

Penggunaan Agregat Kasar Ukuran 2-3 cm Dengan Penambahan Abu Batu Untuk Campuran Beton Porous

Ari Kristanto^{1*}, Agung Setiawan², Eksi Widyananto³,

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purworejo¹²³

aritimius21@gmail.com*

Abstrak. Beton porous adalah inovasi dan solusi pembangunan untuk halaman rumah, jalan lingkungan, area parkir dan tempat pejalan kaki, karena selain mendapatkan kualitas beton dengan kekuatan baik, beton porous dapat mengurangi limpasan dan memperbesar infiltrasi air hujan. Penelitian ini menyajikan data pengujian kualitas material lokal (batu sungai Jali), dan mengevaluasi tentang sifat mekanik, hidraulik beton porous dengan abu batu sebagai pengganti sebagian pasir. Penelitian ini menggunakan 4 (empat) komposisi campuran semen dan agregat kasar yaitu 1:5, 1:6, 1:7, 1:8 dan penambahan komposisi abu batu dengan perbandingan 1:1:5, 1:1:6, 1:1:7, dan 1:1:8 serta faktor air semen ditetapkan sebesar 0.4. Setiap komposisi dibuat 5 benda uji silinder untuk uji kuat tekan, 2 benda uji silinder dengan PVC ukuran 6 inci tinggi 200 mm untuk infiltrasi dan permeabilitas. Metode pengujian material penyusun beton menggunakan acuan ACI 522R-10, Standar Nasional Indonesia, dan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Pengujian kuat tekan beton menggunakan *Universal Testing Machine*, sedangkan infiltrasi dan permeabilitas menggunakan peralatan modifikasi ASTM C1701. Hasil penelitian sifat mekanik beton porous variasi campuran 1:5 dengan penambahan abu batu menunjukkan kuat tekan terbesar sebesar 6,89 MPa, dan kuat tekan terendah pada campuran beton porous dengan variasi 1:8 tanpa abu batu yaitu sebesar 2,89 MPa. Sedangkan sifat hidraulik beton porous, yaitu infiltrasi dan permeabilitas mengalami peningkatan seiring dengan besarnya variasi campuran. Infiltrasi terbesar adalah sebesar 2,66 cm/detik, permeabilitas terbesar sebesar 4,78 cm/detik pada variasi campuran 1:8 tanpa abu batu.

Kata Kunci: abu batu, beton porous, sifat mekanik, sifat hidraulik

Abstrack. *Porous concrete is an innovation and development solution for yards, neighborhood roads, parking areas and pedestrian areas, because in addition to getting quality concrete with good strength, porous concrete can reduce runoff and increase rainwater infiltration. The research presents data on testing the quality of local materials (Jali river stone), and evaluates the mechanical and hydraulic properties of porous concrete with rock ash as a partial replacement of sand. This study uses 4 (four) compositions of cement and coarse aggregate mixtures, namely 1:5, 1:6, 1:7, 1:8 and the addition of rock ash composition in a ratio of 1:1:5, 1:1:6, 1:1:7, and 1:1:8 and the water-cement factor was set at 0.4. Each composition made 5 cylindrical specimens for compressive strength testing, 2 cylindrical specimens with PVC measuring 6 inches high 200 mm for infiltration and permeability. The testing method for the concrete constituent materials uses the ACI 522R-10 reference, the Indonesian National Standard, and the General Specifications of Highways 2018 Revision 2. The compressive strength test of concrete uses the Universal Testing Machine, while infiltration and permeability uses modified ASTM C1701 equipment. The results of the research on the mechanical properties of porous concrete with a mixture of 1:5 with the addition of stone ash showed the greatest compressive strength of 6.89 MPa, and the lowest compressive strength of the variation of the porous concrete mixture with variations without stone ash, which was 2.89 MPa. Meanwhile, the hydraulic properties of porous concrete, namely infiltration and permeability, increased with the variation of the mixture. The largest infiltration was 2.66 cm/second, the greatest permeability was 4.78 cm/second at a 1:8 mixture variation without rock ash.*

Keywords: *rock ash, porous concrete, mechanical properties, hydraulic properties*

1. Pendahuluan

Pembangunan permukiman penduduk serta pembangunan sarana dan prasarana di Kabupaten Purworejo setiap tahunnya mengalami peningkatan yang cukup baik. Sarana dan prasarana yang telah dibangun antara lain: pembangunan gedung pemerintahan, Puskesmas, Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM), peningkatan jalan, peningkatan jembatan, pembangunan saluran daerah irigasi, trotoar, dan lain sebagainya. Dengan adanya pembangunan maka diperlukan juga sarana akses jalan yang memadai. Lapis perkerasan jalan di Kabupaten Purworejo secara struktur menggunakan dua jenis yaitu perkerasan lentur dengan perkerasan aspal dan perkerasan kaku dengan menggunakan beton konvensional. Kedua jenis perkerasan tersebut lebih mengutamakan kepadatan untuk mencapai kualitas yang ingin dicapai sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Namun demikian berdampak tidak ada celah untuk air hujan bisa masuk ke dalamnya sehingga limpasan air hujan biasanya masuk ke dalam saluran atau bergerak mengalir ke arah yang rendah. Oleh karena itu diperlukan inovasi yang bisa menjangkau kedua permasalahan tersebut, yaitu kualitas jalan bisa terpenuhi dan kebutuhan resapan air juga bisa tercapai dengan baik, salah satunya adalah dengan menggunakan beton porous.

Beton porous yang juga dikenal sebagai beton permeabel, beton non pasir, atau beton berpori menjadi salah satu cara untuk menghindari genangan air akibat hujan deras. Jika air yang jatuh ke permukaan langsung terserap tanah, maka tidak akan ada air yang tergenang, sehingga mengurangi resiko terjadinya banjir. Tidak hanya mengurangi ancaman banjir, beton porous juga dapat memfilter air sehingga mengurangi kontaminasi. Menurut Harber (2005), beton porous atau beton non pasir adalah campuran antara semen, air dan agregat kasar dengan diameter seragam untuk menghasilkan material yang porous. Beton tersebut mempunyai volume rongga yang besar dengan penurunan kekuatan yang masih dapat diterima dan berat sendiri yang ringan. Beton ini memiliki beberapa nama yaitu beton non pasir, beton pervious dan beton porous.

Penelitian terkait dengan beton porous telah banyak dilakukan di Indonesia, akan tetapi penelitian menggunakan material lokal terutama material di sekitar Kabupaten Purworejo perlu dilakukan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan proporsi dan disain campuran beton porous material lokal yang optimum dari segi kuat tekan, permeabilitas dan infiltrasi. Selain material agregat kasar dari Kabupaten Purworejo, untuk menambah kekuatan beton juga dilakukan penelitian agregat halus dari abu batu limbah penggergajian kerajinan batu Gunung Merapi. Abu batu merupakan limbah dari pembuatan kerajinan batu yang berasal dari batu vulkanik akibat dari letusan Gunung Merapi berupa serbuk bercampur dengan serpihan batu. Penambahan abu batu diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan beton tetapi masih mendapatkan infiltrasi dan permeabilitas yang baik.

Pratomo, dkk (2016) telah melakukan penelitian “Pengaruh Gradasi Terhadap Porositas Dan Kuat Tekan Beton Berpori”. Pada penelitian ini menggunakan agregat kasar yang bergradasi seragam dengan ukuran 1-2 mm dan 2-3 mm, penambahan agregat halus sebesar 30% dan menggunakan nilai f_c sebesar 0,45. Untuk menambah kuat tekannya, pada penelitian ini juga ditambahkan zat aditif. Hasil dari pengujian kuat tekan beton sebesar 7,42 MPa–10,58 MPa, dan kuat tekan agregat kasar $\frac{1}{2}$ (10,548 MPa) lebih baik dibanding dengan komposisi agregat $\frac{2}{3}$ (8,937 MPa). Sedangkan hasil dari porositas sebesar 18,52% - 19,89%.

Ervianto, dkk (2016) telah melakukan pemeriksaan pada agregat kasar berupa batu pecah yang berasal dari Clereng, Kulon Progo. Pengujian ini meliputi berat jenis, penyerapan, kadar air, kadar lumpur, berat satuan dan keausan. Hasil dari pengujian berat jenis adalah 2,63 termasuk dalam kategori normal dan berat satuan sebesar 1550 kg/m³ untuk hasil dari penyerapan sebesar 1,438%. Nilai kadar air yang didapat sebesar 0,549% dengan kadar lumpur sebesar 1,75%. Nilai keausan agregat yang diperoleh sebesar 21,36%

Setiawan dan Winarno, (2021) menyatakan kuat tekan beton non pasir menggunakan bahan pengisi limbah abu batu sisa penggergajian lebih besar dari pada tanpa menggunakan abu batu. Hasil campuran abu batu dan semen mengisi rongga-rongga kosong antara agregat. Pola kerusakan beton non pasir adalah terlepasnya ikatan antar pasta

semen dengan agregat, dan sebagian kecil pecahnya agregat. Jenis dan mutu semen mempengaruhi kuat tekan beton non pasir.

1.1 Beton Porous

Beton porous adalah salah satu dari beton ringan yang bahan penyusunnya hanya dengan agregat kasar dan pasta semen sehingga dalam pembuatannya menghilangkan atau menambahkan sedikit agregat halus. Dengan tidak adanya agregat halus pada beton, maka akan menciptakan rongga untuk meresapkan air. Penelitian ini menggunakan acuan *American Concrete Institute (ACI 522R-10)* dan penelitian terdahulu tentang beton porous yang dipublikasikan secara nasional, sedangkan pengujian material penyusun beton porous mengacu pada SNI (Standar Nasional Indonesia), Peraturan Beton Indonesia (PBI) dan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 revisi 2.

1.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton Porous

Trisnoyuwono (2014), menyebutkan bahwa kelebihan utama dari beton non pasir adalah dapat meredam panas, proses pembuatannya yang cepat, kepadatan yang rendah, porositasnya yang tinggi dan sifat penyusutan rendah, dan beton non pasir tidak mudah segregasi (karena penggunaan satu macam jenis/ukuran agregat) oleh sebab itu dapat dituangkan dari ketinggian.

Kelebihan dan kekurangan beton porous menurut Tennis dkk. 2004 (ACI 2010) : 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 ribut 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 disain untuk tipe tanah tertentu 6. Perhatian khusus mungkin diperlukan untuk tanah dengan kandungan air tanah yang tinggi.

1.3 Kuat Tekan

Berdasarkan SNI 1974:2011 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. Perhitungan persamaan kuat tekan beton adalah sebagai berikut ini:

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots 1$$

keterangan:

f'_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Gaya tekan aksial (N)

A = Luas penampang yang menerima beban (mm²)

1.4 Infiltrasi

Infiltrasi adalah aliran air dari permukaan tanah ke dalam tanah yang besarnya dinyatakan dalam cm/detik. Semakin banyak jumlah rongga maka semakin besar pula nilai infiltrasinya. Pembuatan sampel beton porous adalah dengan dicetak pada pipa pvc diameter 6 inci dan metode pengujiannya berdasarkan acuan pada ASTM C 1701/C 1701 M-09.

$$I = \frac{4V}{D^2 \pi t} \dots\dots\dots 2$$

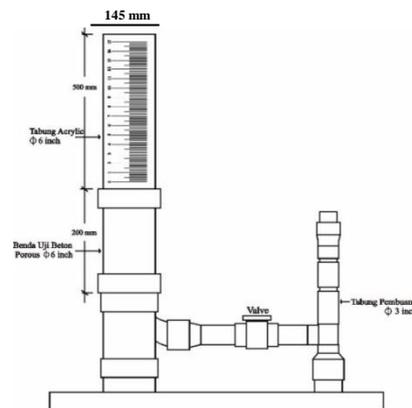
keterangan:

I = Infiltrasi (cm/detik)

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

1.5 Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemudahan cairan atau gas untuk melewati beton, sedangkan serapan (*absorpsi*) adalah masuknya cairan ke beton melalui pipa-pipa kapiler beton. Nilai permeabilitas beton dihitung menggunakan persamaan Hary Christady Hardiyatmo (2002) halaman 156, dan pengujian permeabilitas menggunakan metode *falling head*. (Yi Zhang, Hui Li, Ahmed Abdelhady, & Jie Yang, 2020)



Gambar 1. Alat Pengujian Permeabilitas

Metode *Falling Head*

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

keterangan:

- K = Permeabilitas (cm/detik)
- L = Tinggi sampel (cm)
- a = luas pipa pengukur (cm²)
- A = luas sampel (cm²)
- h_1 = tinggi muka air awal tabung (cm)
- h_2 = tinggi muka air akhir tabung (cm)
- t = waktu pengukuran (detik)

2. Metode Penelitian

2.1 Material

Bahan atau material yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Air yang dipergunakan adalah air sumur maupun air dari PDAM yang bersih dan tidak mengandung kotoran dari Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Purworejo dan Laboratorium Universitas Muhammadiyah Purworejo.
- b. Semen yang dipergunakan adalah semen PCC tipe I (merk Tiga Roda Tiga, Produksi PT. Indocement Tungal Perkasa Tbk)
- c. Agregat kasar yang dipergunakan adalah batuan pecah hasil produksi *Stone Crusher* dari Sungai Jali.
- d. Agregat halus sebagai pengisi yang dipergunakan adalah abu batu limbah penggergajian kerajinan batu vulkanik di sekitar Kecamatan Cangkringan, Kecamatan Turi, dan Kecamatan Muntilan.

- e. Cetak silinder beton ukuran 150 mm x 300 mm untuk tes kuat tekan beton.
- f. Cetak silinder dari PVC (*Polivinyll Chlorida*) ukuran 6 inci dengan tinggi 200 mm untuk pengujian infiltrasi dan permeabilitas

2.2 Metode

Metode eksperimental yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mengadakan suatu percobaan secara langsung. Sebelum rancangan campuran dilakukan pengujian terhadap bahan penyusun beton untuk mengetahui apakah layak sebagai bahan penyusun beton porous.

- a. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (SNI 03-6411:2002)
- b. Pengujian Gradasi Butiran Agregat Kasar (SNI ASTM C 136-06)
- c. Pengujian Keausan dengan Mesin *Los Angeles* (SNI 2417:2008)
- d. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (SNI 1970-2008)

Komposisi campuran porous berdasarkan perbandingan berat sebagai berikut:

Tabel 1. Komposisi campuran uji kuat tekan

Kode Sampel	Komposisi Campuran	Faktor air semen	Umur Uji	Jumlah Sampel
TA.1:5	1 (semen) : 5 (agregat)	0,4	28 hari	5
TA. 1:6	1 (semen) : 6 (agregat)	0,4	28 hari	5
TA 1:7	1 (semen) : 7 (agregat)	0,4	28 hari	5
TA 1:8	1 (semen) : 8 (agregat)	0,4	28 hari	5
AB 1:5	1 (semen) : 1 (abu batu) : 5 (agregat)	0,4	28 hari	5
AB 1:6	1 (semen) : 1 (abu batu) : 6 (agregat)	0,4	28 hari	5
AB 1:7	1 (semen) : 1 (abu batu) : 7 (agregat)	0,4	28 hari	5
AB 1:8	1 (semen) : 1 (abu batu) : 8 (agregat)	0,4	28 hari	5

Tabel 2. Komposisi campuran uji infiltrasi dan permeabilitas

Kode Sampel	Komposisi Campuran	Faktor air semen	Umur Uji	Jumlah Sampel
TA 1:5	1 (semen) : 5 (agregat)	0,4	14 hari	2
TA 1:6	1 (semen) : 6 (agregat)	0,4	14 hari	2
TA 1:7	1 (semen) : 7 (agregat)	0,4	14 hari	2
TA 1:8	1 (semen) : 8 (agregat)	0,4	14 hari	2
AB 1:5	1 (semen) : 1 (abu batu) : 5 (agregat)	0,4	14 hari	2
AB 1:6	1 (semen) : 1 (abu batu) : 6 (agregat)	0,4	14 hari	2
AB 1:7	1 (semen) : 1 (abu batu) : 7 (agregat)	0,4	14 hari	2
AB 1:8	1 (semen) : 1 (abu batu) : 8 (agregat)	0,4	14 hari	2

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Bahan Penyusun Beton

Tabel 3. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar

Uraian	Sampel I	Sampel II	Rata - rata
Berat kerikil kering oven: A (gram)	4.899,00	4.900,00	4.899,50
Berat kerikil keadaan JKP: B (gram)	5.000,00	5.000,00	5.000,00
Berat kerikil dalam air: C (gram)	3.137,00	3.139,00	3.134,00
Berat jenis curah kering: A/(B-C)	2,63	2,63	2,63
Berat jenis JKP: B/(B-C)	2,68	2,69	2,69
Berat jenis semu: A/(A-C)	2,78	2,78	2,78
Penyerapan air (kerikil JKP): ((B-A)/A)X100%	2,02	2	2,01

Tabel 4. Hasil pengujian gradasi agregat kasar

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal		Berat Kumulatif %	Berat Kumulatif Lewat Ayakan %
	Gram	%		
38,1	0	0	0,00	100,00
25	2,37	12,17	12,17	87,83
19	7,09	36,41	48,59	51,41
12,5	5,41	27,79	76,37	23,63
9,5	2,78	14,28	90,65	9,35
6,35	1,61	8,27	98,92	1,08
4,75	0,21	1,08	100,00	0,00
2,36	0	0,00	100,00	0,00
1,18	0	0,00	100,00	0,00
0,6	0	0,00	100,00	0,00
0,3	0	0,00	100,00	0,00
0,15	0	0,00	100,00	0,00
Sisa	0	0,00	XXXX	XXXX
	19,47	100,00	926,71	273,29

Tabel 5. Hasil pengujian keausan agregat kasar

Lubang Ayakan (mm)	Berat Benda Uji (gr)	Benda Uji	
		Uji 1	Uji 2
Lewat			
		Tertinggal	
38,1		25,4	1250
25,4		19,05	1250
19,05		12,7	1250
12,7		9,51	1250
9,51		6,35	
6,35		4,75	
4,75		2,4	
Jumlah berat benda uji	5000		5000
Jumlah bola	12		12
Jumlah putaran	500		500
Gradasi yang dikerjakan	A		A
Berat benda uji semula (A), gr	5000		5000
Berat benda uji sesudah diuji 500 Putaran (C), gr	3985		4018
Bagian yang hancur [(A - C) / A] x 100 %	20,30%		19,64%

Tabel 6. Hasil pengujian berat jenis abu batu

Uraian	Sampel I	Sampel II	Rata - rata
Berat pasir kering mutlak (gram)	487,3	487,8	487,55
Berat pasir keadaan jenuh kering muka (gram)	500	500	500
Berat volumetrik flush berisi pasir dan air (gram)	1.016,10	1.014,30	1.015,20
Berat volumetrik flush dan air (gram)	698	710,4	704,2
Berat jenis	2,68	2,49	2,58
Berat jenis jenuh kering muka	2,75	2,55	2,65
Penyerapan air (jenuh kering muka) %	2,54	2,44	2,49
Berat jenis pasir jenuh kering permukaan (JKP)			2,65

3.2 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 berikut ini:

Tabel 7. Hasil pengujian kuat tekan tanpa abu batu

No.	Variasi Campuran Tanpa Abu Batu	Berat (Kg)	Berat Jenis (Kg/m ³)	Beban Max (kN)	Kuat Tekan / f _c (MPa)
1	TA. 1 : 5	10,28	1940	54,8	3,10
2	TA. 1 : 5	9,56	1804	50,9	2,88
3	TA. 1 : 5	10,12	1910	44,3	2,51
4	TA. 1 : 5	9,38	1770	89,2	5,05
5	TA. 1 : 5	9,36	1766	81,4	4,61
		Rata-rata kuat tekan			3,63
1	TA. 1 : 6	9,71	1833	37,5	2,12
2	TA. 1 : 6	9,79	1848	51,9	2,94
3	TA. 1 : 6	10,32	1948	64,0	3,62
4	TA. 1 : 6	9,89	1866	49,9	2,83
5	TA. 1 : 6	9,90	1868	50,7	2,87
		Rata-rata kuat tekan			2,88
1	TA. 1 : 7	9,82	1853	30,3	1,72
2	TA. 1 : 7	9,54	1800	34,8	1,97
3	TA. 1 : 7	9,27	1749	45,3	2,56
4	TA. 1 : 7	9,57	1806	39,5	2,24
5	TA. 1 : 7	9,54	1800	24,6	1,39
		Rata-rata kuat tekan			1,98
1	TA. 1 : 8	9,41	1776	25,6	1,45
2	TA. 1 : 8	9,88	1865	17,9	1,01
3	TA. 1 : 8	9,25	1746	34,4	1,95
4	TA. 1 : 8	9,27	1749	36,6	2,07
5	TA. 1 : 8	10,24	1933	27,2	1,54
		Rata-rata kuat tekan			1,60

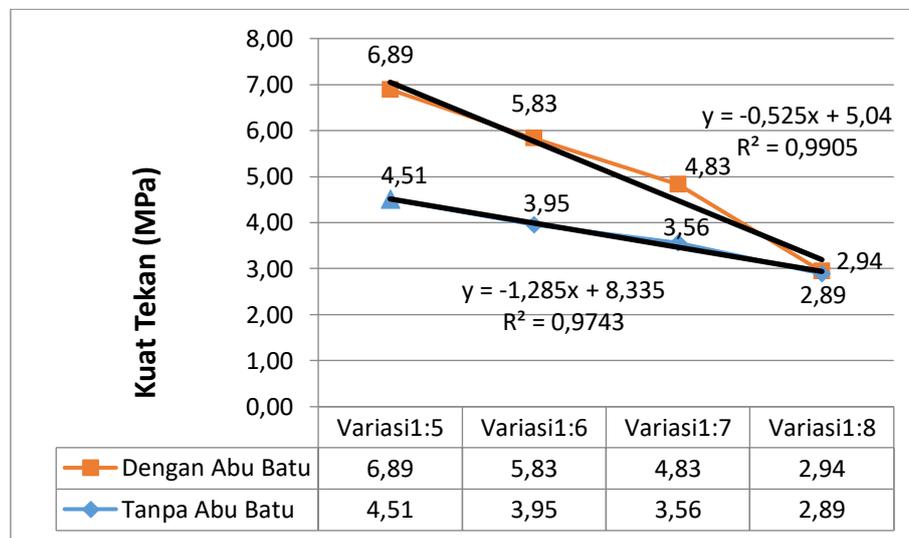
Tabel 8. Hasil pengujian kuat tekan dengan abu batu

No.	Variasi Campuran Dengan Abu Batu	Berat (Kg)	Berat Jenis (Kg/m ³)	Beban Max (kN)	Kuat Tekan / f _c (MPa)
1	AB. 1 : 5	10,56	1993	114,5	6,48
2	AB. 1 : 5	10,94	2065	134,6	7,62
3	AB. 1 : 5	10,22	1928	111,4	6,31
4	AB. 1 : 5	11,05	2085	134,4	7,61
5	AB. 1 : 5	10,76	2031	113,8	6,44
		Rata-rata kuat tekan			6,89
1	AB. 1 : 6	10,46	1974	64,3	3,64
2	AB. 1 : 6	10,71	2021	115,4	6,53

No.	Variasi Campuran Dengan Abu Batu	Berat (Kg)	Berat Jenis (Kg/m ³)	Beban Max (kN)	Kuat Tekan / f _c (MPa)
3	AB. 1 : 6	10,45	1972	57,2	3,24
4	AB. 1 : 6	10,58	1997	82,7	4,68
5	AB. 1 : 6	10,25	1934	50,0	2,83
Rata-rata kuat tekan					4,19
1	AB. 1 : 7	10,38	1959	40,7	2,30
2	AB. 1 : 7	10,31	1946	42,0	2,38
3	AB. 1 : 7	10,06	1899	66,9	3,79
4	AB. 1 : 7	9,84	1857	54,9	3,11
5	AB. 1 : 7	10,15	1916	64,9	3,67
Rata-rata kuat tekan					3,05

Lanjutan Tabel 8

No.	Variasi Campuran Dengan Abu Batu	Berat (Kg)	Berat Jenis (Kg/m ³)	Beban Max (kN)	Kuat Tekan / f _c (MPa)
1	AB. 1 : 8	9,81	1851	44,0	2,49
2	AB. 1 : 8	9,56	1804	28,8	1,63
3	AB. 1 : 8	10,10	1906	36,3	2,06
4	AB. 1 : 8	9,61	1814	50,3	2,85
5	AB. 1 : 8	9,59	1810	38,7	2,19
Rata-rata kuat tekan					2,24



Gambar 2. Kuat tekan beton dengan variasi campuran

Secara umum terlihat dari gambar 2 bahwa data terbesar kuat tekan adalah beton porous dengan variasi campuran dengan abu batu, yaitu perbandingan komposisi 1 semen : 1 abu batu : 5 agregat kasar sebesar 6,89 MPa. Sedangkan data terkecil kuat tekan terdapat pada komposisi campuran tanpa abu batu, yaitu perbandingan 1 semen : 8 agregat kasar sebesar 2,89 MPa. Perbandingan semen dan agregat memberikan pengaruh terhadap kuat tekan, yaitu semakin besar perbandingan agregat dibanding semen maka kuat tekan beton yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini dikarenakan jumlah pasta semen yang dibutuhkan pada campuran semakin berkurang sehingga pasta semen yang berfungsi sebagai pengikat agregat kasar semakin lemah dengan bertambahnya variasi campuran.

Dari grafik kuat tekan tanpa abu batu diperoleh persamaan $y = -0,525x + 5,04$ dan nilai $R^2 = 0,9905$ yang artinya setiap penambahan pada x (variasi campuran) maka akan terjadi penurunan pada y (kuat tekan), dan nilai y dipengaruhi oleh nilai x sebesar 99,05%, sehingga dapat dijelaskan bahwa semakin besar perbandingan campuran semen dan agregat kasar maka kuat tekan yang dihasilkan semakin kecil, dan variasi campuran

sangat berpengaruh terhadap infiltrasi dilihat dari R hampir mendekati 100 persen yaitu sebesar 97,43%. Untuk grafik regresi dengan penambahan abu batu juga mengalami penurunan kuat tekan seiring dengan besar perbandingan campuran, dan variasi campuran sangat berpengaruh terhadap kuat tekan yaitu sebesar 99,05%.

3.3 Hasil Uji Infiltrasi dan Permeabilitas Beton Porous

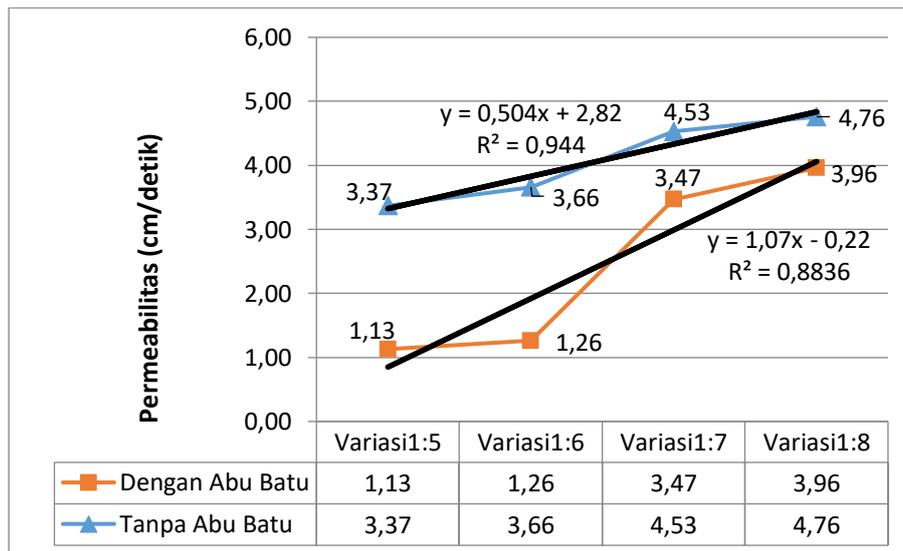
Hasil pengujian infiltrasi dan permeabilitas beton porous dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel .

Tabel 9. Pengujian infiltrasi dan permeabilitas beton porous tanpa abu batu

Kode Sampel	Infiltrasi (cm/detik)	Permeabilitas (cm/detik)
TA 1:5	1,65	3,37
TA 1:6	1,97	3,66
TA 1:7	2,30	4,53
TA 1:8	2,66	4,76

Tabel 10. Pengujian infiltrasi dan permeabilitas beton porous dengan abu batu

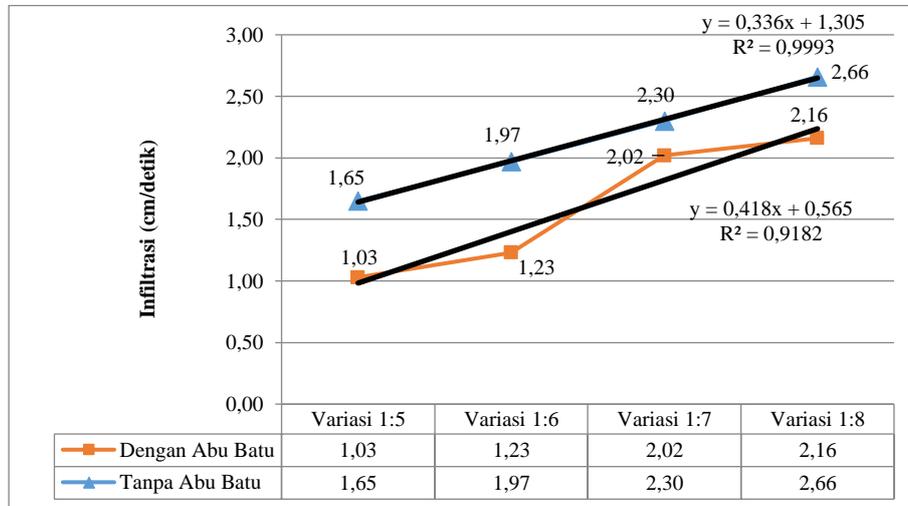
Kode Sampel	Infiltrasi (cm/detik)	Permeabilitas (cm/detik)
AB 1:5	1,03	1,13
AB 1:6	1,23	1,26
AB 1:7	2,02	3,47
AB 1:8	2.16	3,96



Gambar 3. Permeabilitas beton dengan variasi campuran

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa permeabilitas tertinggi terdapat pada campuran komposisi 1 : 8 tanpa abu baru yaitu 4,76 cm/detik, dan permeabilitas terendah terdapat pada campuran komposisi 1 : 5 dengan penambahan abu batu yaitu sebesar 1,13 cm/detik. Dengan komposisi beton porous di atas dapat dilihat bahwa semakin besar perbandingan komposisi campuran maka semakin besar pula kemampuan beton melewati air, dan demikian pula sebaliknya. Secara umum penambahan abu batu menjadikan permeabilitas turun hampir setengah bila dibandingkan dengan campuran tanpa abu batu, hal ini menandakan bahwa abu batu mengisi rongga antara pasta

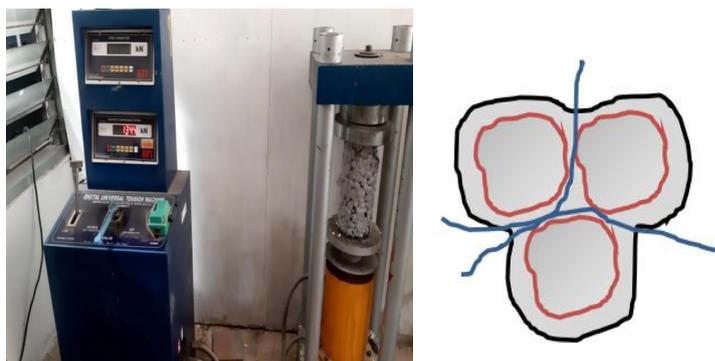
semen dan agregat kasar. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa setiap penambahan variasi campuran (penambahan agregat kasar) maka akan terjadi penambahan pada hasil permeabilitas, sehingga dapat dijelaskan bahwa semakin besar perbandingan campuran semen dan agregat kasar maka permeabilitas yang dihasilkan juga akan semakin besar/meningkat



Gambar 4. Infiltrasi dengan variasi campuran

Dari gambar 3 dan 4 dapat dilihat bahwa infiltrasi dan permeabilitas tertinggi terdapat pada campuran komposisi 1 : 8 tanpa abu batu, dan data terendah terdapat pada campuran komposisi 1 : 5 dengan penambahan abu batu. Dapat dijelaskan bahwa semakin besar perbandingan komposisi campuran maka semakin besar pula kemampuan beton melewati air, dan demikian pula sebaliknya. Secara umum penambahan abu batu menjadikan infiltrasi dan permeabilitas turun hampir setengah bila dibandingkan dengan campuran tanpa abu batu, hal ini menandakan bahwa abu batu mengisi rongga antara pasta semen dan agregat kasar. Penambahan abu batu sebagai *filler* sekaligus menjadi pengunci antara agregat kasar pada campuran beton porous, mengakibatkan nilai hidraulik pada beton porous mengalami penurunan karena pori-pori beton terisi oleh abu batu, sehingga air yang mengalir semakin sedikit.

3.4 Pola Kerusakan Beton Poraus



Gambar 5. Pola kerusakan pada beton porous

Dari gambar pola kerusakan beton pada saat mendapat tekanan terlihat bahwa saat mencapai beban maksimum terjadi pelepasan ikatan pasta semen dan agregat tanpa memecah agregat kasar. Hal ini terjadi karena kekuatan agregat lebih baik dari pada kekuatan pasta semen. Dalam pengujian agregat lewat uji abrasi dengan mesin *Los Angeles* mendapatkan keausan agregat sebesar 19,97% (Pada Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2 keausan agregat maksimal untuk beton adalah 40%).

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

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

- a. Hasil pengujian hidraulik beton porous dengan variasi tanpa abu batu untuk infiltrasi terendah adalah sebesar 1,65 cm/detik dan tertinggi sebesar 2,66 cm/detik, sedangkan permeabilitas terendah sebesar 3,37 cm/detik dan tertinggi 4,76 cm/detik. Untuk pengujian mekanik kuat tekan beton hasil terendah sebesar 2,89 MPa dan tertinggi sebesar 4,51 MPa. Komposisi campuran yang mendekati optimum pada variasi 1 semen : 6 agregat kasar.
- b. Hasil pengujian hidraulik beton porous variasi penambahan tanpa abu batu untuk infiltrasi terendah adalah sebesar 1,03 cm/detik dan tertinggi sebesar 2,16 cm/detik, sedangkan permeabilitas terendah sebesar 3,13 cm/detik dan tertinggi 3,96 cm/detik. Untuk pengujian mekanik kuat tekan beton hasil terendah sebesar 2,94 MPa dan tertinggi sebesar 6,89 MPa. Komposisi campuran yang mendekati optimum pada variasi 1 semen : 1 abu batu : 7 agregat kasar.
- c. Beton porous dengan variasi campuran tanpa abu batu mendapatkan uji infiltrasi dan permeabilitas yang baik, akan tetapi kuat tekan cenderung rendah dikarenakan terdapat banyak rongga dalam campuran beton porous sehingga ikatan antar agregat kurang baik untuk kuat tekan akan tetapi mengalirkan air dengan baik.
- d. Variasi campuran penambahan abu batu mendapatkan uji infiltrasi dan permeabilitas yang kurang baik, akan tetapi kuat tekan cenderung lebih tinggi dikarenakan rongga dalam campuran beton porous terisi oleh abu batu sebagai *filler* dan mengunci ikatan antara agregat kasar sehingga kuat tekan baik akan tetapi menghambat air untuk mengalir.
- e. Semakin baik jenis agregat (keausan kecil) menghasilkan kuat tekan beton porous yang lebih besar karena pada saat ditekan ikatan pasta semen mengalami keretakan terlebih dahulu dari pada kerusakan agregat kasar.

4.2 Saran

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

- a. Agregat yang digunakan harus dalam kondisi jenuh kering permukaan (JKP) supaya kadar air dalam campuran beton porous tidak terlalu banyak yang menyebabkan pasta semen turun ke bawah melewati agregat kasar, maupun terlalu sedikit yang menyebabkan pasta semen tidak tercampur secara homogen sehingga tidak bisa melapisi agregat kasar.
- b. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan variasi agregat, sumber sungai yang berbeda, penambahan zat aditif, ataupun semen dengan tipe berbeda supaya mendapatkan hasil yang lebih baik.
- c. Perlu dikaji rencana anggaran biaya (RAB) antara beton porous dibandingkan dengan beton konvensional, sehingga kedepan bisa menjadi alternatif analisis perkerasan.

Daftar Pustaka

- ACI. 2010. *Report on Pervious Concrete ACI 522R-10*. American Concrete Institute, Farmington Hills.
- Adi, P., 2013, 'Kajian Jenis Agregat dan Proporsi Campuran Terhadap Kuat Tekan dan Daya Tembus Beton Porous', Jurnal Teknik Universitas Janabadra, Vol. 3, No. 2, hl. 100–106.

- Harber, P. J. (2005). *Applicability of NoFines Concrete as a Road Pavement*. Southern Queensland, University of Southern Queensland Faculty of Engineering and Surveying.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2018. *Mekanika Tanah 1*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Mulyono, T. (2003). *Teknologi Beton, Jakarta*, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
- Musthofa, AS., 2015, 'Pengaruh Variasi Ukuran Gradasi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Berpori' Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Nassiri, S dkk. 2017 "Preliminary Study to Develop Standard Acceptance Test for Pervious Concrete" USA
- Pratomo, Eko. 2016. *Pengaruh Gradasi Terhadap Porositas dan Kuat Tekan Beton Berpori*. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil. Universitas Sebelas Maret
- Rochim., 2015. "Pengaruh Pengisian Rongga Pada Perkerasan Beton Berpori Terhadap Permeabilitas. E-Jurnal Matrik Teknik Sipil. Surakarta. Universitas Sebelas Maret
- Seyhan, E. 1990. *Dasar-dasar Hidrologi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Setiawan, A., dan Winarno, S., 2021, 'Pengaruh Penambahan Abu Batu Sebagai Pengisi terhadap Kuat Tekan dan Pola Kerusakan pada Beton Tanpa Pasir', Simposium Nasional Teknologi Infrastruktur Abad ke-21.
- SNI ASTM C136-2012, Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat
- SNI 1969 – 2008, Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar
- SNI 2417:2008, Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles
- SNI – 1974 : 2011, Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder
- Trisnoyuwono, D (2014), 'Beton Non Pasir', Graha Ilmu, Yogyakarta
- Tennis, P., Leming, M., & Kiefer, C., 2004. *Pervious Concrete Pavements*.
- 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*.