

Kajian Beton Porous Menggunakan Agregat 1-2 cm Dengan Pengisi Abu Batu

Siti Nurfaizatu Zahro^{1*}, Agung Setiawan², Eko Riyanto³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purworejo¹²³

sitinurfaizatu@gmail.com*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk: mengetahui pengaruh penambahan abu batu terhadap kuat tekan, infiltrasi, dan permeabilitas beton porous dengan menggunakan ukuran agregat 1-2 cm yang berasal dari Sungai Jali, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah, dan mengetahui komposisi campuran beton porous yang sesuai dengan tambahan abu batu 100% dan fas 0,4 dengan mempertimbangkan *workability* pada beton porous. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Muhammadiyah Purworejo dengan empat variasi perbandingan campuran. Benda uji yang digunakan untuk menguji kuat tekan beton adalah silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300, infiltrasi dan permeabilitas menggunakan cetakan paralon berukuran 6 inci dengan tinggi 200 mm. Hasil pengujian kuat tekan maksimal beton porous dengan penambahan abu batu sebagai filler dapat meningkatkan kuat tekan beton porous sebesar 67,57%, akan tetapi nilai infiltrasi mengalami penurunan sebesar 36,36 % dan permeabilitas 70,11%. Kuat tekan maksimal yang dihasilkan adalah sebesar 7,47 MPa umur beton 28 hari terdapat pada sampel KDA 5 (variasi campuran 1:1:5), dengan hasil nilai infiltrasi 0,28 cm/detik dan permeabilitas 0,84 cm/detik yang di uji pada umur beton 14 hari. Hasil kuat tekan maksimal masuk dalam standar ACI 522R-10 yaitu 2,8-28 MPa dengan hasil permeabilitas 0,84 cm/detik, masuk dalam standar ACI 522R-10 yaitu 0,14-1,22 cm/detik. Semakin besar perbandingan variasi campuran maka nilai kuat tekan semakin kecil, akan tetapi nilai infiltrasi dan permeabilitas semakin besar.

Kata Kunci: Abu Batu, Kuat Tekan, Infiltrasi, Permeabilitas

Abstract. This study aims to: determine the effect of adding stone ash to the compressive strength, infiltration, and permeability of porous concrete using an aggregate size of 1-2 cm originating from the Jali River, Purworejo Regency, Central Java, and knowing the composition of the appropriate porous concrete mixture with the addition of 100% stone ash and 0.4 fas by considering the *workability* of the porous concrete. This study uses an experimental method conducted at the Integrated Laboratory of the University of Muhammadiyah Purworejo with four variations of mixed ratios. The test object used to test the compressive strength of concrete is a concrete cylinder with a diameter of 150 mm and a height of 300, infiltration and permeability using a 6 inch paralon mold with a height of 200 mm. The results of testing the maximum compressive strength of porous concrete with the addition of stone ash as a filler can increase the compressive strength of porous concrete by 67.57%, but the infiltration value has decreased by 36.36% and permeability is 70.11%. The maximum compressive strength produced is 7.47 MPa aged 28 days of concrete found in the KDA 5 sample (mixed variation 1: 1: 5), with the results of an infiltration value of 0.28 cm/second and a permeability of 0.84 cm/second which is test at the age of 14 days of concrete. The maximum compressive strength results are included in the ACI 522R-10 standard, which is 2.8-28 MPa with a permeability result of 0.84 cm/second, which is included in the ACI 522R-10 standard, which

is 0.14-1.22 cm/second. The greater the ratio of the mixture variations, the smaller the compressive strength value, but the greater the infiltration and permeability values.

Keyword: Stone Ash, Compressing Strenght, Infiltration, Permeability

1. Pendahuluan

Pengembangan permukiman di perkotaan mengakibatkan makin berkurangnya daerah resapan air hujan karena meningkatnya perkerasan kedap air. Apabila terjadi hujan dengan intensitas curah yang tinggi dan berlangsung lama, akumulasi air hujan yang terkumpul melampaui kapasitas drainase yang ada. Hal ini sering ditunjukkan dengan terjadinya air yang meluap dari saluran drainase.

Beton porous menjadi salah satu cara untuk mengurangi limpasan permukaan air hujan dan menambah infiltrasi ke dalam tanah. Beton porous yang juga dikenal dengan beton berpori adalah jenis beton khusus dengan porositas tinggi. Beton porous yang dapat dilewati air karena menghilangkan atau hanya menggunakan sedikit agregat halus sehingga meningkatkan celah yang ada. Beton porous memiliki beberapa kelebihan dan juga kekurangan yaitu kuat tekan beton porous lebih rendah dari beton normal. Penggunaannya terbatas pada lalulintas dengan kepadatan rendah. Beton porous secara tradisional digunakan untuk area parkir, di daerah lampu lalu lintas, dan trotoar untuk pejalan kaki (NRMCA, 2004).

Abu batu merupakan limbah dari pembuatan kerajinan batu yang berasal dari batu vulkanik akibat dari letusan Gunung Merapi. Abu batu dihasilkan dari proses penggergajian dari pembuatan kerajinan batu berupa serbuk batu yang tidak dimanfaatkan lagi oleh pemiliknya. Adanya abu batu sebagai material tambah dalam campuran beton diharapkan dapat meningkatkan nilai tekan pada beton.

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian dengan metode eksperimental mengenai kuat tekan, infiltrasi, dan permeabilitas beton porous. Penelitian menggunakan bahan tambah abu batu 100% dari berat semen dengan faktor air semen (fas) 0,40. Dalam pembuatan beton porous menggunakan material lokal yaitu agregat kasar ukuran 1-2 cm yang berasal dari Sungai Jali, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah.

(Khonado, dkk., 2019) melakukan penelitian menggunakan agregat maksimal tertahan ayakan ½". Menghasilkan kuat tekan yang optimum, yakni 15,517 MPa pada usia beton 28 hari. Sedangkan dalam hasil permeabilitas optimum sebesar 2,322 cm/detik.

(Handayani, 2019) melakukan penelitian tentang manfaat limbah abu batu sebagai tambahan material bahan bangunan. Penggunaan abu batu sebagai agregat halus pengganti pasir pada campuran pembuatan beton K-350 tekan optimum yaitu dengan komposisi abu batu sebesar 40% dan komposisi pasir 60%. Penggunaan abu batu sebagai *filler* dalam produksi SCC dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 3,5%, pada penambahan abu batu dengan takaran 25% berat semen.

(Afif & Bale, 2019) melakukan penelitian menggunakan agregat halus dari Merapi, agregat kasar dari Clereng, abu batu dari Watu Telu dan *superplasticizer* berjenis sika *viscocrete* 3115N sebesar 0,6% dari berat semen. Penelitian yang dilakukan menggunakan abu batu sebanyak 0%, 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40% substitusi terhadap agregat halus. Hasil menunjukkan bahwa kuat tekan beton yang optimum terdapat pada campuran beton dengan penggantian abu batu 20% yaitu sebesar 45,44 MPa dan untuk kuat tarik beton yang optimum terdapat pada campuran beton dengan penggantian abu batu 20% sebesar 3,21 MPa.

2. Kajian Teori

2.1 Beton Porous

Berdasarkan *American Concrete Institute (ACI) 522R-06 report on pervious concrete* dalam (Khonado, dkk., 2019) tingkat drainase dari perkerasan beton porous bervariasi sesuai ukuran agregat dan kepadatan campuran. Kombinasi bahan-bahan ini ketika dituang, dipadatkan dan dirawat dengan benar, menghasilkan suatu bahan keras

yang memiliki permeabilitas 81 hingga 730 l/min/m² atau 0,14-1,22 cm/s dengan kekuatan sedang 2,8 hingga 28 MPa. Beton porous memiliki ukuran pori yang lebih besar sehingga memungkinkan adanya celah untuk melewatkan air melalui pori – pori tersebut. Berdasarkan (ACI, 2010) beton porous dapat dijelaskan sebagai beton yang memiliki nilai *slump* sangat kecil hingga mendekati nol, yang terbentuk dari semen, agregat kasar, dengan sedikit atau tidak sama sekali, campuran tambahan (*admixture*), dan air.

2.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton Porous

Beberapa kelebihan dan kekurangan beton porous dalam (Khonado, dkk., 2019) antara lain:

Kelebihan Beton Porous:

1. Manajemen efektif untuk aliran air hujan.
2. Mengurangi kontaminasi di aliran air.
3. Mengisi kembali persediaan air tanah.
4. Mengurangi efek panas bumi.
5. Mengurangi suara rebut akibat interaksi antara ban dan jalan.

Kekurangan Beton Porous

1. Pemakaian terbatas untuk kendaraan berat di lalu lintas padat.
2. Praktik konstruksi khusus.
3. Sensitif terhadap konten air dan kontrol dalam beton segar.
4. Kekurangan metode percobaan yang distandarisasi.
5. Perhatian khusus dan pemeliharaan dalam.
6. Desain untuk tipe tanah tertentu.
7. Perhatian khusus mungkin diperlukan untuk tanah dengan kandungan air tanah yang tinggi.

2.3 Kuat Tekan

Kuat tekan beton merupakan perbandingan besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Berdasarkan SNI 1974:2011 tentang cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder, nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dengan:

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Gaya tekan aksial (N)

A = Luas penampang yang menerima beban (mm²)

Faktor lain yang mempengaruhi kekuatan beton dalam (Wijaya, 2020) yaitu umur beton, faktor air semen (fas) dan kepadatan, jenis semen, sifat agregat, dan jumlah semen. Beton harus dirancang sesuai dengan proporsi campurannya agar menghasilkan suatu kuat tekan rata-rata yang disyaratkan agar memperkecil frekuensi terjadinya beton dengan kuat tekan yang lebih rendah dari f'_c seperti yang telah disyaratkan.

2.4 Infiltrasi

Proses masuknya air dari permukaan ke dalam tanah disebut infiltrasi. Nilai infiltrasi dalam satuan cm/detik berdasarkan acuan ASTM C 1701 dalam (Nassiri, dkk., 2017). Dihitung dengan persamaan:

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

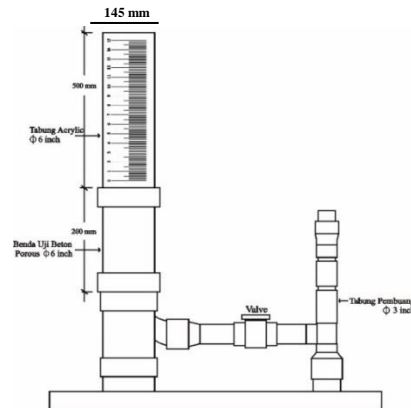
dengan:

I = Infiltrasi (cm/detik)

- V = Volume air (cm³)
- D = Diameter sampel (cm)
- t = Waktu air surut (detik)

2.5 Permeabilitas

Permeabilitas beton adalah kemampuan beton untuk dilalui oleh air dalam kondisi jenuh. Pengujian permeabilitas pada beton porous menggunakan metode *falling head permeability*.



Gambar 1. Set Up Pengujian Permeabilitas

Metode *Falling Head* menurut (Hardiyatmo, 2018) yaitu:

$$K = 2,303 \frac{aL}{At} \log \frac{h_1}{h_2} \quad (3)$$

dengan:

- K = Permeabilitas (cm/detik)
- L = Tinggi sampel (cm)
- a = luas pipa pengukur (cm²)
- A = luas sampel (cm²)
- h₁ = tinggi muka air awal tabung (cm)
- h₂ = tinggi muka air akhir tabung (cm)
- t = waktu pengukuran (detik)

2.6 Porositas

Porositas adalah besarnya persentase ruang-ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada beton dan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton. Adapun rumus untuk menghitung nilai porositas berdasarkan ASTM C 642-06 dalam (Sultan, dkk., 2018) adalah sebagai berikut:

$$\text{Porositas} = \frac{B-C}{B-A} \cdot 100\% \quad (4)$$

dengan:

- A = berat sampel dalam air, W water (gram)
- B = berat sampel kondisi SSD, W saturation (gram)
- C = berat sampel kering oven, W dry (gram)

3. Metode Penelitian

3.1 Material

Bahan atau material yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Semen, semen yang digunakan adalah *Portland Composite Cement (PCC)*.

2. Agregat kasar, yaitu batu pecah (*split*) ukuran 1-2 cm, berasal dari Sungai Jali, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah.
3. Air yang digunakan berasal dari PDAM yang berada di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo.
4. Abu batu yang digunakan merupakan limbah dari penggergajian batu vulkanik di sekitar Kecamatan Cangkringan, Kecamatan Turi, dan Kecamatan Muntilan.

3.2 Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Eksperimental yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan suatu percobaan secara langsung. Persyaratan standar mengenai mutu beton porous belum ada pada SNI. Menggunakan variabel tetap pada penggunaan faktor air semen (*fas*) yaitu 0,4 dari berat semen dan menggunakan bahan tambah abu batu sebanyak 100% dari berat semen. Melakukan uji tekan pada umur 28 hari serta uji infiltrasi dan pemeabilitas pada umur 14 hari. Benda uji kuat tekan beton porous menggunakan silinder beton ukuran 150 mm x 300 mm. Benda uji infiltrasi dan permeabilitas beton porous menggunakan cetakan pipa *Polivynil Chloride* (PVC) diameter 6 inci dengan panjang 200 mm. Rancangan campuran untuk pengujian kuat tekan, pengujian infiltrasi, dan permeabilitas beton dapat dilihat pada tabel 1 dan 2

Tabel 1. Rancangan campuran uji kuat tekan

Kode Sampel	Komposisi Campuran	fas	Umur Pengujian	Jumlah Sampel
KTA 5	1 (semen) : 5 (agregat)	0,4	28 hari	5
KTA 6	1 (semen) : 6 (agregat)	0,4	28 hari	5
KTA 7	1 (semen) : 7 (agregat)	0,4	28 hari	5
KTA 8	1 (semen) : 8 (agregat)	0,4	28 hari	5
KDA 5	1 (semen) : 1 (abu batu) : 5 (agregat)	0,4	28 hari	5
KDA 6	1 (semen) : 1 (abu batu) : 6 (agregat)	0,4	28 hari	5
KDA 7	1 (semen) : 1 (abu batu) : 7 (agregat)	0,4	28 hari	5
KDA 8	1 (semen) : 1 (abu batu) : 8 (agregat)	0,4	28 hari	5

Sumber: Hasil Rancangan

Tabel 2. Rancangan campuran uji infiltrasi dan permeabilitas

Kode Sampel	Komposisi Campuran	fas	Umur Pengujian	Jumlah Sampel
PTA 5	1 (semen) : 5 (agregat)	0,4	14 hari	2
PTA 6	1 (semen) : 6 (agregat)	0,4	14 hari	2
PTA 7	1 (semen) : 7 (agregat)	0,4	14 hari	2
PTA 8	1 (semen) : 8 (agregat)	0,4	14 hari	2
PDA 5	1 (semen) : 1 (abu batu) : 5 (agregat)	0,4	14 hari	2
PDA 6	1 (semen) : 1 (abu batu) : 6 (agregat)	0,4	14 hari	2
PDA 7	1 (semen) : 1 (abu batu) : 7 (agregat)	0,4	14 hari	2
PDA 8	1 (semen) : 1 (abu batu) : 8 (agregat)	0,4	14 hari	2

Sumber: Hasil Rancangan

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Porous

Hasil pengujian kuat tekan beton porous umur 28 hari tanpa dan dengan bahan tambah abu batu pada berbagai variasi campuran terlihat pada Tabel 3 dan 4 berikut ini:

Tabel 3. Rerata uji kuat tekan beton porous tanpa abu batu umur 28 hari

Kode Sampel	Beban (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata Kuat Tekan (MPa)	Standar Deviasi
KTA 5 (1)	77,5	4,39		
KTA 5 (2)	76,6	4,33		
KTA 5 (3)	73,5	4,16	4,44	0,23
KTA 5 (4)	84,2	4,76		
KTA 5 (5)	80,8	4,57		
KTA 6 (1)	64	3,62		
KTA 6 (2)	70,7	4,00		
KTA 6 (3)	64,7	3,66	3,90	0,24
KTA 6 (4)	73	4,13		
KTA 6 (5)	72,2	4,09		
KTA 7 (1)	65,3	3,70		
KTA 7 (2)	64,5	3,65		
KTA 7 (3)	62,3	3,53	3,56	0,11
KTA 7 (4)	60,5	3,42		
KTA 7 (5)	61,7	3,49		
KTA 8 (1)	53,5	3,03		
KTA 8 (2)	49,7	2,81		
KTA 8 (3)	52,1	2,95	2,89	0,14
KTA 8 (4)	47,50	2,69		
KTA 8 (5)	52,5	2,97		

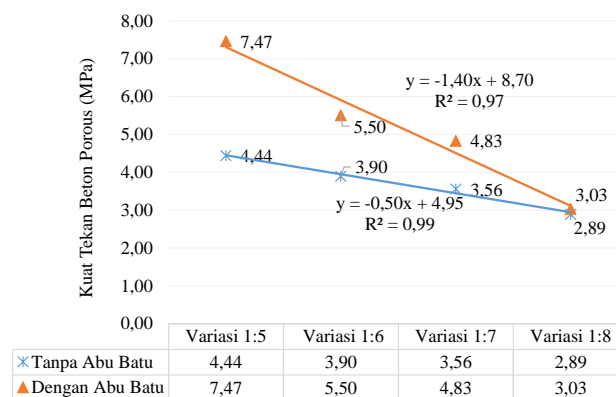
Sumber: Hasil Pengujian

Tabel 4. Rerata uji kuat tekan beton porous dengan pengisi abu batu umur 28 hari

Kode Sampel	Beban (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata Kuat Tekan (MPa)	Standar Deviasi
KDA 5 (1)	137,4	7,78		
KDA 5 (2)	90,9	5,14		
KDA 5 (3)	162	9,17	7,47	1,93
KDA 5 (4)	103	5,83		
KDA 5 (5)	166,4	9,42		
KDA 6 (1)	112,1	6,34		
KDA 6 (2)	90,4	5,12		
KDA 6 (3)	82,7	4,68	5,50	0,87
KDA 6 (4)	85,6	4,84		
KDA 6 (5)	115,4	6,53		
KDA 6 (5)	115,4	6,53		
KDA 7 (1)	81,6	4,62		
KDA 7 (2)	98,6	5,58		
KDA 7 (3)	81,5	4,61	4,83	0,44
KDA 7 (4)	85,7	4,85		

Kode Sampel	Beban (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rerata Kuat Tekan (MPa)	Standar Deviasi
KDA 7 (5)	79,3	4,49		
KDA 8 (1)	54,4	3,08		
KDA 8 (2)	42,6	2,41		
KDA 8 (3)	66,9	3,79	3,03	0,67
KDA 8 (4)	63,5	3,59		
KDA 8 (5)	40,5	2,29		

Sumber: Hasil Pengujian



Gambar 2. Perbandingan Variasi Campuran dengan Kuat Tekan Beton Porous

Hasil perbandingan dari masing-masing campuran kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa kuat tekan beton porous mengalami penambahan kuat tekan setelah adanya penambahan abu batu. Abu batu yang memiliki ukuran butiran sangat kecil mampu berperan sebagai *filler* yang mengisi kekosongan rongga-rongga diantara agregat dan pasta semen, sehingga beton keras yang dibentuk dapat menimbulkan massa yang lebih kompak dan menyebabkan kuat tekannya lebih besar.

4.2 Hasil Uji Infiltrasi dan Permeabilitas Beton Porous

Hasil pengujian infiltrasi dan permeabilitas beton porous dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6 di bawah ini:

Tabel 5. Hasil rerata pengujian infiltrasi dan permeabilitas beton porous tanpa abu batu

Kode Sampel	Infiltrasi (cm/detik)	Permeabilitas (cm/detik)
PTA 5	0,44	2,81
PTA 6	0,51	3,62
PTA 7	0,56	3,88
PTA 8	0,68	4,11

Sumber: Hasil Pengujian

Tabel 6. Hasil rerata pengujian infiltrasi dan permeabilitas beton porous dengan abu batu

Kode Sampel	Infiltrasi (cm/detik)	Permeabilitas (cm/detik)
PDA 5	0,28	0,84
PDA 6	0,30	1,11
PDA 7	0,34	1,80
PDA 8	0,35	1,96

Sumber: Hasil Pengujian

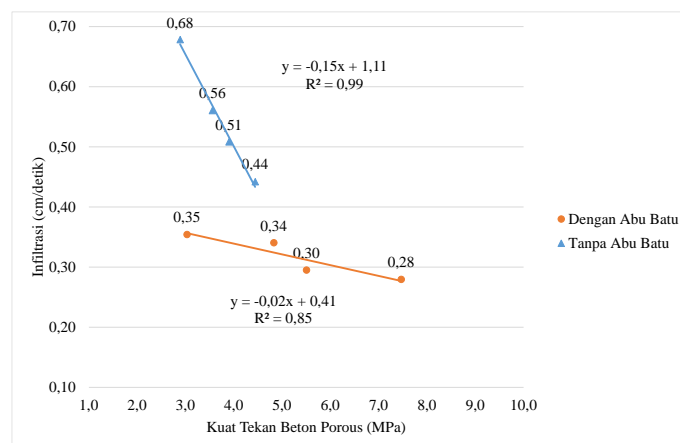


Gambar 3. Uji Infiltrasi Beton Porous



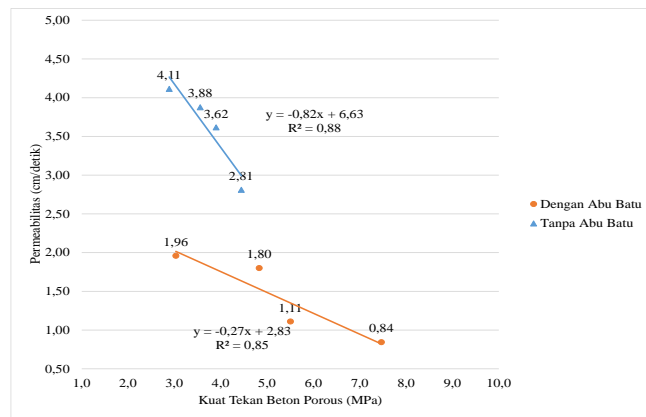
Gambar 4. Uji Permeabilitas Beton Porous

Dari hasil di atas didapatkan pula perbandingan Infiltrasi dengan kuat tekan beton serta perbandingan kuat tekan dengan permeabilitas beton. Perbandingan dapat dilihat pada gambar 5 dan 6 berikut.



Gambar 5. Perbandingan Infiltrasi dengan Kuat Tekan Beton Porous

Secara umum kinerja dari beton yang menggunakan abu batu memiliki nilai kuat tekan yang lebih besar daripada tanpa abu batu. Akan tetapi aspek kinerja parameter hidraulik infiltrasi menurun. Hal ini disebabkan semakin padat beton porous sehingga air yang melewati lebih sedikit.

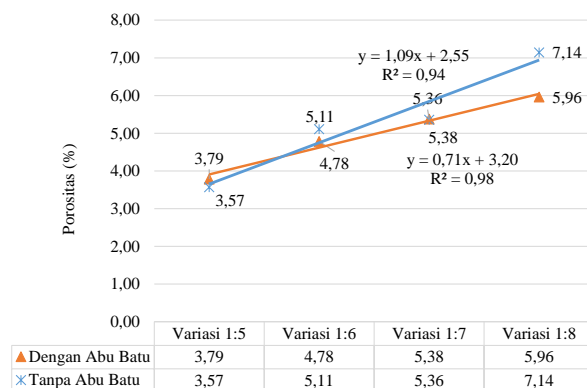


Gambar 6. Perbandingan Infiltrasi dengan Kuat Tekan Beton Porous

Kuat tekan beton berbanding terbalik terhadap presentase permeabilitas. Hal ini sangat memungkinkan karena pada kondisi pori-pori yang besar, gerakan antar agregat juga akan semakin besar, dan ikatan agregat yang lemah, maka dari itu kuat tekan pada kondisi ini mengalami penurunan. Angka pori semakin besar karena berkurangnya pasta semen yang mengikat dan *filler* yang mengisi rongga-rongga pada beton dengan volume agregat yang tetap. Dari sini dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai permeabilitas beton porous maka nilai kuat tekan semakin menurun.

4.3 Pemeriksaan Porositas Beton Porous

Pengujian porositas ini dilakukan menggunakan 5 benda uji berupa silinder berdiameter 150 mm dengan tinggi 300 mm untuk setiap variasi campuran. Dari hasil pengujian dapat dilihat Gambar 7.



Gambar 7. Perbandingan Porositas dengan Variasi Campuran

Nilai porositas beton porous mengalami kenaikan seiring besarnya variasi campuran. Hal ini dikarenakan kepadatan beton porous dengan abu batu lebih besar daripada berat beton tanpa abu batu. Kepadatan beton porous mempengaruhi nilai berat ataupun angka pori pada beton porous, semakin padat maka pori-pori yang tercipta semakin kecil.

4.4 Pembahasan

Variasi campuran yang digunakan pada penelitian ini yaitu 1:5, 1:6, 1:7, dan 1:8, perbandingan antara semen : kerikil beton tanpa tambahan abu batu. Hasil pengujian kuat tekan optimum beton porous terdapat pada perbandingan 1:5 yaitu sebesar 4,44 MPa. Nilai infiltrasi yang diperoleh sebesar 0,44 cm/detik dan nilai

permeabilitas yang diperoleh sebesar 2,81 cm/detik. Variasi campuran untuk beton dengan tambahan abu batu yaitu 1:1:5, 1:1:6, 1:1:7, dan 1:1:8 yang merupakan perbandingan antara semen : abu batu : kerikil. Kuat tekan optimum beton porous terdapat pada perbandingan 1:1:5 yaitu sebesar 7,47 MPa. Nilai infiltrasi yang diperoleh sebesar 0,28 cm/detik dan nilai permeabilitas yang diperoleh sebesar 0,84 cm/detik.

Dilihat dari hasil pengujian kuat tekan optimum beton porous mengalami kenaikan 67,57% setelah menggunakan bahan pengisi limbah abu batu. Di mana dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{(7,47-4,44)}{4,44} \times 100\% = 67,57\%$$

Penggunaan bahan tambah abu batu pada campuran beton porous meningkatkan nilai kuat tekan beton. Hal ini karena hasil campuran abu dan semen mengisi rongga-rongga kosong antara agregat, sehingga beton menjadi lebih padat. Semakin besar perbandingan variasi kerikil dan semen dalam beton, kuat tekan beton semakin menurun. Hal ini disebabkan karena komposisi semen sebagai bahan perekat semakin sedikit dengan volume agregat yang sama. Karena berkurangnya volume pasta semen dan bertambahnya luasan bahan pengisi yang harus diselimuti, sehingga lekatan antara agregat maupun bahan pengisi menjadi tidak optimal.

Nilai infiltrasi mengalami penurunan sebesar 36,36% setelah adanya penambahan dengan abu batu, dimana dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{(0,48-0,28)}{0,48} \times 100\% = 36,36\%$$

Nilai permeabilitas mengalami penurunan 70,11% setelah ditambah dengan abu batu, dimana dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut

$$\frac{(2,81-0,84)}{2,81} \times 100\% = 70,11\%$$

Penambahan abu batu sebagai *filler* pada campuran beton, mengakibatkan nilai hidroulik pada beton porous mengalami penurunan. Hal ini karena pori-pori beton terisi oleh abu batu, sehingga air yang mengalir semakin sedikit. Karakteristik hidraulik infiltrasi, permeabilitas, dan porositas beton porous mengalami peningkatan seiring dengan semakin besar komposisi perbandingan campuran agregat dengan semen. Hasil pengujian campuran beton dengan tambahan abu batu didapat nilai tekan maksimal dengan hasil uji infiltrasi, permeabilitas, dan porositas secara berurut-urut yaitu 0,28 cm/detik, 0,84 cm/detik, dan 3,78%.

Hasil tersebut didapat dari variasi campuran 1:1:5 beton dengan tambahan abu batu. Dapat dilihat nilai porositas yang didapat merupakan nilai porositas yang paling rendah. Di mana semakin kecil nilai porositas yang didapat maka semakin kecil juga nilai infiltrasi dan permeabilitas beton porous. Hal ini menunjukkan bahwa pori-pori yang terdapat pada beton porous semakin sedikit, sehingga beton semakin padat dan air yang melewati beton porous semakin sedikit. Permeabilitas beton porous masuk dalam standar ACI 522R-10 yaitu 0,14-1,22 cm/detik.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

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

1. Penambahan abu batu pada beton porous sebagai *filler* dapat meningkatkan kuat tekan beton porous sebesar 67,57% akan tetapi nilai infiltrasi mengalami penurunan sebesar 36,36 % dan permeabilitas 70,11%
2. Hasil pengujian kuat tekan maksimal beton porous menggunakan ukuran agregat 1-2 cm yaitu pada campuran 1:5 tanpa abu batu sebesar 4,44 MPa. Untuk hasil pengujian kuat tekan maksimal pada campuran beton dengan abu batu sebesar 7,47 MPa pada variasi 1:1:5. Nilai kuat tekan mengalami kenaikan setelah adanya bahan tambah abu batu. Abu batu sebagai *filler* yang mengisi rongga-rongga dalam campuran beton dan mengunci ikatan antar agregat kasar.
3. Hasil maksimal pengujian hidroulik pada campuran tanpa abu batu sebesar 0,68 cm/detik untuk nilai infiltrasi dan 4,11 cm/detik untuk nilai permeabilitas pada variasi 1:8. Hasil maksimal pengujian hidroulik pada campuran

dengan abu batu sebesar 0,35 cm/detik untuk nilai infiltrasi dan 1,96 cm/detik untuk nilai permeabilitas pada variasi 1:1:8. Nilai infiltrasi dan permeabilitas mengalami penurunan setelah adanya penambahan abu batu. Hal ini disebabkan karena beton semakin padat sehingga air yang melewati semakin sedikit.

4. Kuat tekan maksimal sebesar 7,47 MPa masuk dalam standar ACI 522R-10 yaitu 2,8-28 MPa. Dari nilai kuat tekan maksimal didapat hasil infiltrasi 0,28 cm/detik dan permeabilitas 0,84 cm/detik, masuk dalam standar ACI 522R-10 yaitu 0,14-1,22 cm/detik.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian dan menyadari kemungkinan adanya kekurangan dalam penelitian ini, dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Pada saat pengujian, persiapan pengujian sebaiknya dilakukan agar tidak terjadi kesalahan saat pencampuran beton.
2. Pemadatan beton segar dilakukan hanya satu orang agar didapatkan kepadatan beton yang rata.
3. Perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kuat tekan, permeabilitas dan infiltrasi beton porous dengan berbagai variasi campuran.
4. Dapat dilanjutkan untuk penelitian selanjutnya dengan uji tes yang berbeda seperti uji kuat lentur, pengujian densitas beton, dan lainnya sebagai pertimbangan dosen dan penelitian selanjutnya.

Daftar Pustaka

- ACI, 2010. Report on Pervious Concrete ACI 522R-10. *American Concrete Institute, Farmington Hills.*
- Afif, A. & Bale, H. A., 2019. Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi. *Universitas Islam Indonesia.*
- Badan Standardisasi Nasional, 2011. *SNI-1974-2011: Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder.* Jakarta.
- Handayani, F., 2019. Manfaat Limbah Abu Batu Sebagai Tambahan Material Bahan Bangunan. *Kisaran, Seminar Nasional Tahunan VI Program Studi Magister Teknik Sipil ULM.*
- Hardiyatmo, H. C., 2018. *Mekanika Tanah 1.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Khonado, M. F., Manalip, H. & Wallah, S. E., 2019. Kuat Tekan dan Permeabilitas Beton Porous dengan Variasi Ukuran Agregat. *Jurnal Sipil Statik*, Volume Vol. 7 (No 3), pp. 351-358.
- Nassiri, S., Rangelov, M. & Chen, Z., 2017. Preliminary Study to Develop Standard Acceptance Tests for Pervious Concrete. *Washington Department of Civil and Environmental Engineering, Washington State University.*
- NRMCA, 2004. *CIP-38 Pervious Concrete, NRMCA (National Ready Mixed Concrete Association).* [Online] Available at: <http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/38p.pdf>
- Sultan, M. A., Imran & Litolily, F., 2018. Korelasi Porositas Beton Terhadap Kuat Tekan Rata -Rata. *Jurnal Teknologi Sipil*, Volume Volume 2 (2).
- Wijaya, C., 2020. *Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Poroumenggunakan Variasi Ukuran Agregat.* Tugas Akhir. Bidang Studi Struktur. Departemen Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara Medan.