

Desain Beton Berongga (*Porous Concrete*) Dengan Variasi Faktor Air Semen (FAS) Sebagai Beton Ramah Lingkungan

Irzal Agus

Program Studi Teknik Sipil Universitas Dayanu Ikhsanuddin, Indonesia
irzalagus@unidayan.ac.id

Abstrak

Beton berongga (*porous concrete*) adalah beton tanpa agregat halus dan hanya terdiri dari agregat kasar, semen dan air serta bahan kimia tambahan. Penelitian terhadap beton berongga dilakukan dengan menggunakan bahan material kerikil lokal gradasi ukuran maksimum 20 mm, serta variasi faktor air semen (FAS) 0,27, 0,30 dan 0,35. Pengujian sifat fisik material beton yang dilakukan berupa pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, uji perkolasi serta volume pori. Untuk ketiga pengujian ; kuat tekan dan kuat tarik belah pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Benda uji untuk pengujian kuat tekan, kuat tarik belah berupa silinder berdiameter 15 cm x tinggi 30 cm, pengujian porositas dan perkolasi. Pada pengujian sampel beton berongga umur 28 hari memiliki kuat tekan rata-rata terbesar pada FAS 0,35 yaitu 11,04 MPa, dan kuat tarik belah sebesar 3,41 MPa, serta hasil pengujian volume pori rata-rata sebesar 21,13 %. Pengujian perkolasi untuk FAS 0,27 dapat mengalirkan air selama 7,75 detik/liter, FAS 0,30 dapat mengalirkan air selama 9 detik/liter dan FAS 0,35 dapat mengalirkan air selama 14,5 detik/liter. Sampai pada umur 60 hari rumput dapat tumbuh diatas permukaan beton berongga dengan dan tanpa tanah di atasnya.

Kata Kunci : Beton berongga (*porous concrete*), kuat tekan, kuat tarik belah, perkolasi dan dapat ditanami rumput.

Pendahuluan

Pelaksanaan pengerjaan konstruksi beton dewasa ini telah banyak mengalami perubahan dengan pesat baik dari penggunaan bahan susunnya sampai dengan sistem pembuatannya, namun dalam pembangunan dibutuhkan berbagai pertimbangan-pertimbangan terhadap fungsi dan dampak yang akan terjadi dari hasil pembangunan konstruksi tersebut. Isu pemanasan global sedang hangat-hangatnya oleh karena bumi semakin panas akibat perubahan iklim global, hal ini diakibatkan oleh lapisan ozon yang semakin tipis, sehingga ultra violet matahari mudah menembus atmosfer dan meningkatkan suhu bumi. Seperti halnya didaerah perkotaan, banyak daerah-daerah yang ditutupi oleh perkerasan pembangunan, kurangnya penghijauan yang mengakibatkan resapan air menjadi lebih sedikit sehingga sangat memungkinkan terjadinya genangan air ataupun banjir. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka diperlukan konstruksi yang berwawasan lingkungan (*green concrete*), seperti pembuatan perkerasan beton yang berongga (*porous concrete*) pada lapis permukaan bangunan, sehingga diharapkan air dipermukaan perkerasan dapat berinfiltrasi serta rongga-rongga tersebut

diharapkan juga dapat menyerap energi sinar matahari. Beton berongga (*porous concrete*) termasuk beton dengan open graded atau gradasi terbuka.

Beton Berongga (*Porous concrete*)

Beton tanpa agregat halus/pasir (*no-fines concretes*) disebut pula sebagai beton berongga (*porous concrete*) karena bentuk fisiknya terdiri dari banyak rongga-rongga (pori) adalah suatu jenis beton yang secara total agregat halus dihilangkan, sehingga terdiri dari kesatuan antara agregat kasar, air serta semen. Rongga-rongga pada beton berongga bermanfaat untuk menyalurkan air dan menyaring kotoran sehingga tidak terbawa ke dalam tanah atau saluran air. Rongga-rongga tersebut diharapkan juga dapat menyerap energi sinar matahari. Fungsi lain dari beton berongga yaitu sebagai lapis permukaan yang menahan gerusan air terhadap permukaan tanah sehingga mampu mengurangi laju erosi. Rumput-rumput dapat tumbuh di atas permukaan beton berongga, dan proses oksidasi yang dilakukan oleh akar-akar rumput meningkatkan konsentrasi oksigen di sekitarnya. Beton berongga (*porous concrete, pervious concrete, no fine concrete, permeable concrete*) adalah beton

tanpa agregat halus dan hanya terdiri dari agregat kasar, semen dan air serta bahan kimia tambahan. Beton porous memiliki banyak nama yang berbeda diantaranya adalah beton tanpa agregat halus (*zero-fines concrete*), beton yang dapat tembus (*pervious concrete*), dan beton berpori (*porous concrete*) (Harber, 2005). Dengan adanya rongga-rongga maka air dapat masuk ke dalam tanah. Rongga-rongga tersebut juga bermanfaat untuk menyaring kotoran sehingga tidak terbawa ke dalam tanah atau saluran air. Di atas beton berongga dapat ditutupi tanah, ditanami rumput dan di bawah rerumputan diharapkan sejumlah mikroba dapat hidup. Rerumputan tersebut bersama dengan rongga-rongga yang tidak tertutupi tanah dapat menyerap energi sinar matahari. Penggunaan beton berongga sebagai lapisan permukaan bangunan dapat menjadi salah satu metode untuk menanggulangi efek pemanasan global dan perubahan iklim global.

Beton berongga telah digunakan sebagai lapisan permukaan jalan pada daerah pedestrian seperti tempat-tempat pejalan kaki (*pedestrian walkways*) di taman-taman, trotoar dan untuk kendaraan ringan (*light vehicle*). Beton berongga juga digunakan untuk menjernihkan air (Park & Tia, 2004). Selain sifat mekanik, maka mikrostruktur, ikatan antara material dan permeabilitas adalah karakteristik yang penting dari beton berongga (Bentz, 2008). Beton yang dapat tembus umumnya tidak digunakan untuk perkerasan dengan lalu lintas padat dan beban roda berat (Obla & Sabnis, 2015). Berdasarkan (ACI, 2010) mix design untuk 1 m³ *pervious concrete* terdiri dari : semen (270-415 kg), agregat (1190-1480 kg), faktor air semen (0,27-0,34), dan menggunakan *chemical admixtures*, (Abadjieva & Sefhiri, 1993) melakukan penelitian beton non pasir dengan perbandingan berat agregat dengan semen dari 6 : 1 sampai 10 : 1. Kuat tekan beton non pasir pada umur 28 hari bervariasi antara 1,1 sampai 8,3 MPa, tergantung pada perbandingan agregat dengan semen, dan penurunan terjadi dengan meningkatnya perbandingan agregat dengan semen. Campuran dengan perbandingan agregat dengan semen 6 : 1 merupakan yang terkuat. Kuat tekan beton non pasir lebih rendah dari kuat tekan beton normal konvensional disebabkan oleh peningkatan porositas, Variasi penambahan *zat additive Big Lion* dapat mempengaruhi kuat tekan beton berongga. Kuat tekan beton berongga meningkat seiring dengan meningkatnya komposisi

penambahan *Big Lion* dan umur beton berongga (Agus & Arfandi, 2017).

Penelitian eksperimental terhadap beton berongga sudah banyak dilakukan dengan komposisi faktor air semen (FAS) yang bervariasi, peneliti akan bereksperimen dengan menggunakan bahan material lokal (gradasi lolos 1½ “, 3/4 “, 3/8 “ dan No 4) dengan variasi faktor air semen (FAS) 0,27, 0,30 dan 0,35, sebagai bahan pembuatan beton berongga banda uji pada penelitian mengacu pada (SNI 03-1974, 1990) dimana cetakan benda uji berupa silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Hal yang menjadi titik konsentrasi dalam penelitian ini adalah dapat dipergunakannya beton berongga (*porous concrete*) sebagai elemen struktur bangunan serta sebagai salah satu alternatif upaya pembangunan yang berwawasan lingkungan untuk penanggulangan efek pemanasan global dan perubahan iklim yang kemudian menjadikannya sebagai beton hijau (*green concrete*).

Metode Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan rancangan campuran beton berongga. Sebelum dilakukan pengecoran beton berongga terlebih dahulu bahan-bahan pembentuk beton diuji, seperti kadar organik, kadar lumpur, penyerapan, berat jenis dan analisa ayakan pada agregat halus dan kasar.

Dalam pembuatan mix desain beton berongga peneliti menggunakan variasi faktor air semen (FAS) yaitu 0,27, 0,30 dan 0,35. Komposisi material agregat kasar berupa agregat alami (kerikil) dengan ukuran ½ “, 3/8” dan saringan No. 4. Pengujian sifat fisik material beton yang akan dilakukan terdiri dari : pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, uji lentur, volume pori serta modulus elastisitas. Setiap jenis pengujian dilakukan terhadap 3 (tiga) spesimen. Untuk ketiga pengujian ; kuat tekan, kuat tarik belah serta modulus elastisitas pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari dengan menggunakan alat “ Concrete Compression Testing Machine ” kapasitas 200 Ton dengan beberapa alat tambahan.

Pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan dan pembacaan langsung dari pengujian terhadap : benda uji silinder. Data yang diperoleh adalah kuat tekan dan kuat tarik belah, serta benda uji pelat dimensi 100 cm x 100 cm x 10 cm, data yang diperoleh adalah kemampuan ditanami rumput dan daya rembesan air (perkolasi).

Pengujian Eksperimental :

Pembuatan benda uji

Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan desain campuran beton berongga (*porous concrete*). Agregat yang digunakan berupa agregat alami (kerikil) yang berasal dari daerah lokal. Menggunakan jenis semen portland komposit (PCC) merek Tonasa (50 Kg per Zak).

Uji fisik material beton

Pengujian ini terdiri dari :

Pengujian kuat tekan ; Pengujian benda uji silinder diameter 15 cm x 30 cm, masing-masing terdiri dari 3 buah beton berongga. Ditekan dengan alat “*Concrete Compression Testing Machine*”. Kuat tekan ditentukan oleh besarnya beban saat benda uji telah hancur dibagi luas permukaan silinder.

$$f'c = \frac{P}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (1)$$

Pengujian kuat tarik belah ; Dengan menggunakan alat yang sama dan beberapa alat tambahan, benda uji silinder diameter 15 cm x 30 cm masing-masing terdiri dari 3 buah beton berongga, sampel diletakkan mendatar didalam alat bantu (pemegang benda uji) lalu dibebani merata sepanjang permukaan benda uji. Kuat tarik ditentukan oleh besarnya beban saat benda uji terbelah dibagi luas penampang yang memikul beban.

$$t = \frac{P}{\pi.r.l} = \frac{2P}{\pi.d.l} \quad (2)$$

Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Karakteristik Material

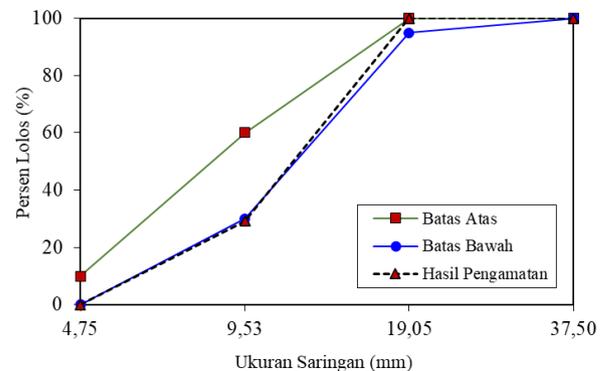
Agregat kasar

Tabel 1. Hasil analisa saringan agregat kasar

Nomor saringan	Material 2500 Gram			
	Berat tertahan (gr)	Persen tertahan (%)	Tertahan (%)	Lewat (%)
1 1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	1770,00	70,80	98,00	2,00
No. 4	730,00	29,20	100,00	0,00

Sumber : hasil analisa data

Berdasarkan spesifikasi diatas, maka hasil pemeriksaan analisa saringan Agregat Kasar (Kerikil) masuk dalam daerah gradasi standar agregat dengan butiran maksimum 20 mm.



Gambar 1. Batas gradasi agregat kasar ukuran maksimum 20 mm

Air

Air yang digunakan di Laboratorium adalah air yang tidak berwarna, tidak berbau, juga tidak mempunyai rasa tertentu. Sehingga sangat baik untuk digunakan dalam pencampuran beton.

Semen

Semen yang dipergunakan pada penelitian ini adalah semen yang umum digunakan untuk konstruksi beton dan banyak tersedia dipasaran yaitu jenis semen Portland type I yang diproduksi pabrik semen Tonasa (50 kg).

Tabel 2. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar

No	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pengamatan	Ket.
1	Kadar lumpur	Maks. 1%	0,85%	Memenuhi
2	Keausan	Maks. 50%	-	-
3	Kadar Air	0,5%-2%	1,41%	Memenuhi
4	Berat volume			
	a. Kondisi lepas	1,6-1,9 kg/liter	1,47	Memenuhi
	b. Kondisi padat	1,6-1,9 kg/liter	1,61	Memenuhi
5	Absorpsi	Maks. 4%	2,74%	Memenuhi
6	Berat jenis spesifik			
	a. Bj. nyata	1,6-3,3	2,50	Memenuhi
	b. Bj. dasar kering	1,6-3,3	2,34	Memenuhi
	c. Bj. Kering permukaan	1,6-3,3	2,40	Memenuhi
7	Modulus kekerasan	6,0-7,1	6,37	Memenuhi

Sumber : hasil analisa data

Mix Design Beton Berongga (Trial Mix) :

Berat jenis agregat/batu alami (SSD) : 2,40

Berat jenis semen (BS Semen) : 1395 Kg/m³

Berat satuan agregat (BS Agregat) : 1610 Kg/m³

Diameter silinder (D) : 0,15 m

Tinggi silinder (T) : 0,3 m
 Volume silinder (V) : 0,0053 m³
 Perbandingan Volume (Pc : Ag) : (1 : 4)

Untuk FAS 0,27

Kebutuhan bahan per 1 m³
 Semen : 348,75 Kg
 Agregat : 1610 Kg
 Air : 94,16 Liter

Untuk FAS 0,30

Kebutuhan bahan per 1 m³
 Semen : 348,75 Kg
 Agregat : 1610 Kg
 Air : 104,63 Liter

Untuk FAS 0,35

Kebutuhan bahan per 1 m³
 Semen : 348,75 Kg
 Agregat : 1610 Kg
 Air : 122,06 Liter

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan bertujuan untuk mengetahui kekuatan beton berongga (*compressive strength*) yang direndam (*curing*) di Laboratorium pada umur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari (ASTM C39/C 39M, 2014). Pengujian dilakukan dengan FAS 0,27, 0,30 dan 0,35.

Benda Uji Silinder berukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm setelah dipasangkan kaping yang terbuat dari belerang yang berfungsi memberikan permukaan yang rata pada silinder dipasang pada mesin tekan secara sentris. Pembebanan dilakukan sampai benda uji menjadi hancur dan tidak dapat lagi menahan beban yang diberikan (jarum penunjuk berhenti kemudian bergerak turun), sehingga didapatkan beban maksimum yang ditahan oleh benda uji tersebut.

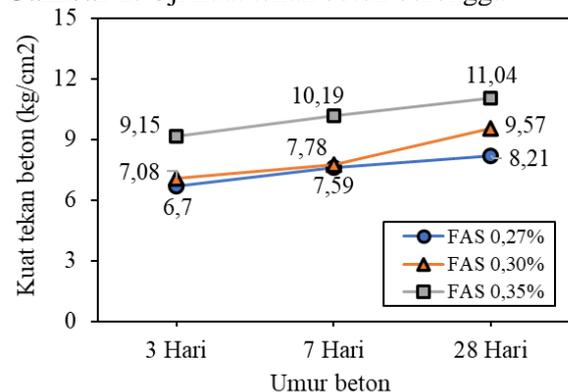
Tabel 3. Hasil pengujian kuat tekan beton berongga rata-rata

No	Uraian (Umur)	Kuat tekan (kg/cm ²)		
		0,27%	0,30 %	0,35%
1	3 hari	6,70	7,08	9,15
2	7 hari	7,59	7,78	10,19
3	28 hari	8,21	9,57	11,04

Sumber : hasil analisa data



Gambar 2. Uji kuat tekan beton berongga



Gambar 3. Grafik uji kuat tekan beton berongga umur 3, 7 dan 28 hari

Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Hasil pengujian kuat tarik belah (*split*) silinder beton pada umur 28 hari dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

Tabel 4. Hasil pengujian kuat tarik belah beton berongga rata-rata

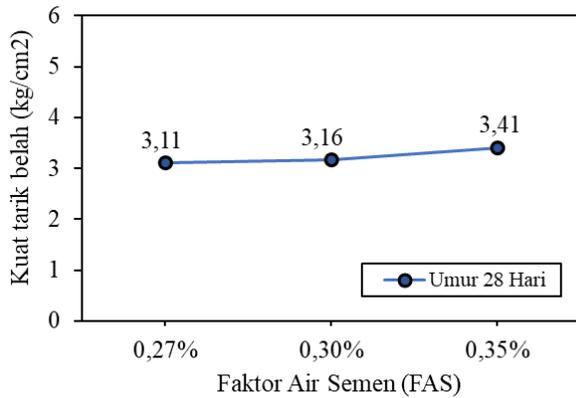
No	Uraian (Umur)	Kuat tekan (kg/cm ²)		
		0,27%	0,30 %	0,35%
1	28 hari	3,11	3,16	3,41

Sumber : hasil analisa data

Diperoleh nilai kuat tarik belah rata-rata beton berongga umur 28 hari masing-masing faktor air semen (FAS) 0,27, 0,30 dan 0,35 sebesar 3,11 MPa, 3,16 MPa, dan 3,41 MPa. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tarik belah beton meningkat pada penambahan nilai faktor air semen.



Gambar 4. Uji kuat tarik belah beton berongga



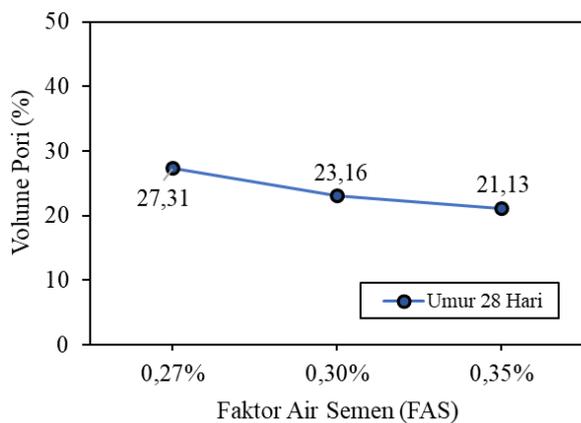
Gambar 5. Grafik uji kuat tarik belah beton berongga

Persentase Volume Pori

Persentase volume pori didapatkan dengan cara menimbang benda uji yang berbentuk silinder dalam keadaan SSD dan di dalam air.

Berdasarkan Gambar 6 diperoleh hasil bahwa volume pori rata-rata yang diperoleh pada FAS 0,27, 0,30 dan 0,35 umur 28 hari adalah 27,31 %, 23,16 dan 21,13. Setiap nilai volume pori pada setiap sampel adalah rata-rata nilai tiga (3) buah benda uji silinder.

Persentase volume pori didesain sebesar 25 ± 5 %, dengan demikian dapat diketahui bahwa nilai volume pori yang diperoleh dari penelitian ini memenuhi nilai volume pori desain dan sehingga dapat dikatakan bahwa mutu beton berongga dapat dibuat seragam sehingga mutunya terjaga.



Gambar 6. Grafik volume pori beton berongga



Gambar 7. Pengujian volume pori beton berongga

Berat Volume Beton Berongga

Berat volume beton berongga rata-rata yang diperoleh pada umur 28 hari untuk FAS 0,27, 0,30 dan 0,35 adalah 1940,39 kg/m³ hingga 2086,03 kg/m³. Setiap nilai berat beton berongga pada setiap sampel adalah rata-rata nilai tiga (3) buah benda uji silinder.

Dari hasil perbandingan nilai berat volume di atas dapat diketahui bahwa beton yang diteliti adalah termasuk dalam kategori beton ringan karena berat jenisnya lebih kecil dari beton normal (2200-2400 kg/m³).

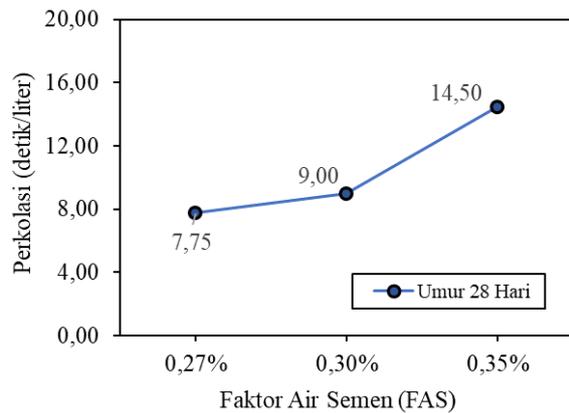


Gambar 8. Pengujian porositas beton berongga

Perkolasi

Pengujian perkolasi beton berongga dilakukan dengan cara memasukan beton berongga kedalam pipa yang kemudian diisi air.

Faktor air semen (FAS) 0,27 : volume Air = 4 liter, waktu = 30 detik, hasil uji perkolasi beton berongga pada umur 28 hari adalah 7,5 detik/liter ; faktor air semen (FAS) 0,30 : volume Air = 4 liter, waktu = 36 detik, hasil uji perkolasi beton berongga pada umur 28 hari adalah 9 detik/liter; faktor air semen (FAS) 0,35 : volume Air = 4 liter, waktu = 58 detik, hasil uji perkolasi beton berongga pada umur 28 hari adalah 14,5 detik/liter.



Gambar 9. Grafik perkolasi beton berongga umur 28 hari

Penanaman Rumput

Gambar berikut memperlihatkan sebuah plat beton berongga berukuran 100 x 100 x 10 cm yang dibuat untuk penanaman rumput hijau. Plat tersebut ditutupi dengan rumput yang mengandung tanah dan tidak mengandung tanah dan hasilnya memperlihatkan bahwa rumput hijau dapat tumbuh di atas beton berongga setelah 60 hari. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa beton berongga dapat dikategorikan sebagai beton hijau. Beton berongga mampu berfungsi sebagai lapis permukaan yang mampu ditanami rumput dan sebagai penahan gerusan air. Selain itu, rongga-rongga di dalam beton berongga yang tidak ditanami rumput atau yang ditanami rumput dapat dilewati oleh air (*water permeability*) dan berfungsi menyaring kotoran sehingga air tidak mencemari tanah.



Gambar 10. proses penanaman rumput dan pertumbuhannya pada beton berongga

Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian terhadap beton berongga, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut : pada pengujian sampel 28 hari beton berongga dengan perilaku normal memiliki kuat tekan rata-rata untuk FAS 0,27, 0,30 dan 0,35 adalah sebesar 8,21 MPa, 9,58 dan 11,04 MPa. Sedangkan untuk

kuat tarik belah adalah 3,11 MPa, 3,16 MPa dan 3,41 MPa. Hasil pengujian volume pori pada beton berongga ini menunjukkan bahwa beton berongga memenuhi persentase volume pori desain sebesar $25 \pm 5 \%$, dimana volume pori rata-rata yang diperoleh untuk FAS 0,27, 0,30 dan 0,35 pada umur 28 hari sebesar 27,31 %, 23,16 % dan 21,13 %. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton berongga merupakan beton ringan, karena berat volume rata-rata untuk FAS 0,27, 0,30 dan 0,35 adalah sebesar 1940,39 kg/m^3 hingga 2086,03 kg/m^3 . Perkolasi beton berongga dengan FAS 0,27 dapat mengalirkan air selama 7,75 detik/liter, FAS 0,30 dapat mengalirkan air selama 9 detik/liter dan FAS 0,35 dapat mengalirkan air selama 14,5 detik/liter, rumput dapat tumbuh diatas permukaan beton berongga dengan dan tanpa tanah di atasnya, oleh karena itu beton ini dapat dikategorikan sebagai beton hijau.

Daftar Pustaka

- Abadjieva, T., & Sefhiri, P. (1993). *Investigations on Some Properties of no-Fines Concrete*. 1994, 1–7.
- ACI. (2010). Report on Pervious Concrete, ACI 522R-10. In *American Concrete Institute* (Vol. 10, Issue Reapproved).
- Agus, I., & Arfandi, L. M. (2017). Pengaruh penggunaan bahan tambah zat additive (Big Lion) pada beton berongga. *Media Inovasi Teknik Sipil Unidayan*, VI no 2, 11–20. <https://ejournal.lppmunidayan.ac.id/index.php/sipil/article/view/583>
- ASTM C39/C 39M. (2014). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. 3–9. <https://doi.org/10.1520/C0039>
- Bentz, D. R. (2008). Virtual pervious concrete: Microstructure, percolation, and permeability. *ACI Materials Journal*, 105(3), 297–301. <https://doi.org/10.14359/19827>
- Harber, P. J. (2005). *Applicability of No-Fines Concrete as a Road Pavement Bachelor of Engineering (Civil)*. October.
- Obla, K. H., & Sabnis, G. M. (2015). Pervious concrete for sustainable development. *Green Building with Concrete: Sustainable Design and Construction, Second Edition*, July, 181–203. <https://doi.org/10.1201/b18613>
- Park, S. B., & Tia, M. (2004). An experimental study on the water-purification properties of

porous concrete. *Cement and Concrete Research*, 34(2), 177–184.
[https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(03\)00223-0](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(03)00223-0)

SNI 03-1974. (1990). Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. *Sni 03-1974-1990*, 2–6.