

DESAIN BETON BERPORI UNTUK PERKERASAN JALAN YANG RAMAH LINGKUNGAN

Daryanto Ari Prabowo⁽¹⁾, Ary Setyawan⁽²⁾, Kusno Adi Sambowo⁽³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2),3)} Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: arifold@yahoo.co.id

Abstract

Construction of roads in general use of flexible pavement and rigid pavement which leads to reduced water-resistant green land reduced impact on water catchment areas. Use of porous concrete is expected to absorb water into the ground Research conducted using the experimental method, ie by reducing the proportion of fine aggregate in the concrete mix design. Crushed stone aggregate used is a uniform size of 1-2 cm. Fine aggregate in the preliminary test with the proportion of 5%, 10% and 30% of the proportion of fine aggregate concrete and then know the exact proportions will then be tested with a variety of FAS 0.30, 0.35, and 0.40. Tests conducted the compressive strength, flexural strength, porosity, permeability by falling head permeability method. Porous concrete test results using 30% sand and a variety of water-cement ratio 0.30, 0.35, and 0.40 the highest value obtained in a mixture of 30% sand and water-cement ratio of 0.35 to 5.190 MPa and 0.383 MPa compressive strength for flexural strength. Porosity and horizontal permeability was highest at 30% a mixture of sand and water-cement ratio of 0.40 is the porosity of 20.807% (normal concrete method), the porosity of 27.696% (VIM method), horizontal permeability of 1.363 cm / sec. Vertical permeability is achieved on the water-cement ratio of 0.30 with a value of 3.132 cm / sec. Porous concrete in this study did not meet the specifications for the pavement of the road has a value kuan Because the press and flexural tensile strength is low, so it can only be used as road construction material without the requirement of compressive strength and flexural strength special.

Keywords: *Water-cement ratio, compressive strength, flexural strength, porosity, permeability, friendly pavement*

Abstrak

Pembangunan jalan secara umum menggunakan perkerasan lentur dan perkerasan kaku yang kedap air menyebabkan berkurangnya lahan hijau yang berdampak pada berkurangnya daerah resapan air. Penggunaan beton berpori merupakan alternatif yang ramah lingkungan, penggunaannya diharapkan dapat meresapkan air ke dalam tanah pada bagian sisi jalan. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan mengurangi proporsi agregat halus pada mix desain beton normal. Agregat batu pecah yang dipakai yaitu ukuran seragam 1-2 cm. Agregat halus dalam uji pendahuluan dengan proporsi 5%, 10% dan 30% dari proporsi agregat halus beton normal. Setelah diketahui proporsi yang tepat maka akan diuji dengan variasi FAS 0,30; 0,35; dan 0,40. Kemudian akan diuji kuat tekan, kuat lentur, porositas, permeabilitas dengan metode falling head water permeability test. Dari hasil pengujian beton berpori menggunakan 30% pasir dan variasi FAS 0,30; 0,35; dan 0,40 didapat nilai tertinggi yaitu pada campuran 30% pasir dan FAS 0,35 sebesar 5,190 MPa untuk kuat tekan dan 0,383 Mpa untuk kuat lentur. Porositas dan permeabilitas horisontal tertinggi terjadi pada campuran 30% pasir dan FAS 0,40 yaitu porositas sebesar 20,807 % (Metode beton normal) ,porositas sebesar 27,696 % (Metode VIM), permeabilitas horisontal sebesar 1,363 cm/dt. Permeabilitas secara vertikal dicapai pada FAS 0,30 dengan nilai 3,132 cm/dt. Beton berpori dalam penelitian ini tidak memenuhi spesifikasi sebagai perkerasan untuk badan jalan karena memiliki nilai kuan tekan dan kuat tarik lentur yang rendah, sehingga hanya dapat digunakan sebagai bahan trotoardan bahu jalan saja.

Kata Kunci: Factor air semen, kuat tekan, kuat lentur, porositas, dan permeabilitas, ramah lingkungan.

PENDAHULUAN

Beton berpori adalah suatu elemen bahan bangunan yang dibuat dari campuran agregat kasar, semen, air, dan sedikit agregat halus dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak mengurangi mutu beton tersebut, campuran ini menciptakan suatu sel terbuka struktur, membiarkan air hujan untuk menembus mendasari lahan.

Oleh karena itu, untuk membuktikan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian sejauh mana besarnya kekuatan beton berpori dari nilai kuat tekan, kuat lentur, porositas dan mengetahui kapasitas beton berpori dalam meloloskan air untuk diresapkan ke dalam tanah dengan metode *falling head water permeability test*.

LANDASAN TEORI

Sebagaimana pada beton konvensional, bahan utama penyusun beton berpori adalah semen portland, agregat, air dan bahan tambah lainnya dengan komposisi tertentu. Yang berbeda pada beton berpori adalah agregat yang digunakan hanya agregat kasar saja atau dengan sedikit sampai tidak ada agregat halus. Faktor air semen harus dijaga sedemikian rupa agar setelah mengeras pori-pori yang terbentuk tidak tertutup oleh campuran pasta semen yang mengeras. Selain kontrol pada faktor air semen juga bertujuan agar butir-butir agregat dapat terikat kuat satu sama lain untuk mendapat kuat tekan, kuat lentur, porositas, dan permeabilitas yang sesuai dengan karakteristik beton berpori. Beton berpori merupakan bahan jalan yang unik dan efektif yang ramah lingkungan. Dikatakan ramah lingkungan karena dengan menangkap air hujan dan membiarkan air hujan meresap ke dalam tanah, material beton berpori dapat menolong mengisi cadangan air tanah, dan mengurangi limpasan permukaan. Dengan diaplikasikan pada bahu jalan maka limpasan air dari jalan diharapkan akan terserap ke dalam tanah, dan dapat berkurangnya debit air pada saluran drainase.

Tahapan Penelitian

Sebelum melakukan penelitian di laboratorium maka peneliti menyiapkan alat dan bahan. Melakukan uji pendahuluan untuk mendapat komposisi beton berpori. Pembuatan beton berpori dengan gradasi agregat seragam. Rencana proporsi komposisi beton berpori berdasarkan FAS 0,3; 0,35; dan 0,4. Membuat adukan beton. Membuat benda uji tekan, lentur, porositas dan benda uji permeabilitas. Perawatan benda uji. Melakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik lentur, permeabilitas, dan porositas. Melakukan analisis data hasil pengujian untuk mendapatkan kesimpulan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti pada penelitian dan pada tahap akhir peneliti melakukan pengambilan kesimpulan dan saran dari analisis pengujian yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

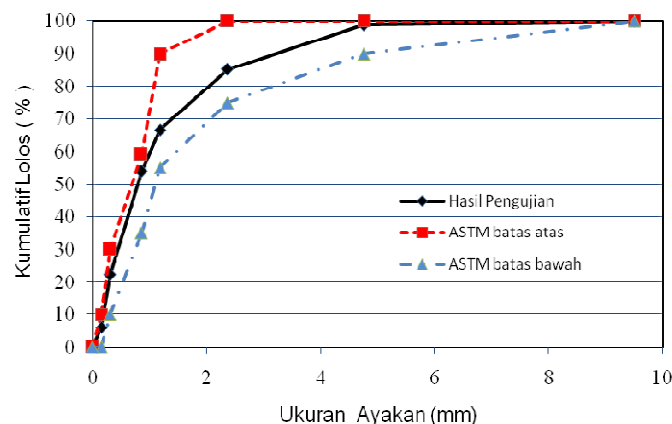
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Bahan Dasar

Bahan dasar yang di uji dalam penelitian ini adalah agregat halus dan agregat kasar untuk semen tidak dilakukan pengujian dimana digunakan PPC (Semen Tipe 1).

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Jenis pengujian	Hasil pengujian	Standar ASTM C-33	Kesimpulan
Kandungan zat organik	Kuning muda	Kuning	Memenuhi syarat
Kandungan lumpur	2 %	Maks 5 %	Memenuhi syarat
Bulk specific gravity	2,66 gr/cm ³	-	-
Bulk specific SSD	2,67 gr/cm ³	-	-
Apparent specific gravity	2,70 gr/cm ³	-	-
Absorbtion	0,60 %	-	-
Modulus halus	2,67	2,3 – 3,1	Memenuhi syarat



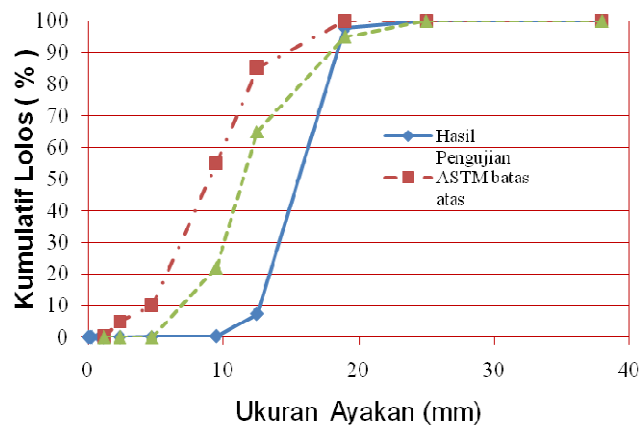
Gambar 3. Grafik Gradasi Pasir

hasil pengujian gradasi agregat halus bisa diketahui pula bahwa pasir yang digunakan masih memenuhi syarat syarat batas dari ASTM C-33 sebagai agregat halus untuk beton menurut SK-SNI S-36-1990-03.

Pengujian terhadap agregat kasar seragam ukuran 1-2 cm (batu pecah) yang dilaksanakan dalam penelitian ini meliputi pengujian berat jenis (*specific gravity*), keausan (*abrasi*) dan gradasi agregat kasar.

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Jenis pengujian	Hasil pengujian	Standar ASTM C-33	Kesimpulan
<i>Bulk specific gravity</i>	2,67 gr/cm ³	-	-
<i>Bulk specific SSD</i>	2,69gr/cm ³	-	-
<i>Apparent specific gravity</i>	2,72 gr/cm ³	-	-
<i>Absorbition</i>	0,83 %	-	-
Abrasi	21,90 %	Maksimum 50 %	Memenuhi syarat
Modulus halus butir	7,94	5 – 8	Memenuhi syarat



Gambar 4. Grafik Gradasi Seragam Agregat Kasar Ukuran 1-2 cm

Pembuatan beton berpori digunakan agregat kasar 1-2 dengan gradasi seragam yang diharapkan dapat memberi rongga yang cukup untuk membuat pori yang saling terhubung. Sehingga beton berpori mempunyai karakteristik beton berpori yaitu porositas dan permeabilitas yang baik.

Rencana Campuran Beton K225 dengan Metode SK SNI T-15-1990-03

kebutuhan bahan per 1 m³ mutu f'c 17,892 (K225) yaitu :

Air = 225 liter
 Semen = 448,83 kg
 Pasir = 575,00 kg
 Kerikil = 1116,17 kg, jumlah Seluruh Bahan = 2365 kg

Uji Pendahuluan Beton Berpori

Dari hasil pengujian porositas dengan metode beton dan metode *void in mix* dapat diketahui bahwa porositas yang terjadi sudah memenuhi sebagai syarat beton berpori yaitu 20,557% dengan metode beton normal dan 25,088% dengan metode *void in mix* . Sehingga dipakai komposisi campuran beton berpori dipilih campuran dengan 30% pasir yang kemudian di lakukan pengujian lagi dengan variasi FAS 0,3; 0,35 dan 0,4.

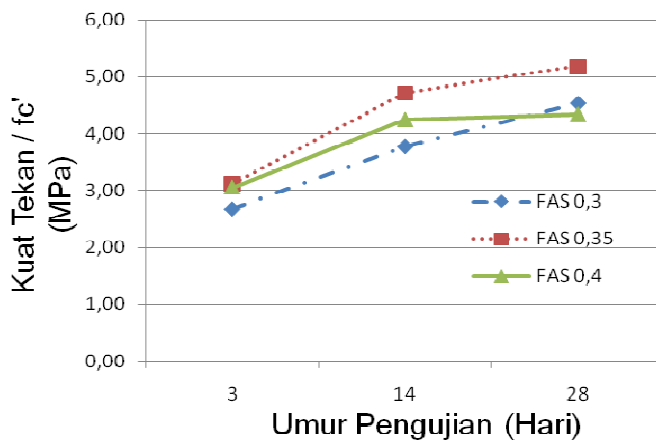
Analisa Data Hasil Perhitungan

Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menahan gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat benda uji berumur 3, 14, dan 28 hari dengan menggunakan *Compression Testing Machine* untuk mendapatkan beban maksimum yaitu beban pada saat beton hancur ketika menerima beban tersebut (P_{max}). hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat seperti pada Tabel 3.

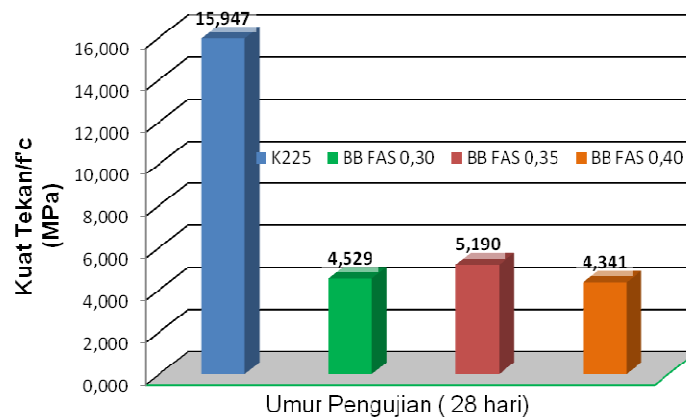
Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Berpori Umur 3, 14, dan 28 hari

No	FAS	3 Hari		14 Hari		28 Hari	
		Pmax(KN)	f _c (MPa)	Pmax(KN)	f _c (MPa)	Pmax(KN)	f _c (MPa)
1	(0,30)	45	2,548	75	4,246	75	4,246
2		47	2,661	65	3,680	80	4,529
3		50	2,831	60	3,397	85	4,812
Σ			2,680		3,774		4,529
1	(0,35)	60	3,397	95	5,379	90	5,096
2		50	2,831	75	4,246	85	4,812
3		55	3,114	80	4,529	100	5,662
Σ			3,114		4,718		5,190
1	(0,40)	50	2,831	75	4,246	75	4,246
2		55	3,114	70	3,963	70	3,963
3		57	3,227	80	4,529	85	4,812
Σ			3,057		4,246		4,341



Gambar 5. Grafik Pengaruh FAS terhadap kuat tekan

Dari data diatas dapat dilihat kuat tekan beton berpori yang memakai FAS 0,35 didapat kuat tekan yang lebih tinggi dari pada FAS 0,30 dan 0,40. Disini terlihat terjadi penambahan kekuatan pada beton berpori dengan FAS 0,35 pada saat umur 3, 14 dan 28 hari.



Gambar 6. Perbandingan beton berpori dan beton normal K225.

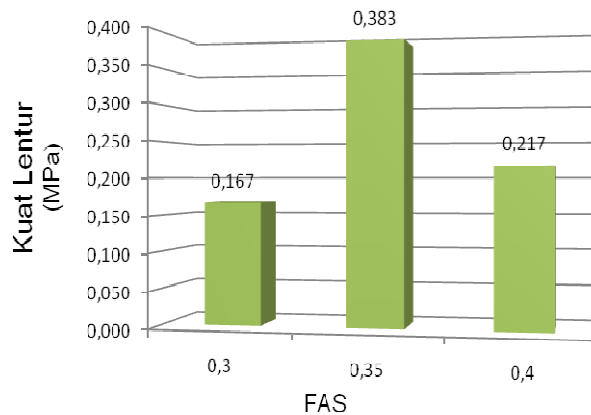
Dari data diatas dapat dilihat kuat tekan beton normal K225 selalu lebih besar dari kuat tekan beton berpori. Hal ini disebabkan karena banyaknya rongga pada beton berpori.

Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur secara normal digunakan untuk menentukan karakteristik perkerasan beton berpori dan hasilnya dinyatakan dalam *modulus of rupture*. Kuat lentur adalah kemampuan suatu balok atau plat benda uji untuk melawan kegagalan patah (*bending*), yang mana secara spesifik diuji dengan pembebanan terhadap suatu benda uji (berbentuk balok) dengan perletakan beban menggunakan jarak sepertiga dari panjang benda uji. Hasil uji kuat lentur dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian kuat lentur

FAS	Kode	28 Hari		Kuat Lentur/fr Rata-rata MPa
		P max (KN)	fr(MPa)	
0,30	I	0,200	0,100	0,167
	II	0,500	0,250	
	III	0,300	0,150	
0,35	I	0,700	0,350	0,383
	II	0,800	0,400	
	III	0,800	0,400	
0,40	I	0,300	0,150	0,217
	II	0,400	0,200	
	III	0,600	0,300	

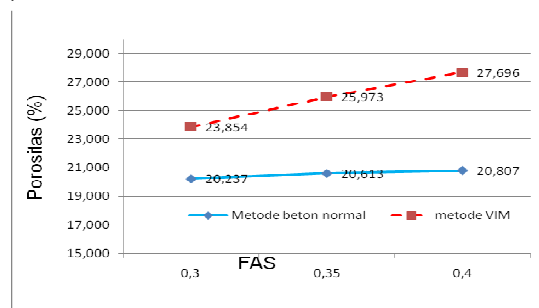


Gambar 7. Grafik Pengaruh FAS Terhadap Kuat Lentur

Dari data diatas dapat dilihat bahwa pengaruh variasi FAS terhadap kuat lentur betonnya. Kuat lentur beton berpori dengan FAS 0,35 lebih besar dari pada FAS 0,30 dan 0,40 pada umur 28 hari. Pada faktor air semen 0,30 terjadi kuat lentur yang rendah hal ini disebabkan karena pada FAS 0,30 pada campuran seperti kekurangan air, sehingga kurang tercampur secara baik.

Pengujian Porositas

Porositas adalah ukuran dari proporsi total volume yang ditempati oleh pori-pori, dan biasanya dinyatakan sebagai persentase dari volume sampel.

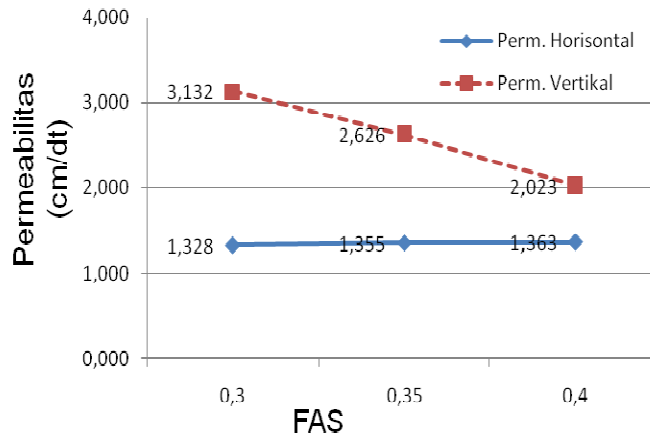


Gambar 8. Hubungan Antara FAS dan Porositas

Dari data menunjukkan bahwa hubungan yang terjadi antara FAS dan porositas yang terjadi adalah semakin besar FAS maka semakin besar porositas yang terjadi dari variasi FAS. Pada pengujian porositas dengan metode *void in mix* didapat porositas yang selalu lebih besar dari hasil pengujian porositas dengan metode pengujian beton normal. Porositas terbesar menurut pengujian beton normal adalah sebesar 20,807 % pada FAS 0,40 dan pada pengujian dengan metode VIM di dapat porositas tertinggi sebesar 27,696% juga terjadi pada FAS 0,40.

Pengujian Permeabilitas metode *falling head water permeability test*

Pengujian permeabilitas pada penelitian ini dimaksudkan apakah *mix design* beton berpori benar-benar berfungsi mengalirkan air secara baik.



Gambar 9. Hubungan Antara FAS dan Permeabilitas

Hasil penelitian diatas dapat diketahui bahwa permeabilitas horisontal beton berpori semakin besar dengan bertambahnya FAS. Pada pengujian permeabilitas vertikal didapat hasil bahwa semakin besar FAS maka akan didapat permeabilitas yang rendah hal ini dapat terjadi karena belum tentu pori-pori yang terjadi pada beton berpori bisa saling terhubung, dan semakin besar FAS maka akan terjadi pengendapan agregat halus dan semen pada bagian bawah beton berpori, sehingga membuat tertutupnya jalur keluar air.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Beton Berpori

Benda uji (FAS)	Kuat Tekan f_c' (MPa)	Kuat Lentur f_r (MPa)	Porositas beton normal (%)	VIM (%)	Permeabilitas Horizontal (cm/dt)	Permeabilitas Vertikal (cm/dt)
0,30	4,529	0,167	20,237	23,458	1,328	3,132
0,35	5,190	0,383	20,613	25,973	1,355	2,626
0,40	4,341	0,217	20,807	27,696	1,363	2,023
Berat		1792,88 Kg/m ³	sampai 1981,60 Kg/m ³			

SIMPULAN

Dari hasil penelitian serta analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai karakteristik beton berpori dengan Variasi FAS 0,3; 0,35; dan 0,4:
 - a. Beton berpori dengan FAS 0,30 didapat kuat tekan 4,529 Mpa, kuat lentur 0,167 MPa, porositas dengan metode uji beton normal 20,237%, porositas dengan metode VIM 23,458% dan permeabilitas horisontal 1,328, permeabilitas vertikal 3,132.
 - b. Beton berpori dengan FAS 0,35 didapat kuat tekan 5,190 Mpa, kuat lentur 0,383 MPa, porositas dengan metode uji beton normal 20,613 %, porositas dengan metode VIM 25,973 % dan permeabilitas horisontal 1,355, permeabilitas vertikal 2,626.
 - c. Beton berpori dengan FAS 0,40 didapat kuat tekan 4,341 Mpa, kuat lentur 0,217 MPa, porositas dengan metode uji beton normal 20,807 %, porositas dengan metode VIM 27,696 % dan permeabilitas horisontal 1,363, permeabilitas vertikal 2,023.

2. Kuat tekan, dan kuat lentur beton berpori pada penelitian ini didapat nilai tertinggi yaitu pada campuran 30% pasir dan FAS 0,35 sebesar 5,190 MPa untuk kuat tekan dan 0,383 Mpa untuk kuat lentur. Porositas dan permeabilitas horisontal tertinggi terjadi pada campuran 30% pasir dan FAS 0,40 yaitu porositas sebesar 20,807 % (Metode beton normal) ,porositas sebesar 27,696 % (Metode VIM), permeabilitas sebesar 1,363 cm/dt. Permeabilitas secara vertikal dicapai pada FAS 0,30 dengan nilai 3,132 cm/dt.
3. Beton berpori dari penelitian ini belum memenuhi syarat untuk penggunaan sebagai perkerasan jalan normal. Karena kuat tekan beton berpori tidak memenuhi target kuat tekan minimal bata beton yang disyaratkan dalam SNI 03-0691-1996 yaitu sebesar 8,5 MPa dan Kuat lentur beton berpori tidak memenuhi kuat lentur yang disyaratkan dalam SNI 1991 sebesar 3,78 Mpa untuk perkerasan jalan normal. Untuk penggunaan sebagai bahu dan trotoar dapat diaplikasikan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada Ir. Ary Setyawan, M.Sc.(Eng), Ph.D dan Kusno Adi Sambowo, S.T, M.Sc, Ph.D yang telah membimbing, memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- American Society for testing and materials*.1918. *concrete and material aggregates (including manual of aggregates and concrete testing)*. ASTM. Philadelphia.
- Grajuantomo. 2008. *Pembuatan Beton Lulus air* . Universitas Indonesia. Jakarta
- Putra, Bagus Hartanto.2011. *Studi Analisa Beton Berpori Sebagai Material Ramah Lingkungan Berdasarkan Kuat Tekan dan Tingkat Peresapan Air*. Binus University. Jakarta
- Sambowo A, Kusno. 2002. *Engineering Properties and Durability Performance of Metakaolin and Metakaolin – PFA Concrete*. University of Sheffield (GB).