

UJI LABORATORIUM BETON RAMAH LINGKUNGAN DENGAN SUBSTITUSI PADA AGREGAT HALUS (STUDI PEMANFAATAN STYROFOAM)

Syifa Nurlatifah¹, R. Didin Kusdian²

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana

korespondensi : syifanurlatifah74@gmail.com

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk Indonesia semakin meningkat, sedang lahan yang digunakan bersifat tetap. Dalam mengatasi hal demikian, orang mulai membangun rumah tinggalnya secara bertingkat. Akibatnya beban yang diterima struktur paling bawah semakin besar sehingga dimensi dan biaya yang dikeluarkan akan bertambah besar pula. Oleh karena itu, dibuatlah penelitian yang bertujuan untuk meringankan beban tersebut. Salah satunya dengan mensubstitusi bahan campuran beton. Penelitian ini menggunakan butir styrofoam dengan ukuran satu sampai dua mili meter sebagai pengganti agregat halus pada campuran sebanyak 75% agar masa beton dengan campuran styrofoam tersebut dapat dikategorikan sebagai beton ringan menurut SNI-03-2847-2002 dan menghasilkan nilai kuat tekan beton normal tujuh hari mencapai 9,618 MPa dan beton styrofoam mencapai 3,306 MPa dengan persentase 90,587% dan 30,509% dari mutu beton yang direncanakan, dengan besar 10,836 MPa pada umur tujuh hari. Pada akhirnya, beton dengan susstitusi 75% pada agregat halus tidak memenuhi mutu minimal untuk bangunan, 17,5 MPa.

Kata kunci: jumlah penduduk, lahan, agregat halus, styrofoam, beton ringan

ABSTRACT

Indonesia's population growth is increasing, while the land used is fixed. In overcoming this, people began to build their houses in stages. As a result, the load received by the lowest structure is getting bigger so that the dimensions and costs incurred will also increase. Therefore, a study was made that aims to lighten the burden. One of them is by substituting concrete mix materials. This study uses styrofoam grains with a size of one to two millimeters as a substitute for fine aggregate in the mixture as much as 75% so that the mass of the concrete with the styrofoam mixture can be categorized as lightweight concrete according to SNI-03-2847-2002 and produces a normal compressive strength value of seven days. reached 9,618 MPa and styrofoam concrete reached 3,306 MPa with a percentage of 90.587% and 30.509% of the planned concrete quality, with a size of 10,836 MPa at the age of seven days. In the end, concrete with 75% substitution in fine aggregate did not meet the minimum quality for building, 17.5 MPa.

Keywords: population, land, fine aggregate, styrofoam, lightweight concrete

PENDAHULUAN

Terlihat pada Gb. 1 Proyeksi Penduduk Indonesia Berdasarkan Hasil Sensus Penduduk 2010 jumlah penduduk Indonesia mengalami peningkatan. Hal ini akan mengakibatkan peningkatan pada kebutuhan sandang, pangan maupun papannya. Kebutuhan papan yang meningkat ternyata tidak dapat diimbangi dengan ketersediaan ruang yang bersifat tetap. Oleh karena itu, dibuatlah bangunan bertingkat.

Semakin banyak jumlah lantainya semakin besar pula beban yang ditanggung struktur paling bawah dari bangunan tersebut yang mengakibatkan besarnya dimensi dan atau mutu yang diperlukan agar bangunan tetap kuat.

Ilmu pengetahuan Ilmu pengetahuan mengenai beton pun berkembang, dengan ditemukannya beton ringan, tujuan pembuatannya adalah membuat massa beton menjadi lebih ringan sehingga membuat

beban konstruksi lebih ringan pula. Beton ringan dapat dibuat dengan cara menambah

udara atau material yang mempunyai berat material yang lebih ringan [1].



Gambar 1 : Proyeksi Penduduk Indonesia Berdasarkan Hasil Sensus Penduduk 2010 [2].

Penelitian ini memanfaatkan butir *styrofoam* untuk disubstitusikan pada pasir sehingga didapat massa yang ringan kemudian diuji tekan dan uji *slump* agar diketahui apakah beton ringan yang dihasilkan dari substitusi tersebut dapat digunakan untuk struktur bangunan dalam hal mutu dan *workability*-nya. Selain dapat meringankan beban struktur juga dapat mengurangi jumlah pasir.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Beton paling populer penggunaannya dan menjadi material struktur [3] yang diperoleh dari pencampuran semen portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus (pasir), agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah sebagai pembantu keperluan rekasi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton yang mengeras menjadi padat [4].

Beton mempunyai beberapa keunggulan sehingga banyak digunakan sebagai bahan konstruksi seperti sifatnya yang kedap air, mudah dibentuk dan harganya relatif murah [3].

Disisi keunggulannya, beton (konvensional) mempunyai banyak kelemahan, seperti komponen strukturnya yang relatif berat, pelaksanaannya relatif lambat terkait dengan proses pengerasannya, pada lingkungan agresif beton mutu rendah mudah mengalami korosi sehingga mudah rapuh, dan kekuatan relatif tidak tinggi bila misalnya dibandingkan dengan baja [5].

Berdasarkan berat volume, beton terdiri dari beton ringan yang memiliki berat jenis 1800 kg/m³, beton normal yang memiliki berat jenis 2400 kg/m³ dan beton berat yang memiliki berat jenis di atas 3200 kg/m³ [3]. Dalam SNI-03-2847-2002[6] mengenai beton ringan, yaitu mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900

kg/m³. Adapun beton *styrofoam* dapat disebut dengan beton, ringan (*concrete lightweight*) karena mengandung agregat ringan dan berat volume setimbang (*equilibrium density*), yaitu antara (1140 dan 1840) kg/m³ (berat volume yang ditetapkan oleh ASTM C567) [7].

Sama halnya dengan beton normal, beton ringan pun harus mudah dikerjakan atau mempunyai kelecakan/kekenyalan tertentu (*workability*), mudah ditempatkan pada cetakan/bekisting. Kelecakan/kekenyalan ditentukan dapat diukur dengan sebuah uji yang disebut dengan uji *slump*. Kelecakan/kekenyalan ditentukan dari keenceran pasta adukan, perbandingan pencampuran agregat, dan volume pasta adukan.[8]

Beton normal dengan berat volume kurang lebih 2400 kg/m³ dibagi kedalam tiga kategori berdasarkan kekuatannya, diantaranya beton mutu rendah: kurang dari 20 MPa, mutu moderat (20-40) MPa, dan tinggi lebih dari 40 MPa.[9] Adapun mutu minimal untuk bangunan adalah lebih dari sama dengan 17,5 MPa.

Mutu beton tidak akan tercapai jika beberapa faktor seperti persiapan, perencanaan campuran, perawatan dan pada saat percobaan tidak dilakukan dengan baik, minimal sesuai dengan standar.[7]

Cetakan yang digunakan dalam standar pengujian kuat tekan beton sekarang ini yang digunakan berbentuk silinder dengan satuan kuat tekan MPa. Namun, jika menggunakan cetakan kubus nilainya harus dikonversikan dengan rumus sebagai berikut:

$$f'_c := \left(0.76 + 0.2 \cdot \log \left(\frac{f'_{ck}}{15 \text{MPa}} \right) \right) \cdot f'_{ck} \quad .. (1)$$

Lebih spesifik lagi, faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton diantaranya sifat dan proporsi campuran beton, kondisi pemeliharaan, dan faktor pengujian. Dalam pengujian, benda uji harus dalam keadaan lembab dan mencapai suatu umur tertentu sesuai dengan yang dikehendaki. Masing-masing umur memiliki waktu toleransi pengujian sebagai berikut.

Tabel 1 : Daftar umur uji beton dan waktu toleransi yang diizinkan[9]

No	Umur uji	Toleransi diizinkan
1	24 jam ±	0,5 jam atau 2,1 %
2	3 hari ±	2 jam atau 2,8 %
3	7 hari ±	6 jam atau 3,6 %
4	28 hari ±	20 jam atau 3 %
5	90 hari ±	2 hari atau 2,2 %

Dalam perhitungan perencanaan pembuatan beton, jika tidak tersedia data standar deviasi mutu beton, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan adalah kuat tekan rata-rata ditambah dengan 12 MPa [10]. Mutu beton dapat diterima apabila memenuhi dua syarat diantaranya nilai rata-rata dari tiga uji kuat

tekan berurutan harus mempunyai nilai sama atau lebih besar dari f_c , dan nilai uji kuat tekan rata-rata dari dua hasil uji silinder tidak boleh kurang dari 3,5 MPa dari f_c [6].

Di samping itu mutu beton yang direncanakan bergantung pada umurnya. Seperti yang disajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 2 : Perbandingan kekuatan beton pada berbagai umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen portland biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

Sumber: PBI 1971

Dari tabel tersebut dapat diketahui semakin bertambahnya umur beton semakin bertambah pula kekuatannya.

Dahulu satuan yang biasa digunakan untuk menyatakan kuat tekan beton adalah kg/m² atau K dengan benda uji berbentuk kubus yang panjang sisinya 15 cm. Namun, sekarang mulai digunakan satuan MPa dengan benda uji silinder yang diameter dan tingginya adalah 15 cm dan 30 cm. Maka digunakan rumus sebagai berikut untuk mengkonversi kekuatan benda uji kubus ke silinder sebagai berikut:

$$f_c := \left(0.76 + 0.20 \cdot \log \left(\frac{f_{ck}}{15} \right) \right) \cdot f_{ck}$$

Adapun mutu minimal untuk bangunan sebesar 17,5 MPa [6].

Dalam [SNI-03-2847-2002](#) mengenai beton ringan, yaitu mengandung agregat ringan dan

mempunyai berat satuan tidak lebih dari 1900 kg/m³.

Styrofoam

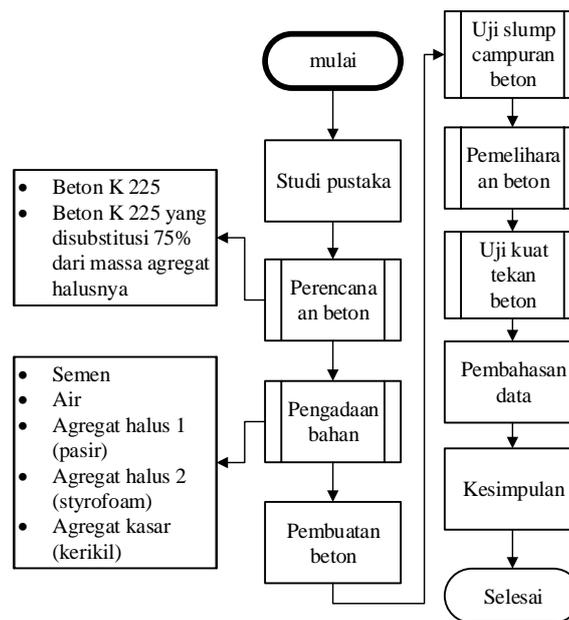
Styrofoam bisa disebut juga gabus putih atau *expanded polystyrene* biasanya digunakan sebagai pembungkus barang, tempat makanan, tempat CD, karton, tempat telur.

Polystyrene mempunyai sifat agak rapuh, memiliki berat jenis antara 13 – 22 kg/m³ [1]. Dengan berat jenis yang ringan, *Styrofoam* digunakan dalam campuran beton dengan anggapan sebagai penambah rongga udara, juga memiliki kuat tarik [11].

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar, alir tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini



Gambar 2 : Flow Chart Penelitian

Tempat dan Waktu

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Lab. Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung pada bulan Mei 2018.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian diantaranya mesin uji kuat tekan beton, satu set alat pencampur bahan, cetakan kubus 15 x 15 x 15 cm³, satu set uji slump, timbangan. Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji diantaranya semen, agregat halus, agregat kasar, *Styrofoam* berukuran antara 1 – 2 mm (sebagai substitusi agregat halus), dan air.

Metode

1. Tahap perencanaan

Mutu beton yang hendak dicapai dalam penelitian ini sebesar K 225 atau sekitar 19,3 MPa, perbandingan campuran

didasarkan pada SNI 7394:2008 [12]. Karena benda yang akan dibuat ini belum mempunyai standar deviasi maka benda mutu beton ditambah 12 MPa menjadi K 350 atau 31,2 MPa. Maka perbandingan campuran beton yang akan dibuat juga berdasarkan campuran mutu K 350 pada SNI 7394:2008. Benda uji berbentuk kubus dengan panjang sisi 15 cm, berjumlah 12 buah, enam buah untuk beton normal dan enam buah lagi untuk beton yang agregat halusya disubstitusi oleh pasir sebesar 75% dari beratnya.

2. Tahap pelaksanaan

Bahan campuran beton yang telah dipersiapkan masing-masing ditimbang berdasarkan perbandingan campuran SNI 7394:2008. Kemudian dilakukan pencampuran beton dan uji slump pada campuran beton normal dan beton *styrofoam*. Selanjutnya dicetak, didiamkan dalam cetakan selama satu

hari, direndam selama tujuh hari untuk kemudian dilakukan uji tekan.

3. Tahap Analisis
Persyaratan mutu beton didasarkan pada SNI 03-2847-2002 pasal 7.6.3.3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Perencanaan Pembuatan Beton

Berikut adalah data perencanaan pembuatan beton K 350 berdasarkan SNI 7394:2008.

Tabel 3 : Proporsi campuran mutu beton K 350 per m³ [12]

No	Bahan	Satuan	Indeks
1	Semen	kg	448
2	Pasir	kg	667
3	Kerikil	kg	1000
4	Air	liter	215
	Total	kg	2330

Dengan dimensi cetakan kubus panjang sisi 15cm, maka berat bahan campuran beton per cetakan adalah sebagai berikut:

Semen : $448 \times 0,003375 = 1,512$ kg

Pasir : $667 \times 0,003375 = 2,251$ kg

Kerikil : $1000 \times 0,003375 = 3,375$ kg

Air : $215 \times 0,003375 = 0,726$ kg

Total : $1,512 + 2,251 + 3,375 = 7,864$ kg

Total berat bahan untuk 6 cetakan = $7,864 \times 6 = 47,148$ kg

Jika 75% berat pasir dari proporsi campuran K 350 pada tabel 4.1 diganti dengan styrofoam

yang mempunyai bobot 15 kg/m^3 , maka berat beton adalah sebagai berikut:

Berat pasir tersubstitusi styrofoam: $667 - 75\% \times 667 = 166,75 \text{ kg/m}^3$

Berat styrofoam substitusi pasir misal *bulk specific gravity* pasirnya adalah 2,5, maka: $75\% \times 667 / (2,5 \times 1000) \times 22 = 4,402 \text{ kg/m}^3$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka perencanaan beton styrofoam adalah sebagai berikut:

Tabel 4 : Berat beton styrofoam

No	Bahan	Satuan	Indeks
1	Semen	kg	448
2	Pasir	kg	166,75
3	Kerikil	kg	1000
4	Air	liter	215
5	Styrofoam	kg	4,402
	Total	kg	1834,152

Berat beton styrofoam pada perhitungan di atas termasuk kategori beton ringan (SNI-03-2847-2002). Maka berat beton pada cetakan kubus 15 x 15 x 15 cm³ adalah sebagai berikut:

Semen : 448 x 0,003375 = 1,512 kg

Pasir : 166,75 x 0,003375 = 0,563 kg

Kerikil : 1000 x 0,003375 = 3,375 kg

Air : 215 x 0,003375 = 0,726 kg

Styrofoam : 4,402 x 0,003375 = 0,009 kg = 14,857 gr

Total : 1,512 + 0,563 + 3,375 + 0,009 = 5,459 kg

Total berat bahan 6 untuk cetakan = 5,459 x 6 = 32,754 kg

Tabel 5 : Hasil uji slump

Jenis Beton	Nilai Slump
Beton normal	11 cm ¹⁾
Beton <i>styrofoam</i>	15 cm ²⁾

Keterangan:

¹⁾ hasil pengujian slump beton normal setelah ditambah 1 kg kemudian diaduk dan ditambah lagi 0,35 kg air kemudian dilakukan pengadukan kembali slump yang dihasilkan sekitar 11 cm

²⁾ pengujian slump pada campuran beton *styrofoam* dengan penambahan air sebesar 0,5 gram menghasilkan *slump* sebesar 15 cm

Data Hasil Uji Kuat Tekan dan Pengecekan Persyaratan

Besar kuat tekan K 225 pada umur 7 hari adalah 0,65 x 225 = 146 kg/m². Kemudian dikonversikan lagi ke persamaan 1 maka besarnya menjadi 10,836 MPa.

Persyaratan mutu beton didasarkan pada SNI 03-2847-2002 pasal 7.6.3.3 setelah disesuaikan

dengan perhitungan kuat tekan pada penelitian sebagai berikut: (1) Tidak ada nilai kuat uji tekan rata-rata dari kuat tekan betn yang lebih kecil dari 10,836 MPa–3,5 MPa = 7,336 MPa;

(2) Tidak ada nilai kuat uji tekan rata-rata dari 3 uji tekan yang berurutan yang lebih kecil dari 10,836 MPa.

Tabel 6 : Daftar tegangan tekan yang terjadi pada benda uji dan pengecekan persyaratan

No	Tgl buat benda uji (Beton)	Jenis Beton	Besarnya tegangan tekan (kg/cm ²)		Besarnya kuat tekan dalam satuan (MPa: Pers. 1)			syarat (1)	syarat (2)
			(4)/((g)x(A))	(5)/((g)x(A))					
			A	B	8	9	10		
1	2	3	6	7	8	9	10	11	12
1	11/05/2018	Normal	86,109	86,109	5,992	5,992	5,992	tdk ok	
2	11/05/2018	Normal	131,430	100,426	9,618	7,119	8,369	ok	

No	Tgl buat benda uji (Beton)	Jenis Beton	Besarnya tegangan tekan (kg/cm ²)		Besarnya kuat tekan dalam satuan (MPa: Pers. 1)			syarat (1)	syarat (2)
			(4)/((g)x(A))	(5)/((g)x(A))					
			A	B					
1	2	3	6	7	8	9	10	11	12
3	11/05/2018	Normal	130,555	133,902	9,547	9,821	9,684	ok	
							8,015		tdkok
4	18/05/2018	<i>Styrofoam</i>	50,795	23,567	3,306	1,380	2,343	tdk ok	
5	18/05/2018	<i>Styrofoam</i>	22,660	40,798	1,319	2,579	1,949	tdk ok	
6	18/05/2018	<i>Styrofoam</i>	24,926	40,798	1,471	2,579	2,025	tdk ok	
							2,106		tdkok

Berdasarkan Tabel 4.4 di atas dapat diketahui persentase besar kuat tekan yang terjadi pada benda uji sebagai berikut:

1. Persentase kuat tekan beton *styrofoam* yang terjadi pada benda uji terbesar terhadap kuat tekan rencana beton normal yang berumur 7 hari: $3,306/10,836 \times 100\% = 30,509\%$;
2. Perhitungan konversi no. 1 ke 28 hari: $3,306 \text{ MPa}/0,65 = 5,086 \text{ MPa}$ (mutu minimal untuk bangunan $\geq 17,5 \text{ MPa}$);
3. Persentase kuat tekan beton normal terbesar pada umur 7 hari terhadap kuat tekan rencana beton normal berumur 7 hari: $9,618/10,836 \times 100\% = 90,587\%$ $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

KESIMPULAN

Berdasarkan uji coba yang telah dilaksanakandalam penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dilakukan penambahan air untuk menaikkan nilai slump;
2. Dalam pengujian slump yang dilakukan pada beton normal yang dibuat untuk 6 cetakan dihasilkan nilai slump 11 cm setelah ditambahkan air sebanyak 1,35 kg. Artinya untuk 2 cetakan dapat ditambahkan air sebanyak 0,45 kg. Untuk beton styrofoam terjadi penurunan slump sebesar 15 cm setelah ditambahkan air sebanyak 0,5 kg;
3. Pada percobaan pembuatan beton normal pada umur 7 hari tidak ada pasangan benda uji yang memenuhi kedua persyaratan pengendalian mutu beton. Pasangan benda

uji no. 2 dan 3 hanya memenuhi persyaratan pertama;

4. Besar kuat tekan yang terjadi pada benda uji beton normal paling besar adalah 90,587% dari besar kuat tekan rencana

pada umur 7 hari, dan pada beton *styrofoam* paling besar adalah 30,509%;

5. Mutu beton *styrofoam* (setelah dikonversikan ke umur 28 hari adalah 5,086 MPa) kurang dari mutu minimal untuk bangunan (17,5 MPa).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gusti Ketut Sudipta dan Ketut Sudarsana. (2009). Permeabilitas Beton Dengan Penambahan Styrofoam. *Jurnal Ilmiah Teknk Sipil*, 192-198.
- [2] Anonim. (t.thn.). Dipetik 4 25, 2018, dari <https://www.bps.go.id/>
- [3] Retno Susilorini dan Kusno Adi Sambowo. (2011). *Teknologi Beton Lanjutan Durabilitas Beton*. Semarang: SPS.
- [4] Dipohusodo, I. (1993). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PU.
- [5] Supartono. (2001). *Trend Teknik Sipil Era Milenium Baru (Beton, Bahan Dasar Dan Unsur Kekuatannya)*. Jakarta: Yayasan John Hi-Tech Idetama, UI-Press.
- [6] SNI 03-2847 (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*. Bandung
- [7] SNI 2847 (2013). *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Jakarta: BSN.
- [8] Nasution, A. (2009). *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*. Bandung: ITB.
- [9] Pujo Aji, Rachmat Purwono. (2010). *Pengendalian Mutu Beton Sesuai SNI, ACI dan ASTM*. Surabaya: ITSPress Surabaya.
- [10] SNI-03-2834 (2000). *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Badan Standardisasi Nasional BSN.
- [11] Putra, A. A. (2015). Karakteristik Beton Ringan dengan Bahan Pengisi Styrofoam. Tugas Akhir, II-1
- [12] SNI 7394. (2008). *Tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton untuk konstruksi bangunan gedung dan perumahan*. BSN