

Pengaruh Campuran Semen Pada Tanah Shale Bawen Terhadap Rasio Disintegritas (DR) Dan Kuat Tekan Bebas

Edi Hartono

Mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang

Sri Prabandiyani Retno Wardani

Profesor, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang

Agus Setyo Muntohar

Profesor, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

ABSTRAK: Shale mempunyai sifat yang kurang menguntungkan karena akan mengalami proses pelapukan yang cepat jika berhubungan langsung dengan udara, dan akan berkurang kapasitas dukungnya. Banyak masalah sering terjadi dengan tanah shale ini seperti kelongsoran lereng, kegagalan fondasi dan runtuhnya timbunan. Perbaikan tanah diperlukan untuk mengurangi laju degradasi dan meningkatkan kuat geser tanah. Penelitian ini menggunakan tanah shale dari ruas tol Ungaran - Bawen KM 34+800. Pengujian dilakukan untuk mengetahui degradasi shale karena siklus pembasahan dan pengeringan dengan stabilisasi semen pada pencampuran kering. Pengaruh degradasi shale diukur menggunakan nilai Rasio Disintegritas (DR). Setiap siklus terdiri dari lima menit perendaman dan satu hari pengeringan dibawah sinar matahari langsung. Uji kuat tekan bebas dilakukan dengan pemeraman 7 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan kadar semen tidak cukup signifikan mengurangi laju degradasi. Nilai kuat tekan bebas dengan kadar semen 10% meningkat empat kali lebih besar dibandingkan tanpa semen.

Kata kunci: clay shale, degradasi, stabilisasi semen, rasio disintegritas, kuat tekan bebas

ABSTRACT: Shale has an unfavorable characteristic, mainly found to exhibit slake-deterioration within a short period of time when exposed to the atmosphere and/or moistened and result in reduced soil bearing capacity. Many problems may induce by the shale characteristic during the construction of civil engineering project including slope failure, foundation damage, and embankment failure. Hence, improving the engineering properties of the shale is very important not only to reduced rate of degradation but also to increased the soils shear strength. In this study, a shale from Ungaran-Bawen Toll Highway was mixed with the Portland cement and the Disintegration Ratio (DR) of shale upon wetting and drying cycle was investigated. Each cycle considered as five minutes wetting and approximately one day drying at outdoor temperature. The Unconfined Compressive Strength (UCS) tests were conducted on the sample that was cured at seven days. Test results showed that dry mixing of cement, increased cement content did not significantly reduce the rate of degradation. In the term of strength, Portland cement treatment increased UCS. The UCS of shale Portland cement mixture of 10% of the dry unit weight of shale increased 4 times higher than untreated shale

Keyword: shale, degradation, cement stabilization, disintegration ratio, unconfined compression strength

1 PENDAHULUAN

Keberadaan clay shale sangat tidak stabil baik pada lereng maupun tanah dasar yang dihasilkan dari pemotongan atau cut-off. Hal ini memunculkan banyak masalah geoteknik seperti longsor yang terjadi pada ruas jalan tol Cipularang KM. 97+500 (Irsyam, 2007) dan jalan tol Semarang - Bawen KM. 32+000

(Alatas dkk., 2016), dimana timbunan badan jalan berada di atas material clay shale. Tanah clay shale merupakan batuan lempung yang mengalami proses litifikasi menjadi sedimen yang berlapis-lapis dan berserpih. Tanah jenis ini banyak terdapat di Indonesia maupun belahan bumi yang lain. Apabila menjumpai tanah jenis ini, biasanya para ahli geoteknik akan mengadakan penelitian lebih mendetail

bila ingin membangun struktur bangunan di atasnya. Hopkins (1988) menyebutkan bahwa shale bila digunakan sebagai bahan konstruksi menyebabkan masalah besar, karena cenderung untuk mengalami degradasi dari massa keras atau mengeras (*indurated*) menjadi massa tanah halus. Degradasi ini sering menghasilkan lempung atau lanau dengan daya dukung rendah (*weak*). Degradasi partikel shale di timbunan tidak menjadi masalah sampai beberapa tahun setelah konstruksi, degradasi sering terjadi dalam jangka waktu yang lama. Tetapi apabila material terekspos dan mengalami perubahan cuaca yang sangat tinggi, teroksidasi dan terkena air, degradasi akan terjadi dengan sangat cepat. Stark dan Duncan (1991) menyebutkan bahwa kuat geser clay shale berkurang drastis hingga mencapai sangat lunak (*fully softened strength*), apabila dalam kondisi basah dan terendam. Ketika clay shale menerima beban berulang (*cyclic loading*), kekuatannya berangsur-angsur berkurang dari sangat lunak hingga mencapai kekuatan sisa (*residual strength*).

Perbaikan tanah telah banyak dilakukan untuk mengurangi laju degradasi dan meningkatkan kuat geser tanah. Tetapi setiap tanah dan bahan stabilisasi memiliki karakteristik tersendiri, dan perilakunya akan berbeda sesuai kondisinya. Sehingga keefektifan metode stabilisasi tergantung pada banyak faktor seperti jenis tanah, komposisi mineral, jenis dan kadar bahan tambah, metode pencampuran dan tingkat degradasi tanah. Dari berbagai perbaikan tanah dengan bahan stabilisasi kimia, pencampuran kering (*dry mixing*) pada *clay shale* telah memperlihatkan keberhasilan, seperti dengan campuran semen oleh Ilori (2016), campuran kapur oleh Garzon dkk. (2016), campuran *fly ash* oleh Dayioglu dkk. (2017). Dari berbagai penelitian tersebut diketahui bahwa kadar bahan stabilisasi berbeda-beda untuk setiap jenis tanah. Stabilisasi meningkatkan kuat geser atau kuat tekan bebas, mengurangi plastisitas sehingga tanah lebih stabil. Semen merupakan bahan stabilisasi yang paling banyak digunakan karena mudah dikerjakan untuk semua jenis tanah, dan dapat meningkatkan nilai kuat geser yang cukup tinggi.

Dari penelitian-penelitian sebelumnya, diketahui proses pengujian *shale* di laboratorium dilakukan dalam durasi siklus yang lama, untuk mengetahui proses pelapukan dari kondisi sepenuhnya utuh

sampai seluruhnya tersegmentasi. Dalam penelitian ini uji degradasi *shale* dengan dan tanpa stabilisasi semen dilakukan dengan durasi siklus yang pendek, yaitu 5 menit rendaman dan satu hari pengeringan, dikarenakan untuk mengetahui laju degradasi awal pengaruh kadar semen dengan pencampuran kering. Nilai kuat tekan bebas merupakan salah satu indikator persyaratan lapis perkerasan jalan. Perbaikan tanah diperlukan untuk mengurangi laju degradasi dan meningkatkan kuat geser tanah. Penelitian ini menggunakan tanah *shale* dari ruas tol Ungaran – Bawen untuk mengetahui laju degradasi dan kuat tekan bebas dari tanah asli maupun tanah yang distabilisasi dengan semen.

2 METODE PENELITIAN

Pengujian ini menggunakan tanah *shale* ruas tol Ungaran-Bawen KM 34+800 di sekitar simpang susun Bawen. Tanah terusik (*disturbed*) diambil di permukaan tanah sampai kedalaman 1 m. Hasil uji sifat-sifat indeks tanah seperti pada Tabel 1. Hasil uji Distribusi Ukuran butiran menunjukkan bahwa butiran lolos #200 sebesar 90,43%. Berdasarkan sistem klasifikasi Unified tanah termasuk CH dan menurut sistem klasifikasi AASHTO termasuk dalam tanah A-7-5.

Tabel 1. Sifat-sifat indek tanah

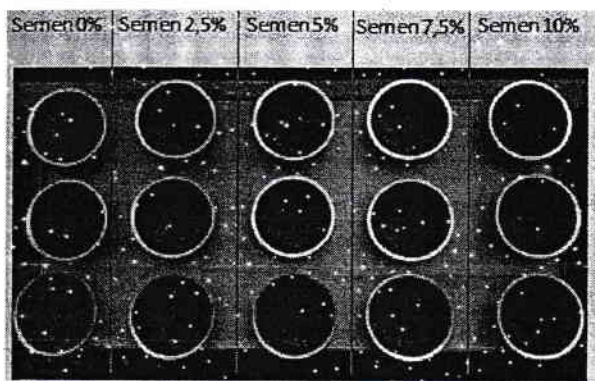
Parameter Tanah	Nilai
Kadar Air (w)	15,3-18,0%
Berat Jenis (Gs)	2,63
Batas Cair (LL)	59,75%
Batas Plastis (PL)	27,11%
Batas Susut (SL)	17,23%
Indek Plastisitas (PI)	32,64%
Pemadatan Proctor standar :	
MDD (Proctor standar)	17,35 kN/m ³
OMC (standar proktor)	16,80%

Keterangan: MDD : berat volume kering maksimum, OMC : kadar air optimum

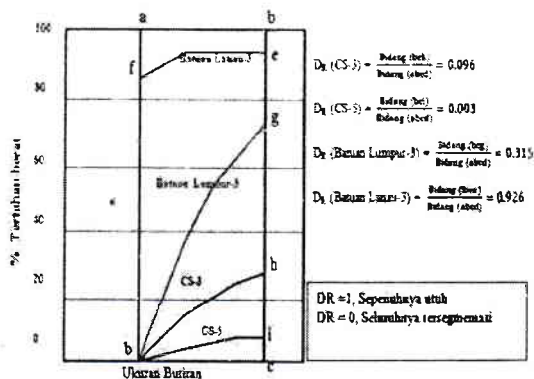
Pengujian stabilisasi semen terhadap pengaruh pelapukan menggunakan uji degradasi dengan siklus pembasahan dan pengeringan. Untuk mengetahui kekuatan tanah, menggunakan uji kuat tekan bebas. Kadar semen yang diberikan pada uji degradasi dan uji kuat tekan bebas adalah 0%, 2,5%, 5,0%, 7,5% dan 10,0% terhadap berat kering tanah.

2.1 Pembuatan Benda Uji Degradasi Tanah

Pencampuran semen pada uji degradasi dilakukan dengan merendam tanah shale lolos saringan no.4 (4,75mm) dan tertahan no.10 (2mm) selama 5 menit, dan mencampur dengan semen sesuai kadar yang diberikan sampai merata, kemudian dikeringkan. Gambar 1 menunjukkan proses pengeringan sampel uji di bawah sinar matahari. Satu siklus diawali dengan proses pembasahan dengan perendaman selama 5 menit, dilanjutkan proses pengeringan dilakukan selama 1 hari (8 jam) di bawah sinar matahari langsung, dan dilanjutkan proses penyaringan untuk memperoleh nilai Rasio Disintegritas (DR) dengan cara yang disampaikan oleh Erguler dan Shakoor (2009), seperti dapat dilihat pada Gambar 2.



Gbr. 1. Proses pengeringan uji degradasi



Gbr. 2. Penentuan rasio disintegritas (DR) (Erguler & Shakoor., 2009)

2.2 Pembuatan Benda Uji Tekan Bebas

Sebelum pembuatan benda uji tekan bebas, terlebih dahulu dilakukan serangkaian pengujian pemadatan Proctor standar untuk menentukan nilai kepadatan kering maksimum (MDD), dan kadar air optimum (OMC) baik untuk tanah asli (kadar semen 0%) maupun

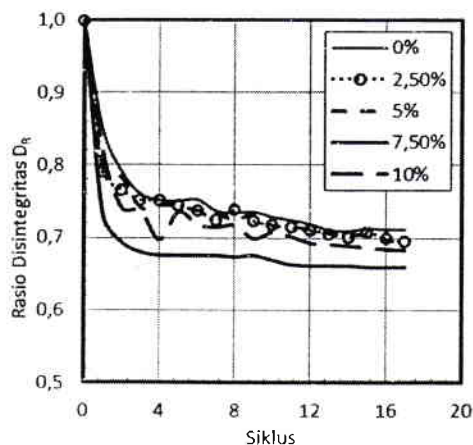
untuk tanah yang ditambahkan bahan stabilisasi semen (2,5%, 5,0%, 7,5%, dan 10%). Setelah nilai OMC dan MDD untuk setiap variasi kadar semen diperoleh, barulah benda uji tekan bebas dibuat dengan berat volume kering dan kadar air yang sesuai dengan MDD dan OMC hasil pemadatan setiap variasi kadar semen.

Benda uji kuat tekan bebas dicetak dengan ukuran diameter 52,5 mm dan tinggi 107,5 mm. Proses pencetakan benda uji dilakukan sebelum *setting time* semen. Pengujian dilakukan setelah pemeraman benda uji selama 7 hari pada suhu ruang.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

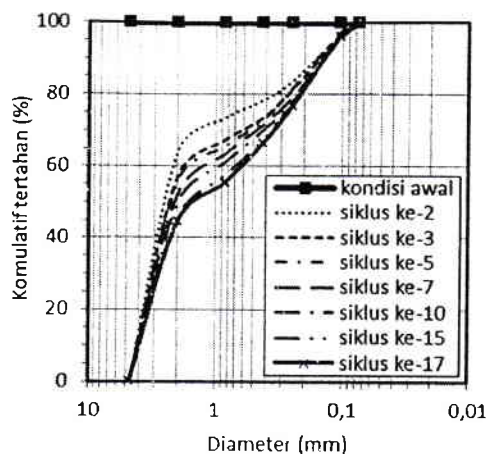
3.1 Rasio Disintegritas

Rasio disintegritas menunjukkan besarnya degradasi tanah karena pengaruh siklus pembasahan dan pengeringan, yang diperoleh dari perbandingan luasan daerah di bawah kurva kumulatif tertahan butiran diakhir setiap siklus, dengan kurva awal sebelum diuji. Besarnya rasio disintegritas pada setiap variasi kadar semen selama 17 siklus diperlihatkan pada Gambar 3. Secara umum terlihat bahwa semakin banyak siklus, rasio disintegritas semakin menurun. Rasio disintegritas mendekati konstan setelah siklus ke-4, baik untuk tanah tanpa campuran semen (kadar semen 0%) maupun tanah dengan campuran semen. Penurunan nilai rasio disintegritas (D_R) cukup besar terjadi diawal-awal siklus untuk semua kadar semen. Namun pengaruh penambahan semen tidak cukup signifikan mengurangi laju degradasi.

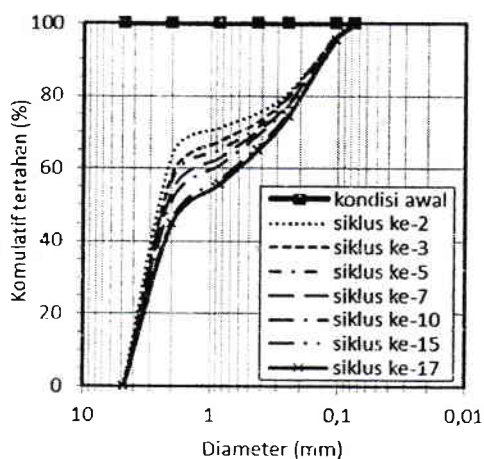


Gbr. 3. Nilai Rasio Disintegritas (DR) pada kadar semen 0%, 2,5%, 5,0%, 7,5%, dan 10,0%.

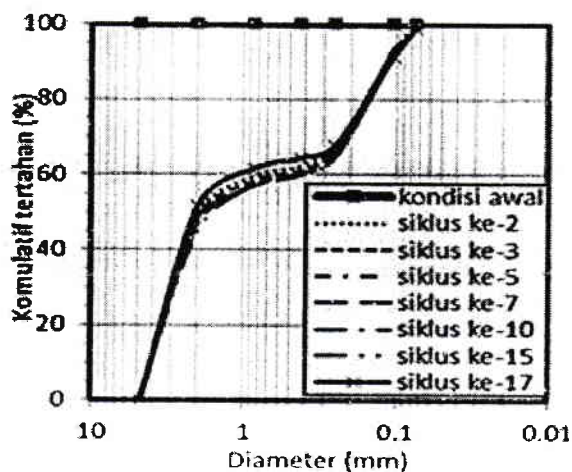
Kurva distribusi butiran setelah dilakukan uji degradasi pada tanah *shale* dengan kadar semen 0%, 2,5%, 5,0%, 7,5%, dan 10,0% dengan 17 kali siklus pembasahan dan pengeringan seperti tampak pada Gambar 4 sampai dengan Gambar 8. Terlihat dari gambar tersebut bahwa setiap penambahan siklus maka persentase kumulatif butiran yang tertahan semakin kecil. Hal tersebut mengindikasikan terjadinya proses degradasi, baik pada tanah asli maupun tanah dengan campuran semen. Pengurangan laju degradasi tampak pada penambahan kadar semen 2,5% dan 5%, namun tidak terjadi pada penambahan kadar semen 7,5% dan 10%. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena proses ikatan antara semen dan tanah yang kurang kuat dengan cara pencampuran kering seperti ini.



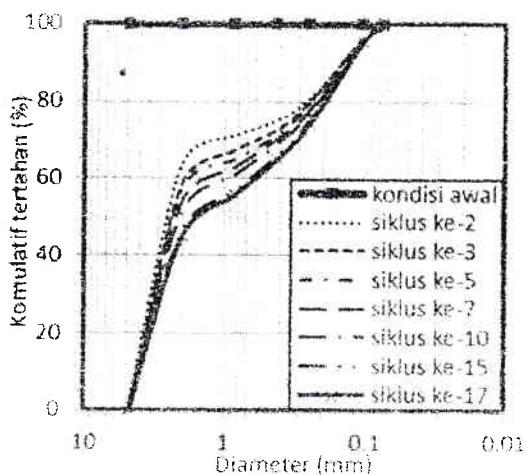
Gbr. 6. Kurva hubungan persentase berat tertahan saringan dan diameter partikel tanah (Kadar semen 5%)



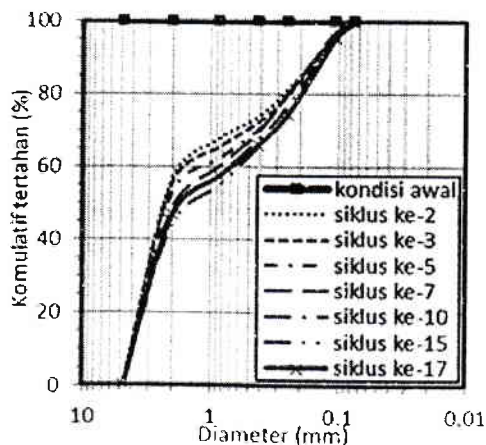
Gbr. 4. Kurva hubungan persentase berat tertahan saringan dan diameter partikel tanah (Kadar semen 0%)



Gbr. 7. Kurva hubungan persentase berat tertahan saringan dan diameter partikel tanah (Kadar semen 7.5%)



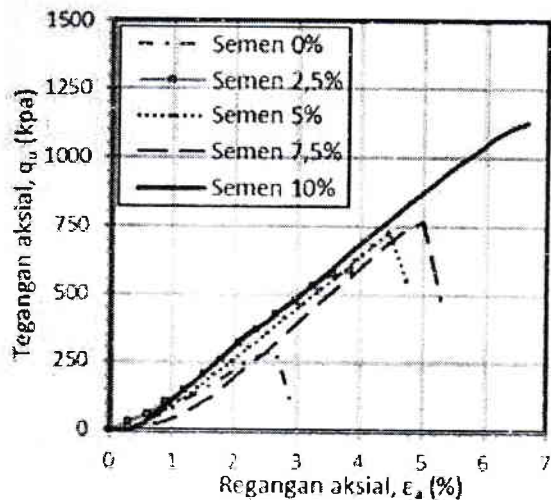
Gbr. 5. Kurva hubungan persentase berat tertahan saringan dan diameter partikel tanah (Kadar semen 2.5%)



Gbr. 8. Kurva hubungan persentase berat tertahan saringan dan diameter partikel tanah (Kadar semen 10%)

3.2 Kuat Tekan Bebas

Hasil uji kuat tekan bebas pada tanah asli (kadar semen 0%) sebesar $q_u = 294$ kPa. Penambahan kadar semen mampu meningkatkan nilai kuat tekan cukup besar. Kuat tekan bebas dengan penambahan kadar semen 2,5%, 5,0%, 7,5% dan 10,0% berturut-turut meningkat menjadi 586 kPa, 729 kPa, 767 kPa dan 1126 kPa. Gambar 5 memperlihatkan grafik hubungan tegangan dan regangan pada pengujian kuat tekan bebas.



Gbr. 5. Nilai kuat tekan bebas (q_u) berbagai variasi kadar semen

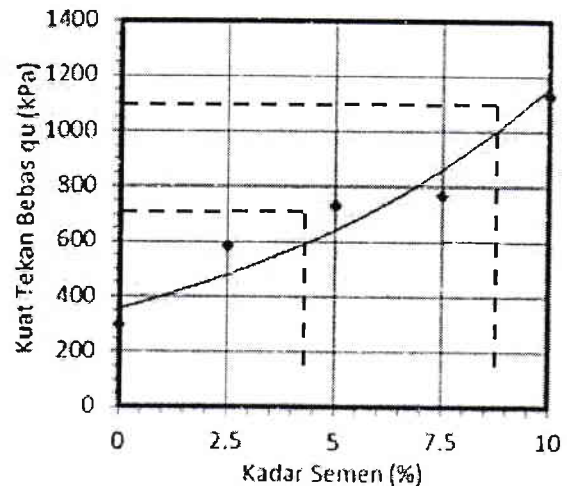
Menurut SNI 03-3438-1994, kriteria kekuatan stabilisasi tanah-semen untuk lapis pondasi bawah (LPB) mensyaratkan nilai kuat tekan bebas sebesar 600 kPa. Dalam Hardiyatmo (2010) disampaikan bahwa untuk menentukan kadar semen dilapangan yang memenuhi nilai kuat tekan bebas, dapat dihitung dengan persamaan 1 sebagai berikut:

$$q_{u(koreksi)} = \frac{q_{u(lapangan)}}{EF} \quad (1)$$

dengan, EF = faktor efisiensi alat pencampur yang nilainya mempengaruhi homogenitas campuran di lapangan, dengan EF=40-50% jika menggunakan alat penumbuk mekanis, EF=60-80% jika menggunakan alat pencampur rotor. Jika menggunakan instalasi pencampur EF=80-100%.

Jika persyaratan tersebut dipakai pada tanah ini dan nilai kuat tekan bebas $q_{u(lapangan)} = 600$ kPa diinginkan sesuai persyaratan untuk lapis pondasi bawah, maka nilai kuat tekan bebas koreksi dengan asumsi EF=60%,

$q_u(koreksi) = 600 / (0,6) = 1000$ kPa. Jika nilai ini diplot dalam grafik hubungan kuat tekan bebas dan kadar semen didapatkan nilai kadar semen sebesar 8,75 % seperti dalam Gambar 6 berikut,



Gbr. 6. Hubungan kuat tekan bebas (q_u) dan kadar semen hasil uji campuran tanah-semen

4 KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan pembasan dapat disimpulkan beberapa hal berikut :

1. Penurunan nilai Rasio Disintegritas (D_R) cukup besar terjadi di awal-awal siklus untuk semua kadar semen. Namun penambahan semen dengan cara pencampuran kering tidak cukup signifikan mengurangi laju degradasi.
2. Hasil uji kuat tekan bebas menunjukkan bahwa dengan penambahan semen sangat signifikan meningkatkan nilai kuat tekan bebas. Stabilisasi dengan kadar semen 10% meningkatkan nilai kuat tekan bebas 4 kali lebih besar dibandingkan tanah asli tanpa campuran semen.
3. Mengacu kepada persyaratan perancangan campuran oleh SNI 03-3438-1994, maka dengan campuran semen pada kadar 8,75%, tanah ini memenuhi syarat sebagai tanah lapis fondasi bawah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih dan penghargaan diberikan kepada tim peneliti yaitu Faisol Azis, Rifqi Pamaseto, Kefin Harve, Novia Latifah dan Fina Ulfah yang telah banyak membantu proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alatas, I. M., Kamaruddin, S. A., Nazir, R., & Irsyam, M. (2016). Effect of Weathering on Disintegration and Shear Strength Reduction of Clay Shale. *Jurnal Teknologi*, 78(7-3), 93-99.
- Dayioglu, M., Cetin, B., & Nam, S. (2017). Stabilization of Expansive Belle Fourche Shale Clay with Different Chemical Additives. *Applied Clay Science*, 146(Elsevier), 56-69.
- Erguler, Z. A., & Shakoor, A. (2009). Quantification of Fragment Size Distribution of Clay Bearing Rocks after Slake Durability Testing. *Environmental & Engineering*, XV, No.2(Geoscience), 81-89.
- Garzon, E., Cano, M., Kelly, B. C., & Soto, S. P. (2016). Effect of Lime on Stabilization of Phyllite Clays. *Applied Clay Science*, 123(Elsevier), 329-334.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hopkins, T. C. (1988). *Shear Strengths of Compacted Shales*. University of Kentucky. Transportation Research Programe.
- Ilori, A. O. (2016). Occurrence of shale soils along the Calabar-Itu highway, Southeastern Nigeria and their implication for the subgrade construction. *Springer Plus*, 5(209), 1-13.
- Irsyam, M. (2007). Slope Failure of An Embankment on Clay Shale at KM 97+500 of the Cipularang Toll Road And The Selected Solution. *International Symposium on Geotechnical Engineering, Ground Improvement and Geosynthetics for Human Security and Environmental Preservation*, (pp. 531-540). Bangkok, Thailand.
- Portland Cement Association . (1969). *Soil Cement Construction Handbook*. (PCA, Ed.) Illinois 60077-1083: Skokie.
- SNI 03-3438 (1994). *Tata Cara Pelaksanaan Stabilisasi Tanah Dengan Semen Portland Untuk Jalan*. Departemen Pekerjaan Umum.
- Stark, T. D., & Duncan, J. M. (1991). Mechanism of Strength Loss in Stiff Clay. *Geotechnical Engineering*, 117(1), 139-154.

ISBN No. : 978-602-17221-5-2



HIMPUNAN AHLI TEKNIK TANAH INDONESIA
INDONESIAN SOCIETY FOR GEOTECHNICAL ENGINEERING (ISGE)
MEMBER SOCIETY OF INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS
AND GEOTECHNICAL ENGINEERING (ISSMGE)



Proceedings

21st Annual National Conference on Geotechnical Engineering

“Geotechnical Challenge in Responding to Rapid Development of Mega Infrastructures in Indonesia”

Bidakara Hotel Jakarta, 7- 8 November 2017

Supported by :

