisitas tinggi	Klei	Kohesi

Sumber : Atterberg (1911) dalam Hardiyatmo (2012)

Perhitungan nilai sensitivitas klei sangat dipengaruhi respon klei terhadap banyaknya air. Tingkat kejenuhan klei terhadap air akan berpengaruh terhadap kekuatan tanah dan sensitivitas (Leroueil, *et al.*, 1983). Menurut Leroueil, *et al* (1983) dan Torrance, J.K (2014) dalam L'Heureux, *et al* (2014), beberapa cara dalam penentuan tingkat sensitivitas klei adalah sebagai berikut:

- (1) jika material klei memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi, maka nilai batas cair harus lebih rendah dari nilai kandungan air alami,
- (2) jika material klei memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi, maka nilai indeks likuiditas harus lebih besar dari nilai batas cair,
- (3) nilai indeks likuiditas biasanya melebihi 0,5 hingga 4 untuk klei sensitif,
- (4) nilai indeks likuiditas dapat diartikan sebagai nilai yang menunjukkan tingkat sensitivitas material klei.

Kedalaman klei efektif diukur dengan alat *TRUPULSE<sup>TM</sup> 200/200B* secara manual. Alat *TRUPULSE<sup>TM</sup> 200/200B* merupakan alat ukur dimensi benda atau bentukan alam di lapangan, dimana dilengkapi dengan kemampuan pengamatan obyek yang detail. Jarak maksimum pengukuran mencapai 2000 meter. Parameter pengukuran yang didapatkan melalui alat *TRUPULSE<sup>TM</sup> 200/200B* adalah

panjang lereng, sudut kemiringan lereng, jarak horisontal, dan jarak vertikal.

Analisa hasil penelitian didasarkan pada hasil pengukuran seluruh sampel tanah yang meliputi nilai sifat fisik tanah, sensitivitas tanah, kekuatan geser tanah, dan kedalaman klei sensitif. Empat kunci utama dalam penelitian adalah pembuktian keterdapatannya klei sensitif, tingkat sensitivitas klei, stabilitas kekuatan tanah, dan keberadaan klei sensitif secara vertikal. Analisa seluruh hasil pengujian menggunakan metode deskriptif-kuantitatif, sehingga dapat diketahui potensi kejadian longsorlahan yang lebih besar.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Longsorlahan memiliki banyak faktor penyebab, salah satunya adalah material penutup lahan yang berupa tanah. Proses perkembangan tanah dimulai setelah terjadinya proses penghancuran pada batuan (Mirsal, 2008 dan Sartohadi, *et al.*, 2013). Proses pembentukan tanah di DAS Bompon memiliki ciri khas tersendiri. Terdapat tiga proses pembentukan tanah di DAS Bompon, yaitu pedogenesis, intrusi magma, dan jatuhnya abu vulkanik. Setiap proses pembentukan tanah menghasilkan karakteristik tanah yang unik dengan kandungan klei yang cukup tinggi.

DAS Bompon terletak pada ketinggian 600-700 mdpl dengan intensitas curah hujan yang tinggi. Besarnya curah hujan menyebabkan kandungan air dalam tanah meningkat. Peningkatan kandungan air tidak hanya dipengaruhi oleh curah hujan, namun pengelolaan lahan yang dilakukan penduduk. Pengelolaan lahan yang tidak tepat menyebabkan munculnya rekahan dalam tanah dan pembasahan oleh aliran air sungai. Keterdapatannya klei di dalam tanah memiliki respon yang kuat terhadap perubahan kandungan air di dalam tanah.

Karakteristik tanah di lokasi longsorlahan terbagi menjadi beberapa lapisan tanah yang dibedakan berdasarkan warna tanah. Warna tanah merupakan sifat fisik tanah yang langsung dapat diidentifikasi saat di lapangan. Dominasi warna tanah di longsorlahan adalah coklat, namun ada jenis tanah yang memiliki warna oranye dan kemerahan. Warna coklat

yang ada menunjukkan warna coklat terang hingga coklat kehitaman, dimana menunjukkan kondisi tanah yang berkembang dan pengaruh kandungan koloid. Lapisan tanah lain yang berwarna selain coklat menunjukkan pengaruh unsur besi jenis hematit dan limonit yang kuat (Velde dan Meunier, 2008).

Warna tanah di lokasi longsorlahan menunjukkan hubungan antara kandungan koloid tanah, kandungan unsur kimia, dan kelembapan tanah. Jenis koloid tanah yang mendominasi di lokasi longsorlahan adalah koloid klei. Lapisan tanah bagian bawah di seluruh lokasi longsorlahan menunjukkan struktur prismatic/tiang. Struktur tanah prismatic menunjukkan kekuatan ikatan agregat tanah yang kuat. Pembentukan struktur tanah yang kuat merupakan pengaruh dari tingginya kandungan klei di dalam tanah.

Kandungan klei di dalam tanah di lokasi longsorlahan berpengaruh terhadap tekstur tanah. Tekstur tanah didominasi oleh tekstur lempungan dengan kandungan klei melebihi 35% (Tabel 4). Tekstur tanah lempungan mencirikan kondisi tanah yang mampu menyerap air dan menyimpan air dalam jangka waktu lama. Sarana penyimpanan air dalam tanah lempungan adalah pori-pori tanah yang tersusun atas pori mikro dan makro. Kondisi pori-pori tanah dan butiran tanah direpresentasikan melalui nilai berat volume, berat jenis, dan porositas tanah.

Tabel 4. Tekstur Tanah di Lokasi Longsorlahan

Kode	Tekstur	BJ (gr/cm <sup>3</sup> )	BV (gr/cm <sup>3</sup> )	Porositas (%)
L1L1	Geluh lempungan	1,88	1,09	42,08
L1L2	Lempung debuan	1,84	0,99	46,36
L1L3	Lempung	2,03	0,98	51,85
L1L4	Lempung	2,04	1,45	29,04
L1L5	Lempung	2,33	1,07	54,07
L1L6	Lempung	2,15	0,76	64,75
L1L7	Lempung	2,20	1,26	42,65
L1L8	Geluh lempung debuan	2,35	1,14	51,40
L2L1	Lempung	1,65	1,14	31,20
L2L2	Lempung	2,21	1,54	30,29
L2L3	Lempung	2,13	1,33	37,79

L2L4	Lempung	2,15	1,36	36,83
L2L5a	Lempung	1,91	1,68	11,78
L2L5b	Lempung	1,78	1,21	31,84
L3L1	Geluh lempung debuan	1,92	1,62	15,68
L3L2	Lempung	2,19	1,79	18,09
L3L3	Lempung	2,29	1,47	36,08
L3L4	Geluh lempung debuan	2,19	1,02	53,47

Sumber : Pengujian Laboratorium (2016)

Berdasarkan kondisi kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat (Cornforth, 2005; Clague & Stead, 2012). Konsistensi tanah dipengaruhi oleh keberadaan fraksi halus pada tanah dan respon terhadap kadar air. Konsistensi bergantung pada gaya tarik antar material klei. Penggambaran batas-batas konsistensi tanah yang berbutir halus dilakukan melalui nilai batas cair, batas lekat, batas gulung, dan batas berubah warna (Atterberg, 1911 dalam Hardiyatmo, 2012).

Hasil pengujian batas konsistensi tanah, lokasi longsorlahan menunjukkan nilai yang tinggi hingga sangat tinggi. Tingginya nilai batas cair, batas lekat, batas gulung, dan batas berubah warna menyebabkan kondisi persediaan air maksimum pada seluruh lapisan tanah di longsorlahan harus diturunkan. Penurunan batas maksimum air dilakukan agar tanah tidak terbebani terlalu besar oleh keberadaan air. Pembebanan tanah yang terlalu besar mampu menimbulkan kejadian longsorlahan.

Karakteristik klei di lokasi longsorlahan sangat dipengaruhi oleh jenis mineral klei. Berdasarkan hasil perhitungan aktivitas klei, mineral klei yang mendominasi adalah *kaolinite*. Mineral klei *kaolinite* yang memiliki kembang susut kecil ditunjukkan dari nilai indeks cole berkisar antara 0,1-0,2.

Keberadaan klei yang tinggi di lapisan tanah DAS Bompon berasosiasi dengan kekuatan tanah. Kekuatan tanah menunjukkan daya kohesi tanah dan sudut geser tanah saat menahan beban yang disebut dengan kuat geser tanah. Metode pengujian kuat geser tanah yang digunakan adalah uji geser langsung. Tekanan

beban yang diberikan selama pengujian menghasilkan gaya tekan terhadap tanah.

Pengujian kuat geser tanah DAS Bompon yang dikorelasikan dengan nilai kuat tekan bebas menggambarkan kondisi konsistensi tanah. Konsistensi tanah menunjukkan kondisi kelunakan klei yang ada di DAS Bompon, khususnya lokasi longsorlahan. Berdasarkan hubungan antara kohesi tanah dan kuat tekan bebas, maka konsistensi lapisan tanah di seluruh longsorlahan termasuk dalam klei lunak hingga sangat lunak. Kondisi klei yang lunak tentu cukup mengkhawatirkan karena tekanan yang diberikan dapat dengan mudah merusak struktur klei. Perubahan struktur klei yang ditandai dengan penurunan kekuatan akan menyebabkan runtuhnya lapisan tanah di bagian atas.

Pertahanan klei terhadap gaya tekan dipengaruhi pula oleh gesekan antar partikel-partikel tanah yang ditunjukkan dengan nilai sudut geser tanah. Sudut geser tanah sangat dipengaruhi oleh kandungan air di dalam tanah. Kandungan air akan mengurangi gaya gesek tanah sehingga kekuatan pertahanan tanah melemah. Pengurangan kekuatan tanah akibat pembasahan oleh air terbukti dari dua lapisan terbawah di longsorlahan kedua, dimana nilai sudut gesernya mencapai  $3,57^0$  dan  $5,74^0$  (Tabel 5). Kecilnya sudut geser lapisan terbawah longsorlahan kedua disebabkan oleh aliran sungai Bompon.

Tabel 5. Klasifikasi Klei di Longsorlahan

Kode	Kohesi (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Bebas (Kn/m <sup>2</sup> )	Jenis Klei	Sudut Geser (°)
L1L1	0,08	16	Sangat lunak	33,75
L1L2	0,05	10	Sangat lunak	32,88
L1L3	0,18	36	Lunak	22,63
L1L4	0,13	26	Lunak	30,03
L1L5	0,09	18	Sangat lunak	28,32
L1L6	0,09	18	Sangat lunak	35,95
L1L7	0,17	34	Lunak	29,16
L1L8	0,08	16	Sangat lunak	31,09
L2L1	0,15	30	Lunak	29,69
L2L2	0,07	14	Sangat lunak	29,16
L2L3	0,03	6	Sangat lunak	35
L2L4	0,17	34	Lunak	21,09

L2L5a	0,16	32	Lunak	5,74
L2L5b	0,1	20	Sangat lunak	3,57
L3L1	0,08	16	Sangat lunak	31,35
L3L2	0,11	22	Sangat lunak	27,08
L3L3	0,15	30	Lunak	26,68
L3L4	0,08	16	Sangat lunak	24,91

Sumber : Pengujian Laboratorium (2016)

Pengujian kuat geser, penentuan jenis mineral klei, dan karakteristik fisik tanah menunjukkan mudahnya terjadi kerusakan struktur tanah akibat perubahan kadar air dan pembebanan di permukaan tanah. Batasan kemampuan tanah dalam merespon gangguan dan mempertahankan struktur tanah digambarkan melalui tingkat sensitivitas klei. Sensitivitas klei yang ada di lapisan tanah DAS Bompon mengacu pada parameter fisik yang dipengaruhi oleh keberadaan air, yaitu batas cair (BC), indeks likuiditas (IL), dan kandungan air alami tanah (KA).

Menurut Leroueil, *et al* (1983) dan Torrance, J.K (2014) dalam L'Heureux, *et al* (2014), nilai indeks likuiditas dapat diartikan sebagai nilai sensitivitas tanah. Tanah dengan kandungan klei sensitif memiliki nilai indeks likuiditas antara 0,5-4. Indeks likuiditas klei di longsorlahan DAS Bompon memiliki nilai terendah 0,91 dan nilai tertinggi 1,49 yang menunjukkan adanya kandungan klei sensitif (Tabel 6).

Keberadaan klei sensitif harus diiringi manajemen sumberdaya air yang tepat karena memiliki respon yang kuat terhadap perubahan kadar air. Klei sensitif akan kehilangan kekuatan strukturnya saat kandungan air melebihi batas cair sehingga memicu kejadian longsorlahan. Kondisi karakteristik fisik tanah dan morfologi tanah di longsorlahan DAS Bompon menunjukkan kondisi yang mengkhawatirkan.

Tabel 6. Tingkat Sensitivitas Klei

Kode	BC	IL	KA	Sensitivitas	Sensitivitas
				BC < KA	IL : 0,5-4
L1L1	63,21	0,99	62,98	Sedang	Klei sensitif
L1L2	69,15	1,05	69,65	<b>Tinggi</b>	Klei sensitif
L1L3	76,0	0,9	75,6	Sedang	Klei

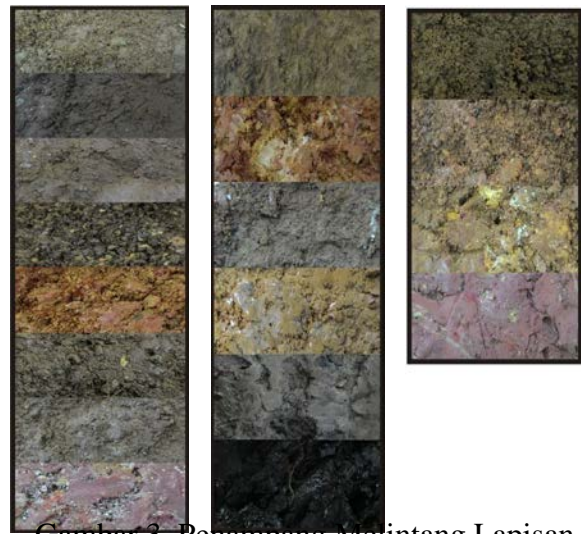
	4	8	2		sensitif
L1L4	85,3 7	0,9 7	85,0 9	Sedang	Klei sensitif
L1L5	79,1 2	1,1 8	82,0 5	<b>Tinggi</b>	Klei sensitif
L1L6	71,9 5	1,0 1	72,1 5	<b>Tinggi</b>	Klei sensitif
L1L7	79,5 1	1,0 2	80,0 5	<b>Tinggi</b>	Klei sensitif
L1L8	79,4 6	1	79,4 4	Sedang	Klei sensitif
L2L1	67,5 7	1,0 9	68,8 6	<b>Tinggi</b>	Klei sensitif
L2L2	98,0 7	0,9 9	97,5 8	Sedang	Klei sensitif
L2L3	67,7 0	1,1 4	69,6 1	<b>Tinggi</b>	Klei sensitif
L2L4	74,5 2	0,9 1	73,0 8	Sedang	Klei sensitif
L2L5 a	75,4 7	0,9 5	74,2 9	Sedang	Klei sensitif
L2L5 b	83,8 1	1,0 3	84,6 2	<b>Tinggi</b>	Klei sensitif
L3L1	64,2 1	1,0 7	65,1 9	<b>Tinggi</b>	Klei sensitif
L3L2	89,2 9	0,9 7	88,4 5	Sedang	Klei sensitif
L3L3	78,6 3	1,4 9	81,2 4	<b>Tinggi</b>	Klei sensitif
L3L4	94,2 3	1,1 5	95,4 8	<b>Tinggi</b>	Klei sensitif

Sumber : Pengujian Laboratorium (2016)

Lapisan tanah yang mengandung klei sensitif cukup banyak ditemukan di lokasi longsorlahan DAS Bompon. Jumlah lapisan tanah yang mengandung sensitif klei adalah 10 lapisan dari 18 lapisan tanah. Ketebalan lapisan klei sensitif di longsorlahan pertama adalah 13 meter, longsorlahan kedua setebal 16,08 meter, dan longsorlahan ketiga setebal 8,4 meter (Gambar 3). Total ketebalan lapisan yang mengandung klei sensitif adalah 37,48 meter.

Akumulasi ketebalan klei sensitif mampu memicu kejadian longsorlahan dalam skala yang besar. Kejadian kerusakan struktur klei sensitif akan mengakibatkan keruntuhan massa tanah yang diikuti oleh lapisan di atasnya. Potensi kejadian longsorlahan dalam skala besar masih cukup tinggi. Kandungan air yang berlebih di dalam tanah membuat lapisan klei mengalami penurunan stabilitas. Curah hujan tinggi yang jatuh di DAS Bompon dan pengolahan lahan yang dilakukan masyarakat harus mendapatkan pengelolaan yang tepat.

Beberapa faktor yang berpengaruh pada penambahan air di dalam tanah di DAS Bompon adalah tidak adanya saluran irigasi di lereng-lereng perbukitan, penggantian tanaman asli (empon-empon) dengan tanaman berkayu, pengolahan dalam pada lahan ketela, dan pemindahan badan sungai oleh masyarakat. Kondisi tanah permukaan menjadi jalur utama masuknya air melalui proses infiltrasi. Pemindahan badan sungai yang dilakukan masyarakat menyebabkan penggenangan lapisan klei di bagian kaki lereng.



Gambar 3. Penampang melintang Lapisan Tanah Longsorlahan pertama (kiri), longsorlahan kedua (tengah), dan longsorlahan ketiga (kanan)

Sebaran posisi klei sensitif secara vertikal sangat bervariasi, namun secara keseluruhan menunjukkan kondisi yang mengkhawatirkan. Kondisi wilayah DAS Bompon yang memiliki kerawanan tinggi terhadap kejadian longsorlahan disebabkan oleh ketebalan lapisan yang sangat besar, posisi lapisan tanah yang mengandung klei sensitif berada di lapisan bawah longsorlahan, dan adanya lapisan tanah yang menjadi badan sungai sepanjang musim penghujan.



## KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian tentang identifikasi keterdapatan klei sensitif di lokasi longsorlahan DAS Bompon adalah sebagai berikut:

1. Kejadian longsorlahan di DAS Bompon terjadi karena adanya pengaruh dari klei sensitif di dalam tanah. Berdasarkan karakteristik fisik tanah dan morfologi, terdapat kandungan klei sensitif di lokasi longsorlahan DAS Bompon dengan tingkat sensitivitas tinggi.
2. Kekuatan stabilitas tanah di longsorlahan DAS Bompon yang mengandung klei sensitif memiliki kondisi lunak hingga sangat lunak. Sifat kohesif tanah akan menurun seiring dengan penurunan sudut geser dalam klei sensitif akibat penjeñuhan oleh air.
3. Ketebalan lapisan tanah yang mengandung klei sensitif berpotensi menyebabkan keruntuhan seluruh lapisan tanah di lokasi longsorlahan. Keruntuhan lapisan tanah akan menyebabkan kejadian longsorlahan yang lebih besar.
4. Peningkatan kandungan air di dalam tanah yang mengandung klei sensitif di longsorlahan merupakan dampak dari tingginya curah hujan di DAS Bompon dan pengolahan lahan oleh masyarakat yang tidak tepat.

## DAFTAR PUSTAKA

- BNPB. (2015). Dipetik Juli Selasa, 2015, dari [www.bnpb.go.id](http://www.bnpb.go.id)
- Bockheim, J., Gennadiyev, A., Hartemink, A., & Brevik, E. (2014). Soil-forming Factors and Soil Taxonomy. *Geoderma*, 226-227, 231-237.
- Cornforth, D. H. (2005). *Landslides in Practice*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Dai, F., Lee, C., & Ngai, Y. (2002). Landslide Risk Assessment and Management: An Overview. *Engineering Geology*, 64, 65-87.

- FAO. (2006). *Guidelines for Soil Description*. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Hardiyatmo, H. C. (2012). *Mekanika Tanah ed.1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- L'Heureux, J.-S., Locat, A., Leroueil, S., Demers, D., & Locat, J. (Penyunt.). (2014). *Landslides in Sensitive Clays* (Vol. 36). New York: Springer.
- Meijer, G. (2012). Reconstitution of Sensitive Clay. *Thesis*. Delft: Delft University of Technology.
- Mirsal, I. A. (2008). *Soil Pollution : Origin, Monitoring & Remediation* (2nd ed.). Berlin: Springer.
- Sartohadi, J., Suratman, Jamulya, & Dewi, N. I. (2013). *Pengantar Geografi Tanah*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Tanaka, H., Hirabayashi, H., Matsuoka, T., & Kaneko, H. (2012). Use of Fall Cone Test as Measurement of Shear Strength for Soft Clay Materials. *Soil and Foundations*, 52, 590-599.
- Torrance, J. (2012). *Landslides in Quick Clay*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Yalcin, A. (2007). The Effects of Clay on Landslides: A case study. *Applied Clay Science*, 20, 1-9.