

KARAKTERISTIK KUAT LENTUR BETON RINGAN AKIBAT PENAMBAHAN *STYROFOAM* PADA DESAIN CAMPURAN BETON

Reni Suryanita, Iskandar Romey Sitompul, Zunwanis

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantras KM. 12.5 Pekanbaru

E-mail : renisuryanita@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi usaha memanfaatkan limbah styrofoam sebagai bahan pelindung kemasan elektronik yang berjumlah banyak di lokasi limbah buangan. Usaha pemanfaatan limbah ini dengan cara mencampurkan styrofoam ini ke dalam campuran beton. Untuk itu penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi penambahan styrofoam terhadap karakteristik kuat lentur beton ringan. Variasi penambahan styrofoam adalah 0%, 4%, 8%, dan 12% terhadap volume benda uji. Benda uji yang digunakan berbentuk balok dengan ukuran 15cm x 15cm x 60cm yang berjumlah 15 benda uji. Pemeriksaan material dasar pembentuk beton meliputi pemeriksaan berat jenis agregat, pemeriksaan berat volume agregat, pemeriksaan kadar air agregat, pemeriksaan kadar lumpur agregat, pemeriksaan analisis saringan agregat, dan pemeriksaan ketahanan aus agregat kasar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada umur 28 hari dengan variasi penambahan styrofoam mulai dari 0% sampai 12%, kuat lentur beton mengalami penurunan kekuatan. Nilai kuat lentur beton tertinggi diperoleh pada saat beton tanpa penambahan styrofoam (0%) yaitu sebesar 4,1198 MPa. Nilai kuat lentur beton terendah diperoleh pada saat penambahan styrofoam 12% yaitu 3,1785 MPa. Dengan demikian penambahan styrofoam pada campuran beton dapat menurunkan berat satuan beton, sehingga beton menjadi lebih ringan namun juga dapat menurunkan kuat lentur beton ringan tersebut.

Kata Kunci : beton ringan, kuat lentur, styrofoam.

ABSTRACT

The background of the research is to use the styrofoam of electronic waste as additive material in the concrete mixture. The objective of the research is to analysis the influence of the styrofoam addition against characteristic of concrete flexural strength, with the variations of the styrofoam addition, 0%, 4%, 8%, and 12% of test specimen volume. The test samples are 15 beams with size 15cm x 15cm x 60cm. The test of base material included of the specific gravity, the volume-weight, the water-content, the clay-content, the sieve analysis, and the resistance of coarse aggregate test. The concrete characteristic test was a concrete flexural strength test. The result of this research showed that the flexural strength of concrete decreased from 4,1198 MPa for without styrofoam addition (0% Styrofoam) to 3,1785 MPa with 12% styrofoam. The addition of the styrofoam to concrete mixture can reduce unit weight of concrete, so that concrete become lighter rather than normal concrete and the flexural strength become decrease.

Keywords : concrete, styrofoam, flexural strength

PENDAHULUAN

Beton merupakan campuran semen *portland*, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Beton merupakan material yang paling banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur seperti pembangunan jalan, gedung, dam, jembatan dan lain sebagainya.

Kebutuhan akan infrastruktur (pembangunan dan renovasi) semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan juga disebabkan bencana alam misalnya gempa bumi yang terjadi lima tahun terakhir. Diperlukan suatu usaha dalam mengatasi permasalahan yang ada dengan menciptakan suatu bahan konstruksi yang mampu menahan getaran dan beban yang akan diterima oleh struktur, dalam hal ini yang digunakan adalah beton ringan atau yang dikenal dengan *lightweight concrete* (Murdock, 1990, Mulyono, 2003).

Material yang digunakan dalam beton ringan (*lightweight concrete*) antara lain adalah batu apung, lempung yang dibakar atau *Artificial Light-Weight Aggregate (ALWA)*, *styrofoam* dan lainnya. *Styrofoam (expanded polystyrene)* atau lebih dikenal dengan gabus putih yang biasanya digunakan sebagai pelindung dan penahan barang-barang elektronik, *furniture*, dekorasi dan juga banyak digunakan sebagai bahan pengemas makanan dan minuman.

Penggunaan *styrofoam* di negara-negara maju sudah sangat tinggi, sedangkan di negara-negara berkembang penggunaannya semakin meningkat. *Styrofoam* telah diproduksi dalam berbagai bentuk dan ukuran tergantung penggunaannya. Penggunaan *styrofoam* sebagai material dalam campuran beton membuat berat satuan beton tersebut menjadi lebih ringan karena sifat dari *styrofoam* yang sangat ringan, sehingga berat sendiri yang akan dipikul oleh bangunan akan lebih kecil.

Penggunaan *styrofoam* yang semakin meningkat dikalangan masyarakat terutama digunakan untuk kemasan barang-barang elektronik dan *furniture* yang mudah pecah untuk menghindari benturan. Limbah *styrofoam* yang semakin banyak dapat merusak dan mengganggu keseimbangan lingkungan karena *styrofoam* tidak dapat diuraikan oleh bakteri untuk proses pembusukan. *Styrofoam* juga bersifat reaktif terhadap suhu yang tinggi sehingga dapat membahayakan lapisan ozon di atmosfer. Mengingat banyaknya limbah *styrofoam* yang dihasilkan oleh toko-toko elektronik dan *furniture*, perlu suatu usaha untuk memanfaatkan limbah tersebut, dalam hal ini *styrofoam* akan dimanfaatkan sebagai bahan campuran beton. Penambahan *styrofoam* diharapkan dapat merubah salah satu atau lebih dari sifat-sifat beton, seperti menjadikan beton lebih ringan. Salah satunya pemanfaatan limbah *styrofoam* ini telah dilakukan oleh Halim (2013) dalam menganalisis pengaruh pencampuran limbah *styrofoam* terhadap kuat tekan dan berat batako.

Beton merupakan bahan bangunan yang banyak digunakan dalam industri konstruksi dengan tingkat mutu sesuai dengan tujuan penggunaannya. Bahan-bahan pembentuk beton merupakan campuran antara semen *portland*, air dan agregat (kasar dan halus) serta ditambahkan bahan tambah (berupa zat kimia atau bahan lainnya) yang dapat mempengaruhi sifat beton tersebut. Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dengan semen, selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus menjadi mortar

dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton. Penambahan material lain pada campuran beton akan membedakan jenis beton, misalnya yang ditambahkan adalah serat maka terbentuk beton berserat dan juga lainnya (Salet, 1990).

Beton memiliki kuat tekan yang tinggi, tetapi kuat tariknya rendah, sehingga pada elemen struktur yang mengalami tegangan tarik diperkuat dengan baja tulangan maka terbentuk suatu struktur komposit, yang dikenal dengan sebutan beton bertulang. Salah satu inovasi dari beton normal adalah membuat beton ringan (*lightweight concrete*) dengan bahan tambahan berupa *styrofoam*.

Satyarno dkk (2004) dan Puridati (2005) telah melakukan penelitian penggunaan *styrofoam* untuk membuat beton ringan yang menggunakan semen biasa atau semen tipe I. Hasil penelitian yang di dapat menunjukkan bahwa beton dengan campuran *styrofoam* ini mempunyai berat satuan yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan beton normal. Beton normal mempunyai berat satuan sekitar 2400 Kg/m³. Beton dengan campuran *styrofoam* mempunyai berat satuan hanya sekitar 200 Kg/m³, namun kuat tekan yang diperoleh juga lebih kecil yaitu sekitar 1,5 MPa sampai 2 MPa jika dibandingkan dengan kuat tekan beton normal yaitu sekitar 20 MPa.

Menurut Tjokrodinuljo (1996) ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengurangi berat satuan beton atau membuat beton lebih ringan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menambah bubuk aluminium kedalam campuran adukan beton
2. Menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar, batu apung atau agregat buatan sehingga beton yang dihasilkan akan lebih ringan dari beton biasa.
3. Membuat beton tanpa menggunakan butir-butir agregat halus atau pasir yang disebut beton non pasir.

Secara garis besar pembagian penggunaan beton ringan dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

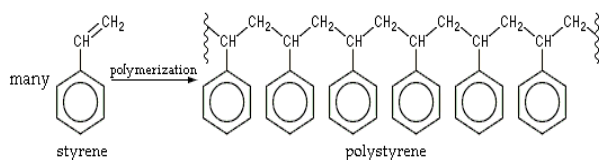
1. Nonstruktur dengan berat satuan antara 240 kg/m³ sampai 800 kg/m³ dan kuat tekan antara 0,35 MPa sampai 7 MPa yang umumnya digunakan seperti untuk dinding pemisah atau dinding isolasi.

2. Struktur ringan dengan berat satuan antara 800 kg/m³ sampai 1400 kg/m³ dengan kuat tekan antara 7 MPa sampai 17 MPa yang umumnya digunakan seperti untuk dinding yang juga memikul beban.
3. Struktur dengan berat satuan antara 1400 kg/m³ sampai 1800 kg/m³ dan kuat tekan lebih dari 17 MPa yang dapat digunakan sebagai beton normal.

Mutu beton tergantung pada jenis semen yang digunakan, ukuran dan mutu agregat, cara dan lama pencampuran, cara dan waktu pemadatan, faktor air semen, perawatan beton serta jenis bahan tambah (*additive*) yang digunakan.

3. Styrofoam

Styrofoam atau *expanded polystyrene* dikenal sebagai gabus putih yang biasa digunakan sebagai pembungkus barang-barang elektronik dan lainnya. *Polystyrene* sendiri dihasilkan dari *styrene* (C₆H₅CH₂), yang mempunyai gugus *phenyl* (enam cincin karbon) yang tersusun secara tidak teratur sepanjang garis karbon dari molekul seperti pada Gambar 1. Penggabungan acak benzena mencegah molekul membentuk garis yang sangat lurus sebagai hasil *polyester* mempunyai bentuk yang tidak tetap, transparan dan dalam berbagai bentuk plastik. (Satyarno, 2004).



Gambar 1 Ikatan kimia *polystyrene*

Styrofoam termasuk dalam kategori polimer sintetis dengan berat molekul tinggi. Polimer sintetis yang berbahan baku monomer berbasis *etilena* yang berasal dari perengkahan minyak bumi. *Styrofoam* merupakan sebuah nama dalam dunia perdagangan. Nama sesungguhnya adalah *polystyrene* atau poli (*feniletana*) dalam bentuk *foam*. *Feniletana* atau *styrene* dapat dipolimerkan dengan menggunakan panas, sinar ultra violet atau katalis. Poli (*feniletana*) merupakan bahan termoplastik yang bening (kecuali ditambah pewarna atau pengisi), dan dapat dilunakkan pada suhu sekitar 100°C.

Propanon (aseton) dan poli (*feniletana*) dapat mengembang. Poli (*feniletana*) berbusa atau *styrofoam* diperoleh dari pemanasan poli (*feniletana*) yang menyerap hidrokarbon *volatile*,

ketika dipanasi dengan cara dikukus (*steam*) maka butiran akan melunak, dan penguapan hidrokarbon di dalam butiran akan menyebabkan butiran mengembang. *Polystyrene* memiliki berat satuan sampai 1050 kg/m³, kuat tarik sampai 40 MN/m², modulus lentur sampai 3 GN/m², modulus geser sampai 0,99 GN/m², angka poisson 0,33 (crauford,1998 dalam Satyarno, 2004). *Styrofoam* atau *expanded polystyrene* yang berbentuk granular maka berat satuannya menjadi sangat kecil yaitu hanya berkisar antara 13-16 kg/m³ (Ginting, 2007).

Tabel 1 Properti Umum *Styrofoam*

Technical Properties	Standard	Value		
Density (Kg/dm ³)	DIN 53420	0,015	0,020	0,030
Compressive Strength (N/mm ²)	DIN 53421	0,07-0,12	0,12-0,16	0,18-0,26
Flexural Strength (N/mm ²)	DIN 53430	0,15-0,23	0,15-0,23	0,37-0,52
Shear Strength (N/mm ²)	DIN 53427	0,09-0,12	0,12-0,15	0,19-0,22
Bending Strength (N/mm ²)	DIN 53423	0,16-0,21	0,25-0,30	0,42-0,50
Young's Modulus (N/mm ²)	-	0,6-1,25	1,0-1,75	1,8-3,1
Extension coefficient (1/k)	-	5-7.10 ⁻³	5-7.10 ⁻³	5-7.10 ⁻³
Specific Heat Capacity J/(lg.k)	DIN 4108	1500	1500	1500
Permeability of Steam G/m ² .d	DIN 53429	40	35	20
Diffusion Resistance Coefficient (l)	DIN 4108	20/50	30/70	40/100
Under the Water State (% Vol) 7 days	DIN53428	3,0	2,3	2,0
Water Absorption (% Vol) 1 years		5,0	4,0	3,5

(Kelestemur dan Yildiz, 2006).

Penggunaan *styrofoam* dalam konstruksi beton dengan perkuatan wiremesh pada panel dinding setebal 7 cm telah diteliti oleh Wibowo dan Siswosukarto (2011). Penggunaan *styrofoam* dalam beton dapat dianggap sebagai udara yang terjebak. Keuntungan menggunakan *styrofoam* dibandingkan dengan menggunakan rongga udara dalam beton berongga adalah *styrofoam* memiliki kekuatan tarik, selain membuat beton menjadi

ringan, *styrofoam* dapat juga bekerja sebagai serat yang meningkatkan kemampuan kekuatan khususnya daktilitas beton. Kerapatan beton atau berat satuan beton dengan campuran *styrofoam* dapat di atur dengan mengontrol jumlah campuran *styrofoam* dalam beton (Satyarno, 2004).

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah berupa butiran limbah styrofoam ukuran 1 cm seperti pada Gambar 2. Peralatan yang dipakai adalah mesin tekan beton yang dapat menguji kuat lentur yang dilengkapi dengan manometer dua jarum pembacaan beban, dua buah perletakan benda uji berbentuk titik, dan dua buah titik pembebanan. Alat bantu lain berupa timbangan kapasitas 50 kg dengan ketelitian 0,1%, pengukur panjang dan jangka sorong. Sedangkan benda uji berbentuk balok dengan dimensi lebar 15 cm, tebal 15 cm, dan panjang 60 cm.



Gambar 2. Butiran Styrofoam

Benda uji dibuat dengan komposisi penambahan limbah styrofoam sebesar 4%, 8% dan 12%. Komposisi desain campuran beton untuk 1 meter kubik dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2 Komposisi campuran beton untuk 1 m³

No.	Bahan	Berat volume (kg)
1	Semen	388,89
2	Agregat Halus	623,49
3	Agregat Kasar	1.110,46
4	Air	198,17
5	<i>Styrofoam</i>	(0% - 12%) x vol.benda uji

Metode pengujian adalah pengujian kuat lentur beton dengan cara meletakkan benda uji pada kedua perletakan untuk menahan gaya dengan arah

tegak lurus sumbu benda uji hingga benda uji patah dan dinyatakan dalam satuan Mega Pascal (MPa) seperti pada Gambar 3.

Menurut SNI-03-4431-1997, perhitungan patahnya benda uji di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan dari bagian tarik beton, kuat lentur beton dihitung dengan Persamaan (1) berikut:

$$\sigma_l = \frac{P.l}{b.h^2} \quad (1)$$



Gambar 3. Pengujian kuat lentur

Sedangkan untuk menghitung kuat lentur beton dimana patahnya benda uji ada di luar pusat :

$$\sigma_l = \frac{3.P.a}{b.h^2} \quad (2)$$

dimana:

- σ_l = kuat lentur benda uji (MPa)
- P = beban maksimum dari mesin uji
- l = jarak antara dua garis perletakan (mm)
- b = lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
- h = lebar tampang lintang arah vertikal (mm)
- a = jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan agregat halus pasir alam asal Kabupaten Kampar-Riau dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil pemeriksaan ini menggambarkan kualitas pasir alam yang telah di uji di Laboratorium Material dan Bahan Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau. Kandungan air sebesar 3.53% yang dimiliki menggambarkan pasir tidak kering sempurna dan kandungan lumpur yang dimiliki juga besar karena berasal dari pasir di dasar sungai Kampar. Secara keseluruhan hasil pengujian agregat halus ini telah memenuhi persyaratan menjadi bahan campuran beton.

Hasil pemeriksaan agregat kasar (kerikil alam) yang berasal dari Kabupaten Kampar-Riau dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 3 Hasil pemeriksaan uji karakteristik bahan dasar material agregat halus

Pemeriksaan	Hasil
Berat jenis	
a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,70
b. <i>Bulk specific gravity on dry basic</i>	2,56
c. <i>Bulk specific gravity on SSD basic</i>	2,61
d. <i>Water absorption (%)</i>	2,04
Berat volume (gr/cm^3)	
a. Kondisi padat	1,88
b. Kondisi lepas	1,68
Kadar air (%)	3,53
Kadar lumpur (%)	3,10
Modulus Kehalusan	3,15

Tabel 4 Hasil pemeriksaan uji karakteristik bahan dasar material agregat kasar

Pemeriksaan	Hasil
Berat jenis	
a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,66
b. <i>Bulk specific gravity on dry basic</i>	2,58
c. <i>Bulk specific gravity on SSD basic</i>	2,62
d. <i>Water absorption (%)</i>	1,10
Berat volume (gr/cm^3)	
a. Kondisi padat	1,57
b. Kondisi lepas	1,46
Kadar air (%)	1,33
Kadar lumpur (%)	2,13
Modulus Kehalusan	7,23
Keausan (Mesin Los Angeles) (%)	7,83

Gambar 4 memperlihatkan bahwa dengan penambahan *styrofoam* maka berat satuan beton menjadi lebih ringan. Berat satuan beton tanpa *styrofoam* (0%) adalah $2320,63 \text{ Kg/m}^3$, sedangkan berat satuan beton dengan penambahan *styrofoam* 12% adalah $2219,33 \text{ Kg/m}^3$.

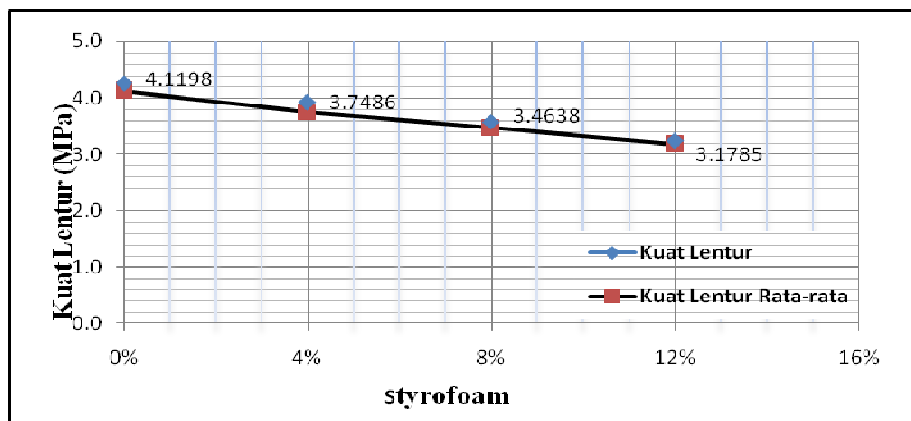
Penambahan *styrofoam* yang semakin besar dalam campuran beton mengakibatkan beton menjadi lebih ringan, sehingga beban yang dipikul struktur menjadi lebih kecil.

Penyebaran *styrofoam* dapat dilihat secara visual setelah dilakukan pengujian kuat lentur seperti terlihat pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 7. *Styrofoam* ditandai dengan warna merah (pada persentase 4% sampai 12%). Warna merah ini dimaksudkan untuk membedakan warna dari agregat kasar yang berwarna putih, sehingga lebih mudah membedakan antara *styrofoam* dan agregat kasar.



Gambar 5. Penyebaran styrofoam pada persentase 4%

Gambar 8 memperlihatkan bahwa dengan penambahan *styrofoam* maka berat satuan beton menjadi lebih ringan. Berat satuan beton tanpa *styrofoam* (0%) adalah $2320,63 \text{ Kg/m}^3$, sedangkan berat satuan beton dengan penambahan *styrofoam* 12% adalah $2219,33 \text{ Kg/m}^3$.



Gambar 4. Kuat lentur beton dengan variasi persentase *styrofoam* pada umur 28 hari



Gambar 6. Penyebaran styrofoam pada persentase 8%



Gambar 7. Penyebaran styrofoam pada persentase 12%

Penambahan *styrofoam* yang semakin besar dalam campuran beton mengakibatkan beton menjadi lebih ringan, sehingga beban yang dipikul struktur menjadi lebih kecil.

KESIMPULAN

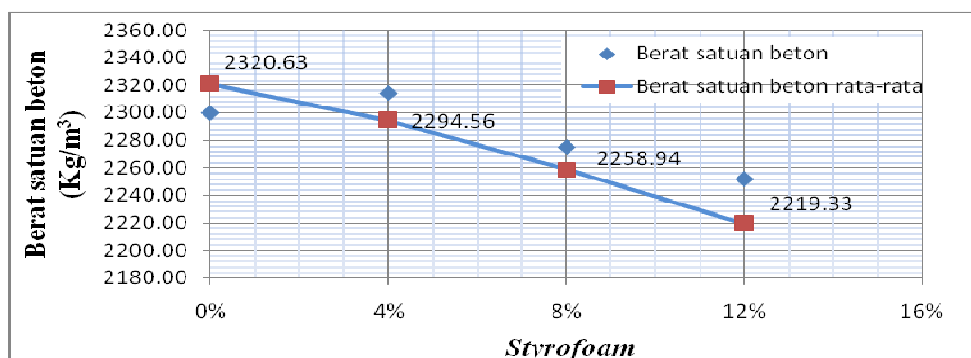
Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang

dilakukan terhadap beton dengan penambahan *styrofoam*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kuat lentur beton tertinggi diperoleh pada saat beton dalam kondisi normal atau tanpa penambahan *styrofoam* yaitu 4,1198 MPa. Nilai kuat lentur beton terendah diperoleh pada saat penambahan *styrofoam* 12% yaitu 3,1785 MPa.
2. Kekuatan beton akan berkurang seiring dengan penambahan *styrofoam* pada campuran beton mulai dari 0% sampai dengan 12% yang mengakibatkan semakin besar porositas beton.
3. Penambahan *styrofoam* dapat menurunkan berat satuan beton, sehingga beton menjadi lebih ringan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. 1994. *Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia: ASTM
- Ginting, A. 2007. *Pengaruh Penambahan Styrofoam Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur*
- Beton. Jurnal Teknik Skala. 4 : 66-71 Halim, A. (2013). Pengaruh Pemakaian Limbah Styrofoam terhadap Kuat Tekan dan Berat Batako. *Widya Teknika*, 21
- Kelestemur, O & Yildiz, S. 2006. *Effect of Varius NaCl Concentration on Corrosion of Steel in Concrete Produced by Addition of Styrofoam*. Technical Education Faculty, Construction Education Department: Firat University
- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Murdock, L. J. & Brooks, J.J. 1990. *Concrete Technology*. New York: Logman.
- PT. Semen Padang. *Produk Semen Padang*.



Gambar 8. Berat satuan beton terhadap persentase *styrofoam* pada umur 28 hari

<http://www.semenpadang.co.id/id/produk.html>.

- Satyarno, I. 2004. *Penggunaan Semen Putih Untuk Beton Styrofoam Ringan (BATAFOAM)*. Lab. Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil. Yogyakarta : UGM
- SNI 03-2847-2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung : Badan Standar Nasional.
- SNI 03-4431-1997. *Metode Pengujian Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*. Badan Standar Nasional.
- Tjokrodimulyo, K. 1995. *Buku Ajar Teknologi Beton*. Yogyakarta : Jurusan Teknik Sipil UGM
- Puridati, A. 2005. *Pengaruh Penambahan Styrofoam terhadap Kuat Lentur Mortar Semen*, Skripsi Teknik Sipil. Yogyakarta UJB
- Wibowo, A.P. & Siswosukarto, I.S., 2011. *Penggunaan Beton Styrofoam dengan Perkuatan Wiremesh untuk Panel Dinding Tebal 7 cm*. Universitas Gadjah Mada