

# STUDI POTENSI MENGEMBANG DAN KEKUATAN TANAH EKSPANSIF DI DAERAH KEBUMEN DAN MAJENANG, JAWA TENGAH

Y.S. Wibowo<sup>1</sup>, Herryal Z. Anwar<sup>1</sup>, dan Yugo Kumoro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Geoteknologi–LIPI, Jl. Sangkuriang Bandung 40135  
E-mail: yswibowo@geotek.lipi.go.id; wibowohadhi@yahoo.co.id

## Abstrak

*Keberadaan tanah residual dipermukaan lahan dapat menimbulkan permasalahan geologi teknik di suatu wilayah, terutama berkaitan dengan kekuatan dan daya dukung tanahnya. Daerah Kebumen dan Majenang, sebagai studi kasus, merupakan daerah rentan gerakan tanah yang pada umumnya terjadi pada lapisan tanah residual. Untuk mengatasi permasalahan geoteknik ini, maka perlu diketahui kondisi geoteknik lapisan tanah residual berdasarkan tingkat pelapukannya. Makalah ini menyajikan hasil investigasi geologi teknik untuk mengetahui sifat-sifat fisik dan keteknikan lapisan tanah residual yang berada di wilayah Kebumen dan Majenang. Investigasi geologi teknik meliputi pemetaan geologi teknik, identifikasi tingkat pelapukan batuan, pengambilan conto tanah tak terganggu dan terganggu dengan menggunakan alat bor tangan, pembuatan sumuran dan pengujian sifat fisik, dan identifikasi sifat mineralogi dan mekanik di laboratorium. Pengujian conto tanah residual dan lapuk sempurna menghasilkan distribusi fraksi lempung berkisar antara 14 – 42%, indeks plastis 23,18 – 65,94%, jenis tanah lanau organik dengan nilai aktivitas 1,69 - 3,07 (tinggi–sangat tinggi). Sementara itu berdasarkan analisis data uji kuat geser, terjadi penurunan kuat geser tanah seiring dengan peningkatan kadar air dan prosentase lempung terhadap tingkat pelapukannya. Hasil XR-day menunjukkan jenis lempung jenis kaolinit sangat dominan, menyebabkan tanah bersifat ekspansif dengan tingkat pengembangan tinggi.*

**Kata kunci:** Pelapukan, tanah residual, kuat geser tanah, sifat fisik dan keteknikan.

## PENDAHULUAN

Keberadaan tanah residual dipermukaan lahan dapat menimbulkan permasalahan geologi teknik, terutama berkaitan dengan kekuatan dan daya dukung tanahnya. Tutupan tanah residual di Indonesia mencapai 53% luas daratan, yang berasal dari berbagai jenis batuan induknya (Saroso, 2002). Dearman, & Irfan, (1978), menyatakan bahwa keberadaan tanah residual di perbukitan menimbulkan permasalahan gerakan tanah. Peristiwa ini biasanya terjadi pada musim penghujan dan berdampak merugikan. Tercatat sejak tahun 2000 hingga 2009, jumlah korban jiwa telah mencapai 1121 orang meninggal, 310 luka-luka, 77 hilang dan 1327 rumah rusak (Karnawati, 2009). Upaya diseminasi hasil-hasil riset untuk mengurangi dampak negatif ini telah dilakukan dengan berbagai publikasi dan sosialisasi, baik mandiri ataupun terkoordinasi dengan instansi terkait. Mengingat intensitas gerakan tanah terus meningkat, perlu dilakukan pemahaman karakteristik tanah pada daerah rawan bencana tersebut.

Hirnawan (1999) menjelaskan bahwa tanah residu breksi vulkanik Kuartar dan tuf lapili bertekstur campuran antara lempung, lanau dan pasir halus. Jenis tanah ini termasuk lempung dengan tingkat keplastisan tinggi (CH) dan dengan tingkat pengembangan yang tinggi sehingga mengakibatkan kekuatan tanah menjadi berkurang. Sadisun (2001) dan Wibowo (2009), dalam penelitian mengenai tanah residual menyatakan bahwa semakin tinggi tingkat pelapukan (semakin tinggi derajat pelapukannya), kohesi tanah cenderung mengecil, artinya perubahan kohesi tanah pelapukan menurun secara linear terhadap kenaikan derajat pelapukannya. Demikian halnya dengan sudut geser dalam, akan mengalami penurunan secara linier dengan semakin tinggi derajat pelapukannya. Wesley (2003) berkesimpulan dalam penelitian sifat mekanik tanah residual, bahwa conto tanah yang memiliki nilai kuat geser lebih tinggi umumnya berbutir halus. Sedangkan conto tanah terganggu menunjukkan nilai yang lebih rendah. Dalam studi uji triaxial terhadap lapukan batuan sedimen, diperoleh nilai sudut geser dalam lebih rendah, berkisar antara 14° sampai 29°, sedang tanah pelapukan breksi berkisar antara 31° sampai 40°. Tohari, (2005) melakukan penelitian hubungan karakter curah hujan pemicu gerakan tanah, menyimpulkan bahwa air hujan yang meresap kedalam tanah dapat menimbulkan peningkatan tekanan air-pori kritical, dan menyebabkan gangguan kestabilan lereng terutama yang dibentuk tanah residual. Penelitian ini mempunyai aspek

strategis untuk mengurangi dampak dari bencana gerakan tanah, mengingat sebaran tanah residual yang disebabkan oleh berbagai batuan dasar di wilayah Indonesia sangat luas. Hasil penelitian dapat dijadikan data dasar dalam pengembangan tataruang wilayah dan sebagai upaya dalam mitigasi bencana berdasarkan pemahaman dari sifat keteknikan, sifat kimia dan mineralogi tanah residual.

## TUJUAN DAN SASARAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik tanah residual berdasarkan sifat keteknikan, mineralogi dan kimia di daerah rawan bencana gerakan tanah, terutama di kawasan Kebumen dan Majenang. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar penyusunan tata ruang wilayah.

Sedangkan sasarannya adalah mendapatkan data primer parameter sifat keteknikan, sifat fisik, mineralogi dan sifat kimia tanah residual, mengetahui sifat kembang susut (*swelling*) tanah pada daerah rawan gerakan tanah.

## METODOLOGI

Untuk memahami karakteristik tanah residual dilakukan pengujian lapangan dan laboratorium yang berhubungan dengan sifat fisik, sifat mekanik dan uji kimia serta mineralogi tanah. Kegiatan penelitian dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- (a) Investigasi geologi teknik dengan uji sondir, pengambilan contoh tanah tak terganggu dan terganggu menggunakan alat bor tangan, pembuatan sumuran dan pengujian sifat fisik, mineralogi dan mekanik di laboratorium.
- (b) Uji laboratorium meliputi analisis kimia tanah dan XRD untuk mengetahui jenis mineral tanah residual, terutama jenis mineral lempungnya. Uji sifat indeks tanah dilakukan guna mengetahui kadar air ( $w$ ), batas konsistensi (LL, PL, IP), ukuran butir, berat isi total ( $\gamma_s$ ) dan *specific gravity* ( $G_s$ ). Sifat indeks ini diperlukan untuk mengevaluasi sifat-sifat indeks tanah residual pada setiap perbedaan lapisan tanah. Hasil uji kadar air dan berat jenis tanah digunakan pula untuk menentukan parameter porositas dan derajat kejenuhan setiap contoh tanah. Uji sifat mekanik tanah menggunakan triaxial dan *proctor standard*.

## HASIL PENELITIAN

### Karakteristik Tanah

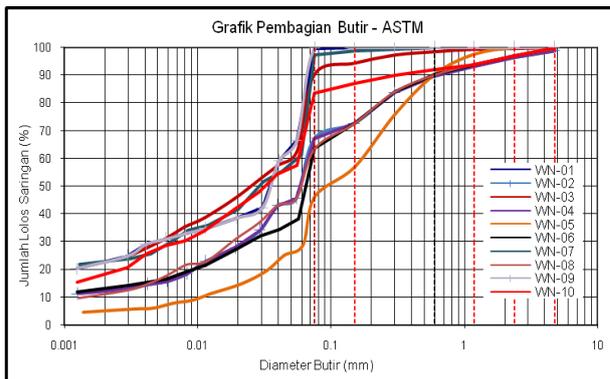
Analisis sifat fisik tanah residual daerah penelitian ditunjukkan pada Tabel 1. Sedangkan uji besar butir tanah dari beberapa contoh tanah ditunjukkan Gambar 1. Berdasarkan Indeks plastis dan kadar lempung, potensi pengembangan tanah termasuk tinggi. Plot data pada grafik plastisitas (Gambar 2) menunjukkan bahwa tanah dapat diklasifikasikan sebagai MH (*In Organik Silt* dengan plastisitas tinggi) dan OH (*Organik Silt* dengan plastisitas tinggi). Sementara itu, analisis indeks Aktivitas (Skempton, 1953 dalam Hardiyatmo, 2006) menunjukkan bahwa tanah residu memiliki sifat ekspansif dengan potensi mengembang tinggi dengan indikasi  $PI > 35\%$ ,  $LS > 10\%$  dan  $A > 1,25$  (Tabel 2).

**Tabel 1.** Hasil uji sifat indeks tanah daerah penelitian

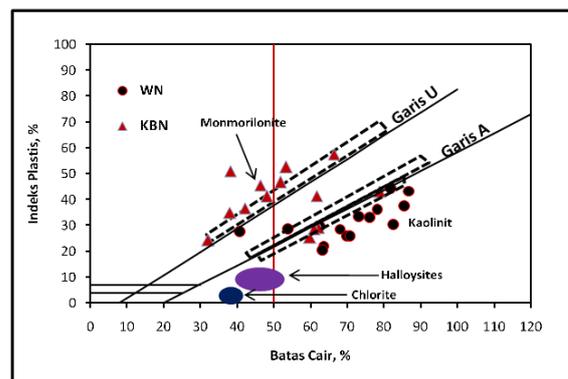
Indeks Tanah	Satuan	Kedalaman Contoh Uji (meter)		
Kedalaman	m	(0,20 – 0,50)	(0,50 – 0,80)	(0,80 – 1,00)
Kadar Air	%			
Spesifik gravity	Gs	2,623	2,582	2,581
Berat Volume	Gr/cm <sup>3</sup>	1,677	1,608	1,654
Batas Cair (LL)	%	76,80	80,35	87,00
Batas plastis (PL)	%	30,95	32,43	27,03
Batas Susut (SL)	%	15,1	14,75	10,42
Indeks Plastis (PI)	%	45,85	47,92	59,87
Fraksi Lempung (C)	%	43	36	37
Aktivitas, $A = IP / (C - 10)$		1.39	1.33	2.22

### Analisis Kimia Tanah dan Mineralogi

Hasil analisis kimia tanah menunjukkan bahwa unsur-unsur utama contoh tanah mengandung komponen silikat ( $\text{SiO}_2$ ), aluminat ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan ferrit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Hasil tersebut menunjukkan perbandingan antara komponen silikat dengan alumina sekitar 2 : 1. Sementara analisis *X-Ray Diffraction* menunjukkan mineral tanah terdiri dari: Montmorilonit, Halloysite, Calcite, Alpa Quartz, dan Feldspar (Tabel 3). Kandungan mineral didominasi oleh monmorilonit berkisar antara 6,41 – 29,3% dan halloysite dengan kisaran 58,45 – 61,35%, dengan nilai > 50% sedangkan mineral-mineral yang lainnya lebih kecil. Tanah lempung memiliki pengembangan tinggi (ekspansif) apabila mayoritas mineral penyusun terdiri dari monmorilonite dan kaolinit. Mineral ini memiliki permukaan tetrahedral yang cukup luas sehingga mampu menyerap air cukup besar. Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan contoh tanah memiliki sifat ekspansif.



**Gambar 1.** Grafik Uji distribusi besar butir

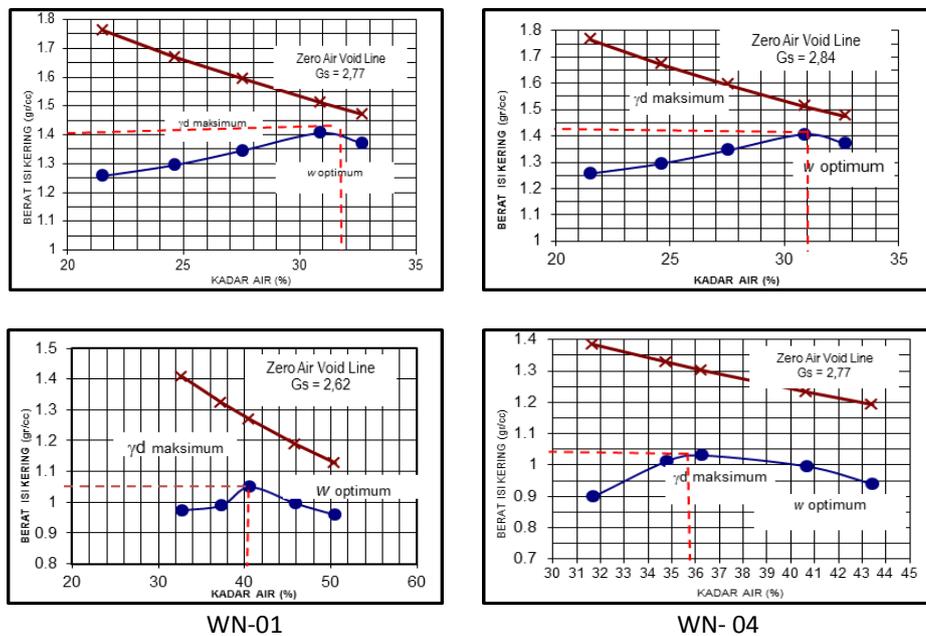


**Gambar 2.** Grafik Plastisitas tanah

**Tabel 3.** Kandungan Mineralogi dan Unsur Kimia Tanah

Mineralogi	Kadar (%)					Komponen Kimia Utama	Kandungan (%)
	WN-01	WN-04	WN-05	WN-08	WN-09		
Montmorilonit	23.62	14.41	21.3	24.2	23.24	SiO <sub>2</sub>	
Halloysite	38.55	53.2	45.3	39.65	45.91	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,41 – 29,3
Calcite	8.35	3.21	5.5	7.4	12.55	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, MgO	12,4 -16,55
Alpha Quartz	11.3	15.91	12.4	11.35	11.34	TiO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O	< 4-5
Feldspar	5.53	7.91	11.1	5.86	4.78	-	12,67 – 16,45

Hasil uji kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) diperoleh dari *ploting* hubungan kadar air ( $w$ ) dengan kepadatan kering tanah lempung yang sudah dipadatkan dengan menggunakan Standard-Proctor. Besarnya kadar air optimum antara 30.09 – 40.02%, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3 dan Tabel 4.



**Gambar 3.** Grafik uji pemadatan tanah dari conto tanah Daerah Majenang

**Tabel 4.** Hasil Kadar Air dan Berat Volume Tanah Kering Conto Dari Majenang

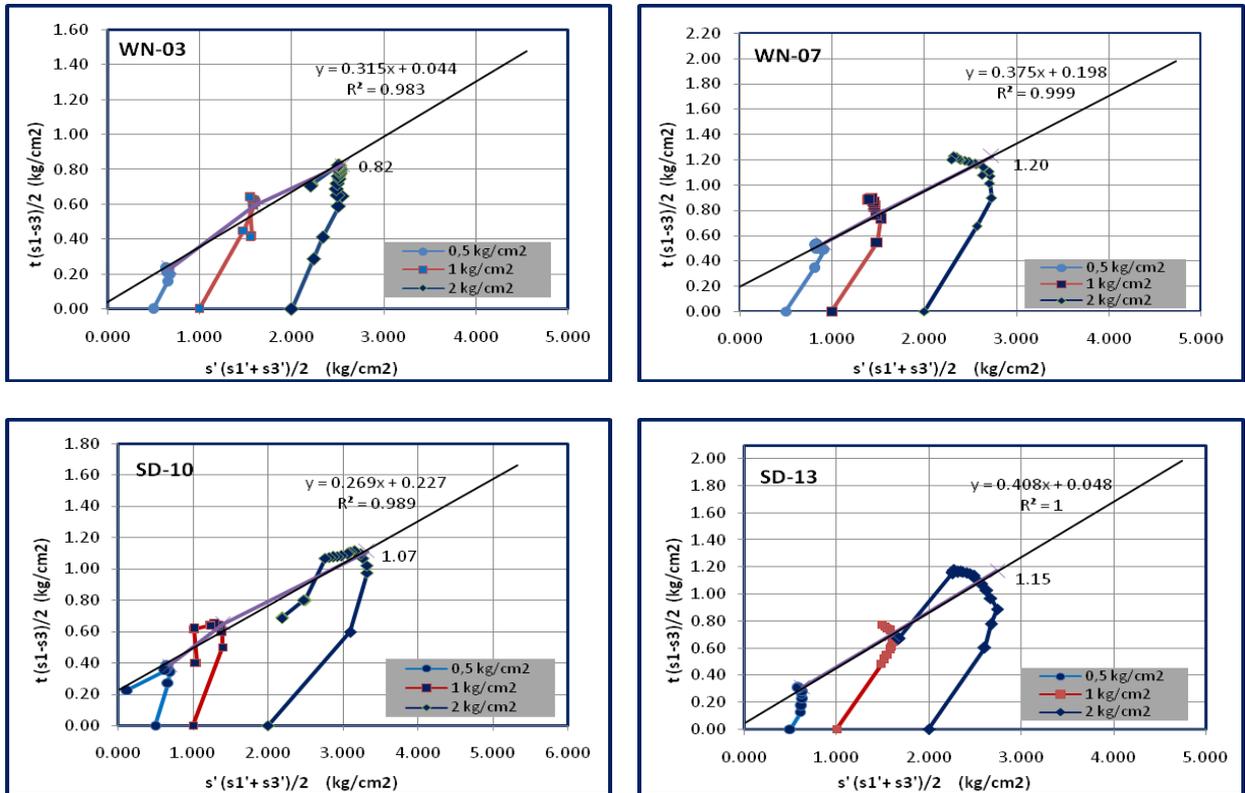
Uji Proktor	Kode Conto			
	SD-02	SD-05	WN-01	WN-04
Kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) , %	30.09	31	40.02	35
Berat volume kering maksimum ( $\gamma_d$ ), kg/cm <sup>3</sup>	1.4	1.09	1.05	1.26

#### Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah diperoleh dengan melakukan uji triaksial (CU). Pengujian dilakukan untuk mendapatkan parameter kohesi efektif ( $c'$ ) dan sudut geser dalam efektif ( $\phi'$ ) tanah, ditunjukkan pada Tabel 5 dan Gambar 4.

Tabel 5. Hasil pengujian triaxial test

Kode conto	WN-03	WN-07	SD-10	SD-13
Kohesi efektif (kg/cm <sup>2</sup> )	0,046	0,214	0,287	0,053
Sudut Geser Dalam eff. ( $\phi'$ , .. <sup>o</sup> )	18,37	22,02	15,60	24,12



Gambar 4. Grafik-grafik uji triaxial

## DISKUSI

Peristiwa gerakan tanah sering terjadi ketika musim penghujan, yang dapat mengakibatkan terjadinya kenaikan kandungan air dalam tanah sehingga menyebabkan tanah menjadi jenuh dan kekuatan tanah menjadi berkurang (Raharjo, 2005 dan Karnawati, 2010). Dari analisis sifat fisik dan keteknikan tanah di daerah penelitian diperoleh kecenderungan bahwa kenaikan kadar air merupakan fungsi kedalaman lapisan tanah tersebut berada. Pada kedalaman 0,20 – 0,50 m, kadar air dari 24,3 % menjadi 54,9% pada kedalaman 0,50 – 1 m. Sedangkan berat jenis tanah (*specific gravity*) bervariasi pada kedalaman yang sama. Hasil analisis besar butir tanah menunjukkan distribusi ukuran butiran relatif seragam. Indeks plastis tanah dengan nilai rata-rata berada diatas 45% menunjukkan tanah ini memiliki tingkat pengembangan tinggi - sangat tinggi (Chen, 1975). Klasifikasi tanah tersebut berdasarkan USGS, termasuk tanah berbutir halus (lempung dan lanau) jenis OH dan MH. Aktivitas tanah berkisar 1,33 – 2,22 termasuk dalam tanah aktif (Skempton, 1953 dalam Hardiyatmo, 2006). Dari hasil analisis kimia dan mineralogi, kandungan mineral terdiri dari halloysite (60,20%), alphaquartz (20,48%), feldspar (12,91%) dan montmorillonite (6,41%) dengan komposisi kimianya didominasi oleh SiO<sub>2</sub> (57,57%) dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (22,08%). Pengujian kuat geser tanah yang dilakukan pada conto dari Wanareja, mendapatkan nilai kohesi efektif (*c'*) antara 0,046 - 0,287 kg/cm<sup>2</sup>. Sementara itu sudut geser dalam efektif tanah ( $\phi'$ ) berkisar antara 15,60° - 24,12°.

Berdasarkan data analisis diatas, tanah didaerah penelitian pada kedalaman hingga 1 – 1.5 m merupakan zona fluktuasi kadar air. Kondisi ini berpengaruh terhadap tegangan geser tanah dan akhirnya berpengaruh pula terhadap daya dukung tanah dan stabilitas lereng. Indeks plastis tanah > 35% (Chen, 1988) menunjukkan tanah bersifat ekspansif, dan mineral lempung (*kaolinite dan halloysite*) menyebabkan tanah banyak menyimpan air. Dalam hal ini, apabila tanah menjadi jenuh, tegangan geser dan kohesi tanah akan turun. Permasalahan geoteknik yang terjadi pada tanah residual seringkali disebabkan oleh perubahan derajat kejenuhan tanah, permasalahan ini menjadi penyebab utama timbulnya gerakan tanah di daerah penelitian. Kuat geser tanah di daerah penelitian yang termasuk rendah, sangat dipengaruhi oleh besar butir tanah, sedangkan kohesi tanah sangat ditentukan oleh jenis tanah dan kepadatannya. Sehingga kandungan mineral tanah, bentuk partikel, angka pori dan kadar air berperan terhadap kuat geser tanah. Dari identifikasi sifat-sifat tanah terlihat bahwa kandungan lempung dan nilai *shrinkage limit* cukup besar menyebabkan kembang susut tanah tinggi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Daerah penelitian memiliki jenis tanah yang dapat diklasifikasikan sebagai lempung organik (OH dan MH) dengan plastisitas sedang – tinggi.
2. Memiliki tanah bersifat ekspansif, nilai keaktifan tanah 1,33 – 2,22, kandungan mineralogi terdiri dari halloysite (60,20%), alphaquartz (20,48%), feldspar (12,91%) dan montmorillonite (6,41%) dengan komposisi kimianya didominasi oleh SiO<sub>2</sub> (57,57%) dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (22,08%).
3. Tingkat mengembang dan menyusut tanah di daerah penelitian tinggi.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan terlaksananya kegiatan penelitian ini, maka kami seluruh anggota tim mengucapkan terimakasih kepada Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI yang telah memberikan kesempatan melakukan penelitian, kepada teknisi, analis, dan seluruh rekan-rekan yang telah membantu kegiatan lapangan, laboratorium sehingga laporan penelitian dapat diselesaikan.

## PUSTAKA

- Chen, F. H., 1975, *Foundation on Expansive Soil*, Elsevier Science Publishing Company, NewYork.
- Dearman, W.R. & Irfan, T.Y. 1978. Classification and index properties of weathered coarse-grained granites from south-west England. *Proceedings of the Third International Congress International Association of Engineering Geology*, 2, 119-130.
- Hirnawan, F. 1999. *Peningkatan Parameter Ketahanan Lempung Lapukan Breksi Vulkanik Oleh Peran Vegetasi*, Teknologi Indonesia, Jilid XXII, No. 1 - 2, 1999
- Hardiyatmo, HC., 2006. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Karnawati, D., 2010, *Peran Geologi Teknik Dan Lingkungan Dalam Pengurangan Risiko Bencana Gerakan Tanah*, Pidato Pengukuhan Guru Besar Dalam Bidang Teknik Geologi. UGM, Yogyakarta.
- Rahardjo. 2005. Residual and Volcanics Soils for University Parahyangan Presentation. *Proceeding of Parahyangan National Seminar*. 2005, pp 11-18.
- Sadisun, IA., 2001. *Pengaruh pelapukan batulempung Formasi Subang terhadap beberapa sifat keteknikannya guna menunjang efektivitas pemilihan desain perkuatan lereng*, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral Institut Teknologi Bandung.
- Saroso. BS., 2002. *Geology and Landslide in Indonesia*. *Proceeding of National Seminar Slope*, Bandung, pp 1-13.
- Tohari, A., dkk, 2005, *Studi pengaruh curah hujan terhadap gerakantah di Sumedang, Jawa Barat*, Lapaoran Penelitian Puslit Geoteknologi-LIPI, Bandung.

Wibowo.YS., dkk., (2009) Karakteristik Keteknikkan Tanah Residual Pada Beberapa Lokasi longsor di Daerah Kebumen, Jawa Tengah, Proseding Pemaparan Hasil Penelitian, Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI.

Wessley, L.D., 2003. Mekanika Tanah, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.