

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Likuifaksi (*liquefaction*) atau proses berkurangnya kekuatan tanah akibat gempa pada tanah granuler yang jenuh air sering terjadi di banyak tempat di dunia ini. Gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta dan Jawa Tengah pada 27 Mei 2006 telah menyebabkan kerusakan infrastruktur dan kerugian baik materi maupun jiwa manusia. Berdasarkan kajian awal (*reconnaissance*) kelompok geoteknik Taiwan Tech diketahui bahwa pada lebih dari 27 lokasi telah terjadi peristiwa *sand-boiling* selama gempa tersebut, yaitu keluarnya pasir-pasir halus dari retakan tanah (Lee, Hwang dan Muntohar, 2006). *Sand-boiling* merupakan indikasi terjadinya peristiwa likuifaksi akibat gempa bumi yang melanda Yogyakarta dan Jawa Tengah tersebut. Salah satu lokasi terjadinya *sand-boiling* ini adalah di Kampus Terpadu Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY) yang diikuti dengan retaknya permukaan tanah. Likuifaksi ini sangat dimungkinkan terjadi di Kampus UMY karena kondisi tanahnya merupakan endapan tanah pasir dengan muka air tanah yang sangat dangkal yaitu hingga 0,5 m – 1,0 m di bawah muka tanah asli. Ketika terjadi gempa bumi, likuifaksi ini menyebabkan terjadinya penurunan tanah dan meningkatkan tekanan air pori tanah. Sebagai akibatnya, kerusakan konstruksi bangunan yang ada di atasnya tidak dapat dihindarkan. Untuk itu, diperlukan suatu teknik guna mengurangi resiko likuifaksi jika terjadi

Pada prinsipnya, Tanaka dkk (1991) menjelaskan bahwa bahaya likuifaksi ini dapat ditanggulangi dengan dua teknik yaitu (1) memperbaiki sifat-sifat tanah, dan (2) memperbaiki kondisi yang berkaitan dengan tegangan, deformasi, dan tekanan air pori. Namun secara umum penanganan likuifaksi dapat dilakukan dengan cara memadatkan tanah di lapangan yang memakai teknik antara lain teknik getaran (*vibro-compaction*), perbaikan tanah dengan cara *deep soil mixing*, atau pemadatan dinamis (*dynamic compaction*). Pada kebanyakan penelitian, teknik perbaikan tanah (*ground improvement*) yang sering digunakan adalah teknik kolom-batu (*stone-column*) atau tiang-batu (*stone-piers*). Teknik ini mampu mengurangi resiko kerusakan struktur akibat peristiwa likuifaksi (Mitchell, dkk., 1995; Martin, 2000). Namun demikian teknik perbaikan tanah lainnya seperti *cement/lime-column* dapat digunakan sebagai alternatif untuk mengurangi resiko likuifaksi (Seed dkk, 2001; Seed dkk, 2003). Selain itu, teknik kolom ini juga dapat digunakan sebagai fondasi untuk bangunan gedung (Kempfert, 2003). Teknik *grouting* dan *deep mixing* adalah teknik yang lebih efektif mengurangi likuifaksi.

Deep mixing yang biasa dilakukan adalah dengan menggunakan teknik kolom kapur (*lime column/LC*), kolom semen (*cement column/CC*), atau kolom kapur-semen (*lime-cement column/LCC*). Pada kebanyakan teknik kolom kapur dan kolom-kapur/semen lebih sering digunakan pada tanah lunak (Axelsson & Larsson, 2003; Kosche, 2004), sedangkan kolom-semen lebih sesuai untuk tanah berpasir. Teknik kolom-kapur atau kolom-semen untuk mengurangi resiko likuifaksi ini oleh Collier dan Mitchell (2001) dikategorikan sebagai perbaikan

tanah pasif (*passive treatment*). Hasil dari kolom-semen ini adalah suatu kolom yang mengeras akibat tanah bercampur dengan bahan semen. Untuk itu, pada penelitian ini akan dikaji pemakaian kolom semen untuk memperbaiki tanah guna mengurangi resiko likuifaksi.

B. Rumusan Masalah

Perbaikan tanah dapat ditunjukkan dengan perbaikan sifat-sifat indeks dan mekanis tanah setelah dilakukan teknik perbaikan tanah seperti berkurangnya plastisitas, meningkatnya kuat geser tanah, berkurangnya daya pemampatan, berkurangnya kembang – susut. Perbaikan tanah dengan mencampurkan bahan kimia seperti semen, secara teori akan menghasilkan pengerasan di sekitar tanah yang dicampur dengan semen. Hasilnya adalah peningkatan kuat geser tanah sebagai hasil dari reaksi kimia antara semen dan butiran tanah. Pada perbaikan tanah pasif seperti kolom semen, penyebaran kekuatan tanah di sekitar kolom-semen akan dipengaruhi oleh muka air tanah, porositas tanah, dan umur kolom-semen. Pada penelitian ini hanya akan dikaji apakah umur kolom-semen dapat meningkatkan kekuatan tanah di sekitar kolom-semen. Penyebaran kekuatan tanah karena adanya kolom-semen perlu dikaji dengan cara menguji kekuatan tanah pada arah radial dan vertikal. Kekuatan tanah ini dapat berupa kekuatan terhadap perlawanan ujung dan perlawanan gesek. Peningkatan kekuatan tanah ini merupakan indikator berkurangnya resiko likuifaksi.

C. Tujuan

Secara garis besar penelitian ini bertujuan :

1. Untuk mempelajari penyebaran kekuatan tanah di sekitar kolom-semen baik pada arah radial dan vertikal.
2. Untuk mengetahui pengaruh umur kolom-semen terhadap kekuatan tanah di sekitar kolom-semen.

D. Manfaat

Pemanfaatan semen untuk usaha perbaikan tanah berpasir dapat memberikan kontribusi mengatasi masalah likuifaksi. Dengan membuat kolom-semen dan mengetahui hasil kajian berupa zona efektif pengaruh kolom semen dapat memberikan gambaran sejauh mana pengaruh penggunaan kolom-semen pada tanah berpasir.

E. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Pengujian kolom-semen dengan diameter 5,5 cm dan panjang 22 cm, dilakukan dalam skala model Laboratorium.
2. Pada pemasangan kolom-semen, muka air tanah dikondisikan sama dengan tinggi permukaan tanah. Sedangkan pada saat pengujian muka air tanah diatur
1. 0,40 m dibawah permukaan tanah

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Likuifaksi

Likuifaksi adalah suatu proses atau kejadian berubahnya sifat tanah dari keadaan padat menjadi keadaan cair, yang disebabkan oleh beban siklik pada waktu terjadi gempa sehingga tekanan air pori meningkat mendekati atau melampaui tegangan vertikal. Likuifaksi terjadi karena tekanan air dalam tanah meningkat akibat guncangan gempa atau pembebanan tiba-tiba. Karena tekanan airnya meningkat, jarak antar partikel pasir menjadi semakin renggang, sehingga kekuatan totalnya berkurang drastis. (<http://www.sharingilmuteknik-acehforumcommunity/>)

Negara-negara yang sering dilanda gempa bumi di antaranya adalah India, Pakistan, Iran, Cina, Jepang, Venezuela, Meksiko, Filipina, Indonesia, Amerika Serikat, serta beberapa negara di Afrika dan Eropa Timur. Kerugian terbanyak terjadi akibat dari besarnya getaran yang menyebabkan runtuhnya bangunan dengan struktur yang lemah. Peristiwa likuifaksi mengakibatkan bangunan amblas, miring, dan melongsor, seperti yang terjadi di Niigata, Jepang dan di Maumere, Indonesia, tahun 1994. (<http://www.sharingilmuteknik-acehforumcommunity/>)

Untuk mengurangi dampak terjadinya likuifaksi ada 3 metode. Pertama adalah dengan menghindari konstruksi pada tanah rawan likuifaksi. Kedua, dengan mendesain bangunan yang tahan likuifaksi, terutama desain por-

melibatkan pilihan dan mitigasi likuifaksi melalui peningkatan kaku-

atau drainase karakteristik dari tanah. Hal ini dilakukan dengan menggunakan berbagai teknik perbaikan tanah (*soil improvement*).

(<http://www.ce.washington.edu/~liquefaction>).

Teknik perbaikan tanah terdiri dari Perbaikan tanah aktif (*active treatment*) diantaranya adalah teknik getaran (*vibro-compaction*), perbaikan tanah dengan cara *deep soil mixing*, atau pemadatan dinamis (*dynamic compaction*). Pada kebanyakan penelitian, teknik perbaikan tanah (*ground improvement*) yang sering digunakan adalah teknik kolom-batu (*stone-column*) atau tiang-batu (*stone-piers*). Teknik ini mampu mengurangi resiko kerusakan struktur akibat peristiwa likuifaksi (Mitchell, dkk., 1995; Martin, 2000). Perbaikan tanah pasif (*passive treatment*) diantaranya dengan kolom-semen (*cement-column*, CC) atau kolom kapur/semen (*lime/cement-column*, LCC), atau *silica grout* memerlukan suatu media agar bahan tersebut dapat tersebar secara gravitasi dan reaksi kimia dengan tanah di sekitarnya. Penyebaran dan reaksi kimia tersebut akan terjadi jika terdapat air tanah yang tinggi. Hasil dari proses reaksi kimia tersebut adalah mengikat partikel-partikel tanah dan pengerasan tanah permanen yang mana akan meningkatkan kekuatan tanah terhadap gempa.

B. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah perbaikan sifat-sifat tanah untuk mencapai persyaratan tertentu (Ingless dan Metcalf, 1972). Stabilisasi tanah penting dilakukan mengingat kenyataan di lapangan, sifat-sifat tanah tidak selalu memenuhi harapan dalam merencanakan suatu konstruksi. Sifat tanah yang jelek seperti bu

atau drainase karakteristik dari tanah. Hal ini dilakukan dengan menggunakan berbagai teknik perbaikan tanah (*soil improvement*).

(<http://www.ce.washington.edu/~liquefaction>).

Teknik perbaikan tanah terdiri dari Perbaikan tanah aktif (*active treatment*) diantaranya adalah teknik getaran (*vibro-compaction*), perbaikan tanah dengan cara *deep soil mixing*, atau pemadatan dinamis (*dynamic compaction*). Pada kebanyakan penelitian, teknik perbaikan tanah (*ground improvement*) yang sering digunakan adalah teknik kolom-batu (*stone-column*) atau tiang-batu (*stone-piers*). Teknik ini mampu mengurangi resiko kerusakan struktur akibat peristiwa likuifaksi (Mitchell, dkk., 1995; Martin, 2000). Perbaikan tanah pasif (*passive treatment*) diantaranya dengan kolom-semen (*cement-column*, CC) atau kolom kapur/semen (*lime/cement-column*, LCC), atau *silica grout* memerlukan suatu media agar bahan tersebut dapat tersebar secara gravitasi dan reaksi kimia dengan tanah di sekitarnya. Penyebaran dan reaksi kimia tersebut akan terjadi jika terdapat air tanah yang tinggi. Hasil dari proses reaksi kimia tersebut adalah mengikat partikel-partikel tanah dan pengerasan tanah permanen yang mana akan meningkatkan kekuatan tanah terhadap gempa.

B. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah perbaikan sifat-sifat tanah untuk mencapai persyaratan tertentu (Ingless dan Metcalf, 1972). Stabilisasi tanah penting dilakukan mengingat kenyataan di lapangan, sifat-sifat tanah tidak selalu memenuhi harapan dalam merencanakan suatu konstruksi. Sifat tanah yang jelek seperti bu

atau drainase karakteristik dari tanah. Hal ini dilakukan dengan menggunakan berbagai teknik perbaikan tanah (*soil improvement*).

(<http://www.ce.washington.edu/~liquefaction>).

Teknik perbaikan tanah terdiri dari Perbaikan tanah aktif (*active treatment*) diantaranya adalah teknik getaran (*vibro-compaction*), perbaikan tanah dengan cara *deep soil mixing*, atau pemadatan dinamis (*dynamic compaction*). Pada kebanyakan penelitian, teknik perbaikan tanah (*ground improvement*) yang sering digunakan adalah teknik kolom-batu (*stone-column*) atau tiang-batu (*stone-piers*). Teknik ini mampu mengurangi resiko kerusakan struktur akibat peristiwa likuifaksi (Mitchell, dkk., 1995; Martin, 2000). Perbaikan tanah pasif (*passive treatment*) diantaranya dengan kolom-semen (*cement-column*, CC) atau kolom kapur/semen (*lime/cement-column*, LCC), atau *silica grout* memerlukan suatu media agar bahan tersebut dapat tersebar secara gravitasi dan reaksi kimia dengan tanah di sekitarnya. Penyebaran dan reaksi kimia tersebut akan terjadi jika terdapat air tanah yang tinggi. Hasil dari proses reaksi kimia tersebut adalah mengikat partikel-partikel tanah dan pengerasan tanah permanen yang mana akan meningkatkan kekuatan tanah terhadap gempa.

B. Stabilisasi Tanah

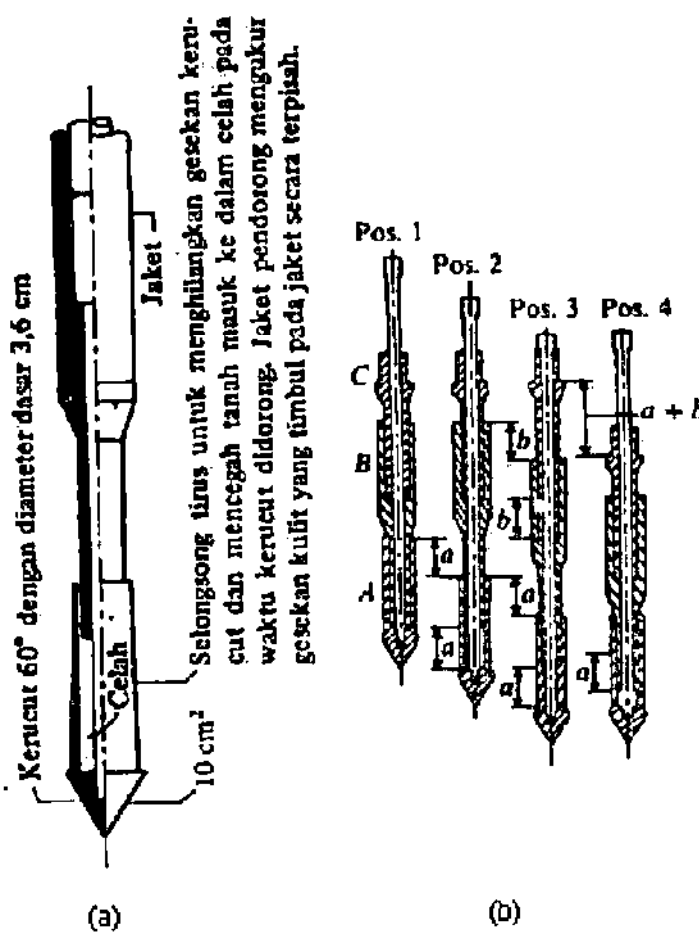
Stabilisasi tanah adalah perbaikan sifat-sifat tanah untuk mencapai persyaratan tertentu (Ingless dan Metcalf, 1972). Stabilisasi tanah penting dilakukan mengingat kenyataan di lapangan, sifat-sifat tanah tidak selalu memenuhi harapan dalam merencanakan suatu konstruksi. Sifat tanah yang jelek seperti butiran lempung, permeabilitas yang tinggi, sangat mudah tertekan, kembang

kajian di lapangan (*field scale*) untuk meneliti potensi penggunaan *colloidal 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 *colloidal silica*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanah yang distabilisasi mengalami penurunan setinggi 0,3 m, lebih rendah 0,2 m dibanding dengan tanah yang tidak distabilisasi yaitu setinggi 0,5 m. Liao, dkk (2004) juga melakukan investigasi penggunaan gel *colloidal silica* guna mengurangi potensi likuifaksi 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 distabilisasi dengan gel *colloidal silica*.

D. Sondir

Tes ini dimaksudkan untuk mengetahui kuat dukung tanah yang diuji, dengan melihat perlawanan penetrasi konus (q_c) dan hambatan geser (q_f). Perlawanan penetrasi konus adalah perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya per satuan luas. Alat sondir dengan bentuk ujung kerucut dengan sudut 60° , diameter dasar = 35,7 mm dengan luas irisan lintang 10 cm^2 dan mempunyai selubung geser dengan luas muka 150 cm^2 (gambar 2.1). Alat ini di

memasukkan bikonus ke dalam tanah dengan kecepatan 10 sampai 20 mm/detik. Setelah pipa masuk sedalam 20 cm, pemutaran stang dihentikan. Pemutaran dilanjutkan kembali untuk menekan besi isi pipa. Pada penekan pertama ujung konus akan bergerak ke bawah sedalam 4 cm, dan jarum manometer bergerak. Tekanan yang ditunjuk oleh manometer dicatat. Tekanan inilah yang disebut perlawanan penetrasi konus (q_c). Pada penekanan berikutnya, konus dan mantelnya bergerak ke bawah. Nilai manometer yang terbaca adalah nilai perlawanan lekat ($f_t = q_c + q_f$). dicatat besarnya (f_t).



2.1.2.1. (a) Kerucut Penetrasi Konus (b) Empat Posisi Penetrasi Konus