

KARAKTERISTIK BETON BUSA YANG MENGALAMI BEBAN TEKAN

M. Tumpu¹, Herman Parung², M. W. Tjaronge³ dan A. Arwin Amiruddin⁴

¹Mahasiswa Program S3 Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

^{2,3,4}Dosen, Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin

e-mail: tumpumiswar@gmail.com, parungherman@yahoo.co.id, tjaronge@yahoo.co.jp,
a.arwinamiruddin@yahoo.com

ABSTRACT

The use of foam concrete with a lightweight in construction is an alternative building material for infrastructure in earthquake-prone areas such as Indonesia. However, the use of foam concrete is not followed by good concrete characteristics so that its use is still limited to non-structural components in buildings, such as walls. The aim of this study was to analyze the compressive strength characteristics of foam concrete consisting of compressive stress, modulus of elasticity, poisson ratio and volumetric strain. This research is experimental in the laboratory. Foam concrete is produced using PCC cement, fine aggregate, and foam with a volume of 15.7 liters, 25.12 liters and 37.68 liters. The compressive strength test is used to evaluate the strength characteristics of the resulting foam concrete at 3, 7 and 28 days of age. The results showed that the compressive strength characteristic value of foam concrete was influenced by the volume of foam used. All tested mixtures have improved stress – strain relationships with the curing time. The hardened foam concrete behaves more like Portland cement material such as mortar and concrete with higher strength and lower ductility with the curing time.

Keywords: Foam concrete; Compressive strength; Portland composite cement

ABSTRAK

Pemakaian beton busa dengan bobot yang ringan pada konstruksi menjadi alternatif sebuah bahan bangunan bagi infrastruktur di wilayah rawan gempa seperti Indonesia. Tetapi pemakaian beton busa tidak diikuti dengan karakteristik beton yang baik sehingga pemakaiannya masih terbatas pada komponen non-struktural saja pada bangunan, seperti dinding. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis karakteristik kuat tekan beton busa yang terdiri dari tegangan tekan, modulus elastisitas, poisson rasio dan regangan volumetrik. Penelitian ini berbentuk eksperimental di laboratorium. Beton busa diproduksi dengan menggunakan semen PCC, agregat halus, dan busa dengan volume yaitu 15,7 liter, 25,12 liter dan 37,68 liter. Pengujian kuat tekan digunakan untuk mengevaluasi karakteristik kekuatan beton busa yang dihasilkan pada umur 3, 7 dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai karakteristik kuat tekan beton busa dipengaruhi oleh volume busa yang digunakan. Semua campuran memperlihatkan hubungan tegangan-regangan semakin meningkat berdasarkan waktu curing. Beton busa yang telah mengeras berperilaku seperti bahan semen Portland yaitu mortar dan beton dengan kekuatan lebih tinggi dan daktilitas yang lebih rendah dengan peningkatan waktu curing.

Kata kunci: Beton busa; Kuat tekan; Semen portland komposit

PENDAHULUAN

Permintaan akan perumahan murah dalam beberapa tahun terakhir telah menyebabkan meningkatnya popularitas perumahan buatan. Keinginan pabrikan untuk menggunakan material secara

efisien mensyaratkan bahwa perilaku struktur-struktur ini dapat diteliti dan dikembangkan sepenuhnya sehingga prosedur desain berdasarkan perilaku yang diamati akan memastikan kemudahan pelaksanaan dan perawatan pada unit struktural. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan

khususnya di bidang konstruksi, maka material penyusun beton juga mengalami perkembangan. Salah satunya adalah munculnya inovasi beton busa.

Beton busa adalah pasta semen ataupun mortar, diklasifikasikan sebagai beton ringan, di mana rongga udara terperangkap dalam mortar oleh agen busa yang sesuai, memiliki bobot 400–1.850 kg/m³ [1]. Beton busa memiliki daya alir tinggi, bobot yang rendah, penggunaan agregat yang sedikit, kekuatan yang rendah namun terkontrol dan sifat insulasi termal yang sangat baik [2–4]. Tidak seperti beton berbobot normal, beton busa tidak dapat dikenai jenis pemadatan atau getaran apapun yang akan mempengaruhi kerapatan desainnya [5–7].

Akan tetapi beton busa memiliki kuat tekan yang relatif rendah. Untuk itu diperlukan material penyusun beton busa yang bisa meningkatkan kuat tekannya, serta diharapkan memiliki keunggulan yang lain, seperti lebih ekonomis dan ramah lingkungan [8,9]. Kekuatan tekan adalah salah satu sifat yang paling penting dari beton dan merupakan parameter mekanis dasar yang dibutuhkan dalam desain struktur beton [10].

Namun pengetahuan tentang penggunaan beton busa pada bangunan sederhana (rumah tinggal) perlu dikembangkan secara khusus pada karakteristik yang berkaitan dengan kuat tekan beton busa. Pengujian tekan yang dilakukan pada penelitian ini, dimana nilai kuat tekan, elastisitas, poisson rasio dan regangan volumetrik akibat beban tekan.

MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

1. Semen Portland Komposit (PCC)

Tabel 1 dan Tabel 2 masing-masing memperlihatkan hasil pengujian karakteristik fisik dan kimia semen

portland komposit. Terlihat bahwa semen PCC yang digunakan memenuhi spesifikasi SNI untuk bahan beton yang disyaratkan [11]. Terlihat pula bahwa komposisi kimia dari semen PCC yang digunakan didominasi oleh unsur CaO dan silika (SiO₂) yaitu sebesar 61,79% dan 18,39%. Sedangkan unsur lainnya yaitu MgO, SO₃, Al₂O₃, Fe₂O₃, LOI (*Loss of Ignation*) masing-masing sebesar 0,99%, 1,81%, 5,15%, 3,14% dan 4,61%.

2. Agregat Halus

Tabel 3 memperlihatkan karakteristik fisik agregat halus. Agregat halus yang digunakan adalah pasir silika yang berasal dari Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan.

3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini berbentuk eksperimental di laboratorium. Gambar 1 memperlihatkan bagan alir penelitian. Beton busa diproduksi dengan menggunakan semen PCC, agregat halus, dan busa (foam) dengan volume yaitu 15,7 liter, 25,12 liter dan 37,68 liter. Pengujian kuat tekan (*compressive strength*) digunakan untuk mengevaluasi karakteristik kekuatan beton busa yang dihasilkan pada umur 3, 7 dan 28 hari. Tabel 4 memperlihatkan rancangan campuran beton busa yang digunakan dalam penelitian ini.

4. Proses Pengecoran Beton Busa

Gambar 2 memperlihatkan proses pengecoran beton ringan yang dirangkum berdasarkan hasil uji coba campuran awal, dimana tidak mengalami proses segregasi dan campuran beton ringan homogen.

5. Kuat Tekan Beton Busa

Pengujian kuat tekan beton mengacu pada SNI 1974:2011 [12]. Pembebanan tekan dilakukan dengan menggunakan kecepatan perpindahan konstan yaitu 20

mm/menit. Dua LVDT digunakan untuk mengukur perpindahan pelat ke pelat di mana regangan vertikal diperoleh dengan membagi deformasi vertikal dengan ketinggian spesimen. Untuk mendapatkan regangan lateral, tiga LVDT horizontal dipasang pada ketinggian tengah spesimen untuk mengukur deformasi horizontal. Karakteristik kuat tekan yaitu tegangan tekan, modulus elastisitas, poisson rasio dan regangan volumetrik. Gambar 3 memperlihatkan pengujian kuat tekan beton busa.

HASIL dan PEMBAHASAN

Tabel 5 memperlihatkan karakteristik kuat tekan beton busa. Pada semua campuran terlihat jelas bahwa dengan bertambahnya umur benda uji maka tegangan puncak meningkat, hal ini sama dengan perilaku beton berbahan dasar semen Portland. Kuat tekan beton busa terus meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton tersebut. Peningkatan kuat tekan terjadi diakibatkan proses stabilisasi gelembung-gelembung yang sudah terbentuk akibat reaksi semen portland komposit saat pencampuran busa kedalam beton kemudian dilanjutkan dengan proses hidrasi berlangsung hingga umur 28 hari. Terlihat bahwa kuat tekan campuran I pada umur 3, 7 dan 28 hari adalah masing-masing sebesar 4,83 MPa, 5,81 MPa dan 7,89 MPa. Pada campuran II kuat tekan yang dihasilkan adalah masing-masing sebesar 5,14 MPa, 6,11 MPa dan 6,69 MPa. Sedangkan pada campuran III kuat tekan yang dihasilkan adalah masing-masing sebesar 2,87 MPa, 3,79 MPa dan 4,34 MPa.

Penambahan busa dalam campuran beton busa dapat mempengaruhi nilai kuat tekan beton busa. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh hasil bahwa penambahan *foam agent* kedalam campuran beton busa memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai

kuat tekan. Berdasarkan nilai kuat tekan yang dihasilkan dapat diketahui kuat tekan semakin menurun dengan semakin banyaknya volume busa yang digunakan.

Selain itu, nilai poisson rasio yang menggambarkan konstanta elastisitas yang dimiliki suatu material ditunjukkan pada umur 3, 7 dan 28 hari campuran I yaitu masing-masing sebesar 0,29, 0,48 dan 0,30. Pada campuran II yaitu masing-masing sebesar 0,60, 0,39 dan 0,51 sedangkan pada campuran III yaitu masing-masing sebesar 0,57, 0,56 dan 0,51. Adanya nilai poisson rasio yang kontras dengan perbedaan yang signifikan terjadi pada campuran I, II dan III beton busa dikaitkan oleh kehadiran gas, seringkali sifat fisis ini digunakan untuk mendeterminasi zona akumulasi gas.

Tabel 6 memperlihatkan nilai modulus elastisitas beton busa. Nilai modulus elastisitas dihitung berdasarkan 3 metode yaitu secara eksperimental, teoritis dan berat volume beton busa. Terlihat nilai modulus elastisitas memiliki perbedaan yang signifikan namun nilai modulus elastisitas yang dihasilkan untuk campuran I pada umur 3, 7 dan 28 hari adalah masing-masing sebesar 1761.90 MPa, 2090.09 MPa dan 2255.32 MPa. Pada campuran II adalah masing-masing sebesar 2255.32 MPa, 2772.72 MPa dan 3392.40 MPa sedangkan pada campuran III adalah masing-masing sebesar 1916.67 MPa, 2140.84 MPa dan 2023.26 MPa.

Nilai regangan volumetrik yang menggambarkan regangan yang terjadi karena adanya perubahan bentuk secara volumetrik. Regangan volumetrik yang dihasilkan pada campuran I umur 3, 7 dan 28 hari adalah masing-masing sebesar 0,00359 mm/mm, 0,00438 mm/mm dan 0,00488 mm/mm. Pada campuran II adalah masing-masing sebesar 0,00370 mm/mm, 0,00325 mm/mm dan 0,00313 mm/mm sedangkan pada campuran III adalah

masing-masing sebesar 0,00247 mm/mm, 0,00297 mm/mm dan 0,00346 mm/mm.

Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mendukung penggunaan konstruksi ringan dengan memanfaatkan material limbah yang pada akhirnya dapat mendukung pembangunan infrastruktur nasional berbasis material limbah (green construction). Namun dalam pembuatan beton busa perlu diperhatikan massa jenis yang kecil tetapi kuat tekan yang besar.

KESIMPULAN

Semakin banyak volume busa yang digunakan maka semakin ringan beton busa yang dihasilkan dan semakin rendah kuat tekan beton busa. Beton busa dengan 15,7 liter volume busa dan 25,15 liter volume busa dapat digunakan sebagai bata beton untuk pasangan dinding kelas II untuk tingkat mutu bata beton pejal sebesar 70 kg/cm² dan kelas II untuk mutu bata beton berlobang sebesar 50 kg/cm². Sedangkan, beton busa dengan 37,68 liter volume busa dapat digunakan sebagai bata beton untuk pasangan dinding kelas III untuk tingkat mutu bata beton pejal sebesar 40 kg/cm² dan kelas III untuk mutu bata beton berlobang sebesar 35 kg/cm² berdasarkan SNI 03-0349-1989 [13].

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian yang disajikan dalam tulisan ini dilakukan di Laboratorium Eco Material dan Beton, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin Makassar (Indonesia).

DAFTAR PUSTAKA

[1] Sunarno Y., Tjaronge M. W. and Irmawaty R. 2020. Preliminary study on early compressive strength

of foam concrete using Ordinary Portland Cement (OPC) and Portland Composite Cement (PCC). IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 419.

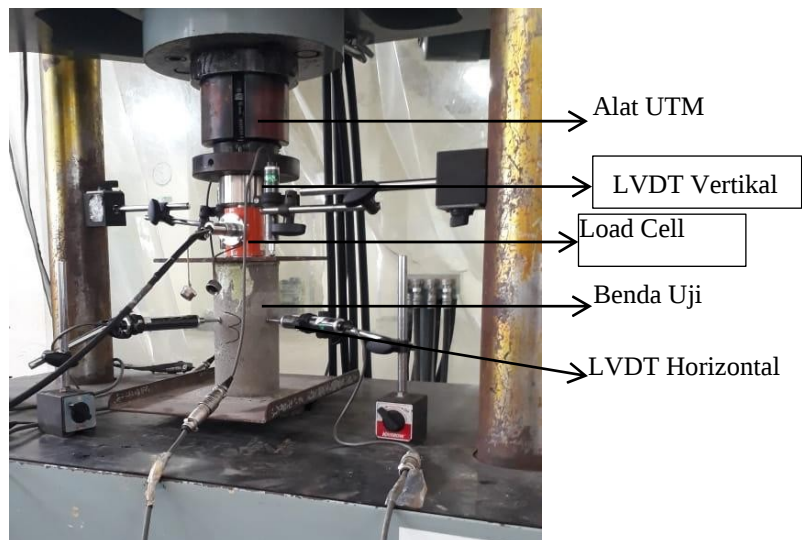
- [2] K. Ramamurthy, E.K. Kunhanandan Nambiar, G. Indu Siva Ranjani, A classification of studies on properties of foam concrete, *Cem. Concr. Compos.* 31 (6) (2009) 388–396.
- [3] E.P. Kearsley, P.J. Wainwright, Porosity and permeability of foamed concrete, *Cement and Concrete Research* 31 (2001) 805–812.
- [4] E.P. Kearsley, P.J. Wainwright, The effect of high fly ash content on the compressive strength of foamed concrete, *Cem. Concr. Res.* 31 (1) (2001) 105–112.
- [5] E.P. Kearsley, Wainwright PJ (2002) The effect of porosity on the strength of foamed concrete. *Cem Concr Res* 32:233–239.
- [6] E.P. Kearsley, Wainwright PJ. Ash content for optimum strength of foamed concrete. *Cem Concr Res* 2002;32:241–6.
- [7] Jones MR, McCarthy A. Preliminary views on the potential of foamed concrete as a structural material. *Mag Concr Res* 2005;57:21–31.
- [8] Jones MR, A. McCarthy, Preliminary views on the potential of foamed concrete as a structural material, *Mag. Concr. Res.* 57 (1) (2005) 21–31.
- [9] Standar Nasional Indonesia. SNI 2847-2019. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Badan Standarisasi Nasional.
- [10] Standar Nasional Indonesia. SNI 15-7064-2012. Semen Portland Komposit. Badan Standarisasi Nasional.
- [11] Standar Nasional Indonesia. SNI 1974 : 2011. Cara Uji Kuat Tekan

Beton dengan Benda Uji Silinder.
Badan Standarisasi Nasional.
[12] Standar Nasional Indonesia. SNI
03-0349-1989. Bata Beton Untuk

Pasangan Dinding. Badan
Standarisasi Nasional.



Gambar 2. Proses Pengecoran Beton Ringan



Gambar 3. Pengujian Kuat Tekan Beton Busa

Tabel 1. Karakteristik Fisik Semen PCC

Karakteristik material	SNI 15-7064-2012 Standar	Hasil
Kadar air (%)	12 maks.	11,5
Kehalusan	280 min.	382
Pengembangan, % (maks)	0,80 maks.	-
Kuat tekan		
a. 3 hari (kg/cm ²)	125 min.	185
b. 7 hari (kg/cm ²)	200 min.	263
c. 28 hari (kg/cm ²)	250 min.	410
Waktu pengerasan (Vicat tes)		
a. Pengerasan awal, menit	45 min.	132,5
b. Pengerasan akhir, menit	375 min.	198
Waktu ikat palsu	50 min.	-
Suhu hidrasi 7 hari, kal/gr		65
Konsistensi normal (%)		25,15
Berat jenis		3,13

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 2. Karakteristik Kimia Semen PCC

Senyawa	Kandungan (%)
MgO	0,99
SO ₃	1,81
SiO ₂	18,39
Al ₂ O ₃	5,15
Fe ₂ O ₃	3,14
CaO	61,79
LOI	4,61

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 3. Karakteristik Fisik Agregat Halus

No.	Karakteristik material	Hasil pemeriksaan	Persyaratan
Berat jenis			
1.	-Berat jenis kering	2,58	1,5 - 3,3
	-Berat jenis SSD	2,60	1,5 - 3,3
	-Berat jenis semu	2,65	1,5 - 3,3
2.	Penyerapan air (%)	0,91	Maksimum 2%
3.	Kadar lumpur (%)	0,96	Maksimum 5%
4.	Modulus kehalusan	1,26	2,3 - 3,1
Berat volume (kg/lit)			
5.	-Lepas	1,40	1,4 - 1,9
	-Padat	1,48	1,4 - 1,9
6.	Kadar air (%)	3,59	2 - 5
7.	Kadar organik	No. 1	< No.3

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 4. Rancangan Campuran Beton Busa (1 m³)

Material	Jenis	Berat Jenis	Campuran		
			I	II	III
Air	Tanah	1		232 kg	
Pasir	Sungai	2,48		1325 kg	
Semen	PCC	3,02		662,5 kg	
Admixture (Sikament LN)	Tipe F	1,22		16,6 kg	
Total				2236,1 kg	
LWC Density			1602 kg/m ³	1470 kg/m ³	1318 kg/m ³
Mortar Portion			67,47%	51,13%	44,59%
Foam Portion			32,53%	48,87%	55,41%
Perbandingan Foam Agent/Air				3 : 10	

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 5. Karakteristik Kuat Tekan

Karakteristik	Campuran								
	I			II			III		
Umur beton (hari)	3	7	28	3	7	28	3	7	28
Tegangan puncak (MPa)	4,63	5,81	7,96	5,14	6,11	6,69	2,87	3,79	4,34
40% dari tegangan puncak (MPa)	1,85	2,32	3,18	2,06	2,44	2,68	1,15	1,52	1,74
Tegangan saat regangan vertikal di 5 μ (MPa)	0,045	0,050	0,065	0,051	0,059	0,063	0,027	0,030	0,036
Regangan vertikal saat 40% dari tegangan puncak (mm/mm)	0,00105	0,00111	0,00141	0,00088	0,00088	0,00079	0,00060	0,00071	0,00086
Modulus elastisitas (MPa)	1761,90	2090,09	2255,32	2340,91	2772,72	3392,40	1916,67	2140,84	2023,26
Regangan horizontal saat 40% dari tegangan puncak (mm/mm)	0,00031	0,00054	0,00042	0,00051	0,00034	0,0004	0,00034	0,0004	0,00044
Regangan horizontal saat regangan vertikal di 5 μ (mm/mm)	0,00146	0,00186	0,00197	0,00154	0,00164	0,00169	0,00135	0,00139	0,00145
Poisson rasio	0,29	0,48	0,30	0,60	0,39	0,51	0,57	0,56	0,51
Regangan volumetrik saat 40% dari tegangan puncak (mm/mm)	0,00136	0,00165	0,00183	0,00139	0,00122	0,00119	0,00094	0,00111	0,0013
Regangan volumetrik pada tegangan puncak (mm/mm)	0,00359	0,00438	0,00488	0,00370	0,00325	0,00313	0,00247	0,00297	0,00346

Sumber: Hasil Penelitian

Tabel 6. Modulus Elastisitas Beton Busa

Campuran	Umur Beton (hari)	E1 (MPa)	E2 (MPa)	E3 (MPa)
		$\frac{S_2 - S_1}{c_2 - c_1} \cdot 0,000050$	$4700 \sqrt{f'_c}$	$W_c^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f'_c}$
I	3	1741.418484	10110.6536	5739.552453
	7	2048.68696	11330.41732	6073.37583
	28	2193.706156	13257.57277	5739.552453
II	3	2298.929254	10655.83507	5161.518831
	7	2725.338708	11615.71676	5504.923895
	28	3382.096973	12158.12852	5690.790631
III	3	1937.527224	7967.268902	3443.410318
	7	2118.878231	9155.54984	3859.052533
	28	1985.654773	9790.059953	3954.327385

Sumber: Hasil Penelitian