

PENGARUH PENAMBAHAN *FOAM AGENT* TERHADAP KUAT TEKAN DAN BERAT BETON NORMAL DENGAN AGREGAT KASAR PALU DAN HALUS MAHAKAM

Irma Hidayati¹⁾, Fachriza Noor Abdi²⁾, Masayu Widiastuti³⁾

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua, Samarinda
e-mail: irmahidayati731@gmail.com

²Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua, Samarinda
e-mail: fnabdi@ft.unmul.ac.id

³Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9
Kampus Gunung Kelua, Samarinda
e-mail: widiwidada@ft.unmul.ac.id

Abstrak

Semakin bertambahnya tahun, maka perkembangan jumlah populasi penduduk semakin meningkat. Hal tersebut mengakibatkan bertambahnya kebutuhan sarana dan prasarana masyarakat khususnya pembangunan konstruksi. Pembangunan konstruksi struktur yang banyak digunakan yaitu beton, namun beton ternyata memiliki kelemahan yaitu berat isi yang cukup tinggi serta tidak ramah lingkungan karena penyusun utama beton berupa material dari alam. Untuk itu, inovasi teknologi beton perlu dikembangkan salah satunya dengan pembuatan beton ringan menggunakan *foaming agent* yang dapat mengembangkan volume beton, sehingga menjadikan berat beton lebih ringan dan lebih ekonomis serta ramah lingkungan karena mengurangi penggunaan material konstruksi yang digunakan.

Penelitian ini menggunakan tambahan *foam* sebesar 20% dari volume adukan beton, dengan variasi *density foam agent* sebesar 40, 60 dan 80 kg/m³. Benda uji terdiri dari 32 silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dimana untuk setiap variasi *density foam* masing-masing sebanyak 4 benda uji. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengujian kuat tekan pada umur beton 7 dan 28 hari. Perencanaan adukan beton menggunakan metode SK SNI T-15-1990-03 dengan mutu beton yang direncanakan sebesar 25 Mpa. Berat isi beton yang ingin dicapai yaitu < 1900 kg/m³ (berat beton ringan).

Hasil penelitian beton dengan penambahan 20% *foam agent* belum mencapai nilai kuat tekan yang direncanakan, namun memenuhi berat isi yang dicapai. Nilai kuat tekan rata-rata yang didapatkan pada beton tanpa penambahan 20% *foam agent* umur 7 dan 28 hari secara berurutan adalah 33,78 dan 47,68 Mpa, pada beton dengan tambahan 20% *foam agent* dan variasi *density foam* sebesar 40, 60 dan 80 kg/m³ umur 7 dan 28 hari secara berurutan adalah 9,74 dan 16,12 Mpa; 12,26 dan 15,74 Mpa; serta 12,33 dan 15,51 Mpa. Hasil berat isi rata-rata yang didapatkan pada beton tanpa penambahan 20% *foam agent* umur 7 dan 28 hari secara berurutan adalah 2330 dan 2339 kg/m³, pada beton dengan tambahan 20% *foam agent* dan variasi *density foam* sebesar 40, 60 dan 80 kg/m³ umur 7 dan 28 hari secara berurutan adalah 1833 dan 1803 kg/m³; 1871 dan 1814 kg/m³; serta 1866 dan 1808 kg/m³. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dan berat isi, maka beton yang dihasilkan termasuk dalam kategori beton ringan struktural ringan (SNI 03-3449-2002) dan beton ringan non-struktural (SNI 2847-2013).

Kata kunci: Beton Normal, *Foam Agent*, Variasi Density, Berat Isi, Kuat Tekan.

Abstract

As the years go by, the population growth is increasing. This has increased the need for community facilities and infrastructure, especially construction development. The construction of the structure that is widely used is concrete, but concrete turns out to have a weakness, namely the density is quite high and is not environmentally friendly because the main constituent of concrete is material from nature. For this reason, concrete technological innovations need to be developed, one of which is the manufacture of lightweight concrete using a foaming agent that can expand the volume of concrete, thus making the concrete weight lighter and more economical, and environmentally friendly because it reduces the use of construction materials used.

This study uses an additional foam 20% density foam agent of 40, 60, and 80 kg/m³. The specimens consisted of 32 cylinders with a diameter of 15 cm and a height of 30 cm, where for each variation of density foam there were 4 specimens. The tests carried out in this study were compressive strength testing at the age of 7 and 28 days of concrete. Planning of concrete mix using SK SNI T-15-1990-03 method with a planned concrete quality of 25 MPa. The weight of the concrete to be achieved is < 1900 kg/m³ (weight of lightweight concrete).

The results of concrete research with the addition of 20% foam agent have not reached the planned compressive strength value but meet the achieved density. The average compressive strength values obtained in concrete without the addition of 20% foam agent aged 7 and 28 days respectively were 33.78 and 47.68 MPa, in concrete with the addition of 20% foam agent variations. density foam of 40, 60, and 80 kg/m³ aged 7 and 28 days, respectively, was 9.74 and 16.12 Mpa; 12.26 and 15.74 MPa; and 12.33 and 15.51 MPa. The average density results obtained in concrete without the addition of 20% foam agent aged 7 and 28 days, respectively, were 2330 and 2339 kg/m³, in concrete with an additional 20% foam agent variations. density foam of 40, 60 and 80 kg/m³ aged 7 and 28 days respectively were 1833 and 1803 kg/m³; 1871 and 1814 kg/m³; and 1866 and 1808 kg/m³. Based on the test results of compressive strength and bulk density, the resulting concrete is included in the category of lightweight structural lightweight concrete (SNI 03-3449-2002) and non-structural lightweight concrete (SNI 2847-2013).

Keywords: Normal Concrete, Foam Agent, Density Variation, Bulk Density, Compressive Strength.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam pembangunan konstruksi struktur bangunan modern saat ini, salah satu bahan utama yang banyak dipergunakan yaitu beton. Namun beton ternyata memiliki kelemahan yaitu berat jenisnya cukup tinggi sehingga beban mati pada suatu struktur menjadi besar. Untuk itu, inovasi teknologi beton perlu dilakukan guna memperbaiki kelemahan beton dan meningkatkan standar mutu yang dihasilkan. Teknologi dan inovasi yang telah dikembangkan yaitu pembuatan beton ringan

Beton ringan pada saat ini sedang mengalami perkembangan yang pesat. Banyak penelitian yang terus mengembangkan teknologi beton ringan namun tidak banyak yang berhasil untuk

mendapatkan kuat tekan berfungsi struktural dan mendekati kuat tekan beton normal. Penggunaan beton ringan pada konstruksi bangunan bertingkat dapat mengurangi berat bangunan sendiri dan berdampak kepada dimensi struktur.

Pada penelitian ini, digunakan *foam agent* sebagai bahan tambah pada campuran beton normal. Penggunaan *foam agent* ini diharapkan mampu membuat rongga pada beton normal saat dicampurkan, sehingga volume beton dapat mengembang dan memperingan beratnya. Penelitian ini jika dapat dikembangkan lebih lanjut, maka dapat diproduksi masal serta mudah untuk didapatkan. Adapun penambahan *foam* yang akan diteliti pada tiap campuran yaitu 20%, dari volume beton dengan variasi *density* (kepadatan) *foam* sebesar 40, 60 dan 80 kg/m³.

Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan 20% *foam agent* dengan variasi *density foam* 40, 60 dan 80 kg/m³ terhadap nilai kuat tekan, dan berat isi beton pada umur 7 dan 28 hari.
2. Untuk mengetahui *density foam* yang menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi dan berat isi paling ringan dari penambahan 20% *foam agent* dengan variasi *density foam* 40, 60 dan 80 kg/m³ terhadap kuat tekan dan berat isi beton pada umur 28 hari.
3. Untuk mengetahui kelayakan beton dengan hasil kuat tekan dan berat isi dari penambahan 20% *foam agent* dengan variasi *density foam* 40, 60 dan 80 kg/m³ dengan menggunakan agregat kasar Palu dan pasir Mahakam sebagai material penyusun beton.

LANDASAN TEORI

Beton

Menurut SNI 03-2847 (2002), beton adalah suatu campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Tetapi definisi dari beton kini sudah semakin luas, di mana beton adalah bahan yang terbuat dari berbagai macam tipe semen, agregat dan juga bahan pozzolan, abu terbang, terak dapur tinggi, sulfur, serat dan lain sebagainya.

Beton Normal

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200 - 2500) kg/m³ menggunakan agregat alam yang pecah atau beton yang mengandung hanya agregat yang memenuhi ASTM C33M. Dalam segi teknis pekerjaan beton, terdapat 2 jenis beton yang dapat diketahui dalam suatu bangunan, yakni Beton struktural dan Beton Non Struktural.

Beton non-struktural ialah beton normal yang tanpa menggunakan tulangan ataupun perkuatan lainnya termasuk tidak menggunakan bahan tambah, baik sebagai bahan tambah mineral maupun mineral. Kekuatan tekan beton ini kurang 17,5 MPa pada umur 28 hari. Sedangkan beton normal struktural biasanya akan menghasilkan kuat tekan beton berkisar 17,5 - 41 Mpa. Seiring dengan peningkatan kekuatan tekan beton normal meningkat termasuk kinerja dari beton tersebut juga akan meningkat, di antaranya adalah: durabilitas, modulus elastisitas, permeabilitas,

rangkak, dan daya tahan terhadap panas dan korosi (SNI 2847-2013).

Beton Ringan

Menurut SNI 03-2847-2002, menyatakan bahwa beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat satuan dengan kepadatan < 1900 kg/m³.

Menurut Tjokrodimuljo (2007), pembuatan beton ringan dapat dilakukan dengan cara :

1. Membuat gelembung-gelembung gas udara dalam adukan semen. Dengan demikian maka akan muncul banyak pori-pori udara di dalam betonnya. Bahan tambahan khusus (pembentuk gelembung udara dalam beton) ditambahkan ke dalam semen maka akan terbentuk gelembung udara.
2. Dengan menggunakan agregat ringan, misalnya tanah liat bakar dan batu apung. Dengan demikian, maka beton yang terbentuk akan lebih ringan daripada beton normal.
3. Pembuatan beton tidak dengan butir-butir agregat halus, atau dengan sebutan lain beton ini yaitu “beton non-pasir” yang hanya dibuat dari semen dan agregat kasar saja (dengan butir maksimum agregat kasar sebesar 20 mm atau 10 mm). Beton ini memiliki pori-pori yang hanya berisi udara (yang semula terisi oleh butir-butir agregat halus).

Beton ringan struktural adalah bahan bangunan serbaguna. Karena umumnya 20% hingga 40% lebih ringan dari dak yang terbuat dari beton normal, beban mati struktur dapat dikurangi, biaya konstruksinya dapat diturunkan, serta beton dan tulangan yang dibutuhkan akan berkurang. Menurut SK SNI 03-3449-2002 jenis beton ringan struktural seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Jenis Beton Ringan Struktural

Konstruksi Bangunan	Beton Ringan		Jenis Agregat Ringan
	Kuat tekan (Mpa)	Berat Isi (Kg/m ³)	

Struktural Minimum	17,24	1400	Agregat yang dibuat melalui proses pemanasan dari batu Serpih, lempung, batu sabak, terak besi atau terak abu terbang
Maksimum	41,3	1850	
Struktur Ringan Minimum	6,89	800	Agregat ringan alam scoria atau batu apung
Maksimum	17,4	1400	
Struktur Sangat Ringan Sebagai Isolasi			Perlit atau vermikulit
Minimum	-	-	
Maksimum	-	800	

Beton ringan non-struktural lebih banyak digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang tidak menahan beban langsung seperti untuk dinding atau untuk estetika. Beberapa produk paten seperti misalnya untuk bata beton adalah merupakan beton aerasi dengan berat yang sangat ringan, saat ini dengan mudah ditemukan di pasaran.

Semen Portland

Semen adalah bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air (Farhan, 2015). Fungsi utama semen ialah mengikat butiran agregat sehingga membentuk suatu massa padat serta mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Semen *portland* didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat (Mulyono, 2004).

Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengganti dalam campuran beton. Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Komposisi agregat tersebut berkisar 60% - 70% dari berat campuran beton (Nugraha dan Antoni, 2007).

Agregat kasar ialah agregat yang berukuran lebih besar dari 5 mm, sedangkan agregat halus atau pasir merupakan agregat yang semua butirnya menembus ayakan berlubang 4,8 mm atau 4,75 mm atau 5 mm (Mulyono, 2005).

Air

Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan serta sebagai pelicin antara campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan dengan tetap menjaga *workability*.

Foam Agent

Foaming agent merupakan suatu bahan tambah yang digunakan sebagai pembentuk beton ringan dengan mencampurkannya pada adukan beton (Surya, 2016).

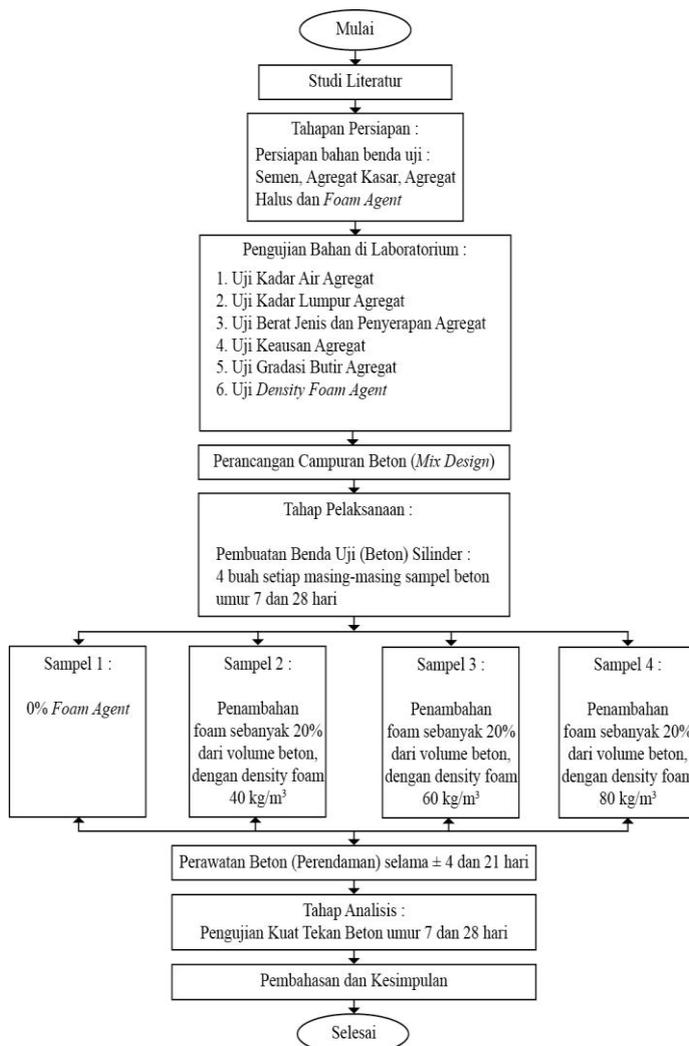
Foaming agent ialah suatu larutan pekat dari bahan sulfaktan, di mana jika hendak digunakan harus dilarutkan dengan air. Dengan membuat gelembung-gelembung gas/udara dalam adukan semen, akan terjadi banyak pori-pori udara didalam beton (Arita, Alex Kuniawandy dan Hendra Taufik, 2017).

Foam agent yang digunakan dalam penelitian ini memiliki merk dagang "AKS", yang diproduksi oleh CV. *Additive Teknik Beton*. Adapun cara penggunaan *foam agent* AKS yakni 1 liter AKS *foam agent* dapat dicampur dengan air bersih sebanyak 40-80 liter. Untuk mempercepat pengeringan dan pengerasan dapat ditambah AKS *Additive Foam Concrete* sebanyak 0,5% - 1,5%.

METODOLOGI PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Adapun diagram alur penelitian yang telah dilakukan yakni :



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu eksperimen terhadap beberapa benda uji dari berbagai klasifikasi yang diuji di laboratorium. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh dari penambahan 20% *foam agent* dan variasi densitas (kepadatan) *foam agent* terhadap kuat tekan dan berat dari beton normal. Untuk pembuatan dan pengujian beton *foam* ini dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Sipil Fakultas Teknik Universitas Mulawaraman.

Adapun bahan-bahan penyusun beton dalam penelitian ini yaitu :

1. Semen yang digunakan yaitu semen bermerk Tonasa dengan kemasan 50 kg per sak.

Semen ini memiliki jenis *portland* dengan mutu tipe 1 yang bersifat hidrolik.

2. Agregat Halus yang digunakan berasal dari pasir sungai Mahakam.
3. Agregat Kasar yang digunakan berjenis split dengan ukuran butir maksimum 10 mm dan berasal dari daerah Palu.
4. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Rekayasa Sipil Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.
5. *Foam agent* yang digunakan berjenis protein hewani dengan merk dagang AKS *Foam agent*. Skala campuran air : *foam* sebesar 40 : 1 sampai mendapatkan densitas yang direncanakan.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Alat pengujian kadar air, lumpur, gradasi butiran, berat jenis, penyerapan agregat halus dan kasar serta keausan untuk agregat kasar; Bor tangan untuk pembuatan busa *foam*; *Concrete mixer* serta alat pembantu lain seperti cetok, palu dan talem untuk proses pencampuran pembuatan beton; Cetakan silinder 15 cm x 30 cm; Alat *Slump Test* dan Timbangan.

Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan benda uji dengan 4 variasi campuran beton dengan sampel uji berbentuk silinder 15 cm x 30 cm. Tiap variasi benda uji dibedakan berdasarkan perbedaan *density foam* yang digunakan, dengan penambahan *foam* sebanyak 20%, adapun penjabarannya sebagai berikut:

1. Pembuatan sampel beton normal (0% *foam agent* atau sesuai rancangan (SNI T-15-1990-03) terdiri dari 4 buah benda uji untuk masing-masing umur perawatan 7 dan 28 hari.
2. Pembuatan sampel beton normal dengan penambahan 20% *foam agent* dan *density foam* yang direncanakan sebesar 40 kg/m³ terdiri dari 4 buah benda uji untuk masing-masing umur perawatan 7 dan 28 hari.
3. Pembuatan sampel beton normal dengan penambahan 20% *foam agent* dan *density foam* yang direncanakan sebesar 60 kg/m³ terdiri dari 4 buah benda uji untuk masing-masing umur perawatan 7 dan 28 hari.
4. Pembuatan sampel beton normal dengan penambahan 20% *foam agent* dan *density foam* yang direncanakan sebesar 80 kg/m³ terdiri dari 4 buah benda uji untuk masing-masing umur perawatan 7 dan 28 hari.

Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan merendam benda uji dalam bak perendaman selama ± 4 dan 21 hari. Beton normal tanpa tambahan *foam agent* dan dengan tambahan 20% *foam agent*, sebelum dimasukkan kedalam bak perendaman perlu dianginkan selama 24 jam (1 hari) kemudian direndam kedalam bak perendaman untuk dilakukan pengujian beton 7 dan 28 hari terhitung dari hari pembuatan beton.

Pengujian Benda Uji

Pengujian beton normal tanpa dan dengan penambahan 20% *foam agent* yaitu hanya menguji kuat tekan dan berat isi saja. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat *compressive strength* sedangkan untuk menguji berat isi hanya menggunakan timbangan digital dengan jumlah benda uji 4 buah untuk masing-masing variasi dan umur beton.

HASIL DAN ANALISIS

Hasil dan Analisis Agregat Kasar

Adapun hasil yang diperoleh dari pengujian agregat kasar secara keseluruhan adalah sebagai berikut.

Tabel 2 Hasil Pengujian Agregat Kasar Palu

Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Aturan
Kadar air	1,46 %	-	-
Kadar Lumpur	4,22 %	< 1 %	SNI 04-1989-F
Berat Jenis	2,53	2,5 – 2,7	SNI 03-1970-2008
Penyerapan	1,54 %	< 3%	SNI 03-1970-2008
Gradasi Agregat	12,5 mm	-	<i>British Standard</i>
Modulus Kehalusan Butir (MHB)	6,28	6 – 7,10	SNI 04-1989-F
Keausan	15 %	< 27 %	SNI 04-1989-F

Dari hasil diatas, dapat diketahui jika seluruh hasil pengujian yang telah dilakukan rata-rata telah memenuhi syarat yang didapatkan, namun untuk hasil kadar lumpur masih cukup tinggi dari yang disyaratkan, sehingga saat hendak

digunakan harus dicuci terlebih dahulu. Secara keseluruhan, agregat kasar Palu ini dapat memenuhi syarat mutu penggunaan material campuran beton.

Hasil dan Analisis Agregat Halus

Adapun hasil yang diperoleh dari pengujian agregat halus secara keseluruhan adalah sebagai berikut.

Tabel 3 Hasil Pengujian Agregat Halus Mahakam

Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Aturan
Kadar air	10,31 %	-	-
Kadar Lumpur	1,97 %	5 %	SNI 04-1989-F
Berat Jenis	2,51	2,5 – 2,7	SNI 03-1969-2008
Penyerapan	1,45 %	< 3%	SNI 03-1969-2008
Gradasi Agregat	Zona IV	-	<i>British Standard</i>
Modulus Kehalusan Butir (MHB)	2,46	1,5 – 3,8	SNI 04-1989-F

Dari hasil diatas, dapat diketahui jika seluruh hasil pengujian yang telah dilakukan rata-rata telah memenuhi syarat yang didapatkan. Sehingga secara keseluruhan, agregat halus mahakam ini dapat memenuhi syarat mutu penggunaan material campuran beton.

Hasil Pengujian Foam Agent

Adapun hasil pengujian foam agent yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

Tabel 4 Hasil Pengujian Density Foam Agent

Kategori Density Foam	Density foam yang dihasilkan (Kg/m ³)	Karakteristik yang dihasilkan
40 kg/m ³	sampel 1 : 45 sampel 2 : 45,6	Memiliki volume yang paling mengembang sebanyak 36 kali lipat, berat isi lebih ringan, dan gelembung seragam.
60 kg/m ³	sampel 1 : 62,6 sampel 2 : 64,6	Memiliki volume yang mengembang hanya sebanyak 24 kali lipat, berat isi

		lebih berat serta agak cair dari density 40 dan gelembung seragam
80 kg/m ³	sampel 1 : 80 sampel 2 : 85,8	Memiliki volume yang mengembang hanya sebanyak 12 kali lipat, berat isi lebih berat serta lebih cair dari density lainnya dan gelembung tidak seragam

Perencanaan Mix Design

Adapun hasil perhitungan dan perencanaan *mix design* dengan metode SK SNI T-15-1990-03 adalah sebagai berikut.

1. Kuat tekan yang direncanakan = 25 Mpa
2. Nilai tambah (Margin) = 12 Mpa
3. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan = 37 Mpa
4. Faktor Air Semen = 0,4
5. Slump = 30 – 60 mm
6. Proporsi agregat kasar = 70%
7. Proporsi agregat halus = 30%
8. Proporsi campuran beton (1m³):
 - Semen = 533,33 Kg
 - Air = 213,33 Kg
 - Agregat kasar = 1069,84 Kg

- Agregat halus = 458,5 Kg
9. Proporsi campuran beton normal (1 silinder):
 - Semen = 3,39 Kg
 - Air = 1,36 Kg
 - Agregat kasar = 6,80 Kg
 - Agregat halus = 3,17 Kg
 10. Proporsi campuran beton foam (1 silinder):
 - Semen = 2,83 Kg
 - Air = 1,13 Kg
 - Agregat kasar = 5,67 Kg
 - Agregat halus = 2,65 Kg
 - Additive Foam (1% dari semen) = 28,3 gram
 11. Foam Agent 1 silinder:
 - Density 40 kg/m³ = 95,4 gram = 96,7 gram
 - Density 60 kg/m³ = 132,7 gram = 136,9 gram
 - Density 80 kg/m³ = 169,6 gram = 181,9 gram

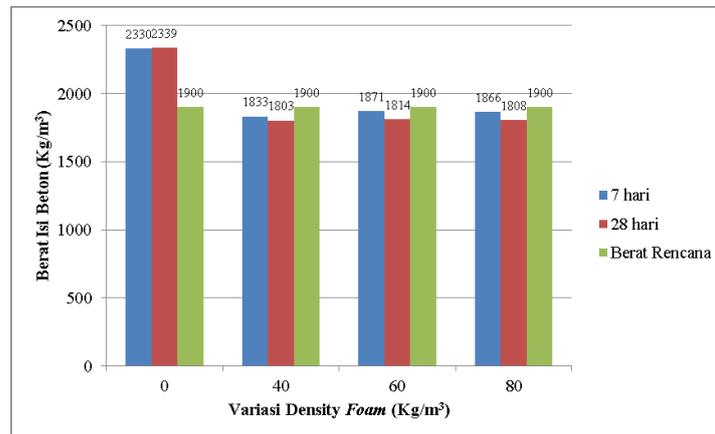
Pengujian Berat Isi dan Kuat Tekan Beton

Pengujian berat isi dan kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 dan 28 hari. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil pengujian berat isi beton umur 7 dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini:

Tabel 5 Hasil Pengujian Berat Isi Beton umur 7 dan 28 Hari

Penambahan foam	Variasi Density Foam	Umur Beton	Volume Silinder (m ³)	Berat Benda Uji (Kg)	Berat Isi (Kg/m ³)	Berat Isi Rata-rata (Kg/m ³)	Berat Isi Rencana (Kg/m ³)
0 %	0 kg/m ³	7 hari	0,0053	12,34	2328,85	2330	1900
			0,0053	12,24	2309,98		
			0,0053	12,46	2351,50		
			0,0053	12,34	2328,85		
		28 hari	0,0053	12,48	2355,27		
			0,0053	12,32	2325,08		
			0,0053	12,54	2366,60		
			0,0053	12,24	2309,98		
20 %	40 kg/m ³	7 hari	0,0053	9,64	1819,30	1833	1900
			0,0053	9,74	1838,17		
			0,0053	9,88	1864,59		
			0,0053	9,58	1807,97		
		28 hari	0,0053	9,68	1826,85		
			0,0053	9,6	1811,75		
			0,0053	9,46	1785,33		
			0,0053	9,48	1789,10		
20 %	60 kg/m ³	7 hari	0,0053	9,9	1868,37	1871	1900

			0,0053	9,88	1864,59	1814	1900
			0,0053	9,92	1872,14		
			0,0053	9,96	1879,69		
		28 hari	0,0053	9,56	1804,20		
		0,0053	9,94	1875,91			
		0,0053	9,62	1815,52			
		0,0053	9,32	1758,91			
20 %	80 kg/m ³	7 hari	0,0053	10	1887,24	1866	1900
			0,0053	9,74	1838,17		
			0,0053	9,96	1879,69		
			0,0053	9,86	1860,82		
		28 hari	0,0053	9,54	1800,42	1808	1900
			0,0053	9,62	1815,52		
			0,0053	9,62	1815,52		
			0,0053	9,54	1800,42		



Gambar 2 Grafik Hasil Pengujian Berat Isi Beton Umur 7 dan 28 Hari

Berdasarkan Tabel 5, hasil berat isi beton yang telah didapatkan, dapat dinyatakan bahwa penambahan *foam* sebesar 20% dengan variasi densitas *foam*, memiliki pengaruh terhadap berat isi beton yang dihasilkan. Hasil berat isi beton *foam agent* yang dihasilkan rata-rata semuanya masuk kedalam kategori berat isi rencana yaitu < 1900 kg/m³ (berat beton ringan menurut SNI 03-2847-2002, Mulyono (2004) dan Tjokrodinuljo (2007)). Hal ini dikarenakan *foam* yang dimasukkan kedalam campuran beton akan menghasilkan rongga atau pori-pori didalam beton yang dihasilkan. Sedangkan pada beton normal, tidak ditemukan pori-pori didalamnya dan berat yang dihasilkan tidak masuk kedalam kategori berat beton ringan tetapi masuk dalam kategori berat beton normal.

Dari Gambar 2, grafik hasil berat isi beton yang dihasilkan, dapat diketahui berat isi beton yang

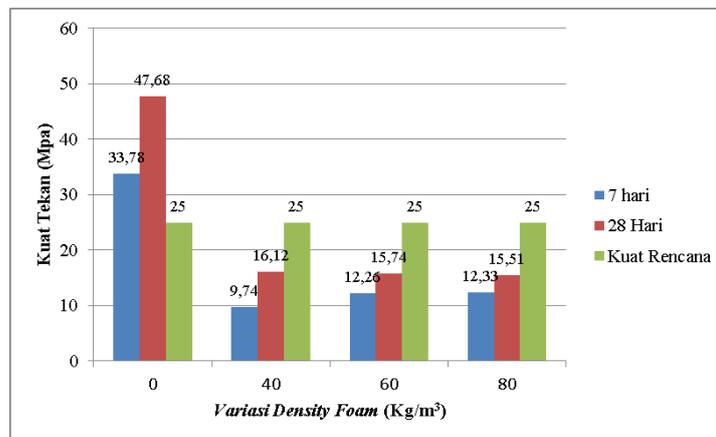
paling berat yaitu pada beton tanpa penambahan *foam agent* (penambahan 0% *foam*) yang termasuk dalam kategori beton normal. Karena pada beton normal, beton yang dihasilkan tidak menghasilkan pori-pori serta rongga didalamnya, sehingga berat beton tidak ringan beton yang dihasilkan dengan tambahan *foam agent*.

Sedangkan berat isi yang dihasilkan paling ringan untuk beton umur 7 dan 28 hari yaitu pada penambahan *density foam* sebesar 40 kg/m³, urutan kedua yaitu *density foam* 80 kg/m³ dan terakhir 60 kg/m³. Hal ini dikarenakan pada *foam* dengan *density* 40 kg/m³ memiliki berat paling ringan, memiliki tekstur yang paling padat dan minim air dibandingkan dengan *density* lainnya.

Hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 dan 28 hari pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 dan 28 Hari

Penambahan foam	Variasi Density Foam	Umur Beton	Faktor Koreksi Bentuk	Luas Permukaan (cm ²)	Kuat Tekan (KN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)	Kuat Tekan Rencana (Mpa)
0 %	0 kg/m ³	7 hari	0,83	176,625	543	37,05	33,78	25
			0,83	176,625	468	31,93		
			0,83	176,625	482	32,89		
			0,83	176,625	487	33,23		
		28 hari	0,83	176,625	664	45,31	47,68	
			0,83	176,625	698	47,63		
			0,83	176,625	686	46,81		
			0,83	176,625	747	50,97		
20 %	40 kg/m ³	7 hari	0,83	176,625	144	9,83	9,74	25
			0,83	176,625	137	9,35		
			0,83	176,625	141	9,62		
			0,83	176,625	149	10,17		
		28 hari	0,83	176,625	282	19,24	16,12	
			0,83	176,625	210	14,33		
			0,83	176,625	219	14,94		
			0,83	176,625	234	15,97		
20 %	60 kg/m ³	7 hari	0,83	176,625	168	11,46	12,26	25
			0,83	176,625	170	11,60		
			0,83	176,625	179	12,21		
			0,83	176,625	190	12,96		
		28 hari	0,83	176,625	225	15,35	15,74	
			0,83	176,625	236	16,10		
			0,83	176,625	239	16,31		
			0,83	176,625	217	14,81		
20 %	80 kg/m ³	7 hari	0,83	176,625	195	13,31	12,33	25
			0,83	176,625	160	10,92		
			0,83	176,625	202	13,78		
			0,83	176,625	166	11,33		
		28 hari	0,83	176,625	234	15,97	15,51	
			0,83	176,625	217	14,81		
			0,83	176,625	233	15,90		
			0,83	176,625	225	15,35		



Gambar 3 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 dan 28 Hari

Dari Tabel 6 dan Gambar 3 hasil kuat tekan beton umur 7 dan 28 hari yang dihasilkan, dapat dinyatakan jika penambahan 20% foam agent dengan variasi *density* yang berbeda dapat mempengaruhi hasil kuat tekan yang dihasilkan. Hasil kuat tekan tertinggi terjadi pada beton tanpa tambahan foam agent, dan untuk beton dengan tambahan 20% foam agent kuat tekan yang dihasilkan pada umur 28 hari semuanya tidak mampu mencapai kuat tekan rencana yaitu 25 Mpa. Untuk hasil kuat tekan tertinggi pada kategori beton dengan tambahan 20% *foam agent* umur 28 hari terjadi pada variasi *density foam* 40 kg/m³. Untuk hasil kuat tekan beton *foam* dengan *density* 40, 60 dan 80 kg/m³ umur 7 dan 28 hari masih masuk kedalam kategori penggunaan beton ringan non struktur (menurut SNI 2847-2013, dengan batas kuat tekan < 17,5 Mpa) atau struktural ringan (menurut SNI 03-3449-2002 dengan batas minimum kuat tekan sebesar 6,89 – 17,24 Mpa).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Adapun pengaruh penambahan 20% *foam agent* dengan variasi kepadatan (*density*) sebesar 40, 60 dan 80 kg/m³ dalam campuran beton normal yaitu dapat mengurangi kuat tekan dan berat isi beton yang dihasilkan. Kuat tekan rencana (25 Mpa) tidak dapat dicapai pada beton dengan penambahan 20% *foam agent*, namun berat isi rencana beton (< 1900 kg/m³) dapat dicapai.
2. Hasil kuat tekan tertinggi dan berat isi yang paling ringan pada umur beton 28 hari terjadi pada beton dengan penambahan 20% *foam agent* adalah variasi *density foam* sebesar 40 kg/m³ yang memiliki kuat tekan sebesar 16,12 Mpa dan berat isi sebesar 1803 kg/m³. Kenaikan kuat tekan beton *foam* variasi *density* 40 kg/m³ pada umur 7 hingga 28 hari sebesar 6,38 Mpa.
3. Dari hasil kuat tekan dan berat isi yang dihasilkan beton dengan penambahan 20% *foam* dan variasi *density foam* sebesar 40, 60 dan 80 kg/m³ masuk kedalam kategori penggunaan beton ringan non-struktural menurut SNI 2847-2013 dan masuk kategori struktur ringan menurut SNI 03-3449-2002.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arita, Deri., Alex Kurniawandy dan Hendra Taufik. 2017. *Tinjauan Kuat Tekan Bata Ringan Menggunakan Bahan Tambah Foaming Agent*. Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau. Jom FTEKNIK Volume 4 No.1 Februari 2017.
2. Badan Standar Nasional. 1990. *SK. SNI T-15-1990-03, Metode Perancangan Campuran Beton*. Departemen Pekerjaan Umum : Jakarta.
3. Badan Standar Nasional. 2002. SNI 03-3449, 2002. *Tata Cara Rencana Pembuatan Beton Ringan dengan Agregat Ringan*. Departemen Pekerjaan Umum : Jakarta.
4. Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 03-2847-2002. *Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum : Jakarta.
5. Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 2847-2013, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan Umum : Jakarta.
6. Mulyono, Tri. 2004 dan 2005. *Teknologi Beton*. Andi Offset : Yogyakarta.
7. Nugraha Paul dan Antoni. 2004. *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Andi Offset : Yogyakarta.
8. Surya, Halim Darmawan. 2016. *Pengaruh Foaming Agent ADT Terhadap Kuat Tekan, Modulus Elastisitas, Dan Penyerapan Air Pada Beton Dengan Bahan Tambah Silica Fume*. Skripsi. Program studi teknik sipil. Universitas atma jaya : Yogyakarta.
9. Tjokrodinuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.