

## EVALUASI SIFAT MEKANIK DAN HIDRAULIK BETON POROUS DENGAN VARIASI CAMPURAN

Agung Setiawan<sup>1\*</sup>,

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purworejo

Jl. K. H. Ahmad Dahlan No. 3, Purworejo, Jawa Tengah

\*Email: agungsetiawan@umpwr.ac.id

### Abstrak

Beton konvensional yang digunakan untuk lapis permukaan halaman rumah, jalan lingkungan, area parkir dan tempat pejalan kaki dapat berdampak risiko peningkatan limpasan permukaan. Dampak langsung peningkatan limpasan permukaan akan menyebabkan potensi genangan air hujan dan menyebabkan banjir serta berkurangnya infiltrasi. Salah satu upaya mengurangi limpasan dan memperbesar infiltrasi air hujan adalah dengan menggunakan beton porous. Penelitian ini bertujuan menginvestigasi karakteristik kuat tekan, infiltrasi dan permeabilitas dengan variasi campuran komposisi semen dengan agregat. Dalam penelitian ini digunakan 4 (empat) perbandingan campuran semen dengan agregat, dan faktor air semen sebagai berikut: 1: 5, 1: 6, 1: 7 dan 1: 8 serta faktor air semen 0,4. Setiap komposisi dibuat 5 benda uji silinder untuk uji kuat tekan, 2 benda uji infiltrasi dan uji konduktivitas hidraulik silinder diameter 6 inch dan tinggi 20 cm. Metode pengujian infiltrasi dan konduktivitas hidraulik menggunakan peralatan modifikasi ASTM C1701.

Komposisi campuran semen dengan agregat beton porous yang menghasilkan kuat tekan tertinggi sebesar 5,41 M.Pa adalah 1 : 5. Komposisi campuran 1 : 8 menghasilkan sifat hidraulik infiltrasi 1,01 cm/detik dan konduktivitas hidraulik 5,80 cm/detik. Kuat tekan beton porous mengalami penurunan dengan bertambah besar perbandingan semen dengan agregat sebaliknya karakteristik hidraulik infiltrasi dan konduktivitas hidraulik mengalami kenaikan.

**Kata kunci:** beton porous, kuat tekan, infiltrasi, konduktivitas hidraulik

### PENDAHULUAN

Beton porous merupakan salah satu jenis beton ringan karena tidak adanya agregat halus dalam komponen pembentuk utamanya. Kuat tekan beton porous kecil karena tidak adanya agregat halus, tetapi mempunyai sifat dapat dilewati air. Sifat lolos air memberi keuntungan beton porous sebagai alternatif pengurangan limpasan permukaan dan imbunan air tanah. Penelitian beton porous semakin mendapat perhatian untuk mendapatkan sifat mekanis dan sifat hidraulik yang lebih baik. Perbandingan semen dengan agregat pada campuran beton porous akan mempengaruhi sifat mekanis dan hidraulik.

Material penyusun beton porous yang hanya menggunakan semen dan air untuk menyelimuti butir agregat berakibat pada kecilnya kuat tekan. (Khonado & Hieryco Manalip, 2019) menyatakan pengertian kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat, air.

Kuat tekan beton porous berkisar antara 2,8 – 28 MPa. Persyaratan standar mengenai mutu beton berpori belum ada pada SNI. Penambahan agregat halus akan menurunkan permeabilitas tetapi akan meningkatkan kuat tekan. Standar permeabilitas menurut UNI EN 12697-40 berkisar  $5.78 \times 10^{-3}$  sampai dengan  $2.69 \times 10^{-2}$  m/s (ACI, 2010).

(Peiliang, et.al., 2020) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan beton porous dengan kekuatan tinggi. Metode penelitian dengan menggabungkan praktik disain umum dan konsep disain penggunaan pasta semen rendah, peningkatan homogenitas dan perbaikan ikatan antar agregat. Properties mekanik dari beton porous tergantung dari 3 (tiga) aspek yaitu: pasta semen, agregat dan karakteristik ikatan antara pasta semen dengan agregat. Ukuran agregat yang lebih kecil 3 mm lebih besar kuat tekannya karena pasta semen lebih cukup menyelimuti permukaan agregat.

Penggunaan rasio semen dengan agregat 1:6 pada beton non pasir dengan agregat lokal dari Merak, memberikan hasil nilai kuat tekan dan kuat lentur tertinggi yang masing-masing sebesar 3,712 MPa. Sedangkan untuk nilai daya serap air, nilai terbesar terdapat pada rasio semen agregat 1 : 4

sebesar 4,775 %. Proporsi optimum pada penelitian ini adalah perbandingan semen dengan agregat 1:6 (Darwis, dkk., 2017).

Penggunaan faktor air semen lebih tinggi dari 0,45 mengakibatkan pasta semen menjadi terlalu cair, dan akan mengalir meninggalkan agregat dan menyebabkan pengendapan pasta semen di dasar. Dengan faktor air semen yang lebih rendah dari 0,45 pasta tidak akan cukup untuk melapisi agregat. Faktor air semen optimum memungkinkan pasta semen untuk melapisi agregat secara seragam. (Ginting, 2015). Penelitian ini bertujuan menginvestigasi karakteristik kuat tekan, infiltrasi dan permeabilitas dengan variasi campuran komposisi semen dibanding agregat.

## METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental yaitu dengan melakukan percobaan uji tekan pada sampel silinder beton porous, uji infiltrasi dan permeabilitas di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

### Pembuatan Benda Uji

Benda uji untuk kuat tekan berbentuk silinder dimensi diameter 150 mm tinggi 300 mm. Benda uji untuk test infiltrasi dan permeabilitas berbentuk silinder diameter 6 inch tinggi 20 cm. Variasi komposisi campuran beton porous adalah sebagai berikut.

- a. 1 (semen) : 5 (agregat),
- b. 1 (semen) : 6 (agregat),
- c. 1 (semen) : 7 (agregat),
- d. 1 (semen) : 8 (agregat).

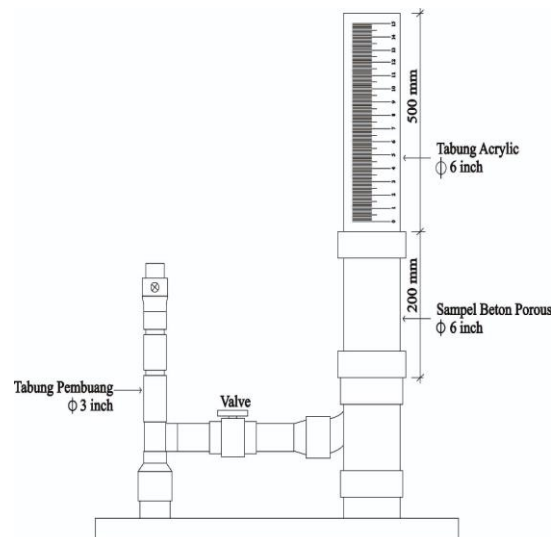
Untuk waktu pengujian dilakukan setelah sampel beton porous 28 hari. Variabel-variabel dalam penelitian ini terbagi menjadi tiga jenis yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab perubahan timbulnya variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi komposisi campuran beton porous. Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi, dan menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam hal ini adalah hasil uji kuat tekan, infiltrasi dan permeabilitas beton porous. Variabel kontrol adalah variabel yang terkendali atau dibuat konstan. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah dimensi sampel beton porous, tipe semen yang digunakan, jenis agregat, faktor air semen, cara pembuatan dan perawatan benda uji

### Pengujian Infiltrasi dan Permeabilitas

Pengujian infiltrasi dan permeabilitas dilakukan untuk mendapatkan kinerja beton porous dalam meloloskan air. Peralatan yang digunakan dalam Gambar 1. di bawah ini

Pengujian infiltrasi dilakukan dengan cara menuangkan volume air tertentu ke permukaan sampel beton porous dan diukur waktunya. Tahapan pengujian permeabilitas Metode *Falling Head* sebagai berikut:

- a. Sampel beton porous diletakkan di bawah tabung *acrylic* terikat dengan lapis karet agar tidak terjadi rembesan air.
- b. Tabung *acrylic* diisi air sampai ketinggian tertentu ( $h_0$ ) dan sampel kondisi jenuh.
- c. Keran air dibuka sampai terjadi beda tinggi kurang lebih 150 mm, keran air ditutup diukur waktu penurunannya.



Gambar 1. Alat Pengujian Konduktivitas Hidraulik.

### Infiltrasi

Infiltrasi adalah aliran air dari permukaan tanah ke dalam tanah. Pengujian infiltrasi beton porous merujuk ASTM C1701 (Nassiri, dkk., 2017) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I = \frac{4V}{D^2\pi t} \quad (1)$$

dengan

- I = Infiltrasi (cm/s)
- V = Volume air (cm<sup>3</sup>)
- D = Diameter sampel (cm)
- t = Waktu air surut (detik)

### Konduktivitas Hidraulik

Untuk mengukur konduktivitas hidraulik beton porous menggunakan metode *falling head permeability*. Sampel beton porous dicetak dalam bentuk silinder dengan diameter 6 inch dan tinggi 20 cm. Tabung pengukur didirikan di atas sampel. Tabung pengukur diisi air ketinggian tertentu dan sampel kondisi jenuh. Keran dibuka dan dicatat perubahan tinggi muka air dan waktunya. Persamaan konduktivitas hidraulik. (Hardiyatmo, 2018)

$$K = 2,303 \frac{\alpha L}{A\Delta t} \log \frac{h_0}{h_1} \quad (2)$$

dengan

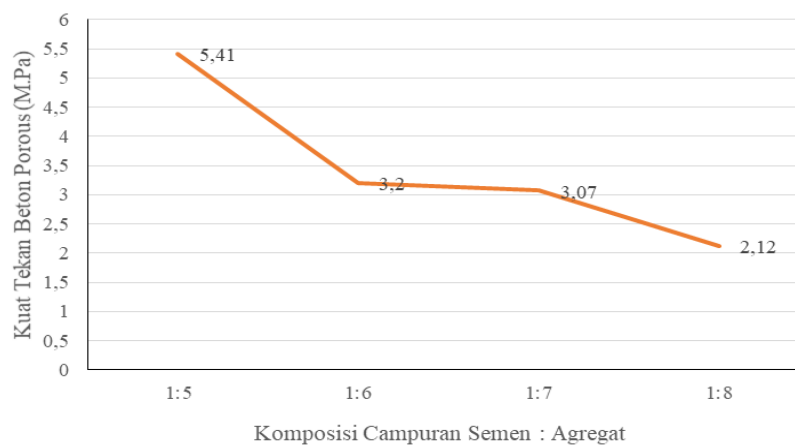
- K = Konduktivitas Hidraulik (cm/s)
- L = tebal sampel (cm)
- $\alpha$  = luas tabung air (cm<sup>2</sup>)
- A = luas sampel (cm<sup>2</sup>)
- $h_0$  = tinggi muka air awal tabung (cm)
- $h_1$  = tinggi muka air akhir tabung (cm)
- $\Delta t$  = interval waktu pengukuran (detik)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

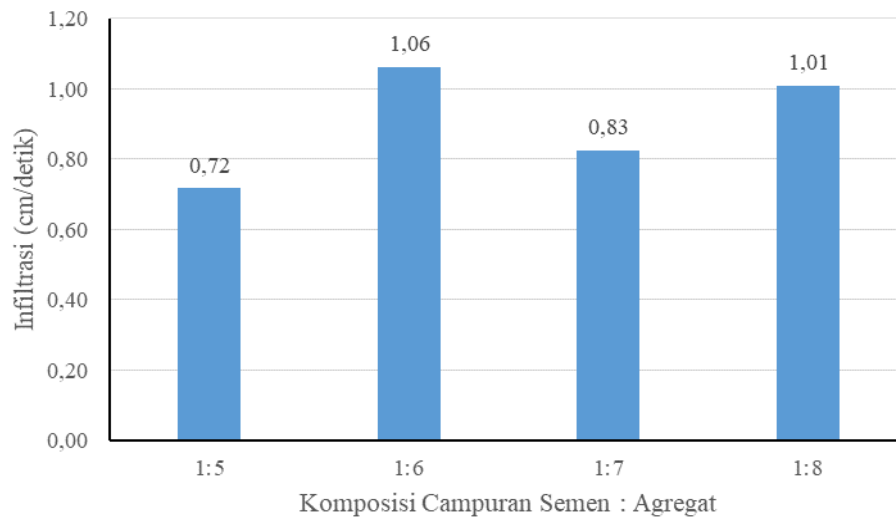
Pengujian kuat tekan beton porous dilakukan pada umur 28 hari. Hasil kuat tekan untuk beberapa variasi komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 1. dan Gambar 2.

**Tabel 1. Kuat tekan beton porous**

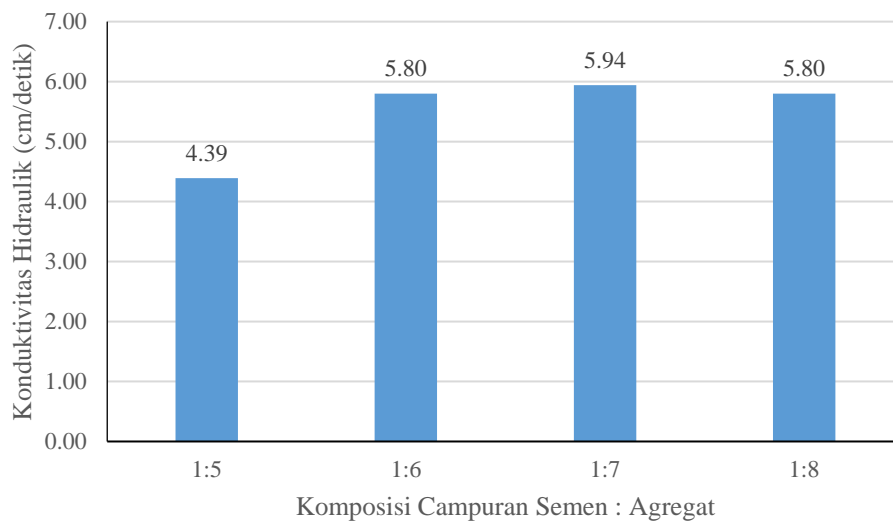
Komposisi Semen : Agregat	Kuat Tekan (MPa)	Rerata Kuat Tekan (MPa)
<b>1 : 5</b>		
BP5.1	5,93	
BP5.2	4,90	
BP5.3	5,58	5,41
BP5.4	5,01	
BP5.5	5,61	
<b>1 : 6</b>		
BP6.1	2,38	
BP6.2	2,99	
BP6.3	3,27	3,20
BP6.4	4,31	
BP6.5	3,05	
<b>1 : 7</b>		
BP7.1	3,45	
BP7.2	3,15	
BP7.3	3,96	3,07
BP7.4	1,17	
BP7.5	3,60	
<b>1 : 8</b>		
BP8.1	2,54	
BP8.2	2,60	
BP8.3	2,95	2,12
BP8.4	1,42	
BP8.5	1,10	

**Gambar 2. Kuat tekan beton porous terhadap komposisi campuran semen : agregat****Tabel 2. Infiltrasi dan konduktivitas hidraulik beton porous**

Komposisi Semen : Agregat	Infiltrasi (cm/dtk)	Konduktivitas Hidraulik (cm/dtk)
1 : 5	0,72	4,39
1 : 6	1,06	5,80
1 : 7	0,83	5,94
1 : 8	1,01	5,80



**Gambar 3. Infiltrasi beton porous terhadap komposisi campuran semen : agregat**



**Gambar 4. Konduktivitas hidraulik beton porous terhadap komposisi campuran semen : agregat**

Hasil uji kuat tekan beton porous menunjukkan bahwa semakin besar perbandingan campuran semen dengan agregat semakin menurun kuat tekan. Kondisi ini diakibatkan pasta semen yang menyelimuti permukaan butiran semakin sedikit. Hal ini berakibat kekuatan ikatan antar butiran agregat menjadi berkurang. Karakteristik hidraulik yaitu infiltrasi dan konduktivitas hidraulik akan mengalami kenaikan seiring dengan bertambah besar perbandingan semen dengan agregat. Hal ini diakibatkan pasta semen yang mengisi rongga antar butir agregat berkurang.

## KESIMPULAN

Hasil pengujian beton porous dengan beberapa variasi komposisi campuran semen dan agregat dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Karakteristik mekanik, kuat tekan beton porous terbesar adalah komposisi campuran semen dan agregat 1 : 8 sebesar 5,41 M.Pa.
2. Karakteristik hidraulik komposisi campuran semen dan agregat 1 : 8, infiltrasi sebesar 1,01 cm/detik dan konduktivitas hidraulik 5,80 cm/detik.

3. Semakin besar perbandingan semen dengan agregat maka kuat tekan semakin berkurang, kemampuan meloloskan air semakin besar. Kuat tekan, infiltrasi dan konduktivitas hidraulik masih memadai.

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI. (2010). *Report on Pervious Concrete ACI 522R-10*. American Concrete Institute, Farmington Hills.
- ASTM C 1701 (2009). Standard Test Method for Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete ASTM International.
- Darwis, Z., Baehaki, & Supriyadi, H. (2017). *Beton Non-Pasir dengan Penggunaan Agregat Lokal Dari Merak. Jurnal Fondasi, Volume 6 No 1*.
- Ginting, A. (2015). *Kuat Tekan dan porositas beton porous dengan bahan pengisi styrofoam. Jurnal Teknik Sipil, Volume 11( Nomor 2), 76-168*.
- Hardiyatmo, H. C. (2018). *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Khonado, M. F., & Hieryco Manalip, S. E. (2019, Maret). *Kuat Tekan dan Permeabilitas Beton Porous dengan Variasi Ukuran Agregat. Sipil Statik, Vol.7(No.3), 351-358*.
- Kurniadi, E., & Himawan, L. (2019, Maret). *Kajian Kuat Tekan dan Infiltrasi Pada Beton Non Pasir. Jurnal Riset Rekayasa Sipil, 72-78*.
- Megasari, S. W., Yanti, G., & Zainuri. (2020). *Hubungan Karakteristik Beton Porous Dengan Variasi Komposisi Agregat Kasar*. Seminar Nasional Pakar ke 3 , (p. Buku 1: Sains dan Teknologi).
- Peiliang, S., Jian-Xin, L., Haibing, Z., Songhui, L., & Chi Sun, P. (2020, October 214). *Conceptual design and performance evaluation of high strength pervious*. Construction and Building Materials. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121342>
- Yao, A., & Hao Ding, X. Z. ( 1 April 2018). *Optimum Design and Performance of Porous Concrete for*. Hindawi, Advances in Materials Science and Engineering. <https://doi.org/10.1155/2018/7082897>
- Nassiri, S., Rangelov, M., & Chen, Z. (2017). *Preliminary Study to Develop Standard Acceptance Tests for Pervious Concrete*. Washington: Department of Civil and Environmental Engineering.
- Yi Zhang, Hui Li, Ahmed Abdelhady, & Jie Yang. (2020). *Comparative laboratory measurement of pervious concrete permeability using constant-head and falling-head permeameter methods*. Construction and Building Materials. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120614>