

Pengaruh Pemanasan Awal pada Butir Styrofoam terhadap Kuat Tekan Beton Ringan

Andi Prasetyo Wibowo, Angelina Eva Lianasari, Trevi Arga Kurniawan, Zaki Adhi Wiransyah M

Program Studi Arsitektur, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44, Sleman, Yogyakarta

Email: andi.prasetyo@uajy.ac.id, eva.lianasari@uajy.ac.id, treviarga@gmail.com, zakiadhiwiransyahmahardika@gmail.com

ABSTRAK

Saat terjadi gempa, bangunan akan mengalami pergerakan atau perpindahan massa. Semakin besar atau berat massanya semakin besar pula efek yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemilihan dan penggunaan material bangunan yang mempunyai bobot ringan, diharapkan dapat mengurangi efek gempa terhadap bangunan. Penelitian mengenai penggunaan styrofoam sebagai pengganti agregat telah banyak dilakukan namun hasil akhir yang didapatkan jauh dari persyaratan sebagai beton struktural. Maka hal tersebut yang melatarbelakangi penulis untuk mencari solusi meningkatkan kemampuan mekanik beton styrofoam dengan inovasi memberi perlakuan panas pada butir styrofoam (heated styrofoam) dengan harapan memiliki kemampuan ikat antar komponen beton yang lebih baik dibandingkan styrofoam biasa. Penelitian ini akan meneliti beton ringan dengan penggantian sebagian agregat dengan styrofoam (dengan perbandingan styrofoam dengan agregat halus/pasir 0% : 100%, , 20% : 80%, 40% : 60%, 60% : 40%, 80% : 20%). Pembuatan benda uji dimulai dengan membuat mix design beton ringan styrofoam menyesuaikan penelitian sebelumnya tentang beton kinerja tinggi grade 80, yaitu komposisi untuk 1 meter kubik beton terdiri dari semen 729 kg, agregat 817 kg, silica 254 kg, superplasticizer 33 kg, air 160 liter, fas 0,225. Perlakuan panas pada styrofoam mengubah struktur dalam dari styrofoam yang mampu membuat pori dalam styrofoam menjadi lebih kecil dan struktur permukaan styrofoam menjadi kasar sehingga mampu memberikan daya ikat dan rekatan yang lebih baik antar elemen beton. Hal ini berdampak pada meningkatnya kuat tekan beton dibandingkan beton styrofoam biasa tanpa perlakuan panas sebelumnya.

Kata kunci: *heated styrofoam*, beton ringan, beton styrofoam.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan bagian tidak terpisahkan dari dunia konstruksi. Bahan utama beton yaitu semen yang kemudian dicampur dengan air, dan agregat. Adapun agregat itu sendiri terdiri dari dua macam, yaitu agregat halus atau sering disebut pasir, dan agregat kasar yang terdiri dari batu pecah/kerikil. Sebagai bahan baku konstruksi buatan, beton mempunyai banyak keunggulan dibandingkan dengan bahan alami seperti kayu dan bambu. Kuat desak yang tinggi dan cenderung tahan terhadap kondisi cuaca ekstrim menjadikan beton menjadi pilihan favorit untuk digunakan pada dunia konstruksi. Untuk meeningkatkan mutu beton tidak jarang pula ditambahkan beberapa bahan-bahan lain. Salah satu yang sering digunakan yaitu kombinasi dengan besi atau baja yang kemudian menjadikan beton menjadi material komposit dengan sebutan beton bertulang, Beton bertulang ini kemudian banyak diaplikasikan pada konstruksi bangunan gedung sebagai jawaban atas permintaan kebutuhan akan bangunan untuk mewardahi aktivitas manusia yang terus bertambah.

Saat terjadi gempa, bangunan akan mengalami pergerakan atau perpindahan massa. Semakin besar atau berat massanya semakin besar pula efek yang dihasilkan. Pemilihan dan penggunaan material bangunan yang mempunyai bobot ringan, diharapkan dapat mengurangi efek gempa terhadap

bangunan. Beton sebagai elemen struktural utama dari bangunan gedung mempunyai andil cukup banyak dalam menyumbang angka bobot mati bangunan gedung tersebut. Dalam perhitungan struktural bangunan berat volume beton adalah faktor yang sangat penting/sangat diperhitungkan, biasanya beton konvensional memiliki berat volume sebesar 2400kg/m³. Dibutuhkan inovasi baru untuk menurunkan berat volume beton tersebut, maka dari itu dibuat metode beton baru menghasilkan berat volume beton yang rendah atau disebut beton ringan, salah satunya dengan mengganti agregat dengan bahan lain yang lebih ringan.

Beton ringan merupakan metode pembuatan beton yang digunakan untuk meminimalkan berat volume beton saat dibutuhkan bangunan yang harus memiliki volume beton yang di bawah rata-rata. Beton ringan merupakan beton dengan material penyusun yang terdiri dari agregat ringan atau campuran agregat kasar yang ringan serta pasir yang memiliki ketentuan berat isi di bawah 1840 kg/m³. Material campuran dalam pembuatan beton ringan ini diharuskan memiliki berat jenis yang rendah. Proporsi campuran yang akan direncanakan harus menghasilkan beton ringan yang memenuhi persyaratan seperti kekuatan, berat isi, dan keawetan. Dari data berat beton dan kuat tekannya, beberapa peneliti kemudian mengelompokkan beton ringan sesuai dengan tujuan penggunaan/fungsinya menurut Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian beton ringan menurut penggunaan dan persyaratannya

Pustaka	Jenis Beton Ringan	Berat Jenis (kg/m ³)	Kuat Tekan (MPa)
Neville dan Brooks (1987)	Beton ringan penahan panas (<i>Insulating Concrete</i>)	< 800	0,7 – 7
	Beton ringan untuk pasangan batu (<i>Masonry Concrete</i>)	500 – 800	7 – 14
	Beton ringan struktur (<i>Structural Lightweight Concrete</i>)	1400 – 1800	> 17
Dobrowolski (1998)	Beton dengan berat jenis rendah (<i>Low-Density Concretes</i>)	240 - 800	0,35 – 6,9
	Beton ringan kekuatan menengah (<i>Moderate-strength Lightweight Concretes</i>)	800 - 1440	6,9 – 17,3
	Beton ringan struktur (<i>Struktural Lightweight Concretes</i>)	1440 – 1900	> 17,3
SNI 03 – 3449 - 2002	Beton ringan untuk struktur sangat ringan	< 800	–
	Beton ringan untuk struktur ringan	800 – 1400	6,89 – 17,24
	Beton ringan struktural	1400 – 1860	17,24 – 41,36
Satyarno (2004)	Beton ringan untuk non-struktur	240 – 800	0,35 – 7
	Beton ringan untuk struktur ringan	800 – 1400	7 – 17
	Beton ringan untuk struktur	1400 – 1800	> 17

Salah satu bahan ringan alternatif sebagai pengisi beton yaitu styrofoam/expanded polystyrene karena memiliki berat jenis/satuan yang tergolong rendah. Penelitian mengenai penggunaan styrofoam sebagai pengganti agregat telah banyak dilakukan namun hasil akhir yang didapatkan jauh dari persyaratan sebagai beton struktural, meskipun secara uji serapan air sudah memenuhi persyaratan jika dibandingkan mortar beton (Wibowo, 2017). Maka hal tersebut yang melatarbelakangi penulis untuk mencari solusi meningkatkan kemampuan mekanik beton styrofoam dengan inovasi memberi perlakuan panas pada butir styrofoam (heated styrofoam) dengan harapan memiliki kemampuan ikat antar komponen beton yang lebih baik dibandingkan styrofoam biasa. Oleh karena itu dilakukan inovasi untuk meningkatkan kemampuan mekanik beton styrofoam dengan menetapkan gradasi ukuran butir maksimum yang kecil dan ukuran styrofoam yang beragam akibat perlakuan panas.

2. METODOLOGI

Penelitian ini akan meneliti beton ringan dengan penggantian sebagian agregat dengan styrofoam (dengan perbandingan styrofoam dengan agregat halus/pasir 0% : 100%, , 20% : 80%, 40% : 60%, 60% : 40%, 80% : 20%). Pembuatan benda uji dimulai dengan membuat mix-design beton ringan styrofoam menyesuaikan penelitian sebelumnya tentang beton kinerja tinggi grade 80, yaitu

komposisi untuk 1 meter kubik beton terdiri dari semen 729 kg, agregat 817 kg, silica 254 kg, superplasticizer 33 kg, air 160 liter, fas 0,225. Styrofoam yang akan digunakan adalah styrofoam pabrikan yang biasa digunakan untuk bahan pengisi *bean bag* ataupun hiasan interior. Hal tersebut diputuskan dalam rangka mendapatkan kebutuhan gradasi butiran yang seragam.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi eksperimental, yaitu dengan melakukan penelitian secara langsung dengan mengungkapkan metode sebab akibat dari dua variabel atau lebih dengan membandingkan pengaruh variabel lain. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan dan Laboratorium Transportasi Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Selain itu digunakan juga metode studi pustaka untuk menjadi landasan teori-teori dalam melakukan penelitian dan hasil penelitian yang diperoleh. Benda uji yang akan dibuat pada penelitian ini yaitu berbentuk silinder beton dengan ukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm untuk pengujian kuat tekan.

Alat dan Bahan

Pada pembuatan benda uji digunakan material yang terdiri dari agregat berupa pasir, styrofoam, semen, dan air. Adapun spesifikasi dari setiap bahan adalah sebagai berikut:

- a) Agregat berupa pasir yang berasal dari Kali Progo, Sleman, Yogyakarta. Pasir yang akan digunakan sebagai campuran adukan beton terlebih dahulu diuji pemeriksaan kandungan zat organik, pemeriksaan kandungan lumpur, pemeriksaan gradasi agregat halus serta berat jenis dan penyerapan agregat halus.
- b) Styrofoam yang digunakan didapat dari toko plastik dengan jenis *expanded polystyrene*.
- c) Semen yang digunakan adalah *Ordinary Portland Cement* (OPC) dengan merk dagang “Holcim” yang diambil langsung dari *Batching Plan* dalam bentuk curah. Semen disini berfungsi sebagai pengikat material-material beton sehingga menjadi satu adukan
- d) Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- e) Superplasticizer yang digunakan adalah *viscocrete 1003* yang didapatkan dari PT. SIKA. Superplasticizer digunakan untuk mengurangi kekentalan beton segar sehingga dapat mempermudah pada saat pembuatan benda uji.
- f) Belerang yang digunakan untuk meratakan permukaan beton untuk mempermudah pada saat pengujian kuat tekan beton.
- g) Oli digunakan pada cetakan silinder untuk mempermudah pada saat membuka cetakan silinder.

Sedangkan alat-alat penunjang penelitian seperti yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Alat Penelitian

No	Alat	Keterangan
1.	Cetakan silinder	Diameter 100mm dan tinggi 200mm
2.	Gelas ukur	Ukuran 500ml untuk pengujian kandungan lumpur dan zat organik
3.	Gelas beker	Berukuran 1000ml untuk mencampur alkali
4.	Timbangan digital	Untuk menimbang bahan-bahan
5.	Kaliper	Untuk mengukur dimensi benda uji
6.	Bak adukan beton	Alas pencampuran benda uji
7.	<i>Piknometer</i>	Berukuran 500ml untuk pengujian berat jenis dan penyerapan agregat
8.	Kerucut abrams	Untuk mengukur nilai <i>slump</i>
9.	Oven	Untuk memanaskan <i>styrofoam</i>
10.	<i>Los Angeles Abrasion Machine</i>	Untuk pengujian keausan agregat halus
11.	<i>Universal Testing Machine</i>	Untuk menguji kuat tekan
12.	<i>Gardner Standard Color</i>	Untuk mengukur berapa banyak zat organik pada pasir
13.	Saringan dan mesin pengayak	Untuk pengujian gradasi agregat
14.	<i>Vertical Cylinder Capping Set</i>	Untuk meratakan permukaan beton yang akan diuji
15.	<i>Compressometer</i>	Untuk mengetahui nilai perpendekan saat pengujian modulus elastisitas
16.	Alat tambahan lain	Piring, kuas, ember, cetok, alat tulis, palu, cetok

Secara keseluruhan, benda uji yang akan dibuat berjumlah 55 benda uji dengan macam variasi seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Variasi Benda Uji

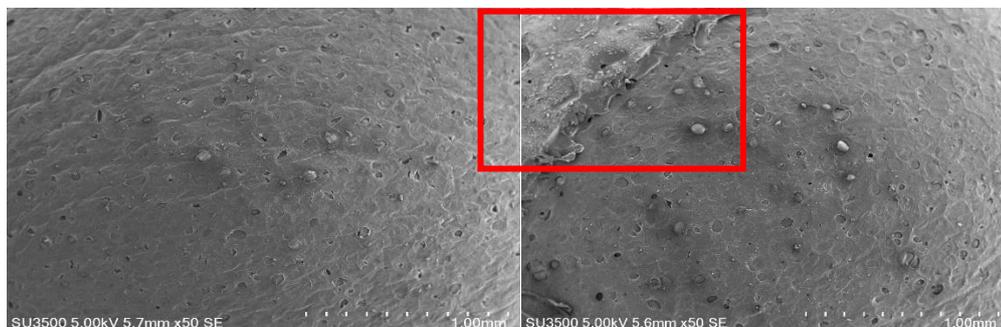
Umur Benda Uji	Variasi Perbandingan <i>Styrofoam</i> dan Agregat					Jumlah Benda Uji
	0 : 100	20 : 80	40 : 60	60 : 40	80 : 20	
14 hari	3	3	3	3	3	15
28 hari	5	5	5	5	5	25
56 hari	3	3	3	3	3	15
Total benda uji						55

Tahap pembuatan benda uji beton ringan adalah sebagai berikut :

1. *Styrofoam* di panaskan dengan menggunakan *oven* dengan suhu 100°C selama 15 menit untuk memperkecil ukuran butir *styrofoam*.
2. Air disiapkan sesuai dengan *mix-design* yang telah dibuat
3. Semen dan air dicampurkan hingga membentuk pasta semen.
4. Masukan *styrofoam* yang sudah dioven sesuai dengan variasi volume yang direncanakan, kemudian aduk hingga pasta menyelimuti seluruh permukaan *styrofoam*
5. Agregat disiapkan sesuai dengan yang dibutuhkan dalam mix design.
6. Setelah itu, agregat halus dimasukkan ke dalam campuran dan diaduk merata dengan pasta semen dan *styrofoam*.
7. Setelah itu, adukan beton ringan dimasukkan ke dalam cetakan silinder dan ditumbuk 25 kali setiap kelipatan 1/3 dari tinggi cetakan, kemudian permukaan atas diratakan.
8. Adukan beton ringan yang sudah dimasukkan kedalam cetakan, dibiarkan dalam keadaan suhu ruangan 24 jam.
9. Setelah itu, beton ringan dilepaskan dari cetakan untuk selanjutnya dimasukkan ke dalam bak air sampai waktu pengujian beton ringan.
10. Pengujian pada umur beton 14 hari, 28 hari dan 56 hari

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang didapat dari pengujian, berat isi *styrofoam* sebelum dioven sebesar 5,6 kg/m³ dan setelah dioven sebesar 8,08 kg/m³. Dapat dilihat bahwa *styrofoam* yang telah dioven mengalami perubahan berat isi. Hal ini disebabkan karena ukuran *styrofoam* yang berubah menjadi lebih mengecil, sehingga meningkatkan volume *styrofoam*. Hasil pengujian berat isi *styrofoam* setelah dioven dapat digunakan dalam menghitung jumlah *styrofoam* yang akan digunakan dalam campuran beton ringan *styrofoam*. Selain pengujian terhadap bobot *styrofoam*, dilakukan pula Pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang bertujuan untuk mengetahui bentuk permukaan *styrofoam* sebelum dan setelah dioven. Berikut adalah hasil *scanning electron microscopy* yang dilakukan pada *styrofoam* sebelum dan setelah dioven. Dari hasil pengujian terlihat permukaan *styrofoam* sesudah dioven lebih kasar daripada permukaan *styrofoam* yang belum dioven.



Gambar1. Hasil Pengujian Scanning Electron Microscopy Styrofoam sebelum (kiri) dan setelah dioven (kanan)

Mix-design adalah bagian penting dalam proses pembuatan beton ringan. Mix-design pada beton ringan styrofoam dapat ditentukan berdasarkan perbandingan volume yang pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Berat jenis bahan penyusun merupakan parameter yang diperlukan dalam menentukan banyaknya material dalam membuat beton ringan styrofoam 1 m³ yang terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Material

Material	Berat Isi (kg/m ³)
<i>Heated Styrofoam</i>	8,08
<i>Non Heated Styrofoam</i>	5,6
Semen	2538.3
Agregat halus	2332

Hasil pemeriksaan berat isi kemudian akan digunakan dalam menentukan kebutuhan material yang digunakan berdasarkan perkalian berat isi dengan volume silinder berdiameter 100 mm dengan tinggi 200 mm dan diameter 150 mm dengan tinggi 300 mm. Berdasarkan metode penelitian, variasi benda uji dan metode perhitungan mix-design yang digunakan diatas, penulis menetapkan rincian kebutuhan material sebagai berikut:

Tabel 5. Kebutuhan Material Heated Styrofoam

Kode Variasi	Semen (Kg)	Air (L)	Pasir (Kg)	<i>Styrofoam</i> (Kg)	<i>Superplasticizer</i> (L)
Grade 80	18,04	3,96	25,91	0	0,11
<i>Styrofoam 20%</i>	18,04	3,96	21,21	0,03	0,11
<i>Styrofoam 40%</i>	18,04	3,96	15,9	0,05	0,11
<i>Styrofoam 60%</i>	18,04	3,96	10,6	0,08	0,11
<i>Styrofoam 80%</i>	18,04	3,96	5,3	0,1	0,11

Tabel 6. Kebutuhan Material Beton Non Heated Styrofoam

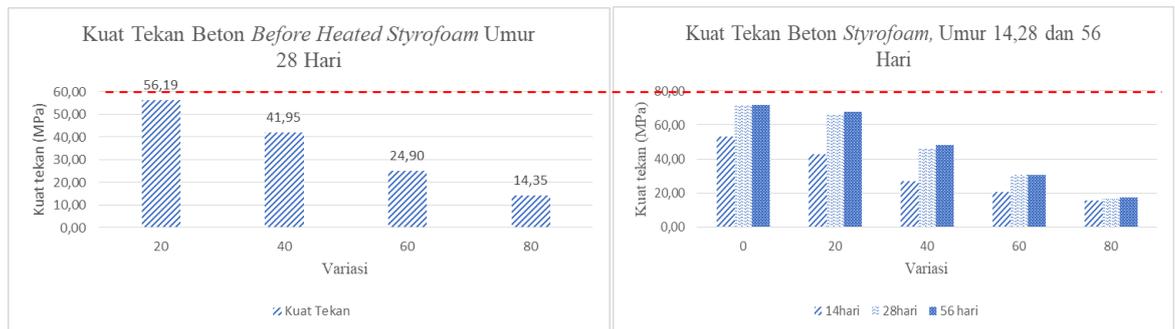
Kode Variasi	Semen (Kg)	Air (L)	Pasir (Kg)	<i>Styrofoam</i> (Kg)	<i>Superplasticizer</i> (L)
Grade 80	18,04	3,96	25,91	0	0,11
<i>Styrofoam 20%</i>	18,04	3,96	21,21	0,02	0,11
<i>Styrofoam 40%</i>	18,04	3,96	15,9	0,04	0,11
<i>Styrofoam 60%</i>	18,04	3,96	10,6	0,06	0,11
<i>Styrofoam 80%</i>	18,04	3,96	5,3	0,08	0,11

Tabel 7. Berat Jenis Beton Heated Styrofoam

Kode Variasi	Berat jenis rerata (Kg/m ³) 14 Hari	Berat jenis rerata (Kg/m ³) 28 Hari	Berat jenis rerata (Kg/m ³) 56 Hari
Grade 80 (<i>styofoam 0%</i>)	2370	2335	2450
<i>Styrofoam 20%</i>	2212	2252	2151
<i>Styrofoam 40%</i>	2066	2078	1957
<i>Styrofoam 60%</i>	1785	1728	1731
<i>Styrofoam 80%</i>	1563	1513	1420

Tabel 8. Berat Jenis Beton Non Heated Styrofoam

Kode Variasi	Berat jenis rerata (Kg/m ³) 28 Hari
<i>Styrofoam 20%</i>	2047
<i>Styrofoam 40%</i>	1859
<i>Styrofoam 60%</i>	1597
<i>Styrofoam 80%</i>	1355



Gambar 2. Perbandingan Kuat Tekan Beton menggunakan *before heated styrofoam* dan *after heated styrofoam*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengelompokan jenis beton, maka beton styrofoam dapat disimpulkan secara umum termasuk dalam kategori beton ringan karena berat jenis rata-rata $1400 \text{ Kg/m}^3 - 2000 \text{ Kg/m}^3$. Persentase penambahan styrofoam ikut mempengaruhi penurunan berat jenis beton. Styrofoam yang dipanaskan menghasilkan dampak kuat tekan beton yang lebih tinggi dibandingkan beton ringan menggunakan styrofoam yang tidak dipanaskan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih atas kerjasamanya kepada pihak staf dan pengurus Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan dan Laboratorium Transportasi Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta tempat dilaksanakannya pengujian dan pembuatan benda uji. Selanjutnya kami juga memberi apresiasi setinggi-tingginya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah mendukung pendanaan pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- SNI 03-3449-1994, rev. SNI 03-3449-2002, Tata cara perancangan campuran beton ringan dengan agregat ringan.
- Dobrowolski, A.J. (1998). *Concrete Construction Hand Book*. The Mc. Graw Hill Companies, Inc. New York.
- Neville, A.M, and Brooks, J.J. (1987). *Concrete Technology*. John Willey & Sons. New York.
- Satyarno, I. (2004). Penggunaan Semen Putih untuk Beton Styrofoam Ringan (BATAFOAM). Program Swadaya (Ekstensi) Teknik Sipil, FT UGM. Yogyakarta.
- Wibowo, A. P. (2017). *Water absorption of styrofoam concrete*. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 12(16). pp. 4782–4785.