

# EVALUASI DRAINASE BETON BERPORI DENGAN ISIAN PASIR DAN GUBALAN RUMPUT

Andy Supriadi <sup>1)</sup>, Ary Setyawan <sup>2)</sup>, Arif Budiarto <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2), 3)</sup> Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email: [andysupriadi@rocketmail.com](mailto:andysupriadi@rocketmail.com)

## Abstract

*The development of urban drainage should look drainage function as city infrastructure based on the concept of environmentally sound. This concept is an effort water resources conservation in principle control water are penetrated into the ground order to reduce the number of run off. The application of concrete porous expected to be a solution infrastructure development city based on concept of environmentally sound. Research aims to understand value permeability of concrete pervious, and scores absorption speed pervious concrete for charging the cavity by sand and the closure of the cavity by grass in a field. The research was done uses experimental methods, namely by reduce the proportion of fine aggregate at mix design normal concrete. The proportion of aggregate fine worn 30 % of proportion aggregate delicate to normal concrete. From the testing, the results value permeability the average making objects test in the field is greater than making objects test in the lab. The value absorption speed highest for testing without charging cavity acquired by the material broken stone 2-3 cm by wearing a liquid additive of 6,256 (mm/s). The value absorption speed highest for charging the cavity by sand acquired by the material broken stone 1-2 cm by wearing a liquid additive of 2,314 (mm/s). The value absorption speed highest for closure the cavity by grass acquired by the material broken stone 1-2 cm by wearing a liquid additive of 3,648 (mm/s).*

**Keywords :** *the evaluation of pervious concrete, the permeability method of falling head permeability test, the absorbance speed.*

## Abstrak

Pembangunan sistem drainase perkotaan perlu memperhatikan fungsi drainase sebagai prasarana kota yang didasarkan pada konsep berwawasan lingkungan. Konsep ini adalah usaha konservasi sumber daya air yang pada prinsipnya mengendalikan air hujan agar lebih banyak yang diresapkan ke dalam tanah sehingga mengurangi jumlah limpasan. Pengaplikasian beton berpori diharapkan dapat menjadi salah satu solusi pembangunan prasarana kota yang didasarkan pada konsep berwawasan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai permeabilitas beton berpori, serta nilai kecepatan resapan beton berpori untuk pengisian rongga dengan pasir dan penutupan rongga dengan gubalan rumput. Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan mengurangi proporsi agregat halus pada *mix design* beton normal. Proporsi Agregat halus yang dipakai 30% dari proporsi agregat halus untuk beton normal. Dari hasil pengujian diperoleh hasil nilai permeabilitas rata-rata pembuatan benda uji di lapangan lebih besar dibandingkan pembuatan benda uji di lab. Nilai kecepatan resapan tertinggi untuk pengujian tanpa pengisian rongga didapat oleh material batu pecah 2-3 cm dengan memakai cairan aditif sebesar 6,256 (mm/det). Nilai kecepatan resapan tertinggi untuk pengisian rongga dengan pasir didapat oleh material batu pecah 1-2 cm dengan memakai cairan aditif sebesar 2,314 (mm/det). Nilai kecepatan resapan tertinggi untuk penutupan rongga dengan gubalan rumput didapat oleh material batu pecah 1-2 cm dengan memakai cairan aditif sebesar 3,648 (mm/det).

**Kata kunci :** evaluasi drainase beton berpori, permeabilitas metode *falling head permeability test*, kecepatan resapan

## PENDAHULUAN

Beton berpori yang juga dikenal sebagai *pervious concrete* atau *porous concrete* merupakan jenis beton yang memiliki pori-pori atau rongga pada strukturnya, sehingga memungkinkan cairan mengalir melalui rongga-rongga yang terdapat pada beton. Adanya pori-pori pada beton, maka dapat digunakan untuk menyerap limpasan permukaan dan sekaligus menambah cadangan air tanah. Dengan diaplikasikan beton berpori pada bahu jalan maka limpasan air di permukaan jalan diharapkan akan terserap ke dalam tanah, dan dapat berkurangnya debit air pada saluran drainase. Oleh karena itu, untuk membuktikan hal tersebut perlu dilakukan penelitian nilai porositas dan permeabilitas dan kecepatan resapan mengetahui kapasitas beton berpori dalam meloloskan air untuk diresapkan ke dalam tanah dengan metode *falling head water permeability test*.

### Pengertian Beton Berpori

Menurut *American Concrete Institute (ACI) 522R-10 Report on Pervious Concrete* beton berpori dapat di deskripsikan sebagai beton yang memiliki nilai *slump* mendekati nol, yang terbentuk dari semen *portland*, agregat kasar, sedikit agregat halus atau bahkan tidak sama sekali, dan air. Beton berpori adalah beton dengan nilai porositas sebesar 15 – 30 % yang dibuat dari campuran agregat kasar, semen, air, dan sedikit 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 porositas, kecepatan resapan dan permeabilitas yang sesuai dengan karakteristik *pervious concrete*. Dengan diaplikasikan pada bahu jalan maka limpasan air dari jalan diharapkan akan terserap kedalam tanah sehingga beton berpori dapat berfungsi sebagai darainase permukaan, dan dapat berkurangnya debit air pada saluran drainase.

Porositas

Porositas adalah besarnya kadar pori yang terdapat pada beton dan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton. Pori-pori beton biasanya berisi udara atau berisi air yang saling berhubungan dan dinamakan dengan kapiler beton. Kapiler beton akan tetap ada walaupun air yang digunakan telah menguap, sehingga kapiler ini akan mengurangi kepadatan beton yang dihasilkan. Dengan bertambahnya volume pori maka nilai porositas juga akan semakin meningkat dan hal ini memberikan pengaruh buruk terhadap kekuatan beton. Porositas (*Void In Mix*) adalah kandungan udara yang terdapat pada campuran perkerasan, baik yang dapat mengalirkan air maupun yang tidak dapat mengalirkan air. Besarnya porositas dapat dinyatakan dalam persamaan 1

berikut ini:

$$D = \frac{SG_{mix}}{D} \dots\dots\dots [1]$$

$$VIM = (1 - \frac{SG_{mix}}{D}) \dots\dots\dots [2]$$

Dimana:

- VIM = porositas (VIM) *specimen* (%)
- D = *Density* benda uji yang dipadatkan ( gr/cm<sup>3</sup>)
- SG<sub>mix</sub> = *Specific gravity* campuran (gr/cm<sup>3</sup>)

Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemudahan air untuk melewati beton melalui pipa-pipa kapiler yang terdapat pada beton itu sendiri. Permeabilitas dipengaruhi oleh porositas beton. Permeabilitas menjadi penting untuk diketahui karena beton berpori selain berfungsi untuk menahan beban saat digunakan sebagai perkerasan kaku juga berfungsi untuk sarana agar air hujan dapat meresap kelapisan dibawah lapis perkerasan beton berpori. Besarnya nilai permeabilitas ditunjukkan dengan koefisien permeabilitas yaitu kecepatan air melewati beton berpori dalam satu satuan waktu.

Koefisien Permeabilitas dapat dihitung dengan Persamaan 3:

$$k = 2,3 \frac{\alpha L}{At} \times \left[ \log \left( \frac{h_1}{h_2} \right) \right] \dots\dots\dots [3]$$

Dimana,

- k = Koefisien permeabilitas air (cm/s)
- α = Luas potongan melintang tabung (cm<sup>2</sup>)
- L = Tebal spesimen (cm)
- A = Luas potongan melintang spesimen (cm<sup>2</sup>)
- t = Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari h<sub>1</sub> ke h<sub>2</sub> (s)
- h<sub>1</sub> = Tinggi batas air paling atas pada tabung (cm)
- h<sub>2</sub> =Tinggi batas air paling bawah pada tabung (cm)

**METODE PENELITIAN**

Sebelum melakukan penelitian di laboratorium maka peneliti menyiapkan alat dan bahan. Melakukan uji agregat untuk mengetahui kelayakan agregat. Membuat adukan beton dengan *mix design* dari Rochim (2014) menggunakan komposisi 30% pasir dengan penggunaan fas 0,45. Membuat benda uji permeabilitas dan porositas. Melakukan pengujian porositas dan permeabilitas untuk benda uji lab. Kemudian pengaplikasian beton berpori pada jalan lingkungan di Desa Kadokan dan melakukan pengujian kecepatan resapan. Melakukan analisis data hasil pengujian untuk mendapatkan kesimpulan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti pada

penelitian. Pada tahap akhir peneliti melakukan pengambilan kesimpulan dan saran dari analisis pengujian yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

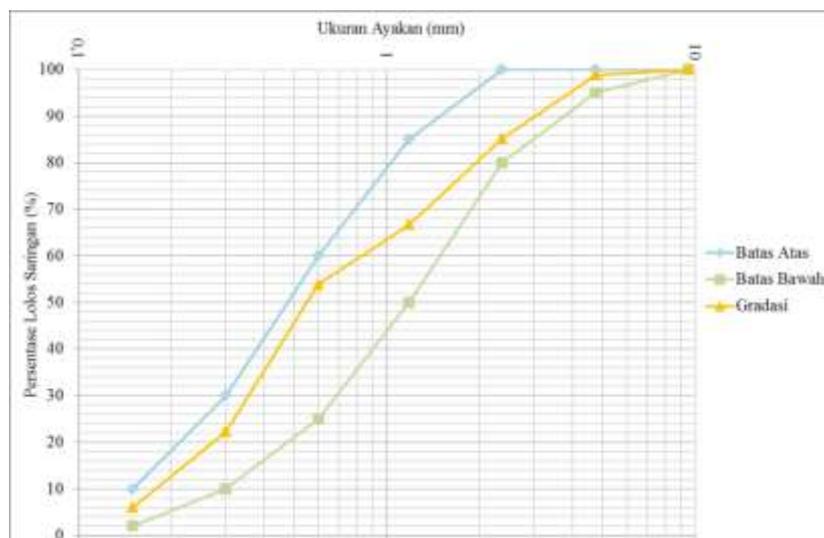
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Bahan Dasar

Bahan dasar yang di uji dalam penelitian ini adalah agregat kasar kerikil dan agregat halus pasir, sementara untuk semen tidak dilakukan pengujian dimana menggunakan PCC.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat halus

Jenis pengujian	Hasil pengujian	Standar	Kesimpulan
<i>Bulk specific gravity SSD</i>	2,67 gr/cm <sup>3</sup>	2,5-2,7	Memenuhi Syarat
Kandungan Zat Organik	Kuning Muda	Jernih atau kuning muda	Memenuhi syarat
Kandungan Lumpur	2 %	Maksimum 5 %	Memenuhi syarat
<i>Absorbtion</i>	0,60 %	-	-



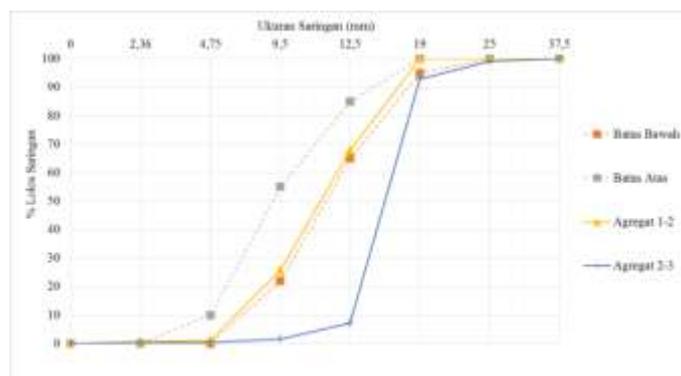
Gambar 1. Grafik Gradasi Agregat Halus

Dalam Gambar 1 menjelaskan hasil pengujian gradasi agregat halus yang digunakan masih memenuhi syarat batas dari ASTM C-33.

Pengujian terhadap agregat kasar seragam ukuran 1-2 cm (batu pecah) dan 2-3 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	Kesimpulan
<i>Bulk specific gravity SSD</i>	2,69 gr/cm <sup>3</sup>	2,5-2,7	Memenuhi syarat
<i>Absorbtion</i>	0,83 %	-	-
Abrasi	27,24 %	Maksimum 50 %	Memenuhi syarat
Absorsi Lapis Semen	10,248 %	-	-



Gambar 2. Grafik Gradasi Agregat Kasar

Pembuatan beton berpori menggunakan material batu pecah 1-2 cm dan 2-3 cm 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.

### Analisa Data Hasil Perhitungan

#### Hasil Pengujian Porositas

Porositas (*Void In Mix*) merupakan volume pori dalam campuran yang telah dipadatkan atau banyaknya rongga udara yang berada dalam campuran beton berpori. Adapun komposisi berat tiap masing-masing agregrat dapat dilihat dalam Tabel 3. Variasi benda uji porositas yaitu, material batu pecah 1-2 cm memakai aditif dan tanpa aditif, material batu pecah 2-3 cm memakai aditif dan tanpa aditif.

Tabel 3 Komposisi Beton Berpori 3 Benda Uji Silinder Diameter=10,16 cm, t= 6,5 cm

% Pasir	Berat (kg)			Total	W. Agg kasar (%)	W. Agg halus (%)	W.semen (%) Pasir
	Pasir	Batu Pecah	Semen				
30	0,274	2,635	0,474	3,383	77,892	8,100	14,008

Tabel 4. Hasil Pengujian Perhitungan Porositas Benda Uji Lab Berdasarkan Metode VIM

Nomor Benda Uji	Berat SSD (gram)	Berat di dalam air (gram)	Volume (cm <sup>3</sup> )	SGmix	Porositas (%)	Porositas Rata-rata (%)
TA <sub>2</sub> 1-2	1.210	535,50	656,50	2,718	33,639	34,539
TA <sub>3</sub> 1-2	1.189	669,00	669,00	2,718	35,979	
TA <sub>1</sub> 2-3	1.274	613,00	661,00	2,718	30,528	
TA <sub>2</sub> 2-3	1.182	542,00	640,00	2,718	33,480	30,999
TA <sub>3</sub> 2-3	1.209	596,00	613,00	2,718	28,990	
DA <sub>1</sub> 1-2	1.266	607,50	658,50	2,718	30,767	
DA <sub>2</sub> 1-2	1.220	585,50	634,50	2,718	30,700	31,179
DA <sub>3</sub> 1-2	1.227	577,00	650,00	2,718	32,069	
DA <sub>1</sub> 2-3	1.206	536,00	670,00	2,718	35,196	
DA <sub>2</sub> 2-3	1.199	552,00	647,00	2,718	33,233	33,193
DA <sub>3</sub> 2-3	1.230	586,00	644,00	2,718	31,151	

Tabel 5. Hasil Pengujian Perhitungan Porositas Benda Uji Lapangan Berdasarkan Metode VIM

Nomor Benda Uji	Berat SSD (gram)	Berat di dalam air (gram)	Volume (cm <sup>3</sup> )	SGmix	Porositas (%)	Porositas Rata-rata (%)
TA <sub>2</sub> 1-2	1.164	514	650	2,718	35,579	36,273
TA <sub>3</sub> 1-2	1.147	484	663	2,718	37,786	
TA <sub>1</sub> 2-3	1.194	530	664	2,718	35,220	
TA <sub>2</sub> 2-3	1.122	487	635	2,718	36,491	36,171
TA <sub>3</sub> 2-3	1.152	497	655	2,718	36,801	

DA <sub>1</sub> 1-2	1.183	523	660	2,718	35,440	
DA <sub>2</sub> 1-2	1.209	538	671	2,718	35,183	35,631
DA <sub>3</sub> 1-2	1.132	494	638	2,718	36,271	
DA <sub>1</sub> 2-3	1.161	506	655	2,718	36,239	
DA <sub>2</sub> 2-3	1.121	493	628	2,718	35,783	35,945
DA <sub>3</sub> 2-3	1.201	528	673	2,718	35,813	

Keterangan :

TA 1-2 = Benda uji material batu pecah 1-2 cm tanpa cairan aditif

TA 2-3 = Benda uji material batu pecah 2-3 cm tanpa cairan aditif

DA 1-2 = Benda uji material batu pecah 1-2 cm memakai cairan aditif

DA 2-3 = Benda uji material batu pecah 2-3 cm memakai cairan aditif

Selanjutnya dilakukan uji permeabilitas untuk mengetahui nilai koefisien permeabilitas antara pembuatan benda uji di lab dan di lapangan.

### Hasil Pengujian Permeabilitas

Pengujian permeabilitas pada penelitian ini menggunakan prinsip *falling head permeability*. Benda uji yang dipakai untuk pengujian permeabilitas adalah *pervious concrete* ukuran diameter 10,16 cm dan tinggi 6,5 cm. Benda uji yang digunakan untuk pengujian permeabilitas sama dengan benda uji pada pengujian porositas. Hasil pengujian permeabilitas disajikan dalam Tabel 5 ; Tabel 8

Tabel 5. Hasil Pengujian Permeabilitas Vertikal di Lab

Kode Benda Uji	Koefisien Permeabilitas (mm/dt)
TA 1-2	3,858
TA 2-3	3,718
DA 1-2	2,796
DA 2-3	3,945

Tabel 6. Hasil Pengujian Permeabilitas Horisontal di Lab

Kode Benda Uji	Koefisien Permeabilitas (mm/dt)
TA 1-2	14,012
TA 2-3	13,721
DA 1-2	11,621
DA 2-3	14,108

Tabel 7. Hasil Pengujian Permeabilitas Vertikal di Lapangan

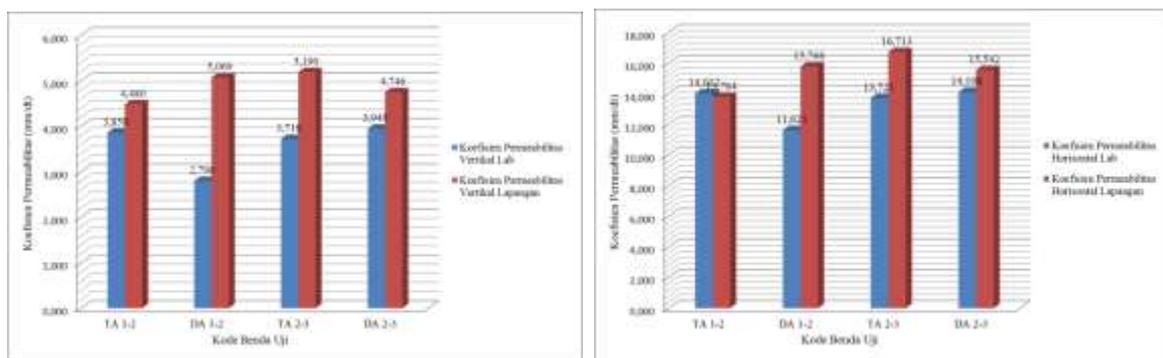
Kode Benda Uji	Koefisien Permeabilitas (mm/dt)
TA 1-2	4,480
TA 2-3	5,190
DA 1-2	5,069
DA 2-3	4,746

Tabel 8. Hasil Pengujian Permeabilitas Horisontal di Lapangan

Kode Benda Uji	Koefisien Permeabilitas
----------------	-------------------------

	(mm/dt)
TA 1-2	13,784
TA 2-3	16,713
DA 1-2	15,768
DA 2-3	15,542

Dari Tabel 5 sampai Tabel 8 dapat dilihat perbandingan nilai koefisien permeabilitas horisontal dan vertikal antara benda uji lab dan lapangan. Perbandingan nilai permeabilitas horisontal dan vertikal disajikan dalam bentuk grafik batang, seperti pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Perbandingan nilai koefisien permeabilitas horisontal dan vertikal

Dari Gambar 3 menjelaskan bahwa pembuatan benda uji di lapangan diperoleh nilai koefisien permeabilitas vertikal maupun horisontal yang lebih besar, dibandingkan dengan pembuatan benda uji di lab.

### Hasil Pengujian Kecepatan Resapan

Pengujian kecepatan resapan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan prinsip *falling head permeability*. Benda uji yang dipakai untuk pengujian ini adalah pengaplikasian beton berpori pada bahu jalan di lingkungan Desa Kadokan. Variasi pengujian kecepatan resapan yaitu berdasarkan pengisian rongga yaitu tanpa pengisian rongga, pengisian rongga dengan pasir dan penutupan rongga dengan gubalan rumput. Benda uji kecepatan resapan pada pengaplikasian beton di bahu jalan disajikan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Benda Uji Kecepatan Resapan

Hasil pengujian kecepatan resapan disajikan dalam Tabel 9 ; Tabel 11

**Tabel 9.** Hasil Pengujian Kecepatan Resapan Tanpa Isian Rongga

Kode Benda Uji	Kecepatan Resapan (mm/dt)
TA 1-2	5,361
TA 2-3	4,229
DA 1-2	4,485
DA 2-3	6,256

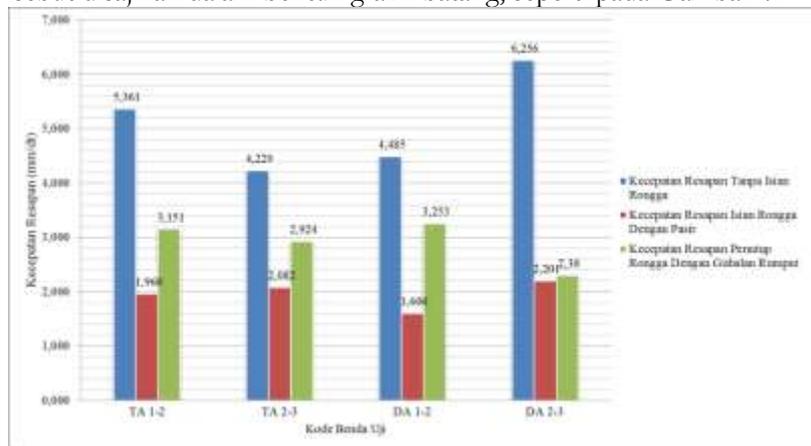
**Tabel 10.** Hasil Pengujian Kecepatan Resapan Isian Rongga Dengan Pasir

Kode Benda Uji	Kecepatan Resapan (mm/dt)
TA 1-2	1,960
TA 2-3	2,314
DA 1-2	1,297
DA 2-3	1,586

Tabel 11. Hasil Pengujian Kecepatan Resapan Penutup Rongga Dengan Gubalan Rumput

Kode Benda Uji	Kecepatan Resapan (mm/dt)
TA 1-2	3,151
TA 2-3	3,648
DA 1-2	2,155
DA 2-3	2,542

Dari hasil perhitungan di atas dapat dibandingkan nilai kecepatan resapan yang menggunakan variasi tanpa pengisi rongga, pengisi rongga dengan pasir, dan penutup rongga dengan gubalan rumput. Perbandingan nilai kecepatan resapan tersebut disajikan dalam bentuk grafik batang, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Pengujian Kecepatan Resapan di Lapangan

Dari Gambar 4 di atas dapat dilihat bahwa kecepatan resapan beton berpori tanpa pengisian rongga pori memberikan nilai kecepatan resapan paling besar, karena tidak ada hambatan pada rongga-rongga untuk meloloskan air.

## SIMPULAN

1. Ditinjau dari hasil pengujian permeabilitas vertikal maupun horisontal, diperoleh nilai koefisien permeabilitas pembuatan benda uji di lapangan lebih besar dibandingkan dengan pembuatan benda uji di laboratorium.
2. Hasil pengujian pada permeabilitas vertikal untuk benda uji di lapangan dengan material batu pecah 1-2 cm dengan memakai cairan aditif dibandingkan dengan tanpa cairan aditif adalah 5,069 (mm/det) : 4,480 (mm/det). Sedangkan untuk material batu pecah 2-3 cm dengan memakai cairan aditif dibandingkan dengan tanpa cairan aditif adalah 4,746 (mm/det) : 5,190 (mm/det).
3. Hasil pengujian pada permeabilitas horisontal untuk benda uji di lapangan dengan material batu pecah 1-2 cm dengan memakai cairan aditif dibandingkan dengan tanpa cairan aditif adalah 15,768 (mm/det) : 13,748 (mm/det). Sedangkan untuk material batu pecah 2-3 cm dengan memakai cairan aditif dibandingkan dengan tanpa cairan aditif adalah 15,542 (mm/det) : 16,713 (mm/det).
4. Hasil nilai kecepatan resapan pada pengujian tanpa pengisian rongga dengan material batu pecah 1-2 cm dengan memakai cairan aditif dibandingkan dengan tanpa cairan aditif adalah 4,484 (mm/det) : 5,361 (mm/det). Sedangkan untuk material batu pecah 2-3 cm dengan memakai cairan aditif dibandingkan dengan tanpa cairan aditif adalah 6,256 (mm/det) : 4,229 (mm/det). Kecepatan resapan tertinggi didapat oleh material batu pecah 2-3 cm dengan memakai cairan aditif sebesar 6,256 (mm/det).
5. Ditinjau dari hasil pengujian kecepatan resapan, diperoleh nilai kecepatan resapan untuk penutupan rongga dengan gubalan rumput lebih besar dibandingkan dengan pengisian rongga dengan pasir.

6. Pada pengujian kecepatan resapan untuk pengisian rongga dengan pasir dengan material batu pecah 1-2 cm dengan memakai cairan aditif dibandingkan dengan tanpa cairan aditif adalah 1,606 (mm/det) : 1,960 (mm/det). Sedangkan untuk material batu pecah 2-3 cm dengan memakai cairan aditif dibandingkan dengan tanpa cairan aditif adalah 2,201 (mm/det) : 2,082 (mm/det). Kecepatan resapan tertinggi didapat oleh material batu pecah 2-3 cm dengan memakai cairan aditif sebesar 2,201 (mm/det).
7. Pada pengujian kecepatan resapan untuk penutupan rongga dengan gubalan rumput dengan material batu pecah 1-2 cm dengan memakai cairan aditif dibandingkan dengan tanpa cairan aditif adalah 3,253 (mm/det) : 2,057 (mm/det). Sedangkan untuk material batu pecah 2-3 cm dengan memakai cairan aditif dibandingkan dengan tanpa cairan aditif adalah 2,300 (mm/det) : 2,924 (mm/det). Kecepatan resapan tertinggi didapat oleh material batu pecah 1-2 cm dengan memakai cairan aditif sebesar 3,253 (mm/det).

## TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kepada dosen pembimbing skripsi Ir. Ary Setyawan, M.Sc., Ph.D. dan Dr. Ir. Arif Budiarto, MT, yang telah membimbing saya hingga selesainya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute committee 522, *Pervious Concrete*, 522R-10, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, <http://www.concrete.org>
- Aoki, Y., 2009, *Development Of Pervious Concrete*, Engineering and Information Technology, University of Technology, Sydney.
- Caldwell, W. L., 1934, *U.S. Patent No. 1,954,117*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Ferguson, B.K., 2005, *Porous pavements / (Integrative studies in water management and land development; ISBN 0-8493-2670-2*, Taylor & Francis, London ACI 522-010. (2010). Report On Pervious Concrete. American Concrete Institute
- Karthik, H.O., 2007, "Pervious concrete for sustainable development," in *Proc. 1<sup>st</sup> Int.Conf. on recent Advances in Concrete Technology*, Washington DC.
- Murdock, L.J., and Brook, K.M., 1999. *Bahan dan praktek beton*, Erlangga, Jakarta
- Neville, A.M., 1995. *Properties of Concrete*. London: the English Language Book Society and Pitman Publishing.
- Prasetyaningrum, I.M., 2014, *Pengaruh Agregat Limbah Gerabah Pada Susut Beton Normal dan Beton Pervious di Lingkungan Kering dan Basah*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Rochim, 2014, *Pengaruh Pengisian Rongga Pada Perkerasan Beton Berpori Terhadap Permeabilitas, Kecepatan Resapan, dan Kuat Tekan*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Suripin, 2004, *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Andi, Yogyakarta.
- SK SNI T-15-1990-03, *Tata cara Perhitungan Struktur Beton*.
- SNI 03-1968-1990, *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*, Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1970-1990, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*, Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-2816-1992, *Metode Pengujian Kotoran Organik Dalam Pasir Untuk Campuran Mortar atau Beton*, Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 2417:2008, *Cara Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*, Badan Standardisasi Nasional.
- Tennis P.D., Leming, M.L., And Akers D.J., 2004, *Pervious Concrete Pavements*. Portland Cement Association, Skokie, Illinois, and National Ready Mixed Concrete Association: Silver Spring.
- Tjokrodimulyo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Arif, Yogyakarta.
- Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L., and Ye, K., 2007, *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*. Pearson Education, Eighth Edition, London.