

## PENGARUH *W/B* DAN *FLY ASH* TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK DAN MEKANIK *AERATED CONCRETE*

Rosidawani<sup>1\*</sup>, Hanafiah<sup>1</sup>, K.M. Aminuddin<sup>1</sup> dan B.F. Said<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya, Palembang

*Corresponding author*: rosidawani@ft.unsri.ac.id

**ABSTRAK:** Salah satu inovasi material beton saat ini adalah *lightweight concrete* atau beton ringan dengan berat jenis (*density*) yang berkisar antara 300-1800 kg/m<sup>3</sup> atau lebih rendah dibandingkan dengan beton normal. *Aerated concrete* adalah salah satu jenis beton ringan yang menggunakan bahan *aluminium powder* sebagai bahan tambahan yang dapat bereaksi dengan pasta semen sehingga menghasilkan gelembung udara pada campurannya. Pembentukan gelembung udara ini menyebabkan volume beton bertambah sehingga mampu menurunkan berat jenis beton. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan komposisi *aerated concrete* yang memenuhi syarat sebagai beton ringan yang dapat digunakan untuk elemen struktur, yaitu yang memiliki kuat tekan diatas 17 MPa. Makalah ini membahas tentang penelitian *aerated concrete* dengan komposisi bahan yang terdiri dari semen, pasir, air, *aluminium powder*, *fly ash*, dan *superplasticizer*. Variabel dalam penelitian ini menggunakan variasi persentase *fly ash* sebesar 0%, 15%, dan 20%, serta variasi *Water/Binder* (*W/B*) dengan nilai 0,3, 0,4, dan 0,5 dan persentase *aluminium powder* sebesar 0,2%. Spesimen *aerated concrete* dirawat dengan metode perendaman dalam air, sejak dicetak hingga 1 hari sebelum pengujian kuat tekan pada umur 7, 28, dan 56 hari dilakukan. Pengujian lain yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian beton segar berupa *slump flow*, pengujian penyerapan air dan berat jenis. Hasil pengujian beton pada umur 28 hari menghasilkan nilai kuat tekan optimum sebesar 24,6 MPa pada variasi *W/B* 0,3 dengan *fly ash* 15% dengan berat jenis sebesar 1732 kg/m<sup>3</sup>. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *aerated concrete* dengan kriteria tersebut memenuhi syarat sebagai material struktural dengan berat jenis yang sesuai dengan spesifikasi beton ringan.

**Kata Kunci:** *aerated concrete*, *fly ash*, rasio air binder, kuat tekan, berat jenis

**ABSTRACT:** One of the current innovations in concrete materials is *lightweight concrete* with a density ranging from 300-1800 kg/m<sup>3</sup> or lower than normal concrete. *Aerated concrete* is a type of *lightweight concrete* that uses *aluminum powder* as an additional material that can react with cement paste to produce air bubbles in the mixture. The formation of these air bubbles causes increasing of volume of the concrete thereby it can reduce the density of the concrete. This study aims to obtain a composition of *aerated concrete* that qualifies as *lightweight concrete* that can be used for structural elements, namely those with compressive strength above 17 MPa. This paper discusses research on *aerated concrete* with a composition of materials consisting of cement, sand, water, *aluminum powder*, *fly ash*, and *superplasticizer*. The variables in this study used variations in the percentage of *fly ash* of 0%, 15%, and 20%, as well as variations of *Water / Binder* (*W / B*) with a value of 0.3, 0.4, and 0.5 and a percentage of *aluminum powder* of 0.2%. *Aerated concrete* specimens were treated by immersion in water, since casting until 1 day before the compressive strength test at 7, 28, and 56 days was carried out. Other tests carried out in this study were fresh concrete testing in the form of *slump flow*, water absorption testing and specific gravity. The results of concrete testing at the age of 28 days produce an optimum compressive strength value of 24.6 MPa at *W / B* variation of 0.3 with 15% *fly ash* with a specific gravity of 1732 kg / m<sup>3</sup>. The test results show that *aerated concrete* with these criteria qualifies as a structural material with a specific gravity in accordance with *lightweight concrete* specifications

**Keywords:** *aerated concrete*, water binder ratio, *fly ash*, compressive, *lightweight*

### PENDAHULUAN

Beton termasuk sebagai material yang paling banyak digunakan pada konstruksi infrastruktur. Salah satu

inovasi beton saat ini yaitu *light-weight concrete* atau beton ringan. Beton ringan merupakan jenis material beton yang memiliki densitas (berat sendiri) yang lebih ringan daripada beton biasa. Biasanya *light-weight concrete* memiliki berat jenis berkisar antara 300-1800

kg/m<sup>3</sup> dan memiliki kuat tekan antara 7-14 MPa (Neville, 2010). Sifat fisik berupa densitas yang ringan membedakannya dari beton biasa ini akan menguntungkan bila beton jenis ini digunakan baik sebagai material non struktur maupun material struktur pada bangunan. Pengaruh densitas yang rendah dari elemen non struktur dan struktur yang menggunakan jenis material ini akan menghasilkan beban mati bangunan berkurang sehingga mampu memperkecil ukuran pondasi bangunan, dan dapat menekan biaya pelaksanaan yang meliputi tukang, mobilisasi dan material. Salah satu jenis beton ringan adalah *aerated concrete*.

Menurut Hamad (2014), *aerated concrete* terbagi menjadi dua jenis berdasarkan metode pembuatannya, yaitu *foam concrete* dan *aerated concrete*. *Foam concrete* dibuat dengan metode *pre-formed foam* menggunakan *foaming agent* sintesis, sedangkan *aerated concrete* dibuat dengan menambahkan bubuk aluminium (*aluminium powder*) ke dalam campuran beton. Aluminium powder pada campuran *Aerated concrete* berfungsi membuat rongga udara yang terdistribusi merata dengan ukuran yang konsisten sama di dalam campuran beton dimana. Hal ini dikarenakan *aluminium powder* bereaksi dengan Ca(OH)<sub>2</sub> saat proses hidrasi semen untuk menghasilkan gas hidrogen yang membuat pori yang besar pada struktur beton (Van, dkk., 2019). Pori-pori yang dihasilkan pada campuran *aerated concrete* ini menyebabkan kepadatan beton berkurang sehingga sifat mekanik utama beton berupa kuat tekan relatif rendah.

Penggunaan jenis *aerated concrete* secara luas sudah digunakan dalam aplikasi untuk material non struktur, misalnya dinding (Risdanareni, dkk, 2017, Moon, A.S., dkk, 2015). Jenis beton ringan ini sudah berfungsi sesuai sifat fisik yang dihasilkannya yaitu kekuatan yang rendah dan sifat mekaniknya yaitu kekuatan tekan yang juga rendah. Sifat mekanik, yaitu kekuatan tekan *aerated concrete* yang rendah diakibatkan oleh sifat fisik *aerated concrete* yang kurang padat dan juga sesuai dengan fungsinya untuk material non struktur yang tidak memikul beban.

Sementara itu, material yang digunakan untuk elemen struktur harus memenuhi syarat dari sifat mekaniknya. Berdasarkan SNI 2847-2019 beton yang digunakan untuk elemen struktur harus memiliki kekuatan tekan minimal 17 MPa. Oleh karena itu, dalam pengembangannya, beton ringan jenis *aerated concrete* memberikan tantangan karakteristik berupa densitas yang ringan dengan karakteristik mekanik utama berupa kekuatan tekan yang memenuhi syarat sebagai material untuk elemen struktur. Banyak faktor yang mempengaruhi keberhasilan tercapainya karakteristik fisik dan mekanik *aerated concrete* yang ideal tersebut.

Dalam proses pembuatan *aerated concrete* sangat dipengaruhi oleh mekanisme pembuatannya, pemilihan material penyusun, bahan tambahan, bahan pengganti, komposisi campuran untuk menghasilkan material konstruksi yang unggul (Hilal, A.A., dkk, 2015, Ismail, K., dkk, 2004, Reddy, K.C., dkk, 2017). Pada pembuatan

beton ringan maupun beton konvensional terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik pada beton tersebut, seperti faktor air semen (*water cement ratio* (W/C)), faktor agregat semen, karakteristik material yang digunakan serta ukuran material yang digunakan. Faktor air semen merupakan salah satu faktor yang penting, karena jika perbandingan air dengan semennya cukup tinggi, maka tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton akan tinggi, tetapi kuat tekan beton akan menurun (Reddy, K.C., dkk., 2017). Rasio yang optimal diperlukan untuk menghasilkan *aerated concrete* dengan kuat tekan dan berat jenis yang memenuhi persyaratan.

*Aerated concrete* mempunyai sifat mekanik tersendiri, yaitu rendahnya berat jenis beton akan menurunkan kuat tekan beton tersebut. Untuk mendapatkan kuat tekan dan berat jenis yang sesuai dengan spesifikasi, telah dilakukan beberapa penelitian terdahulu seperti pada penelitian Van dkk. (2019) dan Shabbar, dkk. (2017) yang menggunakan campuran bahan/material lainnya guna meningkatkan kuat tekan beton, tetapi berat jenisnya masih tetap dalam spesifikasi beton ringan. Pada penelitian ini bahan campuran tambahan pengganti semen menggunakan fly ash dengan tujuan berfungsi sebagai *binder* dan berkontribusi untuk meningkatkan kekuatan tekan *aerated concrete*. Oleh karena itu variabel penelitian yang digunakan adalah menggunakan rasio air binder (*water binder ratio* (W/B)). *Binder* yang dimaksud adalah campuran antara semen dan *fly ash*. Makalah ini membahas tentang hasil penelitian eksperimental yang bertujuan untuk untuk mengetahui sifat fisik *aerated concrete* yang meliputi *slump flow* dan berat jenis serta sifat mekaniknya berupa kuat tekan dengan variabel berupa W/B dan bahan tambahan berupa *fly ash*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan *aerated concrete* dengan mutu yang memenuhi syarat sebagai material struktur, memenuhi syarat sebagai jenis beton ringan, serta ramah lingkungan.

## METODE PENELITIAN

### Material dan Peralatan

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) dari PT Semen Baturaja, air, *fly ash* yang berasal dari limbah hasil pembakaran batubara Boiler Pabrik PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang yang lolos saringan 200, pasir kuarsa dengan ukuran butiran berkisar antara 0,6 – 1,18 mm, *aluminium powder* mesh 280 dengan diameter kehalusan 53 µm, dan *superplasticizer* tipe F.

Untuk mendapatkan hasil berupa karakteristik fisik dan mekanik *aerated concrete* ini, specimen yang digunakan adalah kubus dengan ukuran 50x50x50 mm. Pada penelitian ini, peralatan yang digunakan yaitu gelas ukur berkapasitas 100 mL, timbangan digital dengan ketelitian 0,1 berkapasitas 6 kg, *mixer* jenis duduk yang berkapasitas kurang lebih 5 kg, *flow table*, *mould* kubus

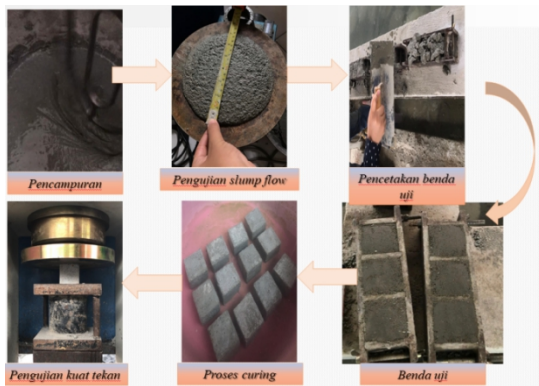
dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm, dan alat pengujian kuat tekan dengan kapasitas beban sebesar 2.000 kN. Peralatan tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Bahan-bahan yang digunakan pada campuran

### Tahapan Eksperimental

Tahapan pelaksanaan eksperimental dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Tahapan pelaksanaan eksperimental

Adapun tahap-tahap yang dilakukan pada penelitian eksperimental ini terdiri dari:

Tahap 1 adalah tahapan penyiapan material dan peralatan. Material yang dipersiapkan adalah semen, fly ash, air, agregat halus, aluminum powder dan superplasticizer. Peralatan yang dipersiapkan adalah gelas ukur, mixer, alat uji slump flow, dan mould. Pada tahap ini dilakukan proses penimbangan material sesuai dengan rencana mix design.

Tahap 2 adalah tahapan pengujian karakteristik agregat halus dan fly ash. Pengujian fly ash dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia. Pemeriksaan karakteristik agregat halus dilakukan berdasarkan standar ASTM C 136 (2014) dan ASTM C 40, 2011 serta pengujian fly ash berdasarkan standar ASTM C618-19. Sedangkan semen yang digunakan sudah memenuhi persyaratan dari ASTM C 150 (2012), dan air

yang digunakan sudah memenuhi persyaratan dari ASTM C 1602 (2006).

Tahap 3 adalah tahap penentuan komposisi campuran aerated concrete. Penentuan mix design aerated concrete ditentukan dari ASTM C1693 – 11, 2017 sebagai acuan yang digunakan untuk menentukan mix desain aerated concrete. Komposisi campuran aerated concrete yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi campuran aerated concrete

Kode benda uji	Semen	Al powder	Fly ash	Agregat halus	Air	SP
	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
N-0-0-0,3	350	0	0	700	105	3.5
N-0-15-0,3	297.5	0	52.5	700	105	2.975
N-0-20-0,3	280	0	70	700	105	2.8
AC-0,2-0-0,3	349.3	0.7	0	700	105	3.493
AC-0,2-15-0,3	296.8	0.7	52.5	700	105	2.968
AC-0,2-20-0,3	279.3	0.7	70	700	105	2.793
N-0-0-0,4	350	0	0	700	140	2.8
N-0-15-0,4	297.5	0	52.5	700	140	2.38
N-0-20-0,4	280	0	70	700	140	2.24
AC-0,2-0-0,4	349.3	0.7	0	700	140	2.7944
AC-0,2-15-0,4	296.8	0.7	52.5	700	140	2.3744
AC-0,2-20-0,4	279.3	0.7	70	700	140	2.2344
N-0-0-0,5	350	0	0	700	175	1.4
N-0-15-0,5	297.5	0	52.5	700	175	1.19
N-0-20-0,5	280	0	70	700	175	1.12
AC-0,2-0-0,5	349.3	0.7	0	700	175	1.3972
AC-0,2-15-0,5	296.8	0.7	52.5	700	175	1.1872
AC-0,2-20-0,5	279.3	0.7	70	700	175	1.1172

Tahap 4 adalah tahap pengecoran benda uji aerated concrete. Benda uji dicetak dalam spesimen kubus ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Setelah semua material selesai ditimbang dan siap digunakan, selanjutnya dilakukan proses pencampuran material.

Metode pencampuran yang digunakan adalah non autoclaved aerated concrete. Pertama-tama, agregat halus dicampur dengan semen menggunakan mixer, lalu masukkan aluminum powder dan aduk selama 30 detik. Terakhir, masukkan air ke dalam campuran. Campuran diaduk selama kurang lebih 2 menit hingga merata, setelah pengadukan selesai dilakukan pengujian beton segar yaitu slump flow test. Pengujian slump flow dilakukan dengan menuang beton segar ke dalam cincin leleh di atas flow table, setelah penuh permukaan campuran dalam cincin leleh tersebut diratakan lalu cincin diangkat dan getarkan alat flow table sebanyak 25 kali dengan tinggi jatuh ½ in. (12,7 mm). Kemudian ukur diameter beton segar untuk mengetahui nilai slump

flow minimal pada empat tempat yang berlainan lalu dirata-ratakan.

Selanjutnya dilakukan pencetakan benda uji ke dalam *mould* kubus 5 cm x 5 cm x 5 cm. Pada fase ini, *aluminum powder* mulai bereaksi terhadap semen dan air. Campuran tersebut akan terus mengembang selama kurang lebih satu jam, oleh karenanya pengisian bahan ke dalam cetakan tidak penuh, diisi sekitar 80 persennya saja. Ketika campuran mengembang, campuran harus diratakan kembali. Kemudian *mould* dibuka setelah 24 jam. Beton yang sudah dilepas dari *mould* dilakukan *curing* dengan metode *water curing*.

Tahap 5 adalah tahap pengujian benda uji. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian karakteristik beton meliputi berat jenis dan penyerapan air berdasarkan ASTM C642 (2013), sedangkan pengujian kuat tekan berdasarkan ASTM C39 (2018). Waktu pengujian benda uji pada umur 7, 28, dan 56 hari, Selanjutnya, tahapan terakhir dilakukan analisa dan pembahasan serta penarikan kesimpulan dari hasil penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

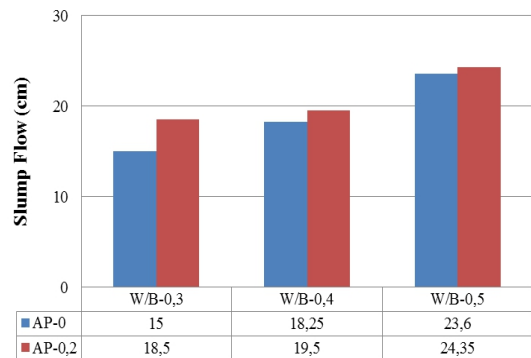
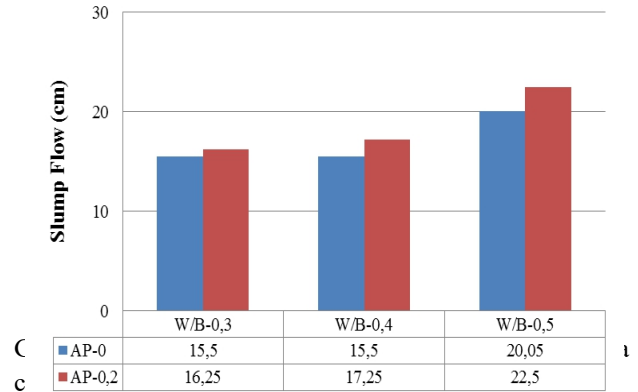
Hasil dan pembahasan berikut meliputi rangkuman hasil penelitian berupa sifat fisik dan mekanik dari *aerated concrete*. Sifat fisiknya ditunjukkan oleh hasil dari pengujian *slump flow*, berat jenis dan persentase penyerapan air sedangkan sifat mekaniknya ditunjukkan oleh hasil dari pengujian kuat tekan *aerated concrete*.

### Hasil Pengujian *Slump Flow*

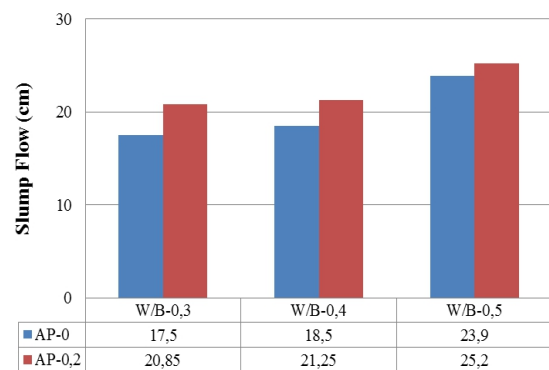
Pengaruh *aluminium powder* yang ditambahkan ke dalam campuran, meningkatkan reaktifitas campuran meningkat sehingga menghasilkan beton yang mengembang. Hal ini juga menyebabkan kecacakannya (*workability*) meningkat. Hal ini dapat dilihat dari nilai perbandingan hasil *slump* pada benda uji yang menggunakan *aluminium powder* dan yang tidak (beton normal). Pengaruh dari penambahan *fly ash* pada campuran juga mampu meningkatkan kecacakannya. Hal ini dapat dilihat pada grafik di gambar 3,4 dan 5 yang menunjukkan bahwa pada pertambahan tiap persentase *fly ash* (15% dan 20%) menghasilkan nilai *slump flow* yang semakin besar. *Fly ash* yang ditambahkan pada campuran beton mampu berfungsi melubrikasi campuran sehingga dapat meningkatkan kemudahan pengerjaan akibat *workabilitasnya* yang meningkat.

Pengaruh dari rasio air *binder* (W/B) terhadap campuran juga mampu meningkatkan kecacakannya Hal ini dapat dilihat pada grafik di gambar 3,4 dan 5 yang menunjukkan bahwa pada peningkatan nilai pertambahan rasio air *binder* (W/B) menghasilkan nilai *slump flow* yang semakin besar. Rasio air *binder* (W/B)

yang meningkat berarti terdapat penambahan jumlah air yang ditambahkan pada campuran beton sehingga menyebabkan campuran lebih mudah dikerjakan dengan nilai *slump flow* yang semakin meningkat.



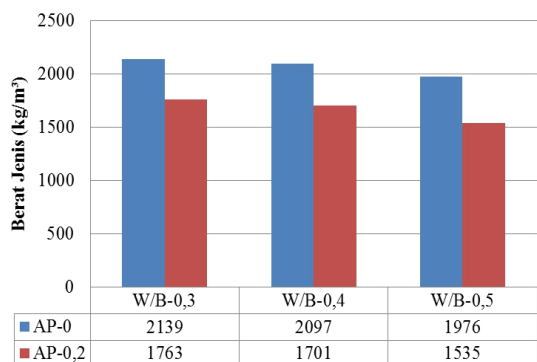
Gambar 4 Nilai *slump flow* terhadap variasi W/B pada campuran *Fly Ash* 15%



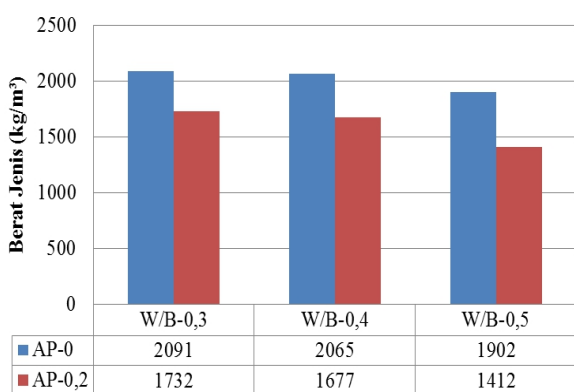
Gambar 5 Nilai *slump flow* terhadap variasi W/B pada campuran *fly ash* 20%

### Hasil Pengujian Berat Jenis *Aerated Concrete*

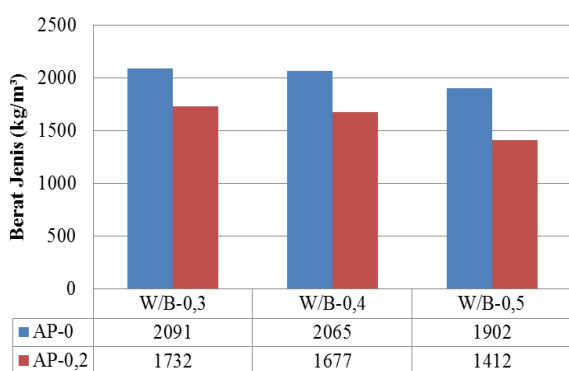
Grafik hasil pengujian berat jenis dibandingkan terhadap nilai W/B pada setiap persentase *fly ash* ditunjukkan masing-masing pada Gambar 6, 7 dan 8.



Gambar 6 Nilai berat jenis aerated concrete terhadap variasi W/B pada campuran fly ash 0%



Gambar 7 Nilai berat jenis aerated concrete terhadap variasi W/B pada campuran fly ash 15%



Gambar 8 Nilai berat jenis aerated concrete terhadap variasi W/B pada campuran fly ash 0%

Hasil perbandingan berat jenis antara aerated concrete dengan campuran fly ash 0% terhadap campuran fly ash 15% dan 20% menunjukkan terjadinya penurunan dengan nilai perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Perbedaannya dapat dilihat dari perbandingan antara gambar 6,7 dan 8. Perbedaan berat jenis fly ash

dan semen dengan penggunaan persentase fly ash 15% dan 20% tersebut secara signifikan tidak terlalu berpengaruh terhadap berat jenis aerated concrete.

Namun demikian, variasi W/B yang digunakan dalam campuran aerated concrete pada setiap variabel persentase fly ash menghasilkan perbedaan yang cukup signifikan. Hal ini dapat dilihat pada setiap grafik di gambar 6, 7 dan 8. Semakin meningkat nilai W/B, maka berat jenis beton akan semakin menurun yang disebabkan oleh kepadatan beton yang semakin berkurang. Selain itu pada setiap gambar tersebut terlihat bahwa penggunaan aluminium powder pada campuran aerated concrete menyebabkan berat jenis yang menurun.

Berdasarkan Neville (2010) yang menyatakan bahwa berat jenis beton ringan harus berada pada batasan 300-1800 kg/m<sup>3</sup>, maka semua komposisi aerated concrete pada penelitian ini memenuhi syarat sebagai beton ringan dengan batasan berat jenis sebesar 1381-1763 kg/m<sup>3</sup>.

#### Hasil Pengujian Kuat Tekan

Kuat Tekan Aerated Concrete Berdasarkan Umur Uji Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat umur beton 7, 28, dan 56 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan pada aerated concrete dengan jumlah 9 benda uji pada setiap variasi. Tabel 2 menunjukkan nilai kuat tekan aerated concrete terhadap hari pada campuran fly ash 0%, tabel 3 menunjukkan nilai kuat tekan aerated concrete terhadap hari pada campuran fly ash 15% dan tabel 4 menunjukkan nilai kuat tekan aerated concrete terhadap hari pada campuran fly ash 20%

Tabel 2 Nilai kuat tekan aerated concrete terhadap hari pada campuran fly ash 0%

Kode benda uji	Kuat Tekan (MPa)		
	7 hari	28 hari	56 hari
N-0-0-0,3	31,76	43,16	46,97
AC-0,2-0-0,3	17,32	21,63	22,36
N-0-0-0,4	30,93	41,00	46,67
AC-0,2-0-0,4	14,93	21,01	22,68
N-0-0-0,5	26,13	34,55	35,60
AC-0,2-0-0,5	5,93	8,69	10,49

Tabel 3 Nilai kuat tekan aerated concrete terhadap hari pada campuran fly ash 15%

Kode benda uji	Kuat Tekan (MPa)		
	7 hari	28 hari	56 hari
N-0-15-0,3	34,50	46,50	48,82
AC-0,2-15-0,3	18,41	24,60	24,94
N-0-15-0,4	34,73	45,77	47,09
AC-0,2-15-0,4	14,17	23,67	24,00
N-0-15-0,5	28,20	36,67	37,23
AC-0,2-15-0,5	8,57	10,81	12,11



Tabel 4 Nilai kuat tekan *aerated concrete* terhadap hari pada campuran *fly ash* 20%

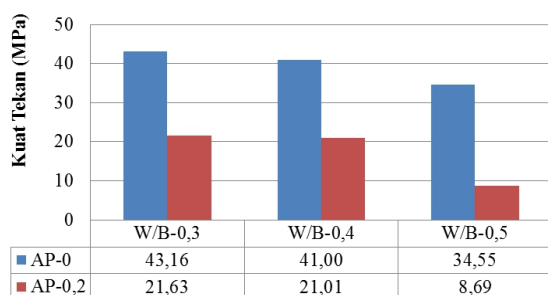
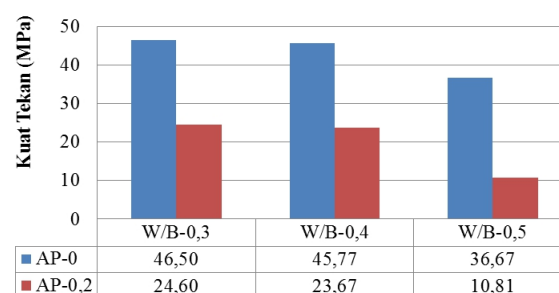
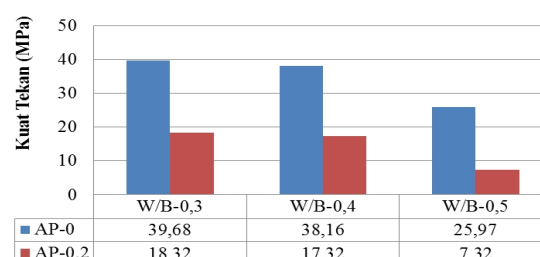
Kode benda uji	Kuat Tekan (MPa)		
	7 hari	28 hari	56 hari
N-0-20-0,3	29,58	39,68	41,88
AC-0,2-20-0,3	16,36	18,32	18,91
N-0-20-0,4	28,91	38,16	38,83
AC-0,2-20-0,4	14,03	17,32	18,32
N-0-20-0,5	19,15	25,97	29,19
AC-0,2-20-0,5	5,36	7,32	7,51

Hasil pengujian kuat tekan berdasarkan umur beton menunjukkan bahwa adanya perkembangan kekuatan tekan pada umur uji 7, 28, dan 56 hari pada setiap jenis variabel benda uji dengan persentase *fly ash* 0%, 10% dan 15%. Tabel 2, 3 dan 4 menunjukkan nilai perkembangan kekuatan tekan berdasarkan variasi W/B pada umur uji 7 hari dan 28 hari mengalami peningkatan yang signifikan. Kekuatan tekan *aerated concrete* yang menggunakan campuran *fly ash* menunjukkan kenaikan pada umur uji 56 hari. Fenomena ini menunjukkan perilaku yang identik dengan campuran beton dengan yang menggunakan *fly ash* pada umumnya, yaitu memberikan kontribusi kekuatan pada umur yang lebih lambat (Sarika, dkk, 2017).

#### Kuat Tekan *Aerated Concrete* Berdasarkan W/B

Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan *aluminium powder* kekuatan tekan pada *aerated concrete* menurun. Hal ini dikarenakan *aluminium powder* bereaksi terhadap reaksi hidrasi semen, menghasilkan volume beton yang membesar sehingga membentuk pori dan menyebabkan kepadatan beton berkurang. Beton yang kurang padat akan menghasilkan kuat tekan yang rendah (Liu, Z., dkk, 2016).

Grafik hasil pengujian kuat tekan dibandingkan terhadap nilai W/B pada setiap persentase *fly ash* ditunjukkan masing-masing pada Gambar 9, 10 dan 11.

Gambar 9 Perbandingan nilai kuat tekan *aerated concrete* umur 28 hari terhadap W/B pada campuran *fly ash* 0%Gambar 10 Perbandingan nilai kuat tekan *aerated concrete* umur 28 hari terhadap W/B pada campuran *fly ash* 15%Gambar 11 Perbandingan nilai kuat tekan *aerated concrete* umur 28 hari terhadap W/B pada campuran *fly ash* 20%

Pengaruh W/B terhadap campuran *aerated concrete* yang menggunakan *aluminium powder* juga mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Grafik pada gambar 9, 10 dan 11 menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai W/B maka kuat tekan beton pada setiap persentase *aluminium powder* akan menurun.

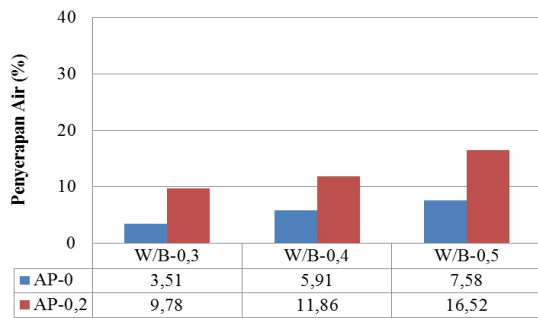
Nilai kuat tekan tertinggi *aerated concrete* ada pada campuran AC-0,2-15-0,3, yaitu campuran yang menggunakan *aluminium powder* 0,2%, *fly ash* 15 % dan W/B 0,3 dengan nilai kuat tekan sebesar 24,6 MPa. Berdasarkan SNI 2847-2019 yang terbaru menyatakan bahwa persyaratan nilai kuat tekan beton untuk digunakan sebagai elemen struktur secara umum minimal 17 MPa, sedangkan untuk sistem rangka pemikul momen khusus dan dinding struktural khusus batas minimumnya adalah 21 Mpa. Dengan demikian, nilai kuat tekan *aerated concrete* sebesar 24,6 MPa dengan komposisi campuran tersebut telah memenuhi syarat sebagai material untuk elemen struktur.

#### Hasil Pengujian Penyerapan Air pada *Aerated Concrete*

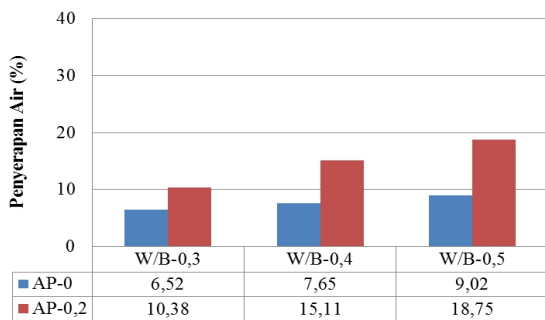
Pengujian penyerapan air menunjukkan kemampuan *aerated concrete* dalam menyerap air (Shabbar, R., dkk, 2018). Hal ini berhubungan dengan kondisi porous dari *aerated concrete*. Fenomena proses campuran yang mengembang di fase pembuatannya sehingga

menyebabkan beton berpori di fase pengerasannya, menghasilkan sejumlah pori pada *aerated concrete* pada semua kondisi komposisi bahan yang berbeda. Sehingga penyerapan air dapat digunakan sebagai indikator jumlah pori yang dimiliki *aerated concrete* dengan komposisi bahannya masing-masing.

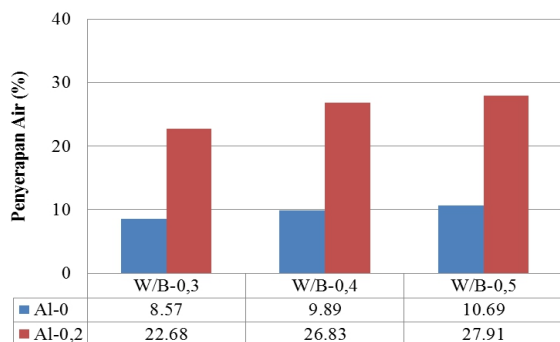
Grafik hasil pengujian penyerapan air dibandingkan terhadap nilai W/B pada setiap persentase *fly ash* ditunjukkan masing-masing pada Gambar 12, 13 dan 14.



Gambar 12. Perbandingan nilai penyerapan air *aerated concrete* terhadap W/B pada campuran *fly ash* 0%



Gambar 13. Perbandingan nilai penyerapan air *aerated concrete* terhadap W/B pada campuran *fly ash* 15%



Gambar 14. Perbandingan nilai penyerapan air *aerated concrete* terhadap W/B pada campuran *fly ash* 20%

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada grafik di gambar 12, 13 dan 14 terlihat bahwa nilai penyerapan air meningkat seiring dengan adanya penambahan *aluminium powder*. *Aluminium powder* yang ditambahkan ke campuran, akan membuat rongga, sehingga air akan lebih mudah menyerap ke beton.

Pengaruh W/B terhadap nilai penyerapan air juga terlihat signifikan. Pada kedua kondisi jumlah persentase *fly ash* 15% dan 20% (masing-masing pada gambar 12, 13 dan 14), menunjukkan bahwa nilai persentase penyerapan air meningkat seiring meningkatkan nilai W/B.

Bila dibandingkan kedua grafik yang memiliki skala yang sama tersebut, terlihat bahwa nilai penyerapan air pada campuran yang menggunakan *fly ash* lebih tinggi yaitu 20% (gambar 14), menghasilkan nilai penyerapan air yang lebih besar.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin tinggi nilai W/B, maka nilai *slump flow (workability)* meningkat, persentase penyerapan air akan semakin meningkat, namun berat jenis beton dan kuat tekan *aerated concrete* akan semakin menurun.
2. Semakin besar persentase substitusi *fly ash* terhadap semen, maka akan mempengaruhi nilai nilai *slump flow (workability)*, kemudahan dalam pengerjaan, persentase penyerapan air sekaligus kuat tekannya akan semakin meningkat, dengan batasan optimum dari substitusi *fly ash*., namun berat jenis beton akan semakin rendah.
3. Hubungan antara berat jenis dan kuat tekan pada *aerated concrete* dengan variasi W/B adalah berbanding terbalik. Nilai W/B yang meningkat dapat menyebabkan berat jenis dan kuat tekan beton menurun.
4. Komposisi campuran optimum *aerated concrete* terdapat pada campuran AC-0,2-15-0,3 yaitu pada persentase *aluminium powder* sebesar 0,2%, persentase substitusi *fly ash* terhadap semen sebesar 15%, dan W/B sebesar 0,3 dengan berat jenis sebesar 1732 kg/m<sup>3</sup> dan kekuatan tekan sebesar 24,6 MPa. Komposisi ini masuk dalam kategori beton ringan dengan kuat tekan yang memenuhi syarat struktural sebagai beton umum, yaitu lebih besar dari 17 MPa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih atas bantuan dana Penelitian Sateks dengan dana PNBPF Fakultas Teknik Unsri tahun anggaran 2020, sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C136. (2014). *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C150. (2012). *Standard Specification for Portland Cement*, Annual Books of ASTM Standards, USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C1602, (2006). *Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C1693 – 11 (2017). *Standard Specification for Autoclaved Aerated Concrete (AAC)*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C40 (2011). *Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregate for Concrete*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C642 (2013). *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*, Annual Books of ASTM Standards. USA: Association of Standard Testing Materials.
- ASTM C618 (2019). *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*.
- ASTM C39 (2018). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*
- Hamad, A.J. (2014). *Materials, Production and Application of Aerated Lightweight Concrete: Review*. Journal of Materials Science and Engineering.
- Hilal A. A., Thom N. H., dan Dawson A. R. (2015). *The Use of Additives to Enhance Properties of Pre-Formed Foamed Concrete*. IACSIT International Journal of Engineering and Technology, 7: 286-293.
- Ismail K. M., Fathi M. S., dan Manaf N. (2004). *Study of Lightweight Concrete Behaviour*. Research Report.
- Liu Z., Zhao K., Hu C., dan Tang Y. (2016). *Effect of Water-Cement Ratio on Pore Structure and Strength of Foam Concrete*. Advances in Materials Science and Engineering.
- Moon A. S., Varghese V., dan Waghmare S. S. (2015). *Foam Concrete as A Green Building Material*. International Journal for Research in Emerging Science and Technology, 2:25-32.
- Moon A. S., Varghese V., dan Waghmare S. S. (2015). *Foam Concrete Can Be used for Sustainable Construction as a Building Material*. International Journal for Scientific Research & Development. 3: 1428-1431.
- Neville, A. M. (2010). *Properties of Concrete*, The English Language Book Society and Pitman Publishing, England.
- Reddy K. C., dan Kumar S. D. (2017). *Effect of Fly Ash and Aluminium Powder on Strength Properties of Concrete*. International Journal of Research Publications in Engineering and Technology (IJRPET).
- Risdanareni, P., Sulton, M., Nastiti, S. F., (2016). *Lightweight Foamed Concrete for Prefabricated House*. AIP Conference Proceedings 1778:030029.
- Sarika, Raj I. S., dan John E. (2017). *The Effect on the Properties of Aerated Concrete Developed by Partially Replacing Cement with Flyash and Fine Aggregate with Rubber Powder*. GRD Journals – Global Research and Development Journal for Engineering, 2: 42-46.
- Shabbar R., Nedwell P., dan Wu Z. (2017). *Mechanical Properties of Lightweight Aerated Concrete with Different Aluminium Powder Content*. MATEC Web of Conferences 120.
- Shabbar R., Nedwell P., dan Wu Z. (2018). *Porosity and Water Absorption of Aerated Concrete with Varying Aluminium Powder Content*. International Journal of Engineering and Technology, 10:3, 234-238.
- SNI 2847-2019 (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*
- Van, Lam T., Kim, Dien V., dan Xuan, Hung N., (2019). *Effect of Aluminium Powder on Light-weight Aerated Concrete Properties*. E3S Web of Conferences 97.