

# PENINGKATAN KUAT TEKAN TANAH LEMPUNG PLASTISITAS TINGGI YANG DISTABILISASI MENGGUNAKAN SEMEN PADA INDEKS LIKUIDITAS 0.5

Ramzi Yahya<sup>1)</sup>, Yusep Muslih Purwana<sup>2)</sup>, Raden Harya Dananjaya<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Laboratorium Mekanika Tanah Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

<sup>2)</sup> Geoscience Research Grup Univeritas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No.36A Surakarta 57126. Telp: 0271647069. Email : yunashirson@gmail.com

## Abstract

High Plasticity clay is classified as weak soils with low bearing capacity and strength. In order to increase its engineering properties, soil stabilization is required. This study researches cementing stabilization of high plasticity clay and determining the effectiveness of cement content mixtures with respect to soil compressive strength. Soil samples are conditioned to preferable water contents of liquidity index 0.5 before stabilized. Stabilization procedure involves varying cement contents (5%, 10% and 15% of wet soil weight) mixing with varying water-cement ratios (20%, 25%, 30% and 35% dry weight of cement needed). Unconfined compression strength test (UCS) is performed accordingly with respect to curing times (0, 3, 7 and 14 days). Results were illustrated by graphs and tables indicating highest compressive strength obtained with mixtures of cement content 15% and water-cement ratio of 20% which is 989.92 kN/m<sup>2</sup> for unsoaked sample and 674.67 kN/m<sup>2</sup> for soaked sample.

**Keywords** : soil stabilization; clay high plasticity; cement content; water-cement ratio, unconfined compressive strength (UCS)

## Abstrak

Tanah lempung plastisitas diklasifikasikan sebagai tanah lunak dengan daya dukung dan kekuatan yang rendah. Stabilisasi tanah dibutuhkan untuk meningkatkan sifat tekniknya. Penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung plastisitas tinggi menggunakan semen telah dilakukan dalam penelitian ini, untuk mengetahui pengaruh semen terhadap kuat tekan tanah. Stabilisasi dilakukan pada tanah setelah dikondisikan dengan indeks likuiditas 0.5. Stabilisasi dilakukan dengan variasi semen (5%, 10%, dan 15% dari berat basah tanah) dan variasi faktor air semen (20%, 25%, 30%, 35% dari berat kering semen). Uji kuat tekan bebas (UCS) dilakukan setelah masa perawatan tanah (0,3, 7, dan 14 hari). Hasil pengujian diilustrasikan menggunakan grafik dan tabel yang menunjukkan kuat tekan tanah tertinggi dicapai pada campuran semen 15% dan FAS 20%, yaitu 989.92 kN/m<sup>2</sup> untuk sampel tidak terendam dan 674.67 kN/m<sup>2</sup> untuk sampel terendam.

**Kata kunci** : stabilisasi tanah, lempung plastisitas tinggi, proporsi semen, faktor air semen, kuat tekan bebas (UCS)

## PENDAHULUAN

Sebagai material teknik sipil, tanah sama pentingnya dengan baja dan beton. Ini dikarenakan semua bangunan konstruksi berdiri di atas tanah. Tidak jarang dalam suatu proyek konstruksi ditemukan tanah bermasalah dengan sifat geoteknik yang buruk sehingga tidak mampu menopang beban rencana. Salah satu jenis tanah bermasalah yang memiliki kuat tekan yang rendah adalah tanah lempung plastisitas tinggi. Untuk meningkatkan kuat tekan tanah, diperlukan stabilisasi tanah. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan mencampurkan suatu material kimiawi tertentu ke dalam tanah seperti kapur, fly ash, semen, garam, dan yang lainnya.

Semen merupakan salah satu bahan tambah yang telah digunakan secara luas untuk menstabilisasi tanah bermasalah seperti menstabilisasi tanah lunak menggunakan *deep soil cement mixing* dan *jet grouting* dan menstabilisasi tanah ekspansif dengan *cement mixing and compaction* (Al-Rawas dkk, 2005; Bergado dkk 1996; Horpibulsuk dkk 2011; Kamruzzaman dkk 2009; Ma dkk, 2014; Zhao, 2015).

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian stabilisasi tanah menggunakan *ordinary portland cement*. Mereka menyimpulkan bahwa reaksi kimia antara semen dan lempung menghasilkan material komposit semen dan meningkatkan kekuatan tanah (Rashis dkk, 2014). Penambahan semen pada tanah kohesif dapat mengurangi batas cair, indeks plastisitas, dan potensi pengembangan tanah, selain itu juga meningkatkan batas susut dan kuat gesernya (Bahar dan Kenai 2004; Ho dan Chan, 2011; Zhao, 2015).

Penelitian lebih lanjut dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan tanah yang distabilisasi menggunakan semen. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhinya adalah jenis tanah, kadar air tanah, proporsi semen, faktor air semen, masa perawatan, dan kondisi lingkungan (Farouk dan Shahien, 2013; Ghosh dkk, 2011; Sasanian dkk, 2014; Rashis dkk 2014).

## TINJAUAN PUSTAKA

Banyak penelitian yang telah dilakukan dalam upaya stabilisasi tanah lempung plastisitas tinggi. Penelitian-penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mencari parameter-parameter yang mempengaruhi stabilisasi tanah atau mencoba material-material tambahan baru yang mungkin efektif untuk stabilisasi.

Horpibulsuk dkk (2011) melakukan pengujian terhadap stabilisasi tanah menggunakan semen. Penelitian dilakukan terhadap 3 jenis tanah yang berbeda yaitu lanau lempung, lanau, dan laterit dengan menggunakan proporsi semen 7% dan 13%. Dari hasil pengujian kuat tekan tanah tidak terkekang pada tanah-tersemen dengan masa perawatan 7 hari, menunjukkan bahwa penambahan proporsi semen akan meningkatkan kuat tekan tanah untuk setiap jenis tanah.

Penelitian mengenai pengaruh masa perawatan terhadap kuat tekan tanah telah dilakukan oleh Ghosh dkk (2011). Penelitian dilakukan pada jenis tanah lempung lunak yang berasal dari 4 lokasi yang berbeda. Stabilisasi dilakukan menggunakan proporsi semen 6% hingga 15% terhadap berat kering tanah. Pencampuran dilakukan dalam kondisi batas cair tanah (*liquid limit*) dan dilakukan perawatan selama 7- 56 hari. Hasil pengujian menggunakan alat uji kuat tekan tanah tidak terkekang menunjukkan perilaku yang sama untuk ke-4 sampel tanah, yaitu kuat tekan tanah mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya proporsi semen namun penambahan kadar air tanah justru akan menurunkan kuat tekannya.

Xiao dan Lee (2008) telah melakukan penelitian mengenai pengaruh masa perawatan terhadap perilaku tanah lempung laut yang distabilisasi menggunakan semen. Perawatan dilakukan selama 7 hingga 180 hari dengan variasi proporsi semen dan kadar air tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai kuat tekan bebas tanah secara signifikan. Peningkatan kuat tekan bebas tanah-tersemen terjadi seiring dengan bertambahnya masa perawatan. Demikian pula terjadi peningkatan tanah seiring dengan bertambahnya proporsi semen.

Honghua Zhao (2015) telah melakukan uji kuat tekan tanah tidak terkekang pada tanah lempung yang distabilisasi menggunakan semen dalam masa perawatan yang lama, yaitu 1 hingga 90 hari. Tanah yang diteliti diklasifikasikan sebagai jenis tanah lempung plastisitas tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah yang telah distabilisasi memiliki kuat tekan yang lebih besar, dan mengindikasikan tidak adanya tanda bahwa kuat tekan tanah berhenti meningkat pada masa perawatan 90 hari.

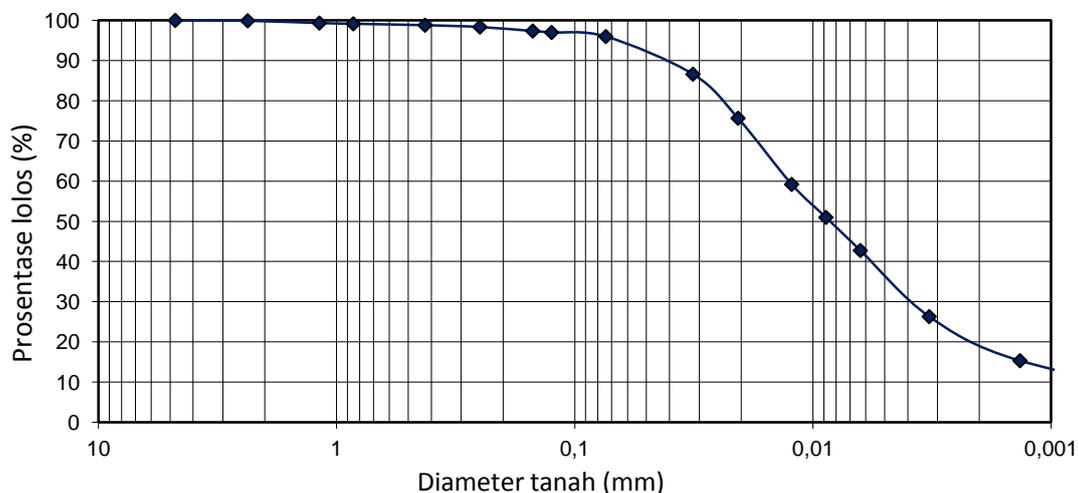
Jurnal ini membahas hasil dari penelitian mengenai pengaruh proporsi semen dengan faktor air semen terhadap stabilisasi tanah lempung plastisitas tinggi. Selain itu akan dibahas juga pengaruh air terhadap kuat tekan tanah yang telah distabilisasi dengan cara memberikan perlakuan berupa perendaman sampel selama satu hari setelah masa pemeramannya.

## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, stabilisasi dilakukan pada tanah dengan kondisi indeks likuiditas 0.5 menggunakan variasi semen dengan proporsi 5%, 10%, dan 15% dari berat tanah basah dan variasi FAS 20%, 25%, 30%, 35%. Perawatan sampel dilakukan selama 0, 3, 7, dan 14 hari untuk sampel tidak terendam, dan ditambah dengan perendaman satu hari setelah masa perawatannya untuk sampel terendam.

### Tanah Sampel

Tanah yang distabilisasi dalam penelitian ini adalah tanah lempung plastisitas tinggi yang berasal dari daerah rawa di Grogol, Sukoharjo, Jawa Tengah, Indonesia. Tanah diambil dengan kondisi terganggu pada kedalaman 0.2-0.6 m. Indeks propertis tanah sampel dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1.



Gambar 1. Gradasi butiran

Tabel 1. Indeks propertis tanah

Propertis tanah	Notasi	Nilai
Berat jenis tanah	$G_s$	2.54
Batas cair (%)	$LL$	66.49
Batas plastis (%)	$PL$	29.25
Indeks plastisitas (%)	$PI$	37.24
Lolos saringan no. 200 (%)		95.98
Klasifikasi tanah (USCS)		CH

### Persiapan Sampel

Untuk mengondisikan tanah dengan indeks likuiditas 0.5, terlebih dahulu tanah dikeringkan ke dalam oven dengan suhu 110<sup>o</sup> C selama 24 jam. Kondisi tanah setelah dikeringkan dianggap memiliki kadar air 0%. Setelah dikeringkan, tanah dicampurkan dengan air sebanyak 47.87% yang merupakan kadar air tanah pada indeks likuiditas 0.5. Kemudian tanah dicampur menggunakan semen dan FAS dengan proporsi yang telah ditentukan. Pengambilan sampel langsung dilakukan setelah pencampuran dan dimasukkan ke dalam silinder kemudian ditutup rapat dan diperam selama masa perawatannya.

### Pengujian Sampel

Pengujian sampel dilakukan menggunakan alat uji kuat tekan tidak terkekang (UCS) dengan berpedoman pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 6887:2012. Standar ini merupakan adopsi dari ASTM Designation: D 1633 – 00, *Standard Test Methods for Compressive Strength of Molded Soil-Cement Cylinders*.

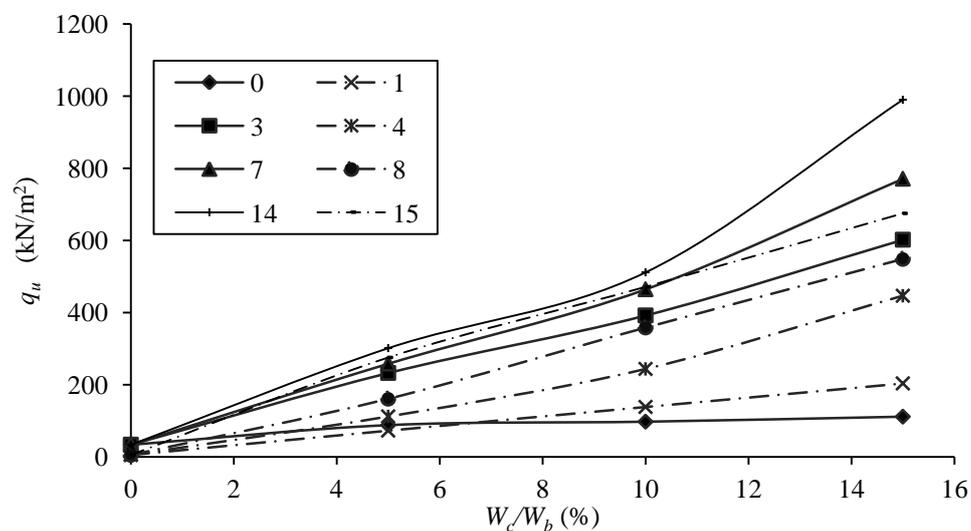
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh semen terhadap kuat tekan tanah

Untuk mengetahui pengaruh semen terhadap kuat tekan tanah yang telah distabilisasi, dilakukan pengujian terhadap tanah yang distabilisasi menggunakan proporsi semen ( $W_c/W_b$ ) yang berbeda, yaitu 5%, 10%, dan 15%. Pengujian dilakukan setelah masa perawatan sampel selama 0, 3, 7, dan 14 hari dengan kondisi tidak terendam dan ditambah perendaman selama satu hari untuk sampel tanah terendam. Hasil pengujian berupa kuat tekan tanah ultimate ( $q_u$ ) disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 2. Dan hasil pengujian tanah sebelum distabilisasi ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Kuat tekan tanah sebelum stabilisasi

Indeks likuiditas	Kuat tekan <i>unsoaked</i> (kN/m <sup>2</sup> )	Kuat tekan <i>soaked</i> (kN/m <sup>2</sup> )
0.50	33.56	5.18
0.75	10.07	1.76



Gambar 2. Pengaruh proporsi semen terhadap kuat tekan tanah

Gambar 2 menunjukkan grafik pengaruh semen terhadap kuat tekan tanah yang telah distabilisasi. Pada masa perawatan selama 0 hari tidak terlihat perbedaan yang signifikan dari kuat tekan tanah, ini dikarenakan semen belum mengeras. Sedangkan pada masa perawatan selama 14 hari perbedaan kuat tekan tanah tiap proporsi semen terlihat signifikan.

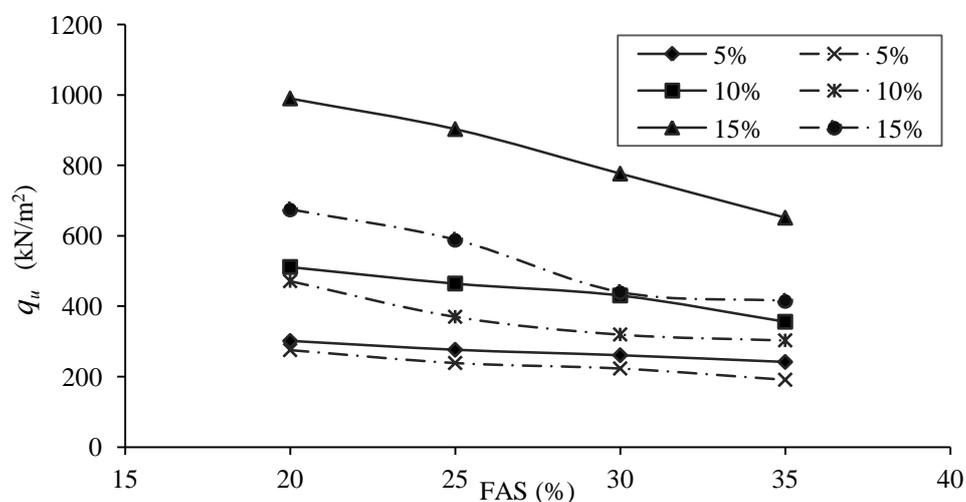
Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa kemiringan garis dari proporsi semen 10% hingga 15% pada hari ke 14 lebih besar daripada kemiringan garis pada proporsi semen 0% hingga 10%. Hal ini menunjukkan bahwa sensitivitas penambahan semen lebih besar pada proporsi semen lebih dari 10%, atau dapat dikatakan penambahan sedikit semen pada proporsi lebih dari 10% lebih besar pengaruhnya dari pada penambahan semen yang sama pada proporsi semen lebih kecil dari 10%.

Pengaruh tanah-tersemen yang terendam air selama 1 hari setelah masa perawatannya juga dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tanah yang terendam air akan mengalami penurunan kuat tekan tanah kecuali pada proporsi semen 10% dan 15% yang direndam pada masa perawatan 0 hari. Ini dikarenakan semen telah berhidrasi selama satu hari ketika perendamannya. Akan tetapi kuat tekan ini lebih rendah dibandingkan kuat tekan tanah tidak terendam dengan masa perawatan satu hari sebagaimana yang dapat dilihat pada Gambar 4.

### Pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan tanah

Untuk mengetahui pengaruh FAS terhadap kuat tekan tanah, dilakukan pengujian terhadap stabilisasi tanah menggunakan proporsi semen 5%, 10%, dan 15% dengan variasi FAS 20%, 25%, 30%, dan 35% dari berat semen. Pengujian dilakukan setelah masa perawatan tanah-tersemen selama 14 hari dan perendaman selama 1 hari untuk sampel tanah terendam. Hasil pengujian berupa grafik hubungan FAS terhadap kuat tekan tanah ( $q_u$ ) ditunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan bahwa penambahan FAS akan menyebabkan penurunan kuat tekan tanah. Penurunan kuat tekan yang terjadi berbeda-beda pada tiap proporsi semennya. Penurunan terbesar terjadi pada proporsi semen 15% dan penurunan terkecil terjadi pada proporsi semen 5%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar proporsi semen maka semakin besar pengaruh FAS, sehingga penggunaan FAS perlu diperhitungkan.



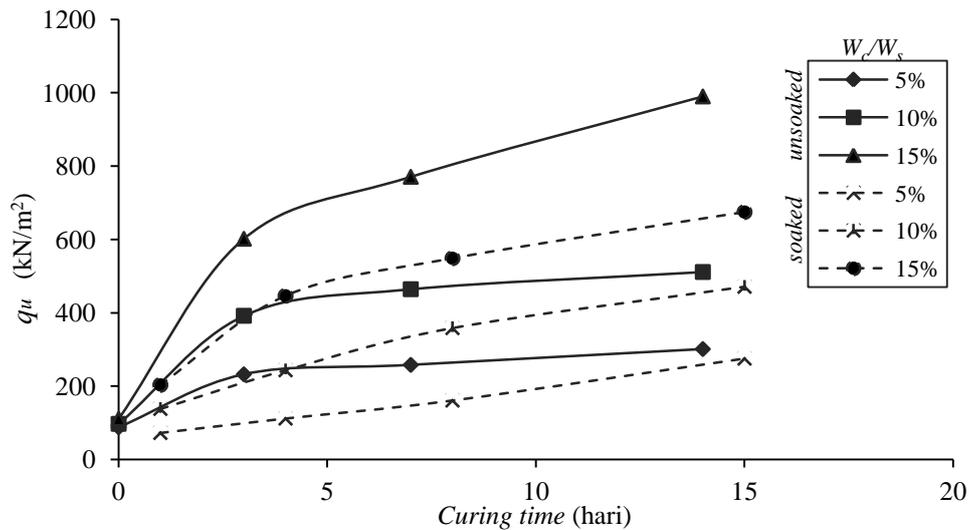
Gambar 3. Pengaruh FAS terhadap kuat tekan tanah

### Pengaruh masa perawatan terhadap kuat tekan tanah

Pengujian sampel tanah-tersemen dilakukan pada masa perawatan yang bervariasi untuk meneliti pengaruh masa perawatan terhadap kuat tekan tanah. Pengujian dilakukan setelah masa perawatan selama 0, 3, 7, dan 14 hari pada kondisi tidak terendam dan ditambah perendaman selama satu hari untuk sampel tanah terendam. Stabilisasi dilakukan pada tanah dengan kondisi indeks likuiditas 0.5 menggunakan semen dengan proporsi 5%, 10%, dan 15% dan FAS tetap sebesar 20%. Hasil pengujian berupa kuat tekan tanah ultimate ( $q_u$ ) setiap sampel disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan bahwa kuat tekan tanah meningkat seiring dengan bertambahnya masa perawatan tanah. Peningkatan yang terjadi berbeda-beda tiap proporsi semennya, demikian pula kecepatan peningkatan kuat tekan tanah. Pada Gambar 4 terlihat bahwa tanah yang distabilisasi pada indeks likuiditas 0.5 mengalami penurunan kecepatan peningkatan kuat tekan tanah pada hari ke-3 hingga hari ke-4. Hal ini ditandai dengan adanya

perubahan kemiringan garis. Pada hari ke-0 hingga hari ke-3 tanah, rata-rata peningkatan kuat tekan tanah pada campuran semen 15% adalah sebesar 163.57 kN/m<sup>2</sup> per harinya, sedangkan pada hari ke-4 hingga hari ke-14 hanya sebesar 31.31 kN/m<sup>2</sup> per harinya.



Gambar 4. Pengaruh masa perawatan terhadap kuat tekan tanah

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar proporsi campuran semen maka semakin besar peningkatan kuat tekan tanah.
2. Kuat tekan tanah meningkat seiring dengan bertambahnya masa perawatan.
3. Penambahan FAS justru akan menyebabkan penurunan kuat tekan tanah dan semakin besar pengaruhnya pada proporsi semen yang lebih besar.
4. Tidak terdapat titik puncak maksimum dari perubahan nilai kuat tekan tanah yang distabilisasi baik pada variasi proporsi semen, faktor air semen, dan masa perawatan.
5. Peningkatan kuat tekan tanah tertinggi dalam penelitian ini dicapai dengan menggunakan campuran semen 15% dan FAS 20%, dimana kuat tekan tanah tertingginya adalah 989.92 kN/m<sup>2</sup> dengan kuat tekan awal tanah sebelum stabilisasi adalah 33.56 kN/m<sup>2</sup> atau meningkat sebesar 956.36 kN/m<sup>2</sup>.

## REFERENSI

- Al-Rawas, A. A., Hago, A. W., & Al-Sarmi, H. (2005). Effect of lime, cement and Sarooj (artificial pozzolan) on the swelling potential of an expansive soil from Oman. *Building and Environment*, 40, 681–687.
- Bahar, R., Benazzoug, M., & Kenai, S. (2004). Performance of compacted cement stabilized soil. *Cement and Concrete Composites*, 25, 633–641.
- Bergado, D. T., Anderson, L. R., Miura, N., & Balasubramaniam, A. S. (1996). *Soft ground improvement in lowland and other environments*. New York, NY: ASCE.
- Farouk A, Shahien M.M, 2013. Ground Improvement Using Soil-Cement Columns: Experimental Investigation. *Alexandria Engineering Journal* (2013) 52, 733-740.
- Ghosh, A., Samanta, M., Sharma, S., Jain, S.K., Kumar, D., 2011. “*Estimation of Unconfined Compressive Strength of Cement Treated Soft Indian Coastal Clay*” Proceedings of Indian Geotechnical Conference, Paper No. S-323.
- Ho, M.-H., & Chan, C.-M. (2011). Some mechanical properties of cement stabilized Malaysian soft clay. *Word Academy of Science, Engineering and Technology*, 50, 24–31.
- Horpibulsk, S., Rachan, R., Suddepong, A., & Chinkulkijniwat, A. (2011). Strength development in cement admixed Bangkok clay: laboratory and field investigations. *Soils and Foundations*, 51, 239–251.
- Kamruzzaman, A., Chew, S., & Lee, F. (2009). Structuration and destructuration behavior of cement-treated Singapore marine clay. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 135, 573–589.
- Ma, C., Chen, L., & Chen, B. (2014). Analysis of strength development in soft clay stabilized with cement-based stabilizer. *Construction and Building Materials*, 71, 354–362.
- Saeed, A., Kassim, K. A., & Nur, H. (2014). Physicochemical characterization of cement treated kaolin clay. *Gradevinar*, 66, 513–521.
- Xiao, W. H., & Lee, H. F. (2008). Curing time effect on behavior of cement treated marine clay. *International Journal of Civil Engineering, Environment, Structural, Construction and Architectural Engineering* Vol:2, No:7.