

## PENGARUH TEGANGAN AKIBAT BEBAN STATIS DITINJAU DARI MUKA AIR TANAH

Sriyati Ramadhani \*

### Abstract

This research emphasized in the effect of lightweight-styrofoam concrete usage as caisson foundation constructed on soft clay with two ground water level conditions which were the condition of ground water level that higher than the depth of foundation base and lower than the depth of foundation base. Styrofoam concrete was modeled in test box in laboratory. The materials used were Portland cement type I, styrofoam with 2 – 3 mm for grain diameter, sand and water, where the composition of water was proportional. There were 6 variations of volume composition between styrofoam and sand. They were 100 % styrofoam and 0 % sand, 80 % styrofoam and 20 % sand, 60 % styrofoam and 40 % sand, 40 % styrofoam and 60 % sand, 20 % styrofoam and 80 % sand, 0 % styrofoam and 100 % sand. The sizes of foundation model were 44 cm for diameter size, 50 cm length and embedded in 45 cm depth. Load test was carried in stage condition and settlement was measured for each stage.

Load test on lightweight-styrofoam concrete usage as caisson foundation showed that the smallest stress was obtained in 100 % styrofoam composition with ground water level for either higher or lower level of ground water toward foundation base. And the highest stress was obtained in 0 % Styrofoam composition for ground water level in either higher or lower level of ground water toward foundation base.

**Key word** lightweight-styrofoam concrete, soft clay, ground water level

### Abstrak

Penelitian ini menitikberatkan pada pengaruh tegangan akibat beban statis pada dua kondisi muka air tanah yaitu di atas dasar fondasi dan di bawah dasar fondasi. Beton styrofoam ringan dimodelkan dalam kotak uji di laboratorium, bahan yang digunakan berupa semen Portland tipe I, styrofoam dengan diameter 2-3 mm, pasir dan air, dimana komposisi air proporsional dengan campurannya. Perbandingan volume bahan dengan 6 variasi campuran berupa campuran styrofoam 100 % dan pasir 0 %, styrofoam 80 % dan pasir 20 %, styrofoam 60 % dan pasir 40 %, styrofoam 40 % dan pasir 60 %, styrofoam 20 % dan pasir 80 % serta styrofoam 0 % dan pasir 100 %. Model fondasi dengan ukuran diameter 44 cm dan panjang 50 cm dan tertanam 45 cm. Uji beban dilakukan dengan cara memberi secara bertahap dan dicatat penurunannya.

Dari hasil uji beban statis dapat dilihat bahwa tegangan yang terkecil terjadi pada persentase styrofoam 100 % baik pada kondisi muka air tanah di atas dasar fondasi maupun di bawah dasar fondasi dan tegangan yang terbesar terjadi pada persentase styrofoam 0 % untuk muka air tanah di atas dasar fondasi dan di bawah dasar fondasi.

**Kata kunci:** Beton styrofoam ringan, lempung lunak, muka air tanah

### 1. Pendahuluan

Tanah merupakan material konstruksi yang memegang peran penting sebagai dasar fondasi, sehingga mutlak diperlukan tanah yang memiliki kuat dukung tinggi dengan

penurunan sekecil mungkin. Oleh karena itu, diperlukan analisis kuat dukung tanah dan perancangan seksama agar tidak terjadi kegagalan struktur akibat runtuhnya tanah dasar di

bawah fondasi dan berakibat rusaknya struktur bangunan di atasnya.

Salah satu masalah yang sering dijumpai di dalam bidang teknik sipil adalah tanah lunak. Di daerah tanah lunak, muka air tanah umumnya dangkal, sehingga tekanan ke atas (*up lift*) oleh air perlu dimanfaatkan. Bangunan yang didirikan di atas tanah lunak akan mengalami penurunan (*settlement*) atau mengalami kegagalan, sehingga perlu dilakukan perbaikan tanah dasar fondasi atau konstruksi fondasi menyesuaikan dengan parameter tanah yang ada. Pada tanah dasar fondasi lunak dengan ketebalan tanah lunak cukup besar umumnya untuk bangunan (konstruksi) berat, digunakan jenis fondasi tiang, namun untuk bangunan ringan (lantai 1 s/d 2), penggunaan fondasi tiang mengakibatkan biaya konstruksi menjadi mahal. Apabila digunakan fondasi langsung (telapak) yang umumnya konstruksi beton bertulang akan diperoleh luasan fondasi saling tumpang tindih, atau digunakan tipe fondasi pelat. Penggunaan tipe fondasi inipun berakibat mahalnya biaya konstruksi, sehingga perlu dicari alternatif lain dalam usaha menghemat biaya konstruksi.

Pemanfaatan beton ringan seperti beton *styrofoam* ringan merupakan salah satu alternatif untuk menyelesaikan masalah tersebut untuk menghemat biaya konstruksi, karena bahan *styrofoam*nya sendiri dianggap murah dan mudah mendapatkannya. Pada penelitian ini peneliti mencoba melakukan percobaan di laboratorium dengan membuat model fondasi, selanjutnya fondasi dibebani beban statis vertikal sentris dengan dua kondisi muka air tanah yaitu muka air tanah rata dengan muka tanah dan muka air tanah di bawah dasar fondasi. Model fondasi dibuat dengan berbagai variasi jumlah *styrofoam*. Dari hasil penelitian ini diharapkan tegangan yang terjadi lebih kecil dan memberikan penurunan yang kecil dibanding dengan konstruksi

fondasi yang langsung menopang di atas tanah dasar fondasi.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Beton ringan

Beton ringan menurut Dobrowolski (1998) merupakan beton dengan berat di bawah  $1900 \text{ kg/m}^3$  lebih rendah dibandingkan dengan berat beton normal. Neville dan Brooks (1987) memberikan batasan beton ringan dengan berat beton di bawah  $1800 \text{ kg/m}^3$ . Menurut Murdock (1988) bahwa berat volume beton ringan berkisar antara 1360 sampai  $1840 \text{ kg/m}^3$  dan berat volume  $1850 \text{ kg/m}^3$  dapat dianggap sebagai batas dari beton ringan yang sebenarnya, meskipun nilainya kadang-kadang melebihi.

### 2.2 Styrofoam

*Styrofoam* termasuk dalam kategori polimer sintetik dengan berat molekul tinggi. Polimer sintetik berbahan baku monomer berbasis etilena yang berasal dari perengkahan minyak bumi. *Styrofoam* hanya sebuah nama dalam dunia perdagangan, nama sesungguhnya adalah *Polistyrena* atau *poli (feniletena)* dalam bentuk foam. *Feniletena* atau *styrene* dapat dipolimerkan dengan menggunakan panas sinar ultraviolet atau katalis. *Poli (feniletena)* merupakan bahan termoplastik yang bening (kecuali jika ditambahkan pewarna atau pengisi), dan dapat dilunakan pada suhu sekitar  $100^\circ \text{C}$ . *Poli (feniletena)* tahan terhadap asam, basa dan zat pengarat (korosif) lainnya, tetapi mudah larut dalam hidrokarbon aromatik dan berklor. Dalam propanon (aseton) *poli (feniletena)* hanya mengembang. Penyinaran dalam waktu yang lama oleh sinar ultra ungu, sinar putih, atau panas, sedikit mempengaruhi kekuatan dan ketahanan polimer terhadap panas. *Poli (feniletena)* berbusa atau *styrofoam* diperoleh dari pemanasan *poli (feniletena)* yang menyerap hidrokarbon rolatil ketika dipanasi oleh kukus (*steam*), butiran akan melunak, dan penguapan hidrokarbon di dalam

butiran akan menyebabkan butiran mengembang (Cowd, 1991).

### 2.3 Uji Beban Vertikal Pada Fondasi

Hitungan kuat dukung fondasi dapat diperoleh dari hitungan cara statis berdasarkan karakteristik kuat geser tanah, kedalaman, bentuk dan dimensi fondasi, serta dari persamaan empiris berdasarkan hasil uji di lapangan, seperti uji SPT dan uji sondir. Hasil hitungan berdasarkan ke dua cara tersebut dapat divalidasi dengan melakukan uji beban vertikal pada fondasinya, seperti yang sudah sering dilakukan pada fondasi tiang.

Uji beban vertikal pada fondasi tiang mempunyai maksud-maksud sebagai berikut (Hardiyatmo, 2002) :

1) untuk menentukan grafik hubungan beban dan penurunan, terutama

pada daerah beban rencana yang telah ditentukan,

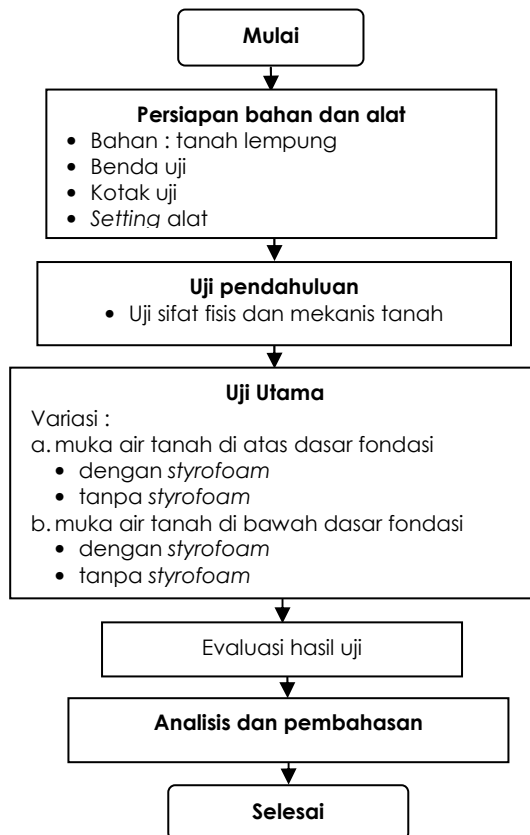
2) sebagai percobaan guna meyakinkan bahwa keruntuhan fondasi tidak akan terjadi sebelum beban yang ditinjau tercapai, beban ini nilainya beberapa kali nilai beban kerja yang dipilih dalam perancangan, nilai pengali tersebut kemudian dipakai sebagai faktor aman,

3) untuk menentukan kuat dukung ultimit tiang yang sebenarnya, yaitu untuk kontrol hasil hitungan kuat dukung tiang yang diperoleh dari formula statis dan empiris.

## 3. Metode Penelitian

### 3.1 Tahapan penelitian

Tahapan penelitian dapat dilihat bagan alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir pelaksanaan penelitian

### 3.2 Bahan dan alat

Tanah yang digunakan adalah tanah lempung dengan plastisitas tinggi. Model fondasi terbuat dari campuran semen, pasir, *styrofoam* dan air dengan diameter 44 cm dan panjang 50 cm. Jumlah fondasi bervariasi sesuai dengan perbandingan volume bahan yaitu *styrofoam* 100 % dan pasir 0 %, *styrofoam* 80 % dan pasir 20 %, *styrofoam* 60 % dan pasir 40 %, *styrofoam* 40 % dan pasir 60 %, *styrofoam* 20 % dan pasir 80 %, dan *styrofoam* 0 % dan pasir 100 %. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kotak uji berdimensi panjang 200 cm, lebar 200 cm, tinggi 100 cm dan seperangkat alat berupa *Frame* baja sebagai pengaku, *hydraulic jack*, *dial gauge*, *transducer*, *load cell*, pipa paralon, *catrol*, serta alat uji fisis tanah.

### 3.3 Metode

- Tahap persiapan  
 Persiapan dilakukan pemasangan pipa paralon sebanyak 4 buah, pengolahan media lempung untuk mendapatkan konsistensi yang diinginkan, untuk muka air tanah di atas dasar fondasi pada kotak uji terlebih dahulu diisi air kemudian tanah lempung dimasukkan, untuk muka air tanah di bawah dasar fondasi airnya diturunkan sampai mencapai kadar air tertentu. Tanah dibiarkan selama 3 hari, agar homogen kadar airnya, selanjutnya pemasangan fondasi sampai kedalaman  $\pm 45$  cm dan pemasangan alat uji beban.

- Tahap penelitian terbagi 2 yaitu, penelitian pendahuluan dilakukan uji sifat fisis tanah dan uji beban dilakukan dengan 2 kondisi muka air tanah yaitu, muka air tanah rata dengan muka tanah dan muka air tanah di bawah dasar fondasi. Pembebanan dilakukan sampai terjadi keruntuhan, selama uji beban dilakukan pencatatan penurunan dan beban yang terjadi, kemudian gambarkan dalam suatu grafik. Uji beban ini dilakukan berdasarkan ASTM 1143.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Hasil uji pendahuluan

Hasil uji pendahuluan propertis tanah dirangkum dalam Tabel 1.

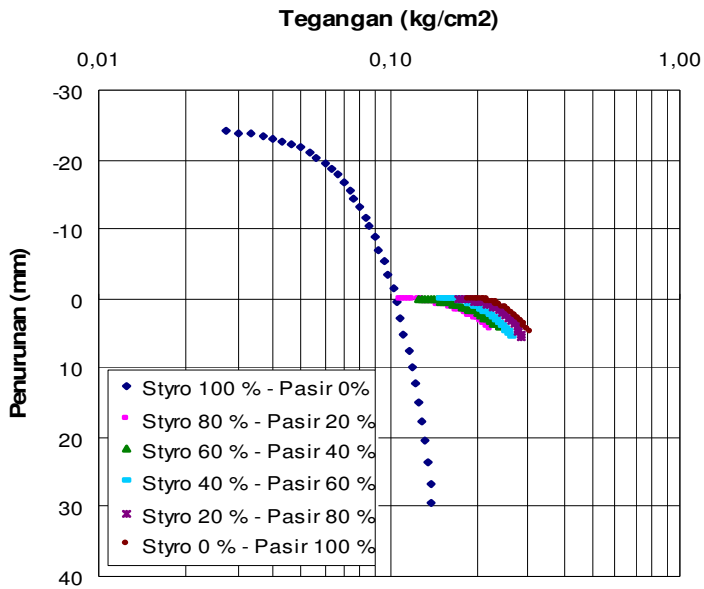
Menurut klasifikasi Unified, diperoleh LL = 87,48 %, PI = 55,16 %, gradasi butiran pasir 7,48 %, fraksi halus 92,52 %, menurut ASTM D-2487-00 maka tanah termasuk pada jenis tanah berbutir halus dengan simbol CH dalam kelompok *fat clay*.

### 4.2 Uji beban kondisi muka air tanah di atas dasar fondasi

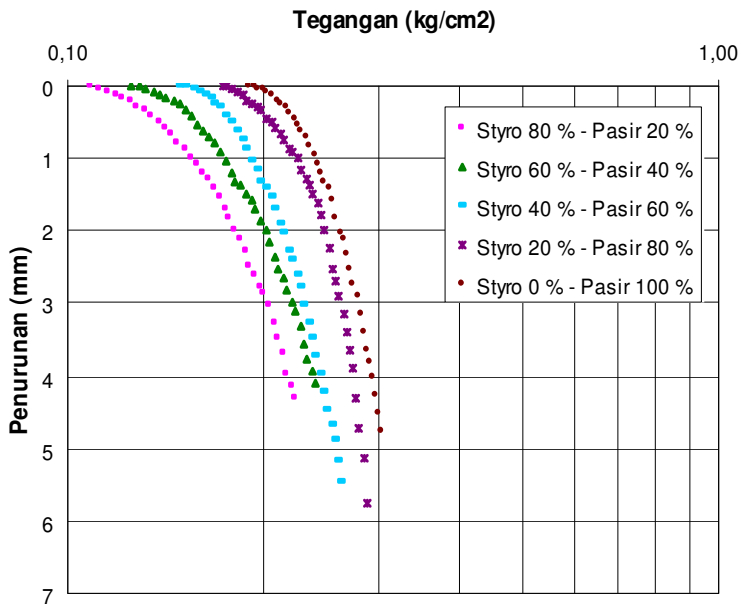
Hasil uji beban statis untuk muka air tanah di atas dasar fondasi dengan berbagai variasi persentase campuran *styrofoam* pada lubang uji dengan media tanah lempung dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Pada kondisi ini digunakan elevasi muka tanah  $\pm 0,00$  m dan elevasi muka air tanah  $\pm 0,00$  m.

Tabel 1 Hasil uji properties tanah

Gravitasi khusus ASTM D 854-02	2,55
Kadar air rerata MAT atas ASTM D 2216-98	91,23 %
Kadar air rerata MAT bawah ASTM D 2216-98	71,03 %
Kuat tekan bebas ( $q_u$ ) kg/cm <sup>2</sup> ASTM D 2166-00	0,10 – 0,18
Kohesi tanah MAT bawah ( $c_u$ ) kg/cm <sup>2</sup>	0,05 – 0,09
Kohesi tanah MAT atas ( $c_u$ ) kg/cm <sup>2</sup> ASTM 2573-01	0,0098- 0,0144
Adhesi tanah ( $c_a$ ) kg/cm <sup>2</sup> ASTM D 3080-98	0,07 – 0,15
Kepadatan tanah MAT atas ( $\gamma_d$ ) kg/cm <sup>3</sup> (0 % - 100 %) ASTM D 1556-00	0,94 – 0,90
Kepadatan tanah MAT bawah ( $\gamma_d$ ) kg/cm <sup>3</sup> (0 % - 100 %) ASTM D 1556-00	0,97 – 0,92



Gambar 1. Hubungan tegangan dan penurunan untuk muka air tanah di atas dasar fondasi untuk variasi campuran styrofoam



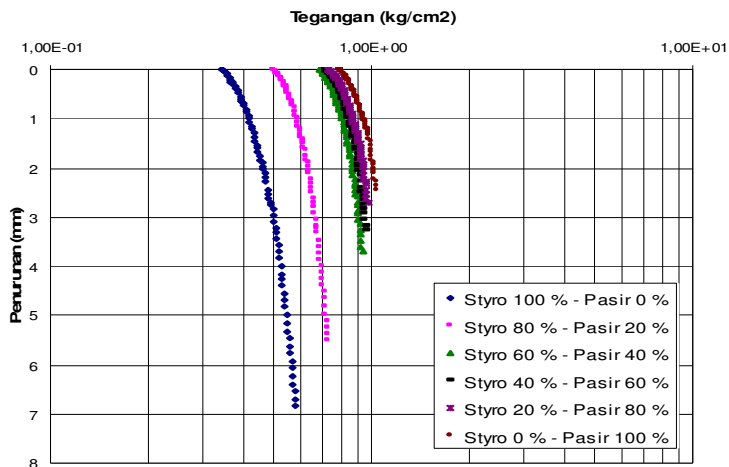
Gambar 2. Hubungan tegangan dan penurunan untuk muka air tanah di atas dasar fondasi untuk campuran styrofoam

Pada Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada fondasi sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah, pada kondisi muka air tanah di atas dasar fondasi tanahnya sangat lunak dengan kadar air berkisar antara 90,47 % sampai 92,01 %. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil persentase *styrofoam* maka semakin besar tegangan yang terjadi, hal tersebut dipengaruhi oleh berat dari fondasi yang menambah tekanan pada fondasi sehingga tanah tidak mampu mendukung beban yang ada. Pada kandungan *styrofoam* 100 % tegangan yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan kandungan *styrofoam* 0 % hal ini disebabkan karena pada kandungan *styrofoam* 0 % tanah di bawah dasar fondasinya tidak mampu mendukung tekanan yang terjadi akibat dari beban dan berat fondasinya, sedangkan pada kandungan *styrofoam* 100 % tegangan yang terjadi cukup kecil karena adanya gaya *uplift* karena berat tanah akan berkurang apabila ada *uplift*.

#### 4.3 Uji beban kondisi muka air tanah di bawah dasar fondasi

Pada Gambar 3 untuk kondisi muka air tanah di bawah dasar fondasi menunjukkan bahwa pada kondisi ini tanahnya sangat lunak dan kadar airnya berkisar antara 69,88 % sampai 71,88 %. Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa semakin besar kandungan *styrofoam*nya semakin kecil tegangan yang terjadi tetapi penurunannya semakin besar. Pada kandungan *styrofoam* 100 % tegangan yang terjadi lebih kecil dibanding dengan kandungan *styrofoam* 0 % karena pada kandungan *styrofoam* 0 % tekanan yang diberikan sangat besar akibat dari berat fondasi, tetapi penurunan yang terjadi cukup kecil akibat dari kepadatan tanah di bawah dasar fondasi yang cukup besar.

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tegangan yang terkecil terjadi akibat beban statis terdapat pada kandungan *styrofoam* 100 % baik pada kondisi muka air di atas dasar fondasi maupun di bawah dasar fondasi.



Gambar 3. Hubungan tegangan dan penurunan untuk muka air tanah di bawah dasar fondasi.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Sifat dari *styrofoam* sangat licin, sehingga mengurangi lekatan antara tanah dan fondasi,
- 2) Tegangan yang terkecil terjadi pada kandungan *styrofoam* 100 % baik pada kondisi muka air tanah di atas dasar fondasi maupun di bawah dasar fondasi.
- 3) Tegangan yang terbesar terjadi pada kandungan *styrofoam* 0 % baik pada kondisi muka air tanah di atas dasar fondasi maupun di bawah dasar fondasi.
- 4) Pada kandungan *styrofoam* 100 % untuk kondisi muka air tanah di atas dasar fondasi terjadi *uplift*, tetapi pada kondisi muka air tanah di bawah dasar fondasi tidak terjadi *uplift*.

### 5.2 Saran-saran

Beberapa saran yang perlu disampaikan untuk pengembangan penelitian mengenai fondasi yang memanfaatkan *styrofoam* sebagai berikut :

- 1) diperlukan penelitian seperti ini dengan melihat pemanfaatan beton *styrofoam* di bawah fondasi telapak pada tanah pasir,
- 2) penelitian ini mengamati kondisi muka air tanah yaitu di atas dan di bawah dasar fondasi diperlukan penelitian lain dengan muka air tanah jauh di bawah dasar fondasi dengan kadar air yang lebih rendah.

## 6. Daftar Pustaka

- Anonim, 1986, *Annual Book of ASTM Standard (Soils, Rocks and Building Stones)*, American Society for Testing and Material, USA.
- Cowd. M.A., 1991, *Kimia Polimer*, Penerbit ITB, Bandung.

Dobrowolski, A. J., 1988, *Concrete Construction Hand Book* New York: The McGraw-Hill Companies, Inc..

Hardiyatmo. H., C., 2002a, *Mekanika Tanah I*, edisi ke-2, Beta Offset, Yogyakarta.

Hardiyatmo. H., C., 2002b, *Teknik Pondasi II*, edisi ke-2, PT Beta Offset, Yogyakarta.

Murdock. L. J., 1986, *Bahan dan Praktek Beton*. Edisi ke-4. Jakarta: Erlangga.

Neville. A. M. And Brooks. J.J., 1987, *Concrete Technology*. First Edition. England: Longman Scientific and Technical.