

RIWAYAT HIDUP PENELITI

1. Ketua Peneliti

Nama : Ario Muhammad
NIM : 2005.011.0006
Alamat : Jl. Baitussalam, Taman Tirto Kasihan Bantul.
Tempat/Tanggal lahir : Ternate, 14 September 1987.
Jumlah Saudara : Anak ke-6 dari 6 bersaudara
Agama : Islam
Riwayat Pendidikan :

- SD Inpres Gitang Tiowor
- SMP Negeri 4 Ternate
- SMA Negeri 1 Ternate

Pengalaman Organisasi : - ROHIS, KIR, OSIS, DPM, JAA, dan SKIF

Prestasi :

- Juara 1 Lomba Matematika se-kotamadya Ternate (2004 dan 2005)
- Juara 1 Lomba Debat Bahasa Inggris se-Propinsi Maluku Utara (2003, 2004 dan 2005)
- *The Best Speaker on English Debate Competition* se-Propinsi Maluku Utara (2004)
- Juara I Lomba Siswa Teladan se-Propinsi Maluku Utara (2004)
- Finalis Siswa Teladan Tingkat Nasional (2004)
- 4 Besar Duta Anak Indonesia Bidang Pendidikan (2004)
- Fasilitator Kongres Anak Indonesia (2004)
- Juara II Try Out UAN Matematika se-Kotamadya Ternate (2005)
- Penerima *Research Grant* Berbasis PRODI Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, dalam bidang Teknologi Rekayasa (2007).
- Juara 1 Lomba Portofolio Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2008).

Pengalaman Penelitian :

- Penelitian Tesis Berbasis PRODI SMA Negeri 1 Ternate (2006)

- Kajian Nilai Kepadatan Tanah dan CBR Laboratorium pada Tanah dengan Stabilisasi Kapur Abu Sekam Padi (*Lime-Rice Husk Ash*). Dibiayai penuh oleh LP3M UMY (2007).
- Analisis *Backcalculation* Untuk Menghitung Nilai Modulus Elastisitas Menggunakan Data Pengujian *Falling Weight Deflectometer (FWD)*, Study Case : Jl. Soekarno-Hatta, Bandung dan Jl. Ring-Road Barat, Yogyakarta (2008).
- Karakteristik Kuat Dukung Tanah Berpasir di Sekitar Kolom Kapur (*lime-column*). Dibiayai Penuh Oleh LP3M UMY (2008).

Publikasi :

- Muntohar, A.S., Muhammad, A., Damanhuri., & Dinor, S. 2008. "Karakteristik Kuat Dukung Tanah Berpasir di Sekitar Kolom-Kapur (*lime-column*)". *Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SATEK) ke-2* pada tanggal 17-18 November 2008. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Muhammad, A., & Muntohar, A.S., 2007. "Uses of lime-rice husk ash and plastic fibers as mixtures-material in high plasticity subgrade : A preliminary study". *Jurnal Semesta Teknik UMY*, Vo. 10, No. 2, pp 145-154.

2. Anggota 1

Nama : Yosi Andre
 NIM : 2006.011.0013
 Alamat : Kasihan, Bantul
 Jumlah Saudara : Anak ke-5 dari 5 bersaudara
 Agama : Islam
 Riwayat Pendidikan :
 - MIM Simpang Kubu
 - MTS Simpang Kubu
 - MAM Muallimin
 Pengalaman Organisasi : - JAA, dan SKIF
 Prestasi :

➤ Mendapatkan Beasiswa 2. Seleksi Teknik UMY Angkatan 2006 dengan IDK

3. Anggota 2

Nama : Siti Rofi'ah ZA
NIM : 2007.011.0013
Alamat : Asrama Mahasiswi UMY
Jumlah Saudara : Anak ke-2 dari 3 bersaudara
Agama : Islam
Riwayat Pendidikan :
- SD N. 3 Batu Nyala
- SMP N. 1 Praya
- SMA N. 1 Praya
Pengalaman Organisasi : - ROHIS, JAA, dan SKIF
Prestasi :
➤ Juara 4 Lomba Biologi Universitas Mataram
➤ Mahasiswa terbaik Fakultas Teknik UMY dengan IPK 4,00

KARAKTERISTIK KUAT DUKUNG TANAH BERPASIR DI SEKITAR KOLOM-KAPUR (LIME-COLUMN)

Agus Setyo Muntohar*, Ario Muhammad **, Damanhuri **, dan Setia Dinor**

*Dosen, Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Kampus UMY Jl. Lingkar Selatan Taman Tirto, Yogyakarta 55183
email: muntohar@umy.ac.id

** Mahasiswa, Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

ABSTRACT

Kampus Terpadu Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY) berada di wilayah Bantul Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), yang merupakan salah satu wilayah resiko gempa. Jenis tanah yang berpasir dengan kerapatan yang rendah dan partikel-partikel yang seragam serta muka air tanah yang dangkal, menyebabkan wilayah kampus UMY sangat rentan terhadap peristiwa likuifaksi. Likuifaksi yang terjadi saat gempa bumi 27 Mei 2006 telah menyebabkan kerusakan ringan beberapa unit bangunan gedung. Untuk itu diperlukan suatu upaya untuk mengurangi resiko terjadi peristiwa likuifaksi jika terjadi gempa bumi salah satunya adalah dengan menggunakan teknik kolom-kapur (lime-column/LC). Pada kajian ini, kolom-kapur dibuat di lapangan (field-scale) dengan ukuran diameter 0,152 m (6 inch) dan panjang 1,50 m. Kuat dukung tanah di sekitar LC diukur dengan sondir (cone penetration test/CPT) pada jarak satu kali diameter dan setiap umur kolom mencapai 1 hari, 3 hari, dan 7 hari. Salah satu indikasi adanya pengurangan resiko likuifaksi adalah meningkatkan cyclic resistance ratio (CRR) yang berhubungan langsung dengan nilai tahanan ujung kerucut (q_c) dari hasil uji CPT. Berdasarkan hasil pengujian di lapangan diketahui bahwa nilai q_c bervariasi terhadap kedalaman. Pemasangan kolom-kapur hanya mampu meningkatkan nilai q_c pada kedalaman 1,6 m– 2 m. Namun demikian, pemasangan kolom kapur telah meningkatkan perlawanan gesek (q_f) tanah di sekitar kolom dengan sangat tinggi. Kekuatan tanah di sekitar kolom-kapur meningkat terhadap umur kolom-kapur hingga 3 hari setelah pemasangan. Setelah umur 3 hari, tidak terjadi peningkatan kekuatan tanah

Keywords: gempa bumi, likuifaksi, tanah pasir, kolom-kapur, sondir

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jenis tanah berpasir dengan kerapatan yang rendah dan partikel-partikel yang seragam serta muka air tanah yang dangkal, menyebabkan wilayah kampus UMY sangat rentan terhadap peristiwa likuifaksi (*liquefaction*) (Lee dkk 2006). Peristiwa ini bisa mengakibatkan kekuatan tanah menjadi berkurang, sehingga tidak memiliki kekuatan yang cukup untuk mendukung bangunan di atasnya. Oleh karena itu diperlukan adanya usaha untuk meningkatkan daya dukung pada kondisi tanah seperti ini.

Perbaikan tanah secara kimiawi menggunakan kapur telah sering dilakukan guna mengurangi kembang-susut tanah dan meningkatkan sifat-sifat fisis tanah terutama tanah lempung. Dengan adanya peningkatan kekuatan tanah tersebut maka akibat yang ditimbulkan oleh gempa bumi bisa dikurangi, karena kekuatan tanah menjadi lebih besar dari sebelumnya. Penggunaan

terakhir. Akan tetapi teknologi ini belum diteliti secara mendalam di Indonesia. Kapur biasanya dicampurkan pada permukaan tanah dan dipadatkan. Namun cara ini akan menjadi kurang memuaskan jika kedalaman tanah sangat dalam. Salah satu metode pilihan untuk mengatasinya adalah dengan teknik “kolom-kapur” (*Lime-Column/LC*). Untuk itu perlu dikaji potensi kolom kapur (LC) untuk perbaikan tanah, dengan menguji kuat dukung tanah disekitar kolom kapur pada tanah berpasir seperti di area Kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY).

1.2 Teknik Kolom-Kapur

Teknik kolom-kapur ini lebih banyak digunakan untuk perbaikan tanah lempung lunak (*soft soil*). Teknik ini telah terbukti dapat mengurangi biaya konstruksi dibandingkan dengan metode lainnya seperti pada konstruksi jalan dan embankment jalan kereta serta timbunan diatas tanah lunak (Baker, 2000). Uji model lapangan (*full scale model*) oleh Baker (2000) menunjukkan bahwa penggunaan kolom kapur memiliki daktilitas yang lebih baik dibandingkan dengan kolom kapur-semen. Penggunaan kapur untuk membuat kolom kapur oleh Rogers dan Gledinning (2002) diusulkan didasarkan pada kebutuhan awal kapur (*initial consumption of lime*) oleh tanah yang penentuannya mengacu pada ASTM C977-98. Kadar kapur sejumlah 6% terhadap berat tanah sudah cukup meningkatkan kekuatan tanah mengembang, hal ini disampaikan oleh Muntohar (2003).

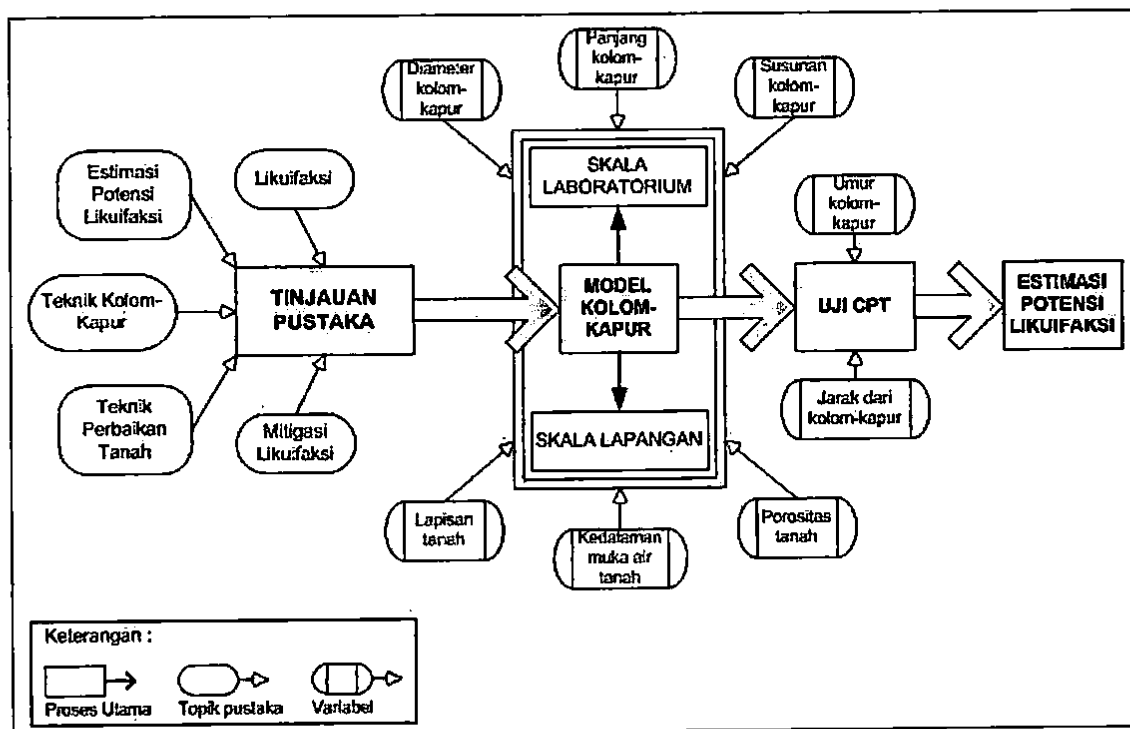
Beberapa peneliti melakukan kajian model laboratorium terhadap karakteristik kolom kapur untuk tanah lempung mengembang di wilayah Ankara (Turki) pada arah radial terhadap pusat kolom. Dalam penelitian tersebut, terdapat 4 kolom kapur yang diinstal dengan jarak masing-masing kolom sejauh tujuh kali diameter ($7 \times D$). Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa jarak efektif dari pengaruh kolom kapur adalah 1 kali diameter ke arah radial. Namun, kolom kapur masih mampu memperbaiki sifat-sifat geoteknis seperti kekuatan dan pengembangan sampai pada jarak 2 kali diameter ($2D$) (Tonoz dkk, 2003). Oleh peneliti disampaikan bahwa penyebaran kekuatan akibat kolom kapur adalah sampai jarak 2,5 – 3 kali diameter ($2,5D - 3D$) dengan kekuatan terbesar dekat kolom (Budi, 2003). Muntohar dan Liao (2006) menunjukkan bahwa zona efektif penyebaran kolom kapur untuk arah radial adalah 2 kali diameter ($2D$) dan 4 kali diameter ($4D$) untuk arah vertikal. Peningkatan nilai pH disekitar kolom kapur sebagai indikator terjadinya perbaikan juga ditunjukkan oleh Chand (2006).

Peneliti-peneliti sebelumnya juga melakukan beberapa investigasi untuk perbaikan tanah berpasir yang memiliki potensi lukuifaksi. Gallagher, dkk (2007) melakukan kajian di lapangan (*field scale*) untuk meneliti potensi penggunaan *colloid silica* sebagai bahan stabilisasi guna mengurangi penurunan (*settlement*) pada tanah berpasir. Metode *slow injection* digunakan untuk menstabilisasi tanah berpasir sampai pada kedalaman 2 m. Proses stabilisasi ini dilakukan pada area berdiameter 9 m dengan 8 lokasi injeksi *colloid silica*. Penelitian ini, menunjukkan bahwa tanah yang distabilisasi mengalami penurunan setinggi 0,3 m, lebih rendah 0,2 m di banding dengan tanah yang tidak distabilisasi yaitu setinggi 0,5 m. Liao, dkk (2004) juga melakukan investigasi penggunaan gel *colloid silica* guna mengurangi potensi lukuifaksi pada tanah berpasir pasca gempa

Chi-Chi yang terjadi di Taiwan 1999. Metode *grouting* digunakan untuk melakukan proses stabilisasi sedangkan proses pengujian dilakukan pada masa perawatan 7, 14, dan 28 hari. Penelitian ini menunjukkan bahwa regangan yang ditimbulkan akibat adanya likuifaksi pada tanah yang tidak distabilisasi adalah 1,6 kali lebih besar dibanding dengan tanah yang di stabilisasi dengan gel *colloid silica*.

2. METODE PENELITIAN

Melalui hasil kajian pustaka tentang perbaikan tanah secara pasif, teknik kolom-kapur, dan teknik *grouting*, serta kajian potensi likuifaksi, maka dapat dibuat suatu kerangka teori penelitian tentang penanganan likuifaksi dengan teknik kolom-kapur seperti digambarkan pada Gambar 1. Secara garis besar, penelitian tentang kolom-kapur ini dapat dilakukan dengan pengujian model di laboratorium dan pengujian model di lapangan (*full scale*). Pada penelitian ini dilakukan pengujian kolom-kapur di lapangan. Pada kerangka teori yang disusun dalam Gambar 1, terlihat bahwa hasil akhir dari penelitian adalah estimasi potensi likuifaksi setelah pemasangan kolom-kapur. Namun, pada naskah ini hanya akan dibahas hasil uji kekuatan tanah atau hasil uji CPT.

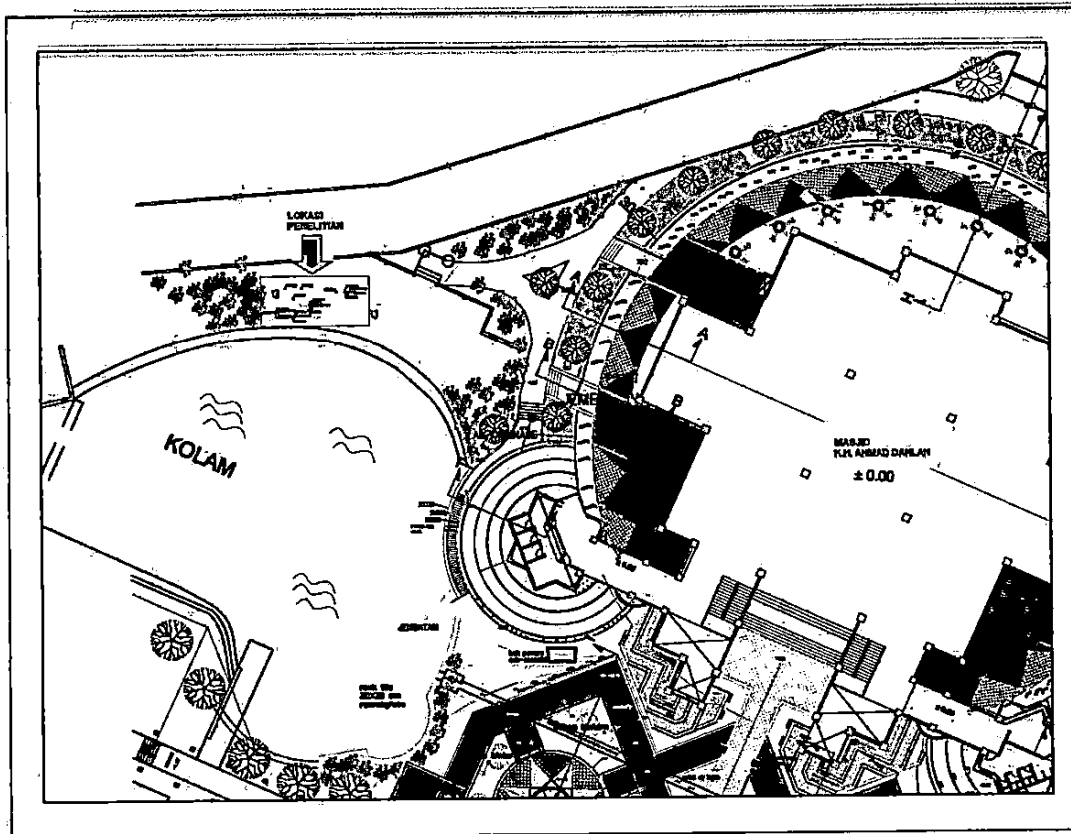


Gambar 1 Kerangka teori penelitian mitigasi likuifaksi dengan teknik kolom-kapur

2.1 Lokasi Penelitian

Pembuatan kolom-kapur dilakukan pada area di sekitar sirtu dekat Masjid K.H Ahmad

...



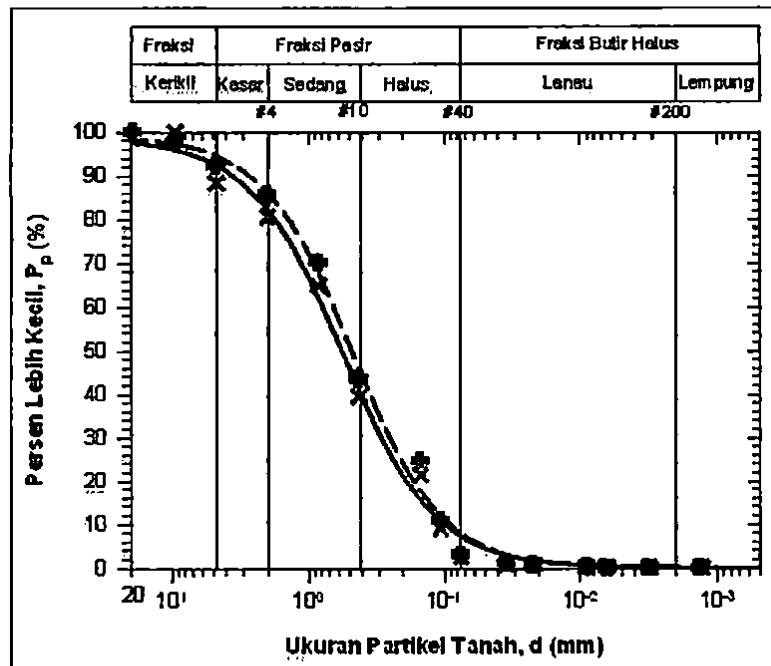
Gambar 2 Denah lokasi penelitian

Berdasarkan hasil pengujian pendahuluan, tanah di lokasi penelitian ini adalah tanah berpasir pasir yang mempunyai distribusi ukuran partikel tanah seperti terlihat pada Gambar 3. Berdasarkan kurva distribusi partikel tersebut, sebanyak 86%-89% merupakan fraksi pasir dengan karakteristik sebagai berikut :

- Koefisien keseragam (*coefficient of uniformity*), $C_u = 7,2 - 7,5$
- Koefisien kelengkungan (*coefficient of curvature*), $C_c = 0,90 - 0,97$

Berdasarkan klasifikasi tanah menurut USCS, suatu tanah berpasir dikategorikan bergradasi baik jika nilai $C_u > 6$ dan $1 < C_c < 3$. Dengan demikian tanah yang diuji adalah tanah pasir bergradasi buruk yang diberi simbol dengan SP.

Berat jenis (G_s) tanah yang diuji dapat didekati dengan distribusi normal yang memiliki berat jenis rata-rata, $\bar{x}_G = 2,54$ dan standar deviasi, $s_G = 0,33$. Berat volume tanah kering (γ_d) dan kadar air (w) di lapangan terdistribusi secara normal pula dengan nilai rata-rata dan standar deviasi masing-masing $\bar{x}_\gamma = 22,4 \text{ kN/m}^3$ ($s_\gamma = 1,61 \text{ kN/m}^3$), dan $\bar{x}_w = 20,5 \%$ ($s_w = 0,66 \%$). Berdasarkan data ini, dapat dihitung porositas tanah di lapangan yaitu sebesar 10,1 % yang artinya volume pori tanah yaitu 10,1% dari volume total tanah.



Gambar 3 Distribusi ukuran partikel tanah di lokasi penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Untuk membuat kolom-kapur digunakan kapur jenis kapur padam atau *hydrated-lime*. Kapur ini biasanya dituliskan dengan lambang kimia sebagai $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Peralatan utama yang digunakan untuk mengetahui kuat dukung tanah di lokasi pengujian adalah sondir jenis ringan yaitu berkapasitas 2 ton. Sondir ini dikenal juga dengan sebutan *cone penetration test* atau CPT. Sondir ini dilengkapi dengan konis ganda atau bikonis yang diperlukan untuk mengukur perlawanan ujung (*tip resistance*) dan perlawanan gesek (*shaft resistance*). Alat sondir ini dapat dilihat pada Gambar 4a, sedangkan bikonis ditunjukkan pada Gambar 4b.

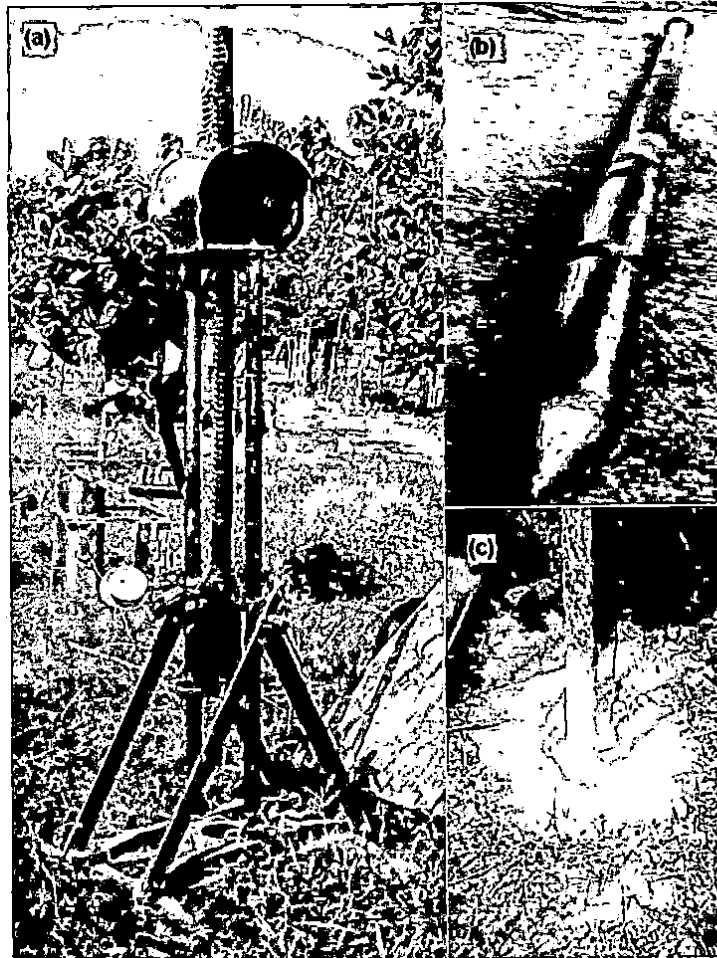
2.3 Pembuatan Kolom Kapur

Pada penelitian ini 1 buah kolom kapur, dengan diameter $D = 0,152 \text{ m}$ (6 inch). Sedangkan panjang kolom yang direncanakan adalah 1,5 m. Banyaknya kapur yang dibutuhkan, disesuaikan dengan kondisi ketika pemasangan kolom. Kapur yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapur padam dalam bentuk serbuk. Kapur dibiarkan kering udara, selanjutnya diambil sesuai dengan berat yang dibutuhkan. Kolom kapur dibuat dengan memasukan selubung pipa ke dalam tanah dan mengeluarkan tanah yang ada di dalam pipa. Setelah mencapai kedalaman 1,5 m, selubung pipa dikeluarkan perlahan-lahan sambil memasukkan kapur sedikit demi sedikit hingga penuh sambil memberikan tekanan supaya padat. Hasil pembuatan kolom kapur dapat dilihat pada Gambar 4c.

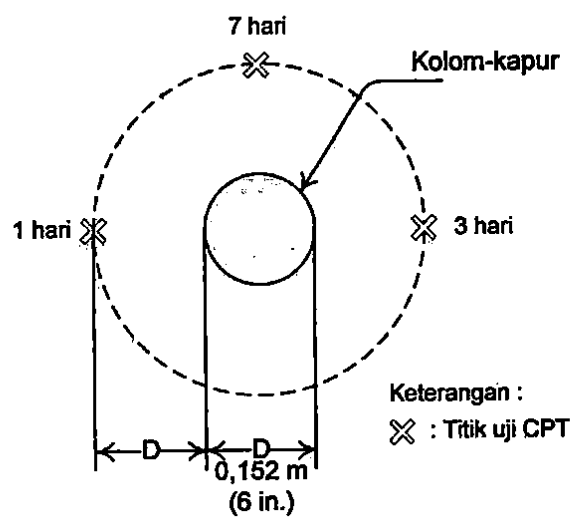
2.4 Uji Sondir (Cone Penetration Test)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kuat dukung tanah yang diuji. Uji sondir dilakukan pada jarak 1D dari kolom-semen hingga mencapai kedalaman 3,0 m dengan

Titik yang telah diuji tidak digunakan lagi untuk penyondiran berikutnya. Pengaturan titik uji sondir atau CPT ini ditunjukkan pada Gambar 5.

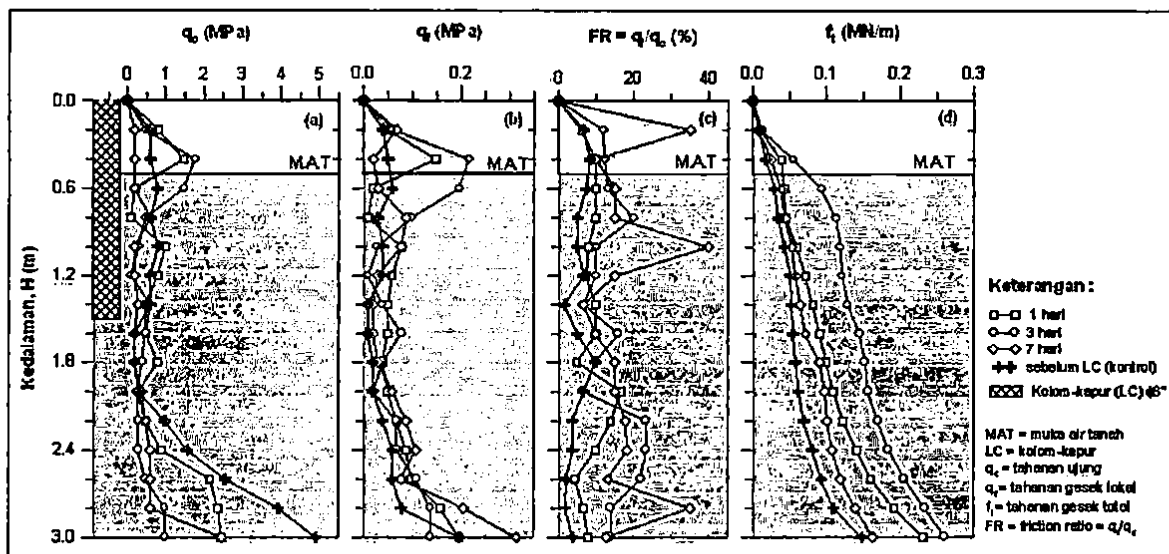


Gambar 4 (a) Alat sondir ringan kapasitas 2 ton, dan (b) konis ganda, (c) pembuatan kolom-kapur



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari analisis data uji sondir pada pengujian lanjutan diperoleh hasil berupa nilai tahanan ujung konis (q_c), tahanan gesek lokal (q_f), angka banding gesek (FR), dan tahanan gesek total (f_t) sebelum dipasang kolom-kapur dan setelah dipasang kolom-kapur yang diuji pada saat kolom-kapur berumur 1 hari, 3 hari, dan 7 hari seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Secara umum, hasil uji sondir menunjukkan bahwa pemberian kolom kapur dapat meningkatkan kuat dukung tanah pasir. Peningkatan kuat dukung tersebut terjadi seiring dengan bertambahnya umur kolom-kapur. Berdasarkan hasil pengujian CPT di lapangan diketahui bahwa nilai tahanan ujung kerucut (q_c) bervariasi terhadap kedalaman.



Gambar 6 Hasil uji sondir setelah pemasangan kolom-kapur pada umur 1 hari, 3 hari, dan 7 hari

Sebelum pemasangan kolom-kapur, berdasarkan hasil uji sondir dari Gambar 6 tersebut diketahui bahwa pada kedalaman 1,6 m hingga 2,0 m nilai tahanan ujung konis sangat rendah yaitu berkisar 0,19 MPa – 0,29 MPa. Melihat hasil ini berarti pada kedalaman ini terdapat lapisan pasir dengan kerapatan yang sangat rendah (dalam arti tanah bersifat *loose*) dan dimungkinkan potensi terjadi likuifaksi pada lapisan ini. Namun, setelah pemasangan kolom-kapur, nilai q_c menunjukkan peningkatan pada kedalaman 1,6 m hingga 2 m. Kejadian ini menyebabkan adanya peningkatan nilai *cyclic resistance ratio* (CRR) yang menjadi salah satu indikasi adanya pengurangan resiko likuifaksi. Secara umum nilai q_c meningkat seiring dengan bertambahnya umur kolom kapur hingga 3 hari. Pemasangan kolom kapur dapat meningkatkan nilai perlawanan gesek tanah disekitar kolom kapur dengan sangat tinggi. Seperti halnya nilai q_c , umumnya nilai q_f meningkat sesuai dengan bertambahnya umur kolom kapur hingga 3 hari.

Secara keseluruhan, peningkatan kuat dukung tanah hanya terjadi pada kedalaman 1,6 m hingga 2 m dibawah kolom kapur yang dipasang sampai pada kedalaman muka air tanah (1,5 m). Air tanah yang menjadi media untuk membawa anorganik misal ion-ion kalsium (Ca^{2+}) dari kolom

kapur. Tidak terjadinya peningkatan kekuatan tanah dapat disebabkan keragaman (*heterogeneity*) dan ketidakpastian (*uncertainty*) sebaran porositas, jenis dan ukuran partikel tanah di lapangan. Dengan demikian, ion-ion kalsium (Ca^{2+}) dari kolom kapur akan mengalami hambatan dalam bermigrasi, sehingga proses stabilisasi tanah tidak berlangsung.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian di lapangan diketahui bahwa nilai q_c bervariasi terhadap kedalaman. Pemasangan kolom-kapur hanya mampu meningkatkan nilai q_c pada kedalaman 1,6 m–2 m, tepat dibawah kolom kapur. Peningkatan ini menunjukkan adanya pengurangan resiko likuifaksi di daerah tersebut. Namun demikian, pemasangan kolom kapur telah meningkatkan perlawanan gesek (q_f) tanah di sekitar kolom dengan sangat tinggi. Kekuatan tanah di sekitar kolom-kapur meningkat terhadap umur kolom-kapur hingga 3 hari setelah pemasangan. Setelah umur 3 hari, tidak terjadi peningkatan kekuatan tanah.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Lembaga Pengembangan Pendidikan, Penelitian dan Masyarakat (LP3M) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta melalui dana KOMPEMA Tahun 2007/2008. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dana yang diberikan guna menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih juga ditujukan kepada Yordan Gunawan, National Cheng-Kung University, Taiwan, yang telah membantu dalam mempersiapkan kajian pustaka.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Baker, S., 2000, “*Deformation Behavior of lime/cement Column Stabilized clay*”, Thesis for Ph.D, Department of Geotechnical Engineering, Chalmers University of Technology, Goteborg.
- Budi, G.S., 2003, Penyebaran Kekuatan dari Kolom yang Terbuat dari Limbah Karbit dan Kapur, *Jurnal Dimensi Teknik Sipil*, Vol. 5 No. 2, 99-102.
- Chand, S.K., dan Rao, S.C., 2006, Lime Migration in Pond Ash Deposits Stabilized by Hydrated Lime Column, *Electronic Journal of Geotechnical and Environmental Engineering, Oklahoma State University*, Oklahoma.
- Gallagher, M.P., Conlee, C.T., dan Rollins, K.M., Full-Scale Field Testing of Colloidal Silica Grouting for Mitigation of Liquefaction Risk. *Journal of Geotechnical and Environmental Engineering ASCE*, Vol. 133, No. 2, pp 186-196.
- Lee, S.H.H., Ching, H.H., dan Muntohar, A.S., 2006. Study on Liquefaction Problem of Yogyakarta Area at 052706 Earthquake, Proceeding International Seminar and Symposium on Earthquake Engineering and Infrastructure & Building Retrofitting (EE & IBR), 28 Agustus 2006, Yogyakarta, 6-10
- Liao, H.J., Huang, C.C., dan Chao, B.S., Liquefaction Resistance of a Colloid Silica Grouted Sand. 2003, Proceeding 3rd International Specialty Conference on Grouting and Ground Treatment, New Orleans, Louisiana, USA, February 10–12, 2003, 1305-1313.
- Muntohar, A.S., 2003, *Lime-column in expansive soil: A study on the compressive strength*, Proceedings of the 3rd International Specialty Conference on Grouting and Ground Treatment, New Orleans, Louisiana, USA, February 10–12, 2003, 1305-1313.

- Muntohar, A.S., and Liao, H.J., 2006, Strength distribution of the soil surrounding lime-column, In Chan, D., and Law, K.T. (Editors.) : Proceeding 4th International Conference on Soft Soil Engineering, 2-6 October 2006, Vancouver, Canada, 315-319.
- Rogers, C.D.F., dan Gledinning S. Lime Requirement for Stabilization. *Transportation Research Record* No. 00-0604. UK: National Research Council; 2002.
- Tonoz, M.C., Gokceoglu, G., dan Ulusay, R., 2003. A laboratory-Scale Experimental Investigation