

INFRASTRUKTUR

DESAIN FONDASI TELAPAK DENGAN MENGGUNAKAN BETON *STYROFOAM* RINGAN PADA TANAH LEMPUNG BERPASIR *Plate Foundation Design by Using Lightweight Styrofoam Concrete in Sandy Clay*

Irdhiani

Fakultas Teknik Universitas Tadulako-Jalan Soekarno Hatta Km. 8 Palu 94118

Email : irdhiani.nn@gmail.com

Sriyati Ramadhani

Fakultas Teknik Universitas Tadulako-Jalan Soekarno Hatta Km. 8 Palu 94118

Email : sriyatiramadhani@yahoo.com

ABSTRACT

Recently, the price of construction material has gone up especially price of cement as the primary material for foundation construction. In the area which is consist of soft soil with higher water level, a higher foundation section area such as plate foundation or pile foundation is needed. It will be costly when pile foundation or plate foundation utilized in lightweight building. Therefore, lightweight concrete foundation might be useful as an alternative to reduce cement volume in concrete material which will reduce the cost of foundation construction. The research aims to determine the optimum percentage of lightweight Styrofoam concrete in plate foundation against bearing capacity, settlement, and uplift force in sandy clay.

Foundation were made of concrete mixed with Styrofoam with contents varied as 0%, 20%, 40%, 60% 80% and 100%, then its pressure strength and volume weight at 28 days cure were tested. From physical properties tests such as sieve analysis and Atterberg limit test, the soil classified as CL or anorganic clay with low to medium plasticity, sandy clay with A(activity) of 0.87 which means it has illite clay mineral content in the soil with activity (A) medium. Direct shear test shows that the soil have a friction angle (ϕ) 24,25° and cohesion (c) 0,0197 kg/cm². Concrete unit weight containing no Styrofoam is 2,222 gr/cm³. Average concrete unit weight will be reduced as 0,2726 gr/cm³ or 12% for each addition of 20% of Styrofoam. The percentage of concrete pressure strength reduction by addition of Styrofoam of 10%, 20%, 30%, and 40% compare to concrete pressure strength with no Styrofoam added are 24,470%, 44,453 %, 58,601 %, and 69,145 % respectively Reduction of concrete pressure strength are due to Styrofoam particles that may act as air void, in which concrete with air void has lower pressure strength compare to concrete without air void.

Kata Kunci : Plate Foundations, Lightweight Styrofoam Concrete, Sandy Clay

ABSTRAK

Akhir-akhir ini harga material bangunan semakin melambung terutama harga semen sebagai bahan pokok suatu konstruksi bangunan (konstruksi fondasi). Di daerah tanah lunak dengan letak muka air tinggi diperlukan ukuran luasan fondasi cukup besar yaitu fondasi pelat atau digunakan fondasi tiang. Apabila fondasi tiang atau fondasi pelat digunakan pada bangunan ringan berakibat mahalnya biaya konstruksi. Untuk itu, dicari alternatif lain yaitu fondasi beton ringan guna mengurangi volume pemanfaatan material semen, dan menekan biaya konstruksi fondasi. penelitian ini bertujuan untuk menentukan persentase optimum beton *styrofoam* ringan pada fondasi telapak terhadap kuat dukung, penurunan dan pengaruh gaya *uplift* pada tanah lempung berpasir

Fondasi telapak terbuat dari beton yang dicampur dengan *styrofoam* sebanyak 0%, 20%, 40%, 60% 80% dan 100%. Pengujian beton *styrofoam* terdiri dari kuat tekan dan berat isi pada umur 28 hari. Pengujian kuat tekan beton *styrofoam* menggunakan ukuran standar yang berbentuk kubus yaitu 15 cm x 15 cm x 15 cm. Untuk pengujian tanah terdiri dari analisa saringan, batas-batas Atterberg dan geser langsung. Hasil pengujian sifat fisik tanah yaitu uji analisa saringan dan batas-batas Atterberg diperoleh Klasifikasi tanah CL yaitu Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berpasir yang memiliki nilai aktivitas (A) sebesar 0,87 sehingga jenis mineral lempung yang terkandung dalam tanah yaitu mineral illite dengan tingkatan aktivitas (A) sedang dan dari pengujian sifat mekanis tanah yaitu uji geser langsung diperoleh nilai sudut gesek dalam (ϕ) 24,25° dan kohesi (c) 0,0197 kg/cm². Berat satuan beton tanpa styrofoam sebesar 2,222 gr/cm³ dan setiap penambahan styrofoam sebesar 20% pada beton akan mengurangi berat satuan beton rata-rata sebesar 0,2726 gr/cm³ atau 12%. Persentase penurunan kuat tekan beton dengan penambahan *styrofoam* 10%, 20%, 30%, dan 40% dibandingkan dengan kuat tekan tanpa penambahan *styrofoam* berturut-Turut 25,470%, 44,453%, 58,601%, dan 69,145%. Penurunan kuat tekan ini disebabkan karena butiran *styrofoam* dapat dianggap sebagai rongga udara, dimana beton dengan rongga udara memiliki kuat tekan lebih rendah dibandingkan tanpa rongga udara.

Kata Kunci : Fondasi Telapak, Beton Styrofoam Ringan, Lempung berpasir

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 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 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. Oleh karena itu, pemakaian beton *styrofoam* ringan untuk fondasi telapak di daerah tanah lempung berpasir dengan muka air tanah dangkal sangat menarik untuk diteliti. Dari hasil penelitian ini diharapkan terjadi peningkatan beban ultimit yang bekerja pada fondasi tersebut dan memberikan penurunan yang kecil dibanding dengan konstruksi fondasi sumuran yang langsung menopang di atas tanah dasar fondasi.

KAJIAN PUSTAKA

a. Tanah

Menurut Bowles (1984), tanah merupakan campuran partikel yang tersusun dari salah satu atau beberapa diameter butiran yaitu batu berakal (boulders) : 250-300 mm, batu kerakal (cobbles) 150-250 mm, kerikil (gravel) : 5-150 mm, pasir (sand) : 0,074-5 mm, lanau (silt) : 0,002-0,074 mm, lempung (clay) : < 0,002 mm dan koloid : < 0,001 mm.

Tanah yang sebagian besar mengandung butir-butir yang sangat halus seperti lempung/lanau

merupakan tanah lunak (Sosrodarsono & Nakazawa, 2000).

Mineral lempung merupakan material yang membentuk deposit tanah menjadi bersifat kohesif. Besarnya kohesi tergantung pada ukuran relatif dan jumlah berbagai butiran tanah dan bahan mineral lempung yang ada. Selain itu, mineral lempung mempunyai sifat plastis apabila dicampur dengan air dan sifat ini tidak dipunyai oleh material lain walaupun material itu berukuran lempung atau lebih kecil. Suatu tanah yang hanya terdiri atas mineral lempung jarang dijumpai. Apabila deposit tanah mengandung 50% atau lebih partikel dengan ukuran 0,002 mm atau kurang, tanah tersebut disebut lempung dan apabila 80 sampai 90% dari bahan deposit tersebut lebih kecil dari saringan No. 200 (0,075 mm), cukup 5 sampai 10% lempung yang ada telah menyebabkan tanah tersebut kohesif. Mineral lempung selalu terkontaminasi dengan lanau dan/atau partikel-partikel pasir halus (Bowles, 1984).

b. Beton Ringan

Menurut Murdock (1986), berat volume beton ringan berkisar antara 1360-1840 kg/m³ dan berat volume 1850 kg/m³ dapat dianggap sebagai batas dari beton ringan yang sebenarnya, meskipun nilai ini kadang-kadang melebihi.

Beton ringan menurut Dobrowolski (1998) merupakan beton dengan berat beton di bawah 1900 kg/m³ lebih rendah dibandingkan dengan berat beton normal. Neville dan Brooks (1987) memberikan batasan beton ringan yaitu beton dengan berat

Winter dan Nilson (1993) menyatakan beton ringan dibedakan dalam tiga kelompok yaitu :

1. Beton dengan berat volume rendah, terutama dipakai sebagai isolasi dengan berat volume kurang dari 800 kg/m³.
2. Beton berkekuatan menengah, dengan berat volume berkisar antara 960 kg/m³ - 1360 kg/m³ dan kuat tekannya antara 6,89 Mpa sampai 17,225 Mpa, dipakai sebagai pengisi misalnya pada panel-panel lantai baja berukuran ringan.
3. Beton struktur dengan volume berkisar antara 1400 kg/m³ - 1920 kg/m³ dan berkekuatan tekan yang sama besarnya dengan kekuatan beton normal.

c. Styrofoam

Styrofoam dikenal sebagai salah satu dari busa *polystyrene* yang dipadatkan dan biasa digunakan untuk membungkus barang elektronik. *Polystyrene* sendiri dihasilkan dari *styrene* (C₆H₅CH₉CH₂) yang mempunyai gugus *phenyl* (enam cincin

karbon) yang tersusun secara tidak teratur sepanjang garis karbon dari molekul. Penggabungan acak benzena mencegah molekul membentuk garis yang sangat lurus, sebagai hasilnya *polyester* mempunyai bentuk yang tidak tetap, trnsaparan dan dalam berbagai bentuk plastik yang cukup regas. *Polystyrene* merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu di bawah 100°C (Billmeyer, 1984). *Polystyrene* memiliki berat sampai 1050 kg/m³, kuat tarik sampai 40 MN/m², modulus lentur sampai 3 GN/m², modulus geser sampai 0,990 GN/m² dan angka poisson 0,330 (Crawford, 1998).

d. Beton Styrofoam

Pemanfaatan berbagai alternatif agregat ringan untuk menghasilkan beton ringan telah banyak dilakukan. Salet (1990) membuat beton ringan dengan menggunakan foam yang mempunyai berat volume 50 kg/m³ pada campuran beton mortar dengan proporsi campuran 340 kg semen, 70 kg pasir, 136 liter air dan 50 kg foam. Campuran ini ternyata mempunyai workability yang tinggi dan menghasilkan kuat tekan beton 2,25-2,27 Mpa, kuat tarik 0,28 Mpa dan Young's modulus (E) adalah 1506 Mpa dan berat volume sebesar 600 kg/m³.

Penelitian mengenai *styrofoam* ringan telah dilakukan oleh Andriyani (2003), Sembodo (2003), Napitupulu (2003) dan Sianturi (2003) dengan kandungan semen yang berbeda. Dari penelitian ini tampak bahwa penggunaan *styrofoam* sebesar 20% dan 40% pada campuran beton dapat mengurangi berat beton sebesar ± 23% dan ± 35% dari beton normal yang mempunyai berat beton per m³ sekitar 2400 kg.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Sabbihyah (2005), Fatkhurohman (2005), Andriani (2005) dan Hidayat (2005) menggunakan semen Portland tipe I dengan kandungan semen per 1 m³ berbeda-beda yaitu 250 kg, 300 kg, 350 kg, 400 kg dan 450 kg. Untuk berat beton tidak direndam dengan persentase *styrofoam* sebesar 20% dan 40% pada campuran beton dapat mengurangi berat beton sebesar ± 28% dan ± 39% dari beton normal yang mempunyai berat beton sekitar 2400 kg/m³ sedangkan untuk berat beton direndam dengan persentase *styrofoam* sebesar 20% dan 40% pada campuran beton dapat mengurangi berat beton sebesar ± 23% dan ± 35%.

METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini akan dilaksanakan selama dua tahun (2014 - 2015) dan kesimpulan

setiap tahun akan mendasari kegiatan tahun berikutnya.

Pada tahun pertama penelitian ini dilaksanakan 2 (dua) kegiatan yaitu :

1. Uji sifat fisik dan sifat mekanis tanah lempung yang bertujuan untuk mengklasifikasikan tanah dan mengetahui sifat-sifat fisik dan mekanis dari tanah sebagai acuan untuk pembentukan tanah dalam kotak uji yang meliputi uji gradasi, berat jenis tanah, batas-batas Atterberg, berat isi, kadar air dan uji geser langsung.
2. Uji berat isi beton *styrofoam* dan kuat tekan beton *styrofoam* dengan kadar variasi campuran *styrofoam* 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%.

a. Pengujian Sifat-sifat Fisik dan Mekanis Tanah

Tanah yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Kalukubula Palu. Pengambilan contoh tanah di lapangan dilakukan dengan 2 (dua) cara yaitu :

1. Contoh Tanah Terganggu (*Disturbed*)
Contoh tanah terganggu dibutuhkan apabila sifat-sifat dan indeks tanah ingin diketahui dan keadaan struktur tanah di lapangan yang sebenarnya tidak diperlukan. Tanah terganggu digunakan untuk pengujian : analisa saringan, analisa hidrometer, batas-batas Atterberg dan berat jenis tanah.
2. Contoh Tanah Tidak Terganggu (*Undisturbed*)
Contoh tanah tidak terganggu dibutuhkan apabila keadaan struktur tanah di lapangan yang sebenarnya ingin diketahui. Sampel ini dibutuhkan untuk memperkirakan sifat-sifat teknis tanah untuk analisa kekuatan dan stabilitas. Tanah tidak terganggu digunakan untuk pengujian : berat isi tanah, kadar air dan geser langsung.

b. Pengadaan Bahan dan Pembuatan Benda Uji Beton Styrofoam

1. Bahan

Bahan *styrofoam* yang digunakan berasal dari *styrofoam* yang di jual di pasaran dengan bentuk butiran berdiameter antara 2-3 mm. *Styrofoam* merupakan bahan tambah dalam campuran beton sebagai pengganti agregat kasar. Foto *styrofoam* dapat di lihat pada Gambar 1.

Semen yang digunakan sebagai bahan pengikat dalam adukan beton pada uji ini adalah semen Portland tipe I merek Tiga Roda. Pengamatan secara fisik menunjukkan bahwa semen dalam keadaan baik, tidak terjadi penggumpalan, tidak ada bagian yang mengeras dan kantong semen dalam keadaan utuh

dan tertutup rapat. Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Untad.



Gambar 1. Styrofoam.

2. Pembuatan Benda Uji

Benda uji terbuat dari beton yang di lakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Untad. Untuk pengujian kuat tekan beton *styrofoam* menggunakan ukuran standar yang berbentuk kubus yaitu 15 cm x 15 cm x 15 cm. Untuk perbandingan volume bahan dan perbandingan jumlah bahan di laboratorim dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Kebutuhan Bahan Beton *Styrofoam*

Variasi Adukan	Perbandingan Volume Bahan		Perbandingan Berat Jumlah Bahan			
	<i>Styrofoam</i>	Pasir	<i>Styrofoam</i> (gram)	Pasir (kg)	Semen (kg)	air (kg)
I	0%	100%	0	14.37	7.18	2.3967
II	20%	80%	13.07	11.49	7.18	2.3967
III	40%	60%	26.15	8.62	7.18	2.3967
IV	60%	40%	39.22	5.75	7.18	2.3967
V	80%	20%	52.29	2.87	7.18	2.3967
VI	100%	0%	65.37	0.00	7.18	2.3967

c. Analisis Data dan Kesimpulan

Data hasil pengamatan di laboratorium diolah dan dijelaskan dalam bentuk tabel kemudian untuk mendapatkan gambaran tentang karakteristik material, maka data-data tersebut diolah dalam bentuk grafik. Setiap kegiatan pengujian pada tahap pertama ini diperoleh hasil yang akan menentukan kegiatan selanjutnya. Adapun pengamatan yang dilakukan pada tahun pertama penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengujian analisa saringan dan batas-batas Atterberg diperoleh data untuk menentukan klasifikasi tanah yang akan digunakan pada tahap selanjutnya.
2. Pengujian analisa saringan dan hidrometer diperoleh data persentase jenis-jenis tanah yang dikandung pada sampel.
3. Pengujian berat jenis, berat isi dan kadar air diperoleh data sifat-sifat fisik tanah. Untuk pengujian berat isi tanah dapat diketahui tingkat kepadatan tanah di lapangan.
4. Pengujian geser langsung untuk mengetahui sifat mekanis tanah yaitu parameter kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ).

5. Pembuatan beton *styrofoam* dengan variasi kadar *styrofoam* 0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%.
6. Pengujian berat isi dan kuat tekan beton *styrofoam* pada umur 28 hari.

Setiap kegiatan pengujian pada tahap pertama tersebut akan diperoleh hasil yang akan menentukan kegiatan selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Karakteristik Sifat Tanah

Pengujian sifat fisik tanah diperlukan untuk mengetahui jenis tanah yang akan digunakan pada penelitian ini. Hasil pengujian karakteristik tanah di laboratorium dapat dilihat pada tabel 2.

Untuk menentukan jenis tanah dalam penelitian ini digunakan sistem klasifikasi Unified. Pengujian yang dilakukan untuk mengklasifikasikan tanah adalah analisa saringan dan batas-batas Atterberg.

Dari hasil analisa saringan menunjukkan bahwa contoh tanah asli merupakan tanah berbutir halus karena lebih dari 50% lolos saringan no.200 yaitu sebanyak 83,54%. Tanah ini juga memiliki nilai batas cair (LL) 38,16% < 50% dan indeks

plastisitas (PI) 16,15%. Nilai batas cair dan indeks plastisitas tersebut diplot pada bagan plastistas, sehingga sebagai CL yaitu lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang, lempung berpasir.

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Sifat Tanah

Parameter	Hasil Pengujian
Pasir	45,92 %
Lanau	35,58 %
Lempung	18,50 %
Lolos Saringan No.200	54,08 %
Batas Cair (LL)	38,16 %
Batas Plastis (PL)	22,03 %
Indeks Plastisitas (PI)	16,15 %
Berat jenis (Gs)	2,52
Berat isi basah (γ)	1,82 gr/cm ³
Berat isi kering (γ)	1,32 gr/cm ³
Kadar air (w)	37,73 %
Sudut gesek dalam (ϕ)	24,25 °
Kohesi (c)	0,0197 kg/cm ²

Untuk menentukan jenis mineral lempung yang terkandung dalam tanah, dapat ditentukan dengan sinar X-Ray atau menentukan nilai aktivitas dari tanah tersebut. Dalam penelitian ini digunakan nilai aktivitas. Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang dari suatu tanah lempung. Aktivitas dalam kaitannya dengan perubahan volume merupakan pertimbangan utama dalam mengevaluasi tanah yang akan dipakai dalam pekerjaan tanah. Nilai aktivitas tersebut dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Aktivitas (A) = \frac{PI}{Persentase Lempung}$$

$$= \frac{16,15}{18,50} = 0,87$$

Dari nilai aktivitas (A) yang diperoleh sebesar 0,87, maka tanah ini termasuk mineral illite dengan kemampuan mengembang dari mineral ini termasuk dalam kategori "aktivitas sedang" (0,5 - 1,0).

b. Beton Styrofoam

Pengujian beton styrofoam terdiri dari pengujian berat isi styrofoam, pengujian berat isi beton styrofoam dan pengujian kuat tekan beton styrofoam.

1. Pemeriksaan Styrofoam

Styrofoam yang digunakan dalam penelitian ini adalah styrofoam yang berbentuk butiran (*granular*) berdiameter antara 2-3 mm. Pemeriksaan yang dilakukan berupa pemeriksaan berat satuan

styrofoam. Hasil pemeriksaan styrofoam diperoleh berat satuan styrofoam adalah 6,659 kg/m³.

2. Berat Satuan Beton Styrofoam

Pengujian berat satuan beton styrofoam dilakukan untuk mengetahui perubahan berat yang terjadi akibat penambahan persentase styrofoam yang berbeda. Pengujian tersebut dilakukan pada umur 28 hari. Cetakan yang digunakan untuk pengujian ini berbentuk kubus dengan ukuran standar yaitu 15 cm x 15 cm x 15 cm. Hasil pengujian berat satuan rerata untuk setiap persentase styrofoam dapat dilihat pada tabel 3 dan kurva hubungan persentase styrofoam dan berat satuan beton dapat dilihat pada gambar 2.

Tabel 3. Hasil Pengujian Berat Satuan Beton Styrofoam

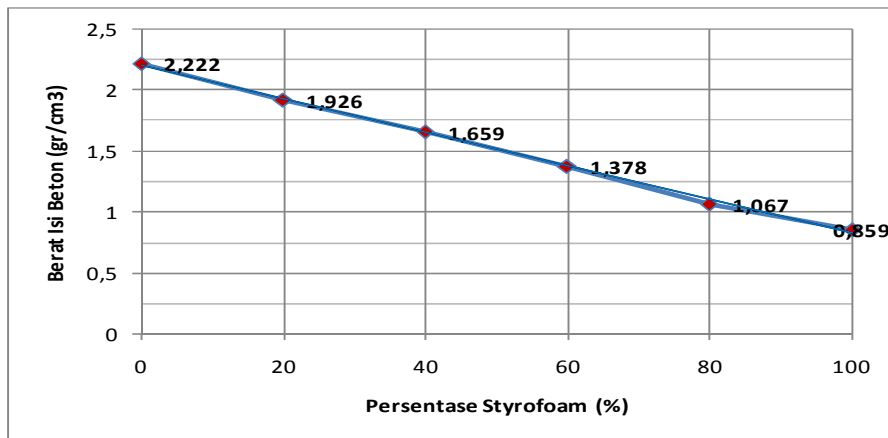
Variasi Adukan	Pebandingan Volume Bahan		Berat Satuan Rerata (gr/cm ³)
	Styrofoam	Pasir	
I	0%	100%	2.222
II	20%	80%	1.926
III	40%	60%	1.659
IV	60%	40%	1.379
V	80%	20%	1.067
VI	100%	0%	0,859

Berat satuan beton rerata pada tabel 3 menunjukkan bahwa penambahan styrofoam dapat menurunkan berat satuan beton. Penurunan berat satuan beton tersebut disebabkan adanya styrofoam dalam beton yang dianggap sebagai rongga udara sehingga penambahan styrofoam akan menambah jumlah rongga udara yang terdapat dalam beton.

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara berat satuan beton dan persentase penambahan styrofoam. Berat satuan beton terlihat mengalami penurunan secara linier terhadap penambahan persentase styrofoam. Berat satuan beton tanpa styrofoam sebesar 2,222 gr/cm³ dan setiap penambahan styrofoam sebesar 20% pada beton akan mengurangi berat satuan beton rata-rata sebesar 0,2726 gr/cm³ atau 12%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah styrofoam pada beton maka akan semakin banyak rongga udara yang terbentuk karena styrofoam dianggap sebagai rongga udara. Berdasarkan hasil penelitian, beton ringan yang masuk dalam klasifikasi beton struktur dengan berat volume berkisar antara 1400 kg/m³ – 1920 kg/m³ dan berkekuatan tekan yang sama besarnya dengan kekuatan beton normal (Winter dan Nilson, 1993) adalah beton dengan penambahan persentase styrofoam sebesar 20% dan 40%.

Gambar 2 menunjukkan bahwa penambahan persentase styrofoam dapat menurunkan berat isi

beton, hal ini disebabkan berat isi dari styrofoam sangat ringan yaitu berkisar 6,659 kg/m³.



Gambar 2. Grafik Hubungan Persentase Styrofoam dan Berat Isi Beton

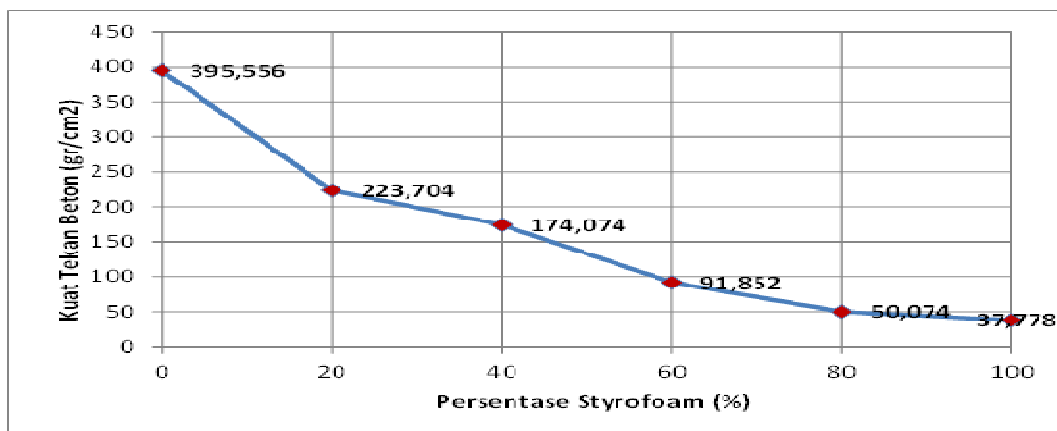
3. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk melihat apakah beton memiliki kekuatan yang memenuhi persyaratan yang direncanakan. Dari pengujian beban tekan terhadap benda uji didapatkan beban tekan maksimum (P). Kuat tekan beton diperoleh dengan membagi beban tekan maksimum dengan luas penampang benda uji. Pengujian tersebut dilakukan pada umur 28 hari. Untuk pengujian kuat tekan beton styrofoam menggunakan ukuran standar yang berbentuk kubus yaitu 15 cm x 15 cm x 15 cm. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel 4 dan kurva

hubungan persentase styrofoam dan kuat tekan beton dapat dilihat pada gambar 3.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Styrofoam

Variasi Adukan	Pebandingan Volume Bahan		Kuat Tekan Rerata (MPa)
	Styrofoam	Pasir	
I	0%	100%	395,56
II	20%	80%	258,52
III	40%	60%	182,96
IV	60%	40%	95,56
V	80%	20%	51,85
VI	100%	0%	37,78



Gambar 3. Grafik Hubungan Persentase Styrofoam dan Kuat Tekan Beton

KESIMPULAN

- a. Sampel tanah diklasifikasikan sebagai CL yaitu lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang, lempung berpasir berdasarkan sistem klasifikasi Unified.
 - b. Berdasarkan nilai aktivitas yang diperoleh sebesar 0,87 maka jenis mineral lempung yang terkandung dalam tanah yaitu mineral illite dengan tingkatan aktivitas (A) sedang.
 - c. Sampel tanah memiliki sudut gesek dalam (ϕ) $24,25^\circ$ dan kohesi (c) $0,0197 \text{ kg/cm}^2$ yang diperoleh dari pengujian geser langsung.
 - d. styrofoam yang berbentuk butiran (*granular*) berdiameter antara 2-3 mm memiliki berat satuan $6,659 \text{ kg/m}^3$.
 - e. Berat satuan beton tanpa styrofoam sebesar $2,222 \text{ gr/cm}^3$ dan setiap penambahan styrofoam sebesar 20% pada beton akan mengurangi berat satuan beton rata-rata sebesar $0,2726 \text{ gr/cm}^3$ atau 12%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah styrofoam pada beton maka akan semakin banyak rongga udara yang terbentuk karena styrofoam dianggap sebagai rongga udara.
5. Kuat tekan beton tanpa penambahan butiran *styrofoam* yang diperoleh dari persamaan regresi sebesar 32,395 MPa. Setiap penambahan 10% butiran *styrofoam* kuat tekan berkurang sebesar 294,0–E MPa. Persentase penurunan kuat tekan beton dengan penambahan *styrofoam* 10%, 20%, 30%, dan 40% dibandingkan dengan kuat tekan tanpa penambahan *styrofoam* berturut-turut 25,470%, 44,453%, 58,601%, dan 69,145%. Penurunan kuat tekan ini disebabkan karena butiran *styrofoam* dapat dianggap sebagai rongga udara, dimana beton dengan rongga udara memiliki kuat tekan lebih rendah dibandingkan tanpa rongga udara.

SARAN

- a. Pencampuran beton *styrofoam* sebaiknya dilakukan secara bertahap agar didapatkan campuran yang merata.
- b. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan jenis tanah yang berbeda dengan muka air tanah yang sama untuk mengetahui persentase optimum dari beton *styrofoam* untuk masing-masing jenis tanah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Andriani, D., (2005), *Efek Peredaman Beton Styrofoam Ringan dengan Semen Portland Tipe I 400 kg/m³*, Tugas Akhir, Jurusan

Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Andriyani, D., (2003), *Penggunaan Styrofoam untuk Beton Ringan dengan kandungan Semen 300 kg/m³*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Bowles, J.E., (1984), *Physical and Geotechnical Properties of Soil*, second edition, McGraw-Hill, Singapore.

Crawford, R.F., (1998), *Plastic Engineering*, Third Edition.

Dobrowolski, A. Dan Joseph., (1998), *Concrete Construction Hand Book*, The McGraw-Hill Companies, Inc., New York.

Fakhturohman, (2005), *Efek Peredaman Beton Styrofoam Ringan dengan Semen Portland Abu -abu 350 kg/m³*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

Hidayat, A. N., (2005), *Penggunaan Styrofoam untuk Beton Ringan dengan Kandungan Semen 300 kg/m³*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Murdock, L.J., (1986), *Bahan dan Praktek Beton*, edisi ke-4, Erlangga, Jakarta.

Napitupulu, B.A., (2003), *Penggunaan Styrofoam untuk Beton Ringan dengan kandungan Semen 400 kg/m³*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Neville, A.M., and Brooks, J.J., (1987), *Concrete Technology*, First edition, Longman Scientific & Technical, England.

Sabbihyah, (2005), *Efek Peredaman Beton Styrofoam Ringan dengan Semen Portland Tipe I 300 kg/m³*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Salet, M.T.a., (1990), *Structure Analysis of Sandwich Beam Composed of Reinforced Concrete Faces and a Foamed Concrete Core*, Dissertation, University Eindhoven, Belanda.

Sembodo, A.I., (2003), *Penggunaan Styrofoam untuk Beton Ringan dengan kandungan Semen 350 kg/m³*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Sianturi, M.M., (2003), *Penggunaan Styrofoam untuk Beton Ringan dengan kandungan Semen 450 kg/m³*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Uiversitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sosrodarsono, S., Nakazawa., (2000), *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*, PT. PradnyaParamita. Jakarta.
- Winter, G dan Nilson, A.H., (1993), *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.