

Pemanfaatan Limbah Styrofoam Pada Pembuatan Beton Ringan

Azhari

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293

azhari@unri.ac.id

Abstract

This research aims to study an ideal composition of styrofoam-mixed lightweight concrete. The lightweight concrete mixes consist of cement, water, bottom ash, and styrofoam. In order to examine the properties of mixes, unit volume, compressive strength, and modulus elasticity of mixes were investigated. Wasted styrofoam obtained from box packages was grated to form small particles and used as lightweight aggregates. The variation of styrofoam content inclusion were 20%, 30%, 40%, 50% and 60% of concrete volume, and bottom ash used was 20% of binder (cement & ash) weight (based on a previous research). The results shows that unit weight, compressive strength, and elasticity modulus tend to decrease as styrofoam contents increase. In contrast, the strain of concrete mixes increase. Maximum compressive strength of 8.39 MPa was achieved at 20% styrofoam composition and 1.55 ton/m³ of concrete unit weight. The minimum one of 3.13 MPa was obtained at 60% styrofoam composition and 0.92 t/m³ of concrete unit weight. The use of 40% styrofoam content gives 7.46 MPa of compressive strength and 1.28 t/m³ of concrete unit weight, which satisfies lightweight concrete specification for lightweight structure.

Key words: **Styrofoam, lightweight concrete, compressive strength, unit weight**

1. Pendahuluan

Gempa-gempa kuat yang semakin sering terjadi beberapa tahun belakangan ini semakin mendorong para ahli untuk menciptakan bahan-bahan bangunan baru yang ringan serta memenuhi kriteria teknis yang diharapkan, karena semakin ringan bobot bangunan semakin kecil pula beban gempa yang dipikul. Di antara cara pembuatan beton ringan yang telah diterapkan yaitu dengan memakai styrofoam sebagai pengganti agregat biasa. Beberapa nama produk yang telah dibuat: *STYROFOAM T-MASS Technology* (The Dow Chemical Company, 2005) dan *Sandwich Panel* (Sarana Utama Sukses).

Styrofoam, yang sering dipakai sebagai kemasan barang electronic, adalah suatu bahan yang terbuat dari polistirin yang dikembangkan (*expanded polystyrene*) yang mempunyai berat satuan sangat ringan yaitu sekitar 13 kg/m³ sampai 16 kg/m³ (Satyarno, 2004). Limbah styrofoam termasuk kategori sampah non-organik yang sangat sulit membusuk dan selama ini belum diketahui adanya daur ulangnya sehingga para pemulung pun tidak mengambilnya. Hal ini cukup berdampak buruk bagi lingkungan hidup.

Pemakaian styrofoam pada beton menghasilkan beton yang sangat ringan pula sehingga memberikan banyak keuntungan, antara lain:

1. Lebih mudah pengangkutan dan pemasangannya (jika berupa beton pracetak).
2. Mengurangi beban elemen struktur yang memikulnya sehingga dimensi dan harganya juga lebih kecil.
3. Berat struktur secara total berkurang, maka beban gempa yang bekerja juga akan berkurang sehingga struktur akan lebih aman dan ekonomis, jadi cocok untuk bangunan di daerah gempa.

Di antara keuntungan lain dari beton ber-*styrofoam*:

1. Biaya pembuatan yang murah jika memakai styrofoam limbah.
2. Tahan terhadap cuaca, dan mempunyai *acoustic performance* yang baik (Sarana Utama Sukses).

Penelitian *Beton Styrofoam Ringan (BATAFOAM)* oleh Satyarno (2004) menunjukkan semakin banyak komposisi styrofoam semakin turun berat jenis dan kuat tekannya namun masih dapat direkomendasikan untuk pemakaian non struktural hingga struktural sesuai kekuatannya.

Dari uraian di atas, maka di sini ingin diteliti pemanfaatan styrofoam pada pembuatan beton ringan. Material lain yang dipakai adalah bottom ash yang juga sebagai bahan limbah yakni dari pembakaran batubara dan sangat banyak tersedia. Terhadap bottom ash ini telah lebih dahulu diteliti, sebagai penelitian awal dari penelitian beton ringan ini, yang dilaporkan dalam *Azhari, et al* (2006).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi campuran semen, air, bottom ash, dan styrofoam yang ideal pada pembuatan beton ringan sesuai maksud pemakaian betonnya seperti pada Tabel 1/sesuai standar yang berlaku; dilihat dari berat volume dan kuat tekannya. Selain itu ingin diketahui pula modulus elastisitas beton ringan.

Tabel 1. Garis besar kategori penggunaan beton ringan berdasarkan berat jenis dan kuat tekannya (Satyarno, 2004)

Penggunaan Beton Ringan	Berat Jenis (kg/m ³)	Kuat Tekan (MPa)	Contoh Penggunaan
Nonstruktur	240 – 800	0.35 – 7	dinding pemisah atau dinding isolasi
struktur ringan	800 – 1400	7 – 17	dinding yang juga memikul beban
Struktur	1400 – 1800	> 17	beton normal

Dari hasil penelitian ini diharapkan insya Allah bisa dibuat beton ringan yang memenuhi spesifikasi yang ditentukan sesuai kebutuhan/pemakaiannya, murah (karena memanfaatkan bahan limbah), awet, serta mudah dikerjakan. Lebih lanjut dapat mengurangi masalah lingkungan karena memanfaatkan limbah. Selain itu tentunya penelitian ini diharapkan dapat menambah khasanah pengetahuan di tanah air.

2. Bahan dan Metode

Material yang dipakai: air, dari PDAM Surabaya; semen portland type I, produksi PT Semen Gresik; bottom ash, dari PLTU Paiton; dan styrofoam bekas kemasan *products*. Bottom ash sebelum dipakai dihaluskan dulu hingga memenuhi spesifikasi ASTM C618-03 sehingga diharapkan dapat berfungsi sebagai material cementitious untuk menggantikan sebagian semen dalam campuran beton. Styrofoam diparut/digerus menjadi butiran-butiran sebagaimana agregat biasa yang berfungsi sebagai agregat ringan dalam beton.

Penelitian beton ringan ini merupakan lanjutan dari penelitian awal terhadap material dan diikuti penelitian pasta beton (semen + bottom ash + air). Penelitian material bertujuan untuk mengetahui sifat fisika dan kimia material yang diperlukan untuk menilai kelayakan material serta untuk data pencampuran beton. Penelitian pasta terutama untuk mengetahui perbandingan campuran yang optimum antara semen dengan bottom ash yang akan dipakai untuk campuran beton.

Hasil penelitian bottom ash dan pasta untuk beton ringan didapat dari penelitian awal dalam *Azhari, et al* (2006). Terhadap styrofoam dilakukan analisa saringan berdasarkan SNI 03-2461-2002 serta dicari moisture content dan berat volumenya.

Kadar styrofoam dalam beton dibuat 5 variasi: 20% – 60% dari volume beton dengan interval 10%, sedangkan kadar bottom ash diambil tetap sebesar 20% berdasarkan hasil penelitian

bottom ash untuk pasta beton ringan dalam Azhari, *et al* (2006). Jenis pengujian: uji kuat tekan dan modulus elastisitas, dilakukan pada benda uji yang sama yaitu berupa silinder diameter 15 cm, tinggi 30 cm yang dibuat 3 buah untuk tiap variasi. Selain itu diperiksa berat volume beton.

Campuran beton ringan direncanakan dengan cara coba-coba (trial mix) berdasarkan perbandingan volume yang selanjutnya dikonversikan menjadi perbandingan berat. Langkah perhitungannya secara garis besar dapat dijelaskan sebagai berikut: komposisi semen dan bottom ash didapat dari hasil uji pasta; jumlah air didapat dari nilai faktor air semen (fas) yang telah ditentukan, yaitu 0,4 [fas = berat *air* per berat (*semen + bottom ash*)]; volume styrofoam berdasarkan variasi yang telah ditentukan di atas; akhirnya dari data nilai BJ atau berat volume material dapat dihitung perbandingan volume dan berat masing-masing material.

Pembuatan dan perawatan benda uji secara umum dilakukan sesuai standar untuk beton normal.

Untuk mengetahui nilai modulus elastisitas (Persamaan 1) dan sifat elastis beton ringan dari setiap variasi komposisi styrofoam dilakukan pengujian modulus elastisitas pada benda uji silinder diameter 15 cm, tinggi 30 cm, umur 28 hari. Nilai kuat tekan beton ringan – yang dihitung dengan Persamaan 2 – didapat melalui uji tekan pada umur 28 hari pada benda uji yang dipakai untuk pengujian modulus elastisitas. Berat volume beton ringan didapat dari perbandingan berat terhadap volume benda uji silinder dalam kondisi kering udara.

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \quad (1)$$

$$f_c = \frac{P_c}{A} \quad (2)$$

\

dimana:

E_c = modulus elastisitas beton,

S_2 = tegangan pada saat 40% beban maksimum,

S_1 = tegangan pada nilai regangan longitudinal 0,000050,

ϵ_2 = regangan longitudinal akibat tegangan S_2 ,

f_c = kuat tekan beton,

P_c = beban tekan maksimum,

A = luas penampang benda uji.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian Material

Hasil penelitian bottom ash dan pasta untuk beton ringan (Azhari *et al*, 2006) menunjukkan bahwa komposisi kimia dan sifat fisika bottom ash memenuhi spesifikasi ASTM C 618-03, sehingga bottom ash (yang telah dihaluskan terlebih dahulu) dapat dipakai sebagai *cementitious material* pada beton. Komposisi optimum bottom ash untuk dipakai pada pembuatan beton ringan didapat sebesar **20%** dari berat binder (semen + bottom ash).

Hasil analisa saringan agregat ringan styrofoam untuk ukuran lubang ayakan yang besar, persentase kelulusannya memenuhi persyaratan SNI 03-2461-2002, sedangkan untuk lubang

ayakan yang $\leq 4,75$ mm tidak memenuhi. Hal ini disebabkan massa padat styrofoam lebih bersifat elastis dan lunak sehingga lebih sulit dihaluskan dibandingkan agregat batuan yang jauh lebih keras dan getas.

Berat volume styrofoam bekas dalam keadaan asli (padat) didapat sebesar $0,0216 \text{ g/cm}^3$. Ini jelas sangat ringan dibandingkan dengan agregat batuan biasa; juga memenuhi persyaratan berat dalam semua spesifikasi ASTM tentang pemakaian agregat ringan untuk beton. Jadi dari segi beratnya, styrofoam sangat cocok dipakai untuk pembuatan beton ringan.

Kadar air styrofoam diperoleh sebesar 0% yang menunjukkan bahwa styrofoam merupakan material yang kedap air atau dianggap tidak dapat menyerap air. Dengan ini tidak diperlukan penyesuaian proporsi air dalam perhitungan campuran beton. Selain itu berat normal beton lebih cepat tercapai karena tidak menunggu waktu penguapan air dari dalam agregat.

Hasil Pengujian Beton Ringan

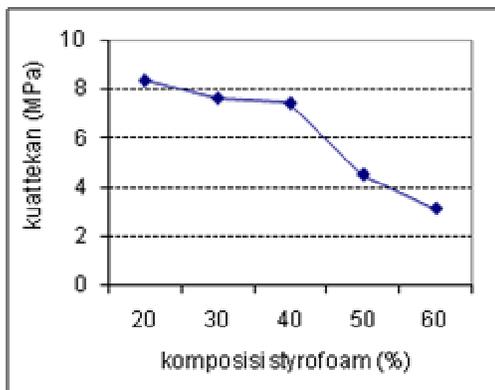
Rangkuman pengolahan data hasil pengujian beton ringan berupa nilai rata-ratanya ditampilkan pada Tabel 2, Gambar 1 dan Gambar 2.

Tabel 2. Rangkuman hasil pengujian beton ringan

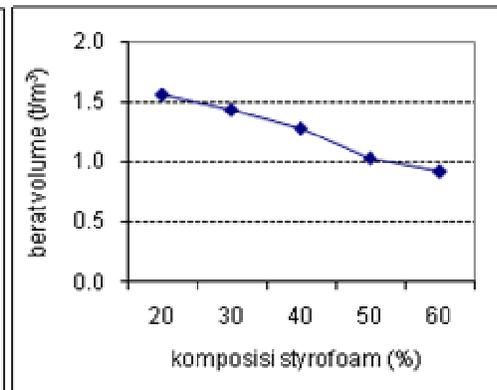
Kode campuran	berat vol. (t/m^3)	kuat tekan (MPa)	E (MPa)
S-20	1.554	8.389*	5107
S-30	1.436	7.658	3431
S-40	1.279	7.455	3267
S-50	1.031	4.521	2057
S-60	0.919	3.126	1493

Keterangan:

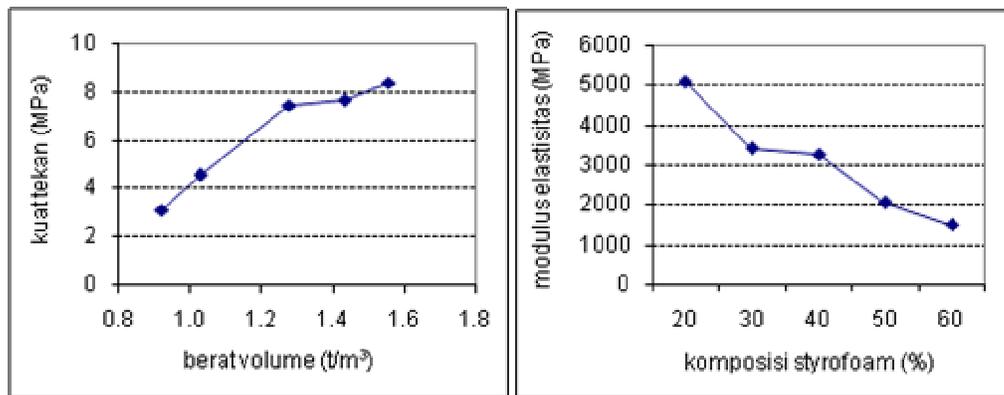
- S-20 – S-60: kode campuran beton ringan untuk komposisi styrofoam 20% - 60%
- E = Modulus elastisitas
- * ini nilai rata-rata dari 2 b.u. awal + 1 b.u. ulangan (12.18 MPa) yang menggantikan 1 b.u. awal (5.55 MPa) yang dianggap menyimpang nilainya.



(a) Hubungan kuat tekan – komposisi styrofoam



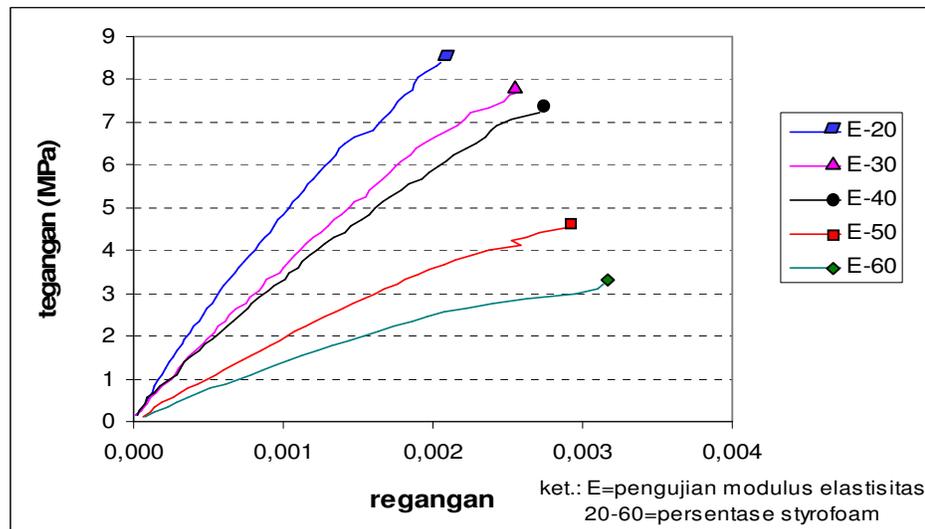
(b) Hubungan berat vol. – komposisi styrofoam



(c) Hubungan kuat tekan – berat volume

(d) Hubungan mod. elastisitas – komposisi styrofoam

Gambar 1. Hasil-hasil pengujian beton ringan ditinjau terhadap komposisi styrofoam


 Gambar 2. Hubungan *tegangan* – *regangan* sampai beban maksimum pada beton ringan dengan berbagai variasi komposisi styrofoam

Dari Gambar 1 (d) dapat disimpulkan bahwa nilai modulus elastisitas beton ringan semakin kecil dengan bertambahnya kandungan styrofoam, sebaliknya dari Gambar 2 regangan beton ringan semakin besar. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

Pada dasarnya nilai modulus elastisitas (E) merupakan nilai tangensial dari kemiringan kurva *tegangan-regangannya* yang tergantung dari *properties* bahannya. Beton ringan styrofoam tersusun dari pasta *semen-bottom ash* yang tinggi nilai tegangannya tapi rendah regangannya; dan dari styrofoam yang elastis: kecil tegangannya tapi besar regangannya. Dari sini jelas semakin banyak styrofoam otomatis semakin sedikit pastinya sehingga semakin kecil tegangan yang dihasilkan, tapi semakin besar regangannya, yang menunjukkan juga semakin **daktail**.

Dari Gambar 1 (b) dan Gambar 1 (a) dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kandungan styrofoam jelas semakin ringan betonnya dan semakin kecil kuat tekannya; atau jika dihubungkan

antara kuat tekan dan berat beton (Gambar 1-c), semakin besar berat volume beton semakin besar pula kuat tekannya, sesuai dengan hasil penelitian Satyarno (2004).

Sesuai dengan permasalahan dan tujuan utama penelitian ini, maka dari hasil uji tekan dan berat volume beton ringan (lihat Tabel 3), dengan merujuk Tabel 1 dapat disimpulkan:

Tabel 3. *Check list beton ringan styrofoam* terhadap kategori penggunaannya

Kode campuran *)	berat volume (t/m ³)	kuat tekan f' _c (MPa)	check list: masuk (ya) atau tidak dalam kategori					
			nonstruktur		struktur ringan		struktur	
			BJ (t/m ³)	f' _c (MPa)	BJ (t/m ³)	f' _c (MPa)	BJ (t/m ³)	f' _c (MPa)
			0,24 - 0,8	0,35 - 7	0,8 - 1,4	7 - 17	1,4 - 1,8	>17
S-20	1.554	8.389	tidak	ya	tidak	ya	ya	tidak
S-30	1.436	7.658	tidak	ya	tidak	ya	ya	tidak
S-40	1.279	7.455	tidak	ya	ya	ya	ya	tidak
S-50	1.031	4.521	tidak	ya	ya	tidak	ya	tidak
S-60	0.919	3.126	tidak	ya	ya	tidak	ya	tidak

*) Lihat keterangan Tabel 2

- Beton ringan S-40 dengan komposisi styrofoam 40% dari volume beton pada penelitian ini, dengan kuat tekan 7,455 MPa dan berat volume 1,279 t/m³, dapat direkomendasikan untuk aplikasi beton struktur ringan dimana terpenuhi syarat berat volume maksimum (1,4 t/m³) dan kuat tekan minimum (7 MPa). Contoh aplikasi: untuk dinding yang juga memikul beban.
- Komposisi lainnya tidak ada yang memenuhi kedua persyaratan: berat maksimum dan kuat tekan minimum, untuk setiap kategori pemakaian beton ringan, melainkan hanya terpenuhi salah satu syarat saja.

4. Kesimpulan

- Peningkatan persentase styrofoam dalam beton ringan secara umum mengakibatkan *trend* penurunan pada semua parameter pengujian kecuali regangannya, yaitu terjadi penurunan berat volume, kuat tekan, dan modulus elastisitas (E) beton ringan. Dengan ini ada sisi yang merugikan yaitu penurunan kekakuan (karena E turun) dan kekuatan beton, dan ada sisi yang menguntungkan yaitu: beton semakin ringan dengan penurunan berat volumenya dan semakin daktail dengan kenaikan regangannya.
- Kuat tekan maksimum 8,39 MPa didapat pada kandungan styrofoam 20% dengan berat isi betonnya 1,55 t/m³, sedangkan kuat tekan minimum 3,13 MPa didapat pada kandungan styrofoam 60% dengan berat isi betonnya 0,92 t/m³.
- Komposisi styrofoam 40% dari volume beton dalam penelitian ini dengan kuat tekan 7,46 MPa dan berat isi 1,28 t/m³ dapat memenuhi spesifikasi beton ringan untuk struktur ringan.
- Akhirnya, aplikasi *beton ringan styrofoam* ini disesuaikan dengan kebutuhan dengan memperhitungkan juga sisi ekonomisnya.

Daftar Pustaka

Seminar Nasional Teknik Kimia Oleo & Petrokimia Indonesia 2008

- ASTM. 1995. *Annual Book of ASTM Standards, section 4 vol. 04.02. Concrete and Agregates*. Philadelphia-USA: ASTM.
- Azhari, Muji Irmawan, & Aman Subakti. 2006. *Penelitian Pemanfaatan Bottom Ash untuk Pasta Beton Ringan*
- Balitbang Kimpraswil. 2002. *Metode, Spesifikasi dan Tata Cara. Bagian 2*, Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Sarana Utama Sukses, PT. *Weather Panel*. Jakarta.
- Satyarno, Iman. 2004. *Penggunaan Semen Putih untuk Beton Styrofoam Ringan (BATAFOAM)*. Laboratorium Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil FT UGM.
- The Dow Chemical Company. 2005. *Why STYROFOAM T-MASS Technology?*
<http://www.dow.com/styrofoam>