

PERILAKU AKTIVITAS TANAH UNTUK MENDUKUNG INFRASTRUKTUR DI MAJALENGKA DAN SEKITARNYA

Zufialdi Zakaria

Laboratorium Geologi Teknik, Fakultas Teknik Geologi, UNPAD

ABSTRACT

Physical development of the region will always be associated with infrastructure studies. Construction plans in Kertajati International Airport, will bring the study of the infrastructure related to public facilities, which supports the international airport in West Java. Including a study of infrastructures are the foundation for buildings, roads, bridges, buildings, dams, etc., also the slope which is the result of slope stability design. This study discusses the behavior of the activity of high plasticity clay (CH) toward safety factor of slope and soil bearing capacity. Safety factor of slope is represented by value of FS (Factor of Safety) with a specified slope angle, so the increasing soil activity (A) is known relationship with a decrease in the value of the slope safety factor (FS). Soil bearing capacity is represented by the value of qa (allowable soil bearing capacity) for square and circular foundation type, so that the relationship of soil bearing capacity is decreasing with increasing value of soil activity. The study is expected to be developed, to facilitate the safety factor is the estimated slope and soil bearing capacity estimated by examining the number of activity as an early indicator. The relationship between the allowable soil bearing capacity (qa) for shallow foundations (of a square type) with soil activity (Skempton, and Seed) shows the equation $qa = 7.89890 A^{(-1.01759)}$ a negative relationship with correlation coefficient $R = -0.754$, and $qa = 8.81669 A^{(-0.83957)}$ a negative relationship with correlation coefficient $R = -0.722$. The relationship between the allowable soil bearing capacity (qa) for shallow foundation (of a circular type) with soil activity (Skempton, and Seed) shows the equation $qa = 7.80513 A^{(-1.06644)}$ a negative relationship with correlation coefficient $R = -0.780$, and $qa = 8.77028 A^{(-0.88473)}$ a negative relationship with correlation coefficient $R = -0.722$, it indicates that bearing capacity land values decline with increasing soil activity. The relationship between the security factor (FS) with 15° slope angle A activity figures show the equation $FS = 1.517 A^{-0.79}$ with $R^2 = 0.625$; The relationship between the safety factor (FS) with 30° slope angle A activity figures show the equation $FS = 1.721 A^{-0.78}$ with $R^2 = 0.64$. Handling of expansive soil can be through soil improvement. To planning the foundation and slope infrastructures, is required safe design in accordance with assessment of soil bearing capacity and Factor of Safety (FS) of slopes, in order to avoid design failure.

Keywords: activity rate, bearing capacity land, foundations, the safety factor.

ABSTRAK

Pengembangan fisik wilayah akan selalu berhubungan dengan kajian infrastruktur. Rencana dibangunnya Bandara Internasional di Kertajati, akan memunculkan kajian terhadap infrastruktur yang berkaitan dengan fasilitas umum, yang mendukung sistem Bandara Internasional Jawa Barat. Termasuk kajian infrastruktur, adalah fondasi untuk bangunan, jalan, jembatan, gedung, bendungan, dan lain-lain, juga lereng yang merupakan hasil dari desain lereng. Penelitian ini membahas perilaku aktivitas tanah lempung plastisitas tinggi (CH) terhadap Faktor keamanan lereng dan dayadukung tanah. Faktor Keamanan lereng diwakili nilai FS (Factor of Safety) dengan sudut lereng yang ditentukan, sehingga diketahui hubungan peningkatan aktivitas tanah (A) dengan penurunan nilai faktor keamanan lereng (FS). Dayadukung tanah diwakili oleh nilai qa (dayadukung tanah yang diijinkan) untuk fondasi jenis segiempat dan lingkaran, sehingga diketahui hubungan penurunan dayadukung tanah yang sejalan dengan peningkatan nilai aktivitas tanah. Penelitian diharapkan dapat dikembangkan, untuk memudahkan perkiraan Faktor Keamanan lereng maupun perkiraan dayadukung tanah dengan mengkaji angka aktivitasnya sebagai indikator awal. Hubungan antara nilai daya dukung tanah (qa) yang diijinkan untuk fondasi dangkal bentuk segiempat dengan angka Aktivitas A (cara Skempton, dan Seed) memperlihatkan persamaan $qa = 7,89890 A^{(-1.01759)}$ hubungan negatif dengan koefisien korelasi $R = -0.754$, dan $qa = 8,81669 A^{(-0.83957)}$ hubungan negatif dengan koefisien korelasi $R = -0.722$. Hubungan antara nilai daya dukung tanah (qa) yang diijinkan untuk fondasi dangkal bentuk lingkaran dengan angka Aktivitas A (cara Skempton dan Seed) memperlihatkan persamaan $qa = 7,80513 A^{(-1.06644)}$ hubungan negatif dengan koefisien korelasi $R = -0.780$, dan $qa = 8,77028 A^{(-0.88473)}$ hubungan negatif dengan koefisien korelasi $R = -0.722$, hal tersebut mengindikasikan bahwa dayadukung tanah menurun sejalan dengan peningkatan nilai aktivitas tanah. Hubungan antara Faktor Keamanan (FS) sudut lereng 15° dengan angka Aktivitas A memperlihatkan persamaan $FS = 1,517 A^{-0.79}$ dengan $R^2 = 0,625$; Hubungan antara Faktor Keamanan (FS) sudut lereng 30° dengan angka Aktivitas A memperlihatkan persamaan $FS = 1,721 A^{-0.78}$ dengan $R^2 = 0,64$. Penanganan tanah ekspansif dapat melalui soil improvement. Terhadap rencana infrastuktur fondasi maupun lereng, diperlukan desain yang aman sesuai dengan penilaian dayadukung tanah dan Faktor Keamanan lereng, agar terhindar dari kegagalan desain.

Kata kunci: Angka aktivitas, dayadukung tanah, fondasi, faktor keamanan.

PENDAHULUAN

Aktivitas tanah berhubungan dengan indeks plastisitas (IP) dan jumlah prosentase lempung atau material tanah halus berukuran kurang dari 2 μm . Angka aktivitas tanah lempung adalah perbandingan dari indeks plastisitas dengan lempung. Cara ini digunakan oleh Skempton (1953, dalam Hunt 2007) untuk menilai aktivitas tanah. Tulisan ini membahas perilaku aktivitas tanah halus (lempung) yang dapat berpotensi ekspansif, yaitu tanah mengembang jika basah dan mengerut jika kering. Sifat tersebut akan mempengaruhi kekuatan infrastruktur (jalan, fondasi, gedung, jembatan, dan bangunan lainnya, termasuk lereng rekayasa).

Dengan mengetahui karakter fisik dan mekanik tanah halus serta perilaku aktivitasnya, maka dapat diketahui pula hubungannya dengan infrastruktur tersebut. Tanah ekspansif adalah salah satu kelemahan geologi dalam pembangunan infrastruktur, sehingga keberadaannya maupun perilakunya perlu diketahui agar dapat digunakan dalamantisipasi maupun stabilisasi.

Berdasarkan geologi regional yang dipetakan oleh Djuri (1995), geologi daerah Majalengka terdiri Batuan beku Andesit; Batupasir gampingan, tuf, lempung dan lanau dari Formasi Cinambo Anggota Batupasir; Serpih dengan selingan batupasir dan batugamping, batupasir gampingan, batupasir tufaan dari Formasi Cinambo Anggota Serpih; Breksi, tuf, lempung dan konglomerat dari Formasi Halang, Anggota bagian Bawah; Batupasir tuf, lempung, dan konglomerat dari Formasi Halang, Anggota bagian Atas Batulempung dari Formasi Subang; Batulempung dari Formasi Kaliwangu; Batugamping koral Formasi Citalang anggota Lensa Batugamping; Batupasir tufaan dari Formasi Citalang; Tuf, breksi tuf dan lava dari Hasil Gununggapi Tua Tak Teruraikan; Breksi gununggapi dan endapan lahar dari Hasil Gununggapi

Tua Breksi; Lava dari Hasil Gununggapi Tua Lava; Breksi, lava bersifat andesit dan basal, pasir tufan, lapili dari Hasil Gununggapi Muda Lava; dan Aliran lava muda G. Cireme, bersifat andesit, tersingkap di sekitar G. Cireme; dan aliran lava muda G. Tampomas bersifat basal, tersingkap di bagian barat.

Hasil pelapukan batuan-batuan tersebut di atas berperan dalam membentuk tanah (soil) di wilayah Majalengka. Tanah dipengaruhi oleh batuan dasar, topografi, waktu, organisme, dan cuaca.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Tanah halus baik lempung maupun lanau dari beberapa lapukan batuan-batuan di atas, mempunyai sifat karakteristik yang khas sesuai dengan komposisi mineral penyusunnya. Salah satu sifat tersebut adalah sifat mengembang terutama jika ada air, dan mudah hancur jika terkena udara atau terlapukkan yang secara fisik berupa remuknya lempung, pecah berkeping-keping dan urai (Broto-dihardjo, 1990). Salah satu Formasi yang terkenal dengan sifat mengembang yang tinggi sampai sangat tinggi adalah lempung Formasi Subang (Nurjamil, et al., 2005) yang terdapat juga di daerah penelitian.

Kebanyakan problema dalam ke-teknikan tanah adalah pemunculan tanah lempung. Tanah lempung dapat mengalami penyusutan (*shrinkage*) dan pengembangan (*swelling*). Penyusutan dan pengembangan tanah ini akan mengakibatkan pengaruh yang besar terhadap bangunan atau struktur sipil lainnya seperti: a) Kenaikan (*heave*) dan retak-retak (*cracking*) pada perkerasan jalan, b) Kenaikan (*heave*) dan pecah/jebol (*buckling*) pada lantai dasar, c) Kenaikan (*heave*) dan pecah/jebol (*buckling*) pada bendungan (Yuliet, et al., 2007).

Sifat mengembang pada umumnya menyebabkan tanah bersifat ekspansif, yaitu menyusut dan mengembang yang besar sesuai perubahan

kadar air tanah karena terjadinya perubahan volume apabila kandungan air dalam tanah berubah (Mudjihardjo dkk, 1997). Sifat mengembang biasanya muncul pada tanah halus berupa lempung plastisitas tinggi (CH), tapi bisa juga muncul pada lanau plastisitas tinggi (MH) yang mengandung lempung. Pemunculannya di permukaan memberikan masalah tersendiri, seperti diuraikan di atas bahwa sifat mengembang akan menyebabkan tanah bersifat ekspansif terutama jika terkena air, yang kemudian akan berpengaruh kepada sifat mekanika tanah lainnya, lebih jauh lagi akan berpengaruh kepada infrastruktur seperti fondasi yang mempunyai nilai dayadukung-tanah, dan nilai Faktor Keamanan untuk kestabilan lereng. Dengan demikian, maka tanah halus di daerah penelitian pun diduga kuat mempunyai kelemahan geologi yang dapat merembet ke masalah lingkungan lainnya, antara lain terhadap kerusakan infrastruktur seperti fondasi bangunan dan kerusakan fondasi atau badan jalan.

METODE PENELITIAN

Beberapa metode untuk pengujian aktivitas tanah ekspansif telah dikembangkan antara lain mengukur parameter indeks plastisitas (IP), jumlah fraksi lempung (% lempung) dan nilai aktivitas (A). Nilai Aktivitas A secara teoritis menentukan keaktifannya. Nilai A didapat dari perbandingan Indeks Plastisitas dengan % lempungnya (Lambe & Whitman, 1979). Tanah dengan nilai A diatas 1 biasanya merupakan tanah dengan aktivitas tinggi yang cenderung ekspansif. Dengan metode lainnya, potensi mengembang tanah dapat diperkirakan, yaitu dengan metoda Williams & Donaldson (Williams & Donaldson, 1980, dalam Hunt, 2007) dan metoda Seed (Seed, 1962, dalam Hunt, 2007) dapat digunakan untuk melihat potensi pengembangan tanahnya. Sifat pengelompokan data yang diperlihatkan dalam metoda Williams & Donaldson dapat

dibandingkan dengan pengelompokan data dalam metoda Seed.

Perhitungan dayadukung tanah yang aman untuk suatu fondasi dapat dilakukan dengan menyesuaikan bentuk fondasi, lebar dan kedalaman fondasi. Daya dukung tanah bergantung dari kohesi dan sudut geser dalam (Bowles, 1997). Untuk fondasi dangkal, kohesi (c , T/M²) dan sudut geser dalam (ϕ derajat) pada massa tanah berkondisi kering memiliki har-ga yang tinggi, namun peningkatan kadar airtanah akan menurunkan c dan, ϕ sehingga menurunkan nilai dayadukung tanah (Zakaria, 2006).

Penurunan nilai dayadukung untuk fondasi, juga terjadi sejalan dengan peningkatan nilai aktivitas A (Sophian, et al., 2007). Berdasarkan studi oleh Bowles (1997), nilai daya dukung dari Terzaghi mempunyai nilai terkecil atau dalam arti lain mempunyai nilai paling aman bagiantisipasi keruntuhan lereng. Oleh sebab itu dalam menghitung daya dukung tanah untuk fondasi dangkal digunakan cara perhitungan Terzaghi (1997) sebagai berikut :

Fondasi tipe *square*:

$$q_{ult} = 1,3 c.N_c + q.N_q + 0,4 \phi B N_\gamma$$
$$q_a = (q_u) / (F)$$
$$F = 3$$

Fondasi tipe *circular*:

$$q_{ult} = 1,3 c.N_c + q.N_q + 0,3 \phi B N_\gamma$$
$$q_a = (q_u) / (F)$$
$$F = 3$$

q_{ult}	= ultimate soil bearing capacity
c	= kohesi tanah
q	= $\gamma \times D$ (bobot satuan isi tanah x kedalaman)
B	= dimensi lebar atau diameter fondasi
ϕ	= sudut geser dalam
N_c, N_q, N_γ	Faktor dayadukung tanah, bergantung kepada ϕ

q_{ult} adalah dayadukung batas,
 q_a adalah dayadukung yang diijinkan,

dan F adalah Faktor Keamanan)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variable tanah yang diperlukan untuk perhitungan dayadukung tanah dan Faktor Keamanan, serta hasil perhitungan dayadukung tanah serta nilai Faktor Keamanan lereng dapat dilihat pada Tabel 1. Hubungan antara nilai daya dukung tanah (q_a) yang diijinkan untuk fondasi dangkal bentuk **segiempat** dengan angka Aktivitas A (cara Skempton) memperlihatkan persamaan $q_a = 7,89890 A^{(-1,01759)}$ hubungan negatif dengan koefisien korelasi $R = -0.754$ (Gambar 2a), dan $q_a = 8,81669 A^{(-0,83957)}$ hubungan negatif dengan koefisien korelasi $R = -0.722$ (Gambar 2b).

Hubungan antara nilai daya dukung tanah (q_a) yang diijinkan untuk fondasi dangkal bentuk **lingkaran** dengan angka Aktivitas A (cara Skempton dan Seed) memperlihatkan persamaan $q_a = 7,80513 A^{(-1,06644)}$ hubungan negatif dengan koefisien korelasi $R = -0.780$ (Gambar 3a), dan $q_a = 8,77028 A^{(-0,88473)}$ hubungan negatif dengan koefisien korelasi $R = 0.722$ (Gambar 3b), hal tersebut mengindikasikan bahwa dayadukung tanah menurun sejalan dengan peningkatan nilai aktivitas tanah. Hubungan antara Faktor Keamanan (FS) sudut lereng 15° dengan aktivitas A memperlihatkan persamaan $FS = 1,517 A^{-0,79}$ dengan $R^2 = 0,625$; Hubungan antara Faktor Keamanan (FS) sudut lereng 30° dengan angka Aktivitas A memperlihatkan persamaan $FS = 1,721 A^{-0,78}$ dengan $R^2 = 0,64$ (Gambar 4).

Berdasarkan hubungan IP (Indeks Plastis) versus % lempung dengan metoda Williams & Donaldson (Williams & Donaldson, 1980, dalam Hunt, 2007), didapatkan adanya tanah dengan aktivitas sangat tinggi meskipun nilai A tidak besar, malah nilai A besar ternyata aktivitasnya sedang (Gambar 5).

Berdasarkan hubungan angka aktivitas A versus %-lempung dengan metoda Seed (Seed, 1962, dalam Hunt, 2007), didapatkan adanya

perkiraan tanah berpotensi mengembang dari rendah sampai sangat tinggi (Gambar 6). Dengan menggunakan dua grafik di atas, maka terlihat bahwa tanah ekspansif dapat diprediksi.

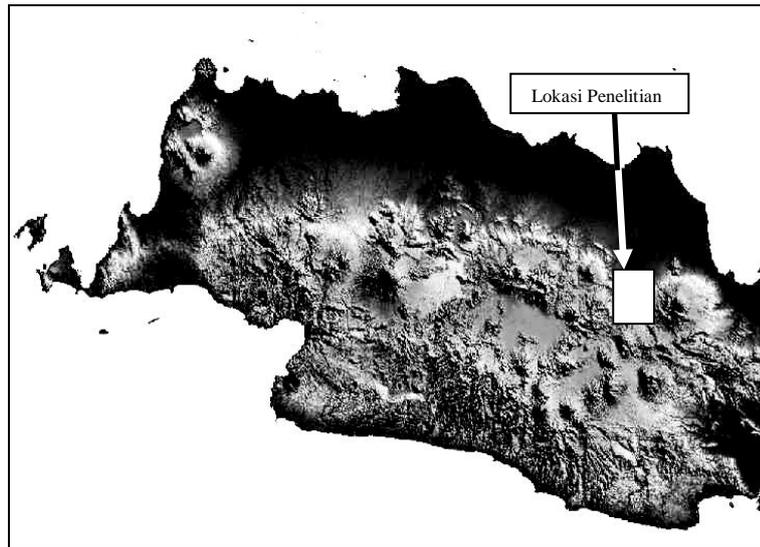
Berdasarkan hal-hal di atas, maka penanganan tanah ekspansif diperlukan dalam perencanaan fondasi dengan dayadukung yang memadai. Oleh sebab itu diperlukan penanganan tanah ekspansif, diantaranya melalui *soil improvement*, misalnya pencampuran tanah ekspansif (yang biasanya berupa tanah halus) dengan kapur yang akan mengurangi sifat mengembangnya. Sifat mengembang dari Na-Aluminium Silikat dapat berkurang dengan cara pencampuran kapur sehingga terjadi substitusi Na^{++} dengan Ca^{++} menjadi Ca-Aluminium Silikat atau CaNa-Aluminium Silikat.

KESIMPULAN

Perkiraan tanah ekspansif dengan potensi mengembangnya dapat dilakukan dengan metode Williams & Donaldson (Hunt, 2007), dan metoda Seed (Hunt, 2007) secara bersamaan. Pada kajian hubungan nilai aktivitas dengan nilai dayadukung tanah didapatkan kesimpulan bahwa penurunan dayadukung tanah (q_a) sejalan dengan kenaikan angka aktivitas (A). *Soil improvement* merupakan upaya dalam mengurangi sifat ekspansivitas tanah aktif.

DAFTAR PUSTAKA

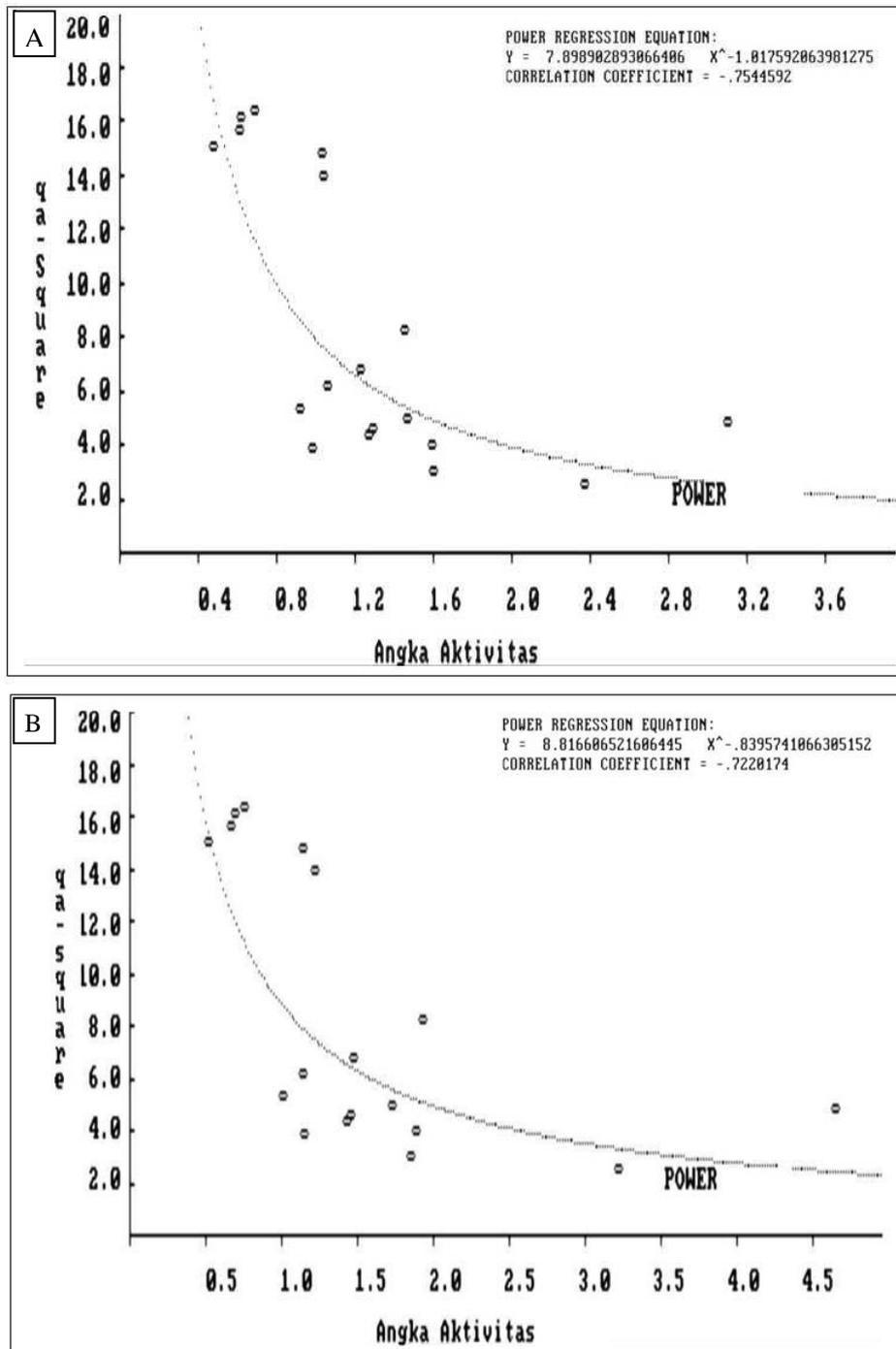
- Bowles, J. E., 1997, *Analisis dan Desain Fondasi*, Penerbit Erlangga, 493 hal.
- BPREC & FTG Unpad, 2009, *Studi mengenai dampak dan pengaruh getaran Seismik 2D pada gerakan tanah di Kabupaten Majalengka*. Laporan Penelitian, tidak dipublikasi.
- Brotodihardjo, A.P.P., 1990, Masalah Geoteknik di Sekitar Rencana Terowongan/Saluranirigasi Karedok Kanan, DAS Cimanuk, *Proceedings Pertemuan Ilmiah Tahunan IAGI XIX*, 11-13 Des.1990, hal. 132-142
- Djuri, 1995, Peta Geologi Regional, Lembar Geologi Lembar Arjawinangun, Jawa, Skala 1:100.000, Pusat Survey Geologi (PSG)
- Hunt, R.E., 2007, *Geologic Hazards, a field guide for geotechnical engineers*, CRC Press, p. 184-196
- Lambe, T.W., & Whitman, R.V., 1979, *Soil Mechanics – SI Version*, John Wiley & Sons, Singapore, 553 pp.
- Mudjihardjo, D., Sucipto, & Cindarto, 1997, Karakteristik tanah ekspansif studi kasus rencana Pabrik Glukose Cimalaya-Cikampek, *Bulletin Pusair*, No. 25, Th. VII, September 1997, ISSN: 0852-5919. hal. 16-24.
- Nurjamil, I., Sadisun, I.A., & Bandono, 2005, Pengaruh derajat pelapukan terhadap potensi mengembang batulempung Formasi Subang, *Proceeding Joint Convention HAGI, IAGI & PERHAPI, Surabaya*, hal 905 – 912.
- Sophian, I., Zakaria, Z., & Yuniardi, Y., 2007, Aktivitas tanah lapukan breksi vulkanik dan implikasinya terhadap kekuatan fondasi di Jatinangor, *Bulletin of Scientific Contribution*. Vol. 5, No., 1, Januari 2007, ISSN 1693-4873, hal. 42-48
- Sudarsono, U., & Hasibuan, G., 2011, Karakteristik geologi teknik tanah residu batuan sedimen Kuartar Bawah daerah Kertajati, Majalengka Jawa Barat, *Jurnal Geologi Indonesia*, vol 6., No.3, September 2011, hal177-189.
- Yuliet, R., Andriani, & Utama, H., 2007, Uji perilaku mengembang pada tanah lempung Aie Pacah dengan metode Free Well Test, *Teknika*, No. 27, Vol. 3, Tahun XIV, April 2007, ISSN: 854-8471, hal. 38-44.
- Zakaria, Z., 2006, Evaluasi lingkungan geologi kawasan Jatinangor, Sumedang *Bulletin of Scientific Contribution*, Vol.4, No. 4, Juli 2006, ISSN 1693 – 4873, hal. 1-7



Gambar 1. Lokasi penelitian

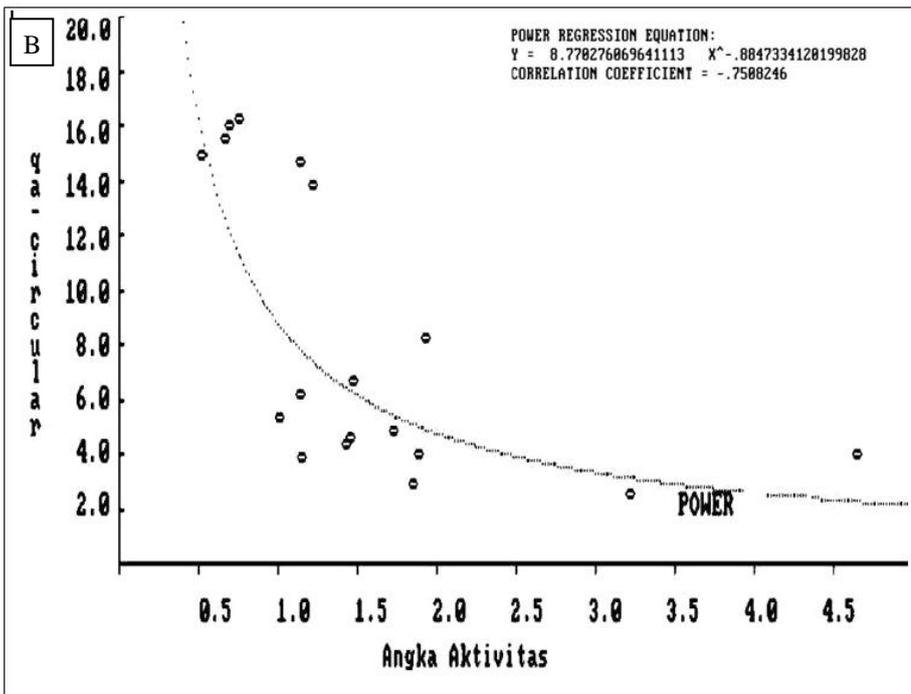
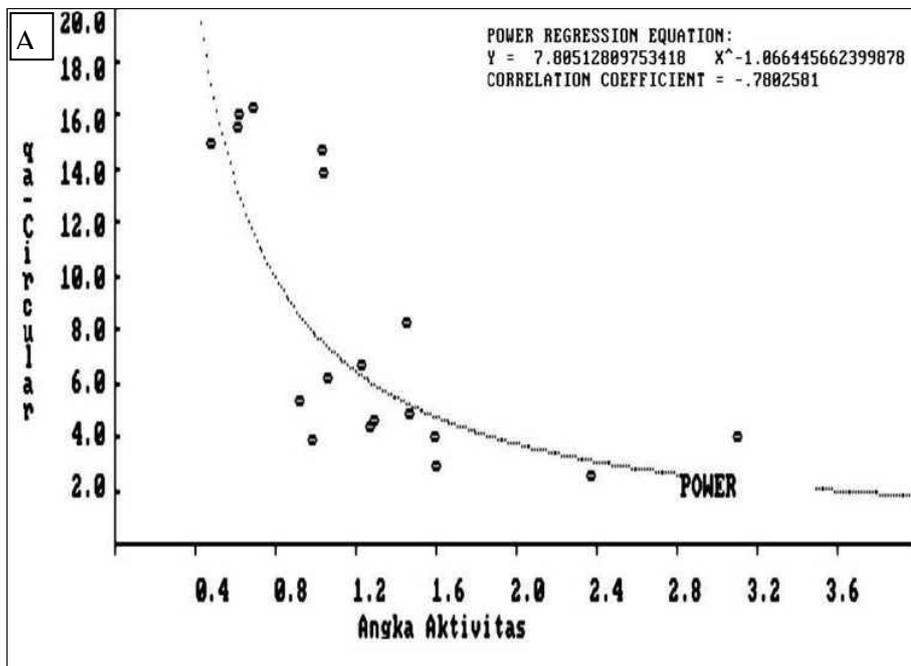
Tabel 1. Variabel tanah yang dibutuhkan untuk perhitungan q_a dan FS (BPREC & FTG Unpad, 2009; Sudarsono & Hasibuan, 2011)

No.	Kode	Data sampel tanah						symbol	Aktivitas		Dayadukung				FS	
		c T/M2	ϕ (o)	γ_{wet} g/cm ³	IP %	I _{pg < 5μ %}	A Skempton		A Seed	segi-4	circular	segi-4	circular	15	30	
										qu T/M2	qu T/M2	qa T/M2	qa T/M2			
1	st1.2	1,34	5,25	1,70	47,68	52,00	CH	0,92	1,01	16,12	16,03	5,37	5,34	1,454	1,319	
2	st1.4	1,62	5,65	1,61	76,65	72,00	CH	1,06	1,14	19,19	19,10	6,40	6,37	1,857	1,702	
3	st2.4	3,11	10,66	1,82	36,67	60,00	CH	0,61	0,67	46,89	46,64	15,63	15,55	2,729	2,47	
4	st2.5	2,35	15,15	1,56	29,53	48,00	CH	0,62	0,69	48,45	48,05	16,15	16,02	2,813	2,46	
5	st2.6	1,40	3,24	1,62	50,03	34,00	CH	1,47	1,73	14,72	14,67	4,91	4,89	1,428	1,33	
6	st3.4	1,44	19,57	1,42	30,28	63,00	CH	0,48	0,52	45,24	44,56	15,08	14,85	2,792	2,328	
7	st5.4	1,83	16,59	1,50	52,45	51,00	CH	1,03	1,14	44,35	43,85	14,78	14,62	2,895	2,495	
8	st6.1	2,71	13,43	1,55	41,45	60,00	CH	0,69	0,75	40,05	48,73	13,35	16,24	2,602	2,297	
9	st6.6	2,38	12,65	1,52	35,29	34,00	CH	1,04	1,22	41,72	41,43	13,91	13,81	2,369	2,083	
10	st6.8	2,42	4,33	1,42	29,01	20,00	CH	1,45	1,93	24,71	24,65	8,24	8,22	1,92	1,794	
11	ts.17	1,00	4,00	1,77	49,17	31,00	CH	1,59	1,89	11,98	11,91	3,99	3,97	1,01	0,912	
12	ts.18	0,90	6,00	1,95	59,86	47,00	CH	1,27	1,43	13,13	13,00	4,38	4,33	0,952	0,823	
13	ts.19	0,90	5,00	1,93	46,49	15,00	CH	3,10	4,65	12,02	11,92	4,01	3,97	0,906	0,795	
14	ts.20	0,40	9,00	1,45	57,50	36,00	CH	1,60	1,85	8,96	8,81	2,99	2,94	1,007	0,805	
15	ts.22	1,00	4,00	1,63	34,38	35,00	CH	0,98	1,15	11,75	11,68	3,92	3,89	1,064	0,963	
16	ts.23	0,40	6,00	1,73	45,06	19,00	CH	2,37	3,22	7,63	7,52	2,54	2,51	0,738	0,608	
17	ts.25	1,90	4,00	1,82	38,10	31,00	CH	1,23	1,47	20,23	20,15	6,74	6,72	1,506	1,397	
18	ts.27	1,00	6,00	1,77	55,43	43,00	CH	1,29	1,46	13,76	13,65	4,59	4,55	1,096	0,961	



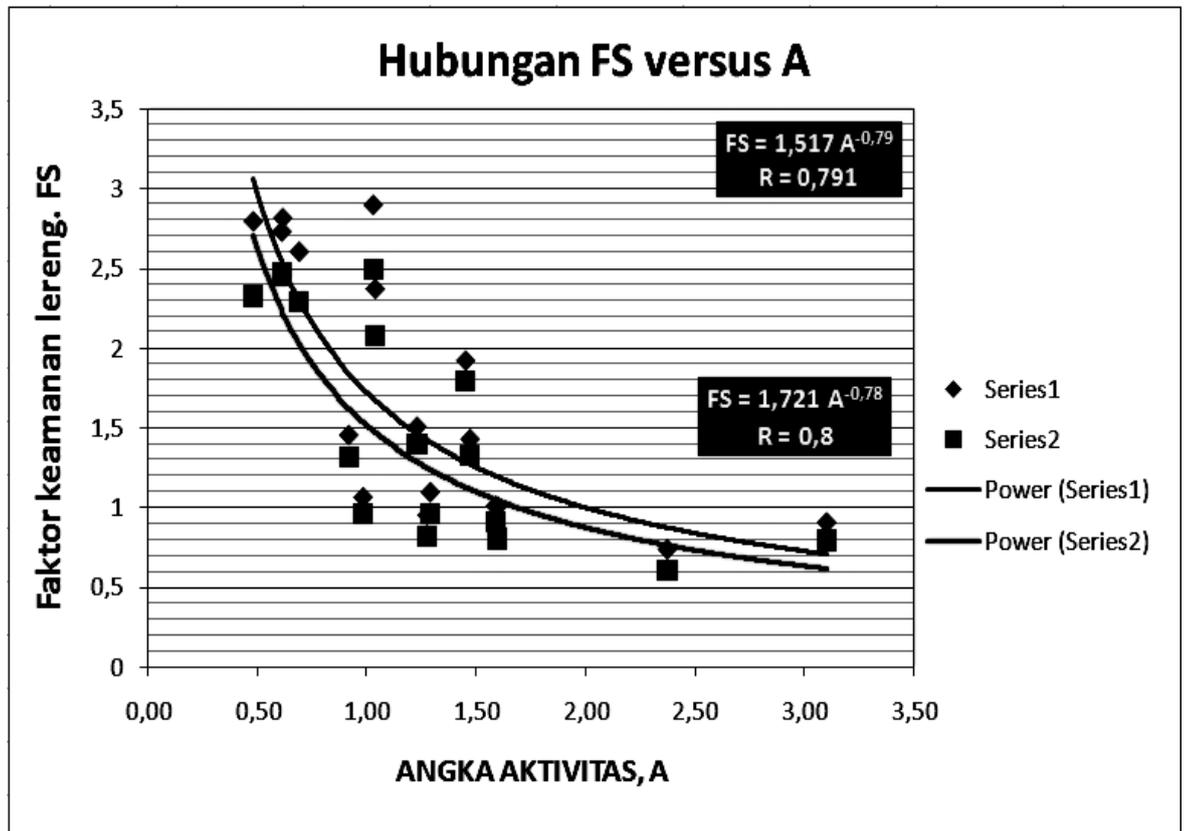
Gambar 2.

Hubungan antara nilai daya dukung tanah (q_a) yang diijinkan untuk fondasi dangkal bentuk segiempat dengan angka Aktivitas A (2A, Skempton; dan 2B, Seed)



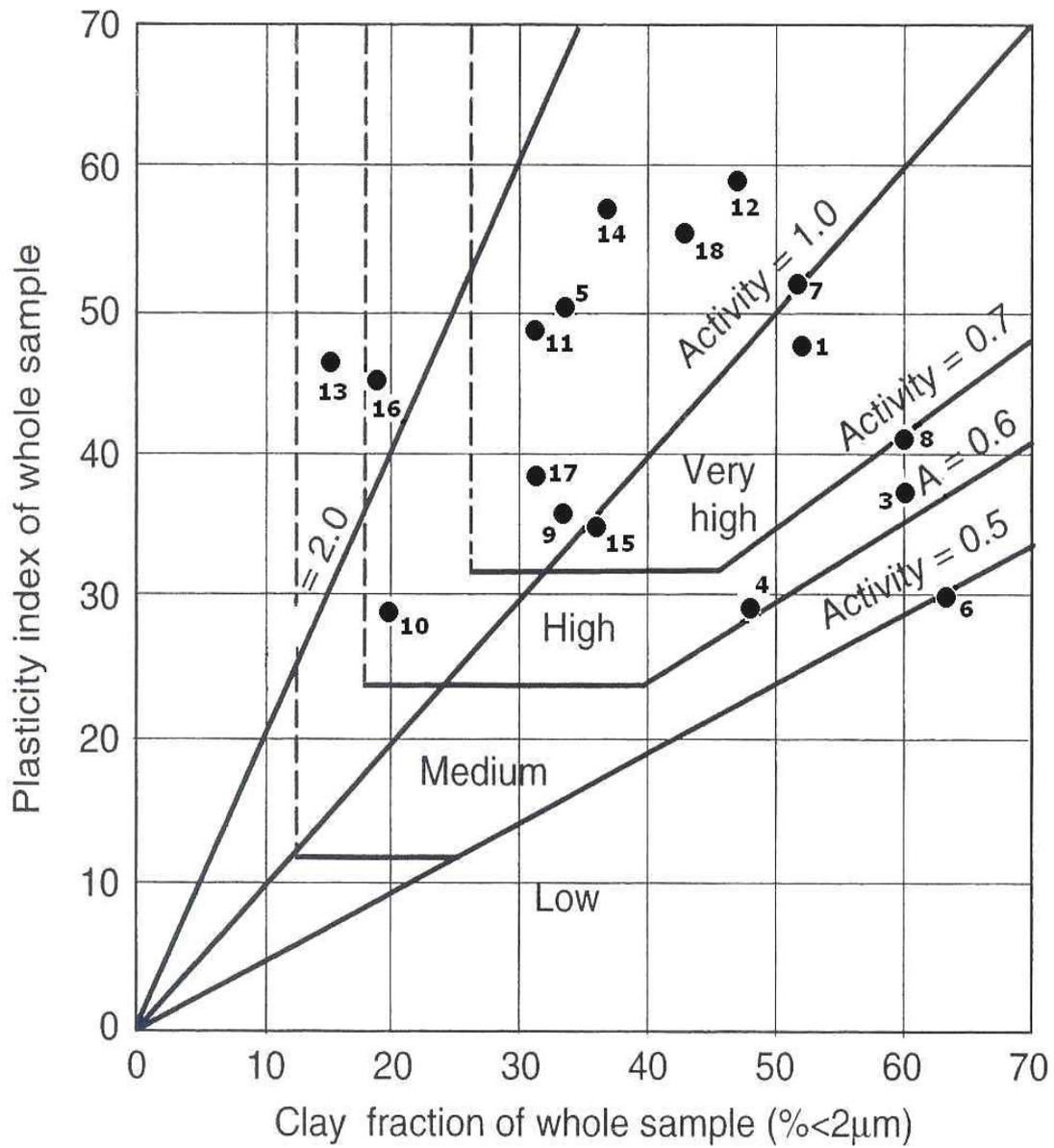
Gambar 3.

Hubungan antara nilai daya dukung tanah (q_a) yang diijinkan untuk fondasi dangkal bentuk lingkaran dengan angka Aktivitas A (3A, Skempton; dan 3B, Seed)



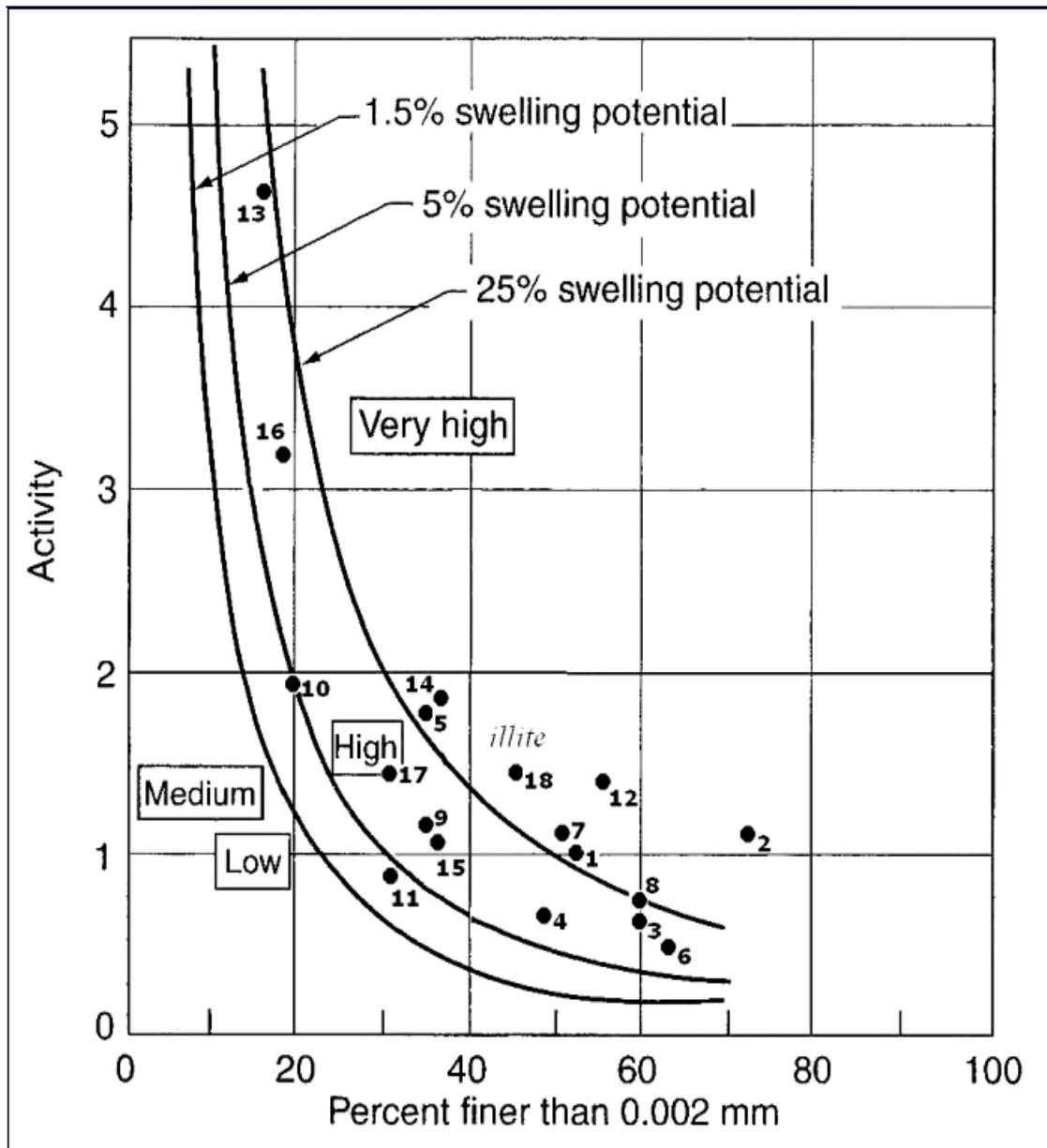
Gambar 4.

Hubungan antara Faktor Keamanan (FS) sudut lereng 15° dan 30° dengan angka Aktivitas A



Gambar 5.

Hubungan IP (Indeks Plastis) versus % lempung dengan metoda Wiliams & Donaldson (Wiliams & Donaldson,1980, dalam Hunt, 2007)



Gambar 6.

Hubungan angka aktivitas A versus % lempung dengan metoda Seed (Seed, 1962, dalam Hunt, 2007),