

## **Kajian Kuat Tekan dan Sifat Hidraulik Beton Porous dengan Bahan Tambah Abu Batu**

**Fajar Eko Hadiano<sup>1\*</sup>, Agung Setiawan<sup>1</sup>, Eko Riyanto<sup>1</sup>**

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

Email: [fajareko7520@gmail.com](mailto:fajareko7520@gmail.com)\*

**Abstrak.** Beton porous merupakan beton yang memiliki rongga sehingga dapat mengalirkan air ke dalam tanah. Beton porous menjadi salah satu cara untuk mengatasi genangan dan limpasan air yang berlebih akibat hujan sehingga dapat mengurangi resiko banjir. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan abu batu sebanyak 100% dari berat semen terhadap kuat tekan, infiltrasi dan permeabilitas beton porous serta mengetahui *mix design* yang optimal untuk beton porous dengan penambahan abu batu 100%. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo. Agregat kasar batu pecah ukuran maksimum 40 mm yang berasal dari daerah Clereng, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta. Presentase penambahan abu batu sebanyak 100% dari berat semen. Variasi perbandingan berat semen dan agregat kasar yang digunakan yaitu 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 serta faktor air semen 0,4. Pengujian meliputi kuat tekan, infiltrasi, permeabilitas, densitas dan porositas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu batu 100% dari berat semen dapat meningkatkan kuat tekan beton porous dengan presentase kenaikan yaitu 23,31%. Abu batu dapat mengurangi sifat hidraulik beton porous dengan presentase penurunan terbesar nilai infiltrasi dan permeabilitas yaitu 20,41% dan 21,11%. Beton porous dengan penambahan abu batu didapat *mix design* yang optimal pada variasi perbandingan 1:5. Variasi tersebut didapat kuat tekan sebesar 5,18 MPa, nilai infiltrasi 1,27 cm/detik, nilai permeabilitas 3,55 cm/detik, nilai densitas sebesar 1.899,75 kg/m<sup>3</sup> dan nilai porositas sebesar 4,05%. Kuat tekan dan densitas meningkat seiring semakin kecil perbandingan berat semen dan agregat kasar yang digunakan. Nilai infiltrasi, permeabilitas dan porositas meningkat seiring dengan semakin besar perbandingan berat semen dan agregat kasar.

**Kata Kunci :** Beton Porous, Abu Batu, Kuat Tekan, Infiltrasi, Permeabilitas

**Abstract.** Porous concrete is concrete that has cavities so that it can drain water into the soil. Porous concrete is one way to overcome inundation and excess water runoff due to rain so as to reduce the risk of flooding. The purpose of this study was to determine the effect of adding 100% stone ash by weight of cement to the compressive strength, infiltration and permeability of porous concrete and to determine the optimal mix design for porous concrete with the addition of 100% stone ash. This research was conducted at the Civil Engineering Laboratory, University of Muhammadiyah Purworejo. Coarse aggregate of crushed stone with a maximum size of 40 mm originating from the Clereng area, Pengasih District, Kulon Progo Regency, D.I. Yogyakarta. The percentage of stone ash addition is 100% of the cement weight. Variations in the weight ratio of cement and coarse aggregate used are 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7 and the water-cement factor is 0.4. Tests include compressive strength, infiltration, permeability, density and porosity. The results showed that the addition of stone ash 100% of the weight of cement can increase the

*compressive strength of porous concrete with a percentage increase of 23.31%. Stone ash can reduce the hydraulic properties of porous concrete with the largest percentage of the decrease in infiltration and permeability values, namely 20.41% and 21.11%, respectively. Porous concrete with the addition of stone ash obtained an optimal mix design at a ratio of 1:5 variations. The variation obtained compressive strength of 5.18 MPa, infiltration value of 1.27 cm/second, permeability value of 3.55 cm/second, density value of 1.899.75 kg/m<sup>3</sup> and porosity value of 4.05%. The compressive strength and density increase as the ratio of the weight of cement and coarse aggregate used decreases. The value of infiltration, permeability and porosity increases as the ratio of the weight of cement and coarse aggregate increases.*

**Keyword :** Porous Concrete, Stone Ash, Compressive Strength, Infiltration, Permeability

## 1. Pendahuluan

Perkembangan pembangunan yang semakin meningkat mengakibatkan berkurangnya daerah resapan air terutama di wilayah perkotaan. Pembangunan infrastruktur perlu adanya inovasi baru terutama dalam menghindari genangan dan limpasan air yang berlebih akibat hujan. Beton porous merupakan beton yang memiliki rongga sehingga dapat mengalirkan air ke dalam tanah. Beton porous menjadi salah satu cara untuk mengatasi genangan dan limpasan air yang berlebih akibat hujan sehingga dapat mengurangi resiko terjadinya banjir.

Beton porous memiliki nilai permeabilitas yang tinggi dan nilai kuat tekan relatif lebih rendah. Kualitas agregat kasar yang kurang baik dan campuran tanpa bahan tambah menjadikan kuat tekan beton kurang memadai. Limbah abu batu hasil penggergajian kerajinan batu Gunung Merapi yang kurang dimanfaatkan dapat dijadikan bahan tambah beton porous. Abu batu berperan sebagai *filler*/ bahan pengisi rongga antar agregat sehingga menjadikan beton lebih padat yang diharapkan dapat menambah nilai kuat tekan.

(Adi, 2013) dalam penelitian “Kajian Jenis Agregat dan Proporsi Campuran Terhadap Kuat Tekan dan Daya Tembus Beton Porous” menggunakan metode eksperimental. Faktor air semen yang digunakan 0,4 dan 0,5 serta agregat yang digunakan berasal dari Clereng dan Merapi. Hasil pengujian menunjukkan agregat kasar Clereng mampu menghasilkan kuat tekan yang lebih besar dibandingkan agregat kasar Merapi dengan Kuat tekan yang lebih besar dihasilkan oleh rasio air semen 0,4.

(Desmaliana, dkk., 2018) dalam penelitian “Kajian Eksperimental Sifat Mekanik Beton Porous dengan Variasi Faktor Air Semen” menggunakan metode eksperimental. Agregat kasar berupa batu pecah (*split*) dari Batujajar ukuran 10 mm - 20 mm dengan variasi faktor air semen sebesar 0,3; 0,35; 0,4; 0,45; dan 0,5. Hasil eksperimen menunjukkan nilai kuat tekan beton porous dengan varian campuran faktor air semen 0,3, 0,35, 0,4, 0,45, 0,5 untuk 28 hari berturut-turut adalah 17.9 MPa, 16.1 MPa, 14.2 MPa, 11.2 MPa, dan 8.8 MPa. Nilai permeabilitas tertinggi dengan faktor air semen 0,5 sebesar 5 mm/detik.

(Ginting, 2015) dalam penelitian “Perbandingan Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous Menggunakan Agregat Kasar Bergradasi Seragam dengan Gradasi Menerus” menggunakan metode eksperimental. Faktor air semen 0,27 dengan perbandingan semen dengan agregat kasar 1:4 dan 1:5. Bahan kimia tambahan yang dipakai yaitu *SikaCim Concrete Additive* dengan dosis 7,5 ml/kg semen. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan dengan agregat gradasi menerus lebih besar dibandingkan dengan agregat seragam. Porositas beton porous menggunakan agregat gradasi seragam lebih tinggi dari gradasi menerus. Berat volume beton porous menggunakan agregat gradasi seragam lebih rendah dari gradasi menerus.

(Kristanto, 2021) dalam penelitian “Penggunaan Agregat Kasar 2-3 cm dengan Penambah Abu Batu untuk Campuran Beton Porous” dan (Andriyanto, 2022) dalam penelitian “Kajian Pengaruh Bahan Tambah Abu Batu untuk Campuran Beton Porous Menggunakan Agregat Batu Pecah Sungai Jali” menggunakan metode eksperimental. Penelitian ini dilakukan untuk mencari kadar optimum beton porous dengan penambahan abu batu 100 % dengan variasi perbandingan yang berbeda.

## 2. Kajian Teori

### 2.1 Beton Porous

Beton berpori atau yang lebih dikenal sebagai *pervious/porous concrete* merupakan salah satu inovasi dalam konstruksi perkerasan jalan yang ramah lingkungan, karena memiliki rongga-rongga udara pada permukaan strukturnya yang berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke dalam tanah. Beton berpori mampu menghasilkan ruang kosong sebagai rongga udara sebesar 15% hingga 25% dari total keseluruhan volumenya serta memiliki nilai *slump* yang sangat kecil atau bahkan mendekati nol, yang terbentuk dari campuran semen portland, agregat kasar, sedikit atau tidak sama sekali agregat halus, bahan tambah dan air (ACI 522R-10).

Beton non-pasir (*no-fines concrete*) adalah suatu bentuk sederhana dari jenis beton ringan, yang dalam pembuatannya tidak menggunakan agregat halus. Tidak adanya agregat halus dalam campuran menghasilkan beton yang berpori (yang semula diisi agregat halus) sehingga beratnya berkurang. Pori-pori di dalam beton tersebut mencapai sekitar 20 sampai 25 persen (Tjokrodimulyo K, 2007).

### 2.2 Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton porous dilakukan setelah beton berumur 28 hari. Kuat tekan beton merupakan perbandingan besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pengujian kuat tekan beton berdasarkan SNI 1974:2011, nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

$f_c'$  = Kuat tekan beton (MPa)

P = Gaya tekan aksial (N)

A = Luas penampang yang menerima beban (mm<sup>2</sup>)

### 2.3 Infiltrasi

Uji infiltrasi dilakukan dengan maksud meneliti seberapa cepat beton porous dalam meloloskan air. Pengujian infiltrasi dilakukan untuk mengetahui berapa kadar air yang lolos dari permukaan beton dengan satuan cm/s. Berdasarkan modifikasi ASTM C1701 dalam (Kurniawan & Pranata, 2020) persamaan untuk menghitung infiltrasi sebagai berikut:

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

Keterangan:

I = Laju infiltrasi (cm/detik)

V = Volume air (cm<sup>3</sup>)

D = Diameter sampel (cm)

t = Waktu air surut (detik)

### 2.4 Permeabilitas

Permeabilitas dapat didefinisikan sebagai kemampuan beton untuk dilalui oleh air dalam kondisi jenuh. Beton dapat dikatakan *permeable* jika beton dapat dilalui air, sedangkan beton dikatakan *impermeable* jika tidak dapat dilalui oleh air. Nilai permeabilitas beton porous dengan metode *Falling Head* berdasarkan dari Mekanika Tanah I (Hardiyatmo, H. C, 2002) dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan:

- K = Permeabilitas (cm/detik)
- L = Tinggi sampel (cm)
- a = Luas pipa pengukur (cm<sup>2</sup>)
- A = Luas sampel (cm<sup>2</sup>)
- h<sub>1</sub> = Tinggi muka air awal tabung (cm)
- h<sub>2</sub> = Tinggi muka air akhir tabung (cm)
- t = Waktu pengukuran (detik)

## 2.5 Densitas

Densitas merupakan perbandingan antara massa benda dengan volume wadah alat uji berdasarkan SNI 1973:2016 yaitu pengujian densitas untuk beton segar. Nilai densitas beton segar diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- D = Densitas (kg/m<sup>3</sup>)
- M<sub>c</sub> = Massa wadah ukur yang berisi beton (kg)
- M<sub>m</sub> = Massa wadah ukur (kg)
- V<sub>m</sub> = Volume wadah ukur (m<sup>3</sup>)

## 2.6 Porositas

Porositas adalah besarnya presentase ruang-ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada beton. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai porositas (ASTM C 642-06, dalam Sultan, dkk., 2018) adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{B - C}{B - A} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- P = Porositas (%)
- A = Berat sampel dalam air (gram)
- B = Berat sampel kondisi SSD (gram)
- C = Berat sampel kering oven (gram)

## 3. Metode Penelitian

### 3.1 Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Semen yang dipergunakan adalah semen PCC tipe I merk Tiga Roda Tiga produksi PT Indocement Tunggal Perkasa Tbk.
- b. Agregat kasar berupa batu pecah (*split*) hasil pengolahan *Stone Crusher* berasal dari Clereng, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta dengan ukuran lolos ayakan 37,5 mm dan tertahan pada ayakan 9,5 mm.
- c. Bahan tambah abu batu diambil dari limbah penggergajian kerajinan batu Gunung Merapi di sekitar Kecamatan Cangkringan, Kecamatan Turi, dan Kecamatan Muntilan.
- d. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo.

### 3.2 Metode

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

- Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (SNI 1969:2008)
- Pengujian Gradasi Butiran Agregat Kasar (SNI ASTM C136:2012)
- Pengujian Keausan dengan Mesin Los Angeles (SNI 2417:2008)
- Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (SNI 1970:2008)

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. Uji densitas pada saat beton segar, Uji infiltrasi dan permeabilitas pada umur 14 hari, uji porositas pada umur 21 hari, serta uji kuat tekan pada umur 28 hari. Benda uji kuat tekan, porositas dan densitas 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, porositas, dan densitas dilihat pada tabel 1. Rancangan campuran untuk pengujian infiltrasi, dan permeabilitas beton dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 1.** Rancangan Campuran Uji Kuat Tekan, Porositas dan Densitas

Kode Sampel	Komposisi Campuran	Faktor Air Semen	Jumlah Sampel
KTTA 3	1 (semen) : 3 (agregat)	0,4	5
KTTA 4	1 (semen) : 4 (agregat)	0,4	5
KTTA 5	1 (semen) : 5 (agregat)	0,4	5
KTTA 6	1 (semen) : 6 (agregat)	0,4	5
KTTA 7	1 (semen) : 7 (agregat)	0,4	5
KTDA 3	1 (semen) : 1 (abu batu) : 3 (agregat)	0,4	5
KTDA 4	1 (semen) : 1 (abu batu) : 4 (agregat)	0,4	5
KTDA 5	1 (semen) : 1 (abu batu) : 5 (agregat)	0,4	5
KTDA 6	1 (semen) : 1 (abu batu) : 6 (agregat)	0,4	5
KTDA 7	1 (semen) : 1 (abu batu) : 7 (agregat)	0,4	5

Sumber: Hasil Rancangan

**Tabel 2.** Rancangan Campuran Infiltrasi dan Permeabilitas

Kode Sampel	Komposisi Campuran	Faktor Air Semen	Jumlah Sampel
PVTA 3	1 (semen) : 3 (agregat)	0,4	2
PVTA 4	1 (semen) : 4 (agregat)	0,4	2
PVTA 5	1 (semen) : 5 (agregat)	0,4	2
PVTA 6	1 (semen) : 6 (agregat)	0,4	2
PVTA 7	1 (semen) : 7 (agregat)	0,4	2
PVDA 3	1 (semen) : 1 (abu batu) : 3 (agregat)	0,4	2
PVDA 4	1 (semen) : 1 (abu batu) : 4 (agregat)	0,4	2
PVDA 5	1 (semen) : 1 (abu batu) : 5 (agregat)	0,4	2
PVDA 6	1 (semen) : 1 (abu batu) : 6 (agregat)	0,4	2
PVDA 7	1 (semen) : 1 (abu batu) : 7 (agregat)	0,4	2

Sumber: Hasil Rancangan

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Hasil Pengujian Bahan Penyusun Beton Porous

Hasil pengujian bahan penyusun beton porous dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 3.** Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar
Keausan Agregat	23,85	< 40%
Berat Jenis SSD	2,7	2,5 - 2,7
Penyerapan Air	2,03%	-
Modulus Halus butir	9,3	6 - 8

Sumber: Hasil Pengujian

**Tabel 4.** Pengujian Abu Batu

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar
Berat Jenis SSD	2,74	-
Penyerapan Air	9,11%	-

Sumber: Hasil Pengujian

### 4.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Porous

Hasil pengujian kuat tekan beton porous tanpa dan dengan bahan tambah abu batu pada berbagai variasi campuran terlihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 5.** Pengujian Kuat Tekan Beton Porous tanpa Abu Batu

No	Variasi Campuran tanpa Abu Batu	Berat (Kg)	Berat Jenis (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Standar Deviasi
1	KTTA 3 - 1	10,296	1.922,89	146,53	8,30	1,61
2	KTTA 3 - 2	10,122	1.891,73	110,35	6,27	
3	KTTA 3 - 3	10,941	2.052,85	185,86	10,54	
4	KTTA 3 - 4	10,969	2.054,05	125,73	7,14	
5	KTTA 3 - 5	10,688	1.994,85	136,58	7,75	
	Rata – rata		<b>1.983,27</b>		<b>8,00</b>	
1	KTTA 4 - 1	9,479	1.775,03	50,65	2,88	0,84
2	KTTA 4 - 2	10,173	1.898,72	59,70	3,39	
3	KTTA 4 - 3	10,494	1.959,86	83,21	4,71	
4	KTTA 4 - 4	10,090	1.893,18	79,60	4,51	
5	KTTA 4 - 5	10,155	1.895,36	82,31	4,67	
	Rata – rata		<b>1.884,43</b>		<b>4,03</b>	
1	KTTA 5 - 1	9,399	1.755,36	62,41	3,53	0,33
2	KTTA 5 - 2	9,789	1.824,62	65,12	3,69	
3	KTTA 5 - 3	9,624	1.802,19	62,41	3,54	
4	KTTA 5 - 4	9,765	1.828,59	74,17	4,21	
5	KTTA 5 - 5	10,061	1.880,33	73,26	4,16	
	Rata – rata		<b>1.818,22</b>		<b>3,83</b>	
1	KTTA 6 - 1	9,286	1.738,89	55,17	3,13	0,52
2	KTTA 6 - 2	9,429	1.760,96	47,94	2,71	
3	KTTA 6 - 3	9,477	1.769,93	52,46	2,97	
4	KTTA 6 - 4	9,476	1.771,00	62,41	3,55	

No	Variasi Campuran tanpa Abu Batu	Berat (Kg)	Berat Jenis (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Standar Deviasi
5	KTDA 6 - 5	9,721	1.809,53	71,46	4,05	
	Rata – rata		<b>1.770,06</b>		<b>3,28</b>	
1	KTDA 7- 1	9,135	1.713,99	42,51	2,41	
2	KTDA 7- 2	9,058	1.701,81	33,47	1,90	
3	KTDA 7- 3	9,290	1.735,00	39,80	2,25	0,20
4	KTDA 7- 4	9,103	1.718,24	38,89	2,21	
5	KTDA 7- 5	9,294	1.740,39	36,18	2,05	
	Rata - rata		<b>1.721,89</b>		<b>2,17</b>	

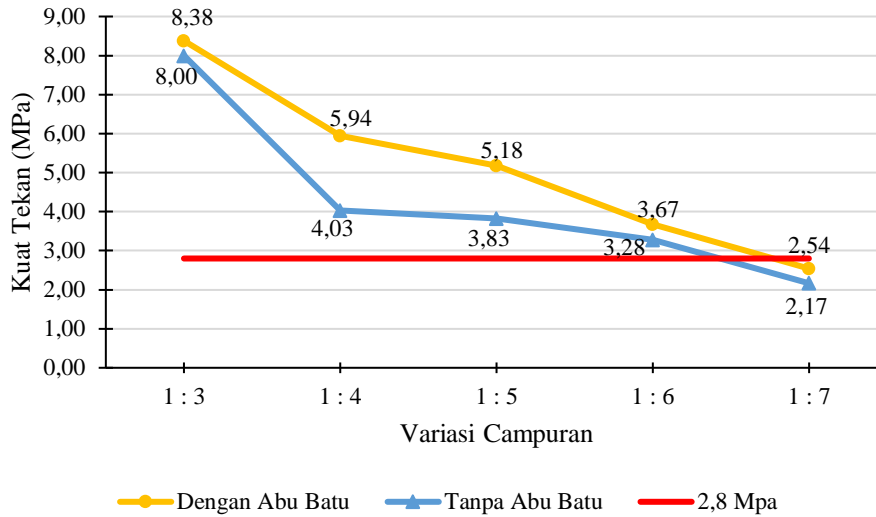
Sumber: Hasil Pengujian

**Tabel 6.** Pengujian Kuat Tekan Beton Porous dengan Abu Batu

No	Variasi Campuran dengan Abu Batu	Berat (Kg)	Berat Jenis (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Standar Deviasi
1	KTDA 3 - 1	10,556	1.976,71	114,87	6,52	
2	KTDA 3 - 2	10,847	2.033,92	121,20	6,89	
3	KTDA 3 - 3	10,788	2.033,58	192,79	10,94	1,82
4	KTDA 3 - 4	10,619	2.001,72	164,62	9,35	
5	KTDA 3 - 5	10,903	2.042,99	144,72	8,19	
	Rata – rata		<b>2.017,78</b>		<b>8,38</b>	
1	KTDA 4 - 1	10,172	1.911,11	106,73	6,06	
2	KTDA 4 - 2	10,948	2.037,93	101,30	5,74	
3	KTDA 4 - 3	10,734	2.019,39	117,59	6,68	0,46
4	KTDA 4 - 4	10,748	2.023,34	101,30	5,74	
5	KTDA 4 - 5	10,671	1.999,52	96,78	5,48	
	Rata – rata		<b>1.998,26</b>		<b>5,94</b>	
1	KTDA 5 - 1	10,075	1.894,11	113,06	6,40	
2	KTDA 5 - 2	10,021	1.877,72	94,07	5,33	
3	KTDA 5 - 3	10,024	1.872,09	78,69	4,46	0,75
4	KTDA 5 - 4	9,886	1.863,55	84,12	4,78	
5	KTDA 5 - 5	10,023	1.874,40	86,83	4,92	
	Rata-rata		<b>1.876,37</b>		<b>5,18</b>	
1	KTDA 6 - 1	9,552	1.794,63	55,17	3,13	
2	KTDA 6 - 2	9,747	1.814,37	64,22	3,64	
3	KTDA 6 - 3	9,933	1.855,09	71,46	4,05	0,35
4	KTDA 6 - 4	10,067	1.880,12	64,22	3,64	
5	KTDA 6 - 5	9,554	1.797,40	68,74	3,91	
	Rata – rata		<b>1.828,32</b>		<b>3,67</b>	
1	KTDA 7 - 1	9,452	1.771,11	49,75	2,82	
2	KTDA 7 - 2	9,469	1.781,41	36,18	2,06	0,36
3	KTDA 7 - 3	9,787	1.839,97	39,80	2,25	

No	Variasi Campuran dengan Abu Batu	Berat (Kg)	Berat Jenis (Kg/m <sup>3</sup> )	Beban Maks (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Standar Deviasi
4	KTDA 7 - 4	9,377	1.757,05	50,65	2,87	
5	KTDA 7 - 5	9,891	1.849,71	47,94	2,72	
	Rata - rata		<b>1.799,85</b>		<b>2,54</b>	

Sumber: Hasil Pengujian



Gambar 1. Pengujian Kuat Tekan Beton Porous

Variasi perbandingan yang sama, kuat tekan variasi dengan penambahan abu batu lebih besar dibandingkan tanpa abu batu. Abu batu yang memiliki ukuran butiran sangat kecil mampu berperan sebagai *filler* atau bahan pengisi rongga antar agregat kasar sehingga ikatan antar agregat semakin kuat. Sifat abu batu yang mudah menyerap air dapat mengikat pasta semen dan mengurangi pasta semen yang turun ke bawah melewati pori beton. Adanya abu batu membuat pasta semen dapat sepenuhnya melapisi agregat sehingga ikatan antar agregatnya pun semakin kuat.

### 4.3 Hasil Pengujian Infiltrasi dan Permeabilitas

Hasil pengujian infiltrasi dan permeabilitas beton porous tanpa dan dengan penambahan abu batu pada berbagai variasi campuran terlihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 7. Hasil Rerata Pengujian Infiltrasi Beton Porous**

Variasi Campuran	Infiltrasi tanpa Abu batu (cm/ detik)	Infiltrasi dengan Abu batu (cm/ detik)
1 : 3	0,92	0,71
1 : 4	1,16	0,86
1 : 5	1,69	1,27
1 : 6	2,09	1,75
1 : 7	2,36	2,07

Sumber: Hasil Pengujian

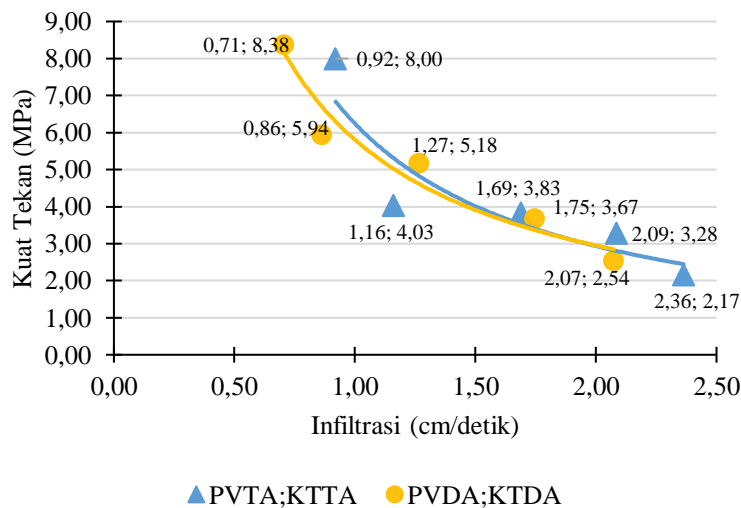


**Tabel 8.** Hasil Rerata Pengujian Permeabilitas Beton Porous

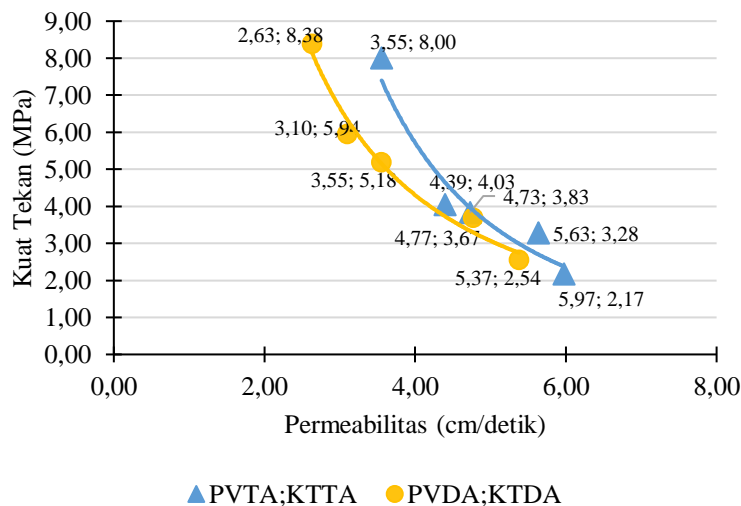
Variasi Campuran	Permeabilitas tanpa Abu batu (cm/ detik)	Permeabilitas dengan Abu batu (cm/ detik)
1 : 3	3,55	2,63
1 : 4	4,39	3,10
1 : 5	4,73	3,55
1 : 6	5,63	4,77
1 : 7	5,97	5,37

Sumber: Hasil Pengujian

Variasi perbandingan yang sama pada beton porous dengan penambahan abu batu memiliki nilai infiltrasi dan permeabilitas lebih rendah dibandingkan tanpa penambahan abu batu. Penambahan abu batu membuat rongga-rongga pada beton lebih terisi sehingga membuat air lebih lambat untuk melewati rongga pada beton porous. Hasil diatas didapatkan pula perbandingan kuat tekan dengan infiltrasi serta perbandingan kuat tekan dengan permeabilitas beton porous.



Gambar 2. Hubungan Kuat Tekan dengan Infiltrasi



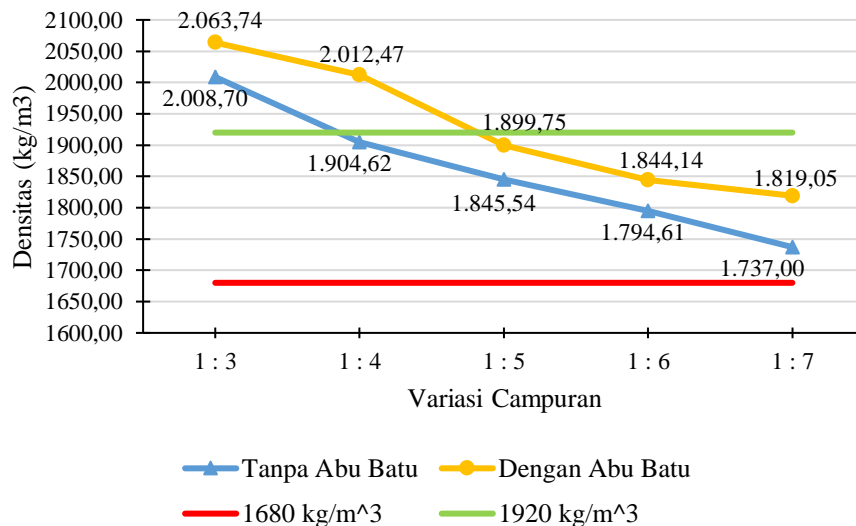
Gambar 3. Hubungan Kuat Tekan dengan Permeabilitas

Semakin tinggi nilai kuat tekan maka semakin rendah nilai permeabilitas. Perbandingan berat semen dan agregat kasarnya kecil menghasilkan nilai kuat tekan yang tinggi karena semen yang digunakan lebih banyak sehingga ikatan lebih kuat. Semen yang banyak mengakibatkan rongga yang dihasilkan pada beton menjadi lebih sedikit sehingga menjadikan kemampuan beton porous dalam mengalirkan air lebih rendah yang menyebabkan nilai infiltrasi dan permeabilitasnya rendah. Sebaliknya semakin rendah nilai kuat tekan maka semakin tinggi nilai infiltrasi dan permeabilitas

Abu batu yang memiliki ukuran butiran sangat kecil mampu berperan sebagai *filler* atau bahan pengisi rongga antar agregat kasar sehingga ikatan antar agregat semakin kuat. Penambahan abu batu menghasilkan beton porous dengan rongga yang lebih sedikit sehingga ikatan antar agregat meningkat menjadikan nilai kuat tekannya tinggi. Rongga yang kecil menyebabkan kemampuan beton porous dalam mengalirkan air lebih rendah sehingga nilai infiltrasi dan permeabilitasnya rendah. Sebaliknya tanpa adanya penambahan abu batu menghasilkan rongga yang lebih besar pada beton porous sehingga ikatan antar agregatnya menurun menjadikan nilai kuat tekannya rendah. Rongga yang besar maka kemampuan beton porous dalam mengalirkan air menjadi lebih tinggi sehingga nilai infiltrasi dan permeabilitasnya menjadi tinggi.

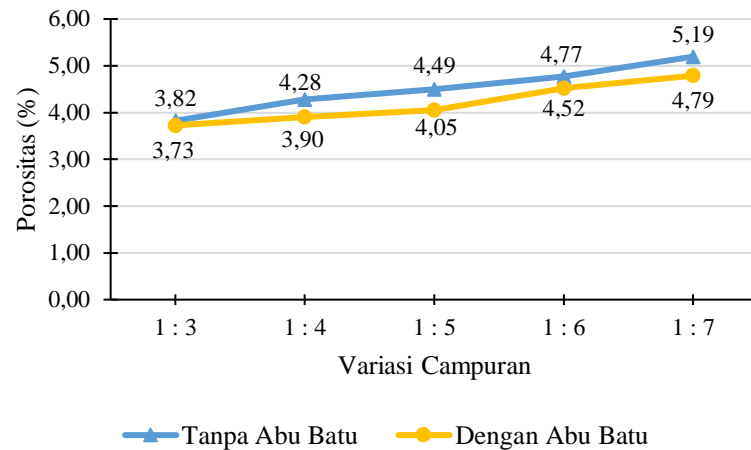
#### 4.4 Hasil Pengujian Densitas dan Porositas Beton Porous

Hasil pengujian densitas dan porositas beton porous tanpa dan dengan penambahan abu batu pada berbagai variasi campuran terlihat pada grafik berikut ini:



Gambar 4. Pengujian Densitas Beton Porous

Varisi perbandingan yang sama pada beton porous tanpa penambahan abu batu memiliki nilai densitas lebih kecil dibandingkan beton porous dengan penambahan abu batu. Hal ini dikarenakan dengan penambahan abu batu membuat beton porous yang dihasilkan menjadi lebih padat.



Gambar 5. Pengujian Porositas Beton Porous

Variasi perbandingan yang sama pada beton porous tanpa penambahan abu batu memiliki nilai porositas lebih besar dibandingkan beton porous dengan penambahan abu batu. Hal ini dikarenakan dengan penambahan abu batu dapat menutup rongga-rongga pada beton sehingga pori-porinya menjadi kecil.

#### 4.4 Pembahasan

Variasi beton porous yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, dan 1:7 yang merupakan perbandingan berat semen dan agregat kasar. Penambahan abu batu sebanyak 100% terhadap berat semen. Setelah dilakukan pengujian pada beton porous meliputi pengujian kuat tekan, infiltrasi, permeabilitas, densitas dan porositas dapat diketahui variasi campuran yang menghasilkan nilai pengujian yang optimal. Hasil variasi yang optimal pada beton porous dengan penambahan abu batu yaitu pada variasi perbandingan 1:5. Menurut ACI 522R-10, beton porous dapat dihasilkan kuat tekan sebesar 2,8 hingga 28 MPa, permeabilitas 81 hingga 730 l/min/m<sup>2</sup> atau 0,14 – 1,22 cm/detik serta berat satuan yang dihasilkan bervariasi berkisar antara 105 hingga 120 lb/ft<sup>3</sup> atau 1.680 – 1.920 kg/m<sup>3</sup>. Beton porous variasi perbandingan 1:5 dengan penambahan abu batu mendapatkan hasil kuat tekan sebesar 5,18 MPa, nilai infiltrasi sebesar 1,27 cm/detik, nilai permeabilitas sebesar 3,55 cm/detik, nilai densitas sebesar 1.899,75 kg/m<sup>3</sup> dan nilai porositas sebesar 4,05%.

### 5. Kesimpulan dan Saran

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka didapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengaruh adanya penambahan abu batu 100% dari berat semen sebagai bahan pengisi/ *filler* dalam pembuatan beton porous menghasilkan nilai kuat tekan beton porous meningkat dengan presentase kenaikan rata-rata sebesar 23,31%. Abu batu dapat mengisi rongga antar agregat kasar sehingga membuat beton semakin padat dan kuat. Sifat abu batu yang mudah menyerap air/ *higroskopis* dapat mengikat pasta semen sehingga pasta semen dapat sepenuhnya melapisi agregat kasar dan ikatan antar agregatnya pun semakin kuat. Sifat hidraulik beton porous mengalami penurunan setelah adanya penambahan abu batu. Abu batu sebagai bahan pengisi/ *filler* menutupi pori-pori beton mengakibatkan pori yang seharusnya dilewati air tertutup oleh abu batu sehingga nilai infiltrasi dan permeabilitas menurun dengan presentase penurunan rata-rata sebesar 20,41% dan 21,11%.
2. Penggunaan agregat kasar batu pecah ukuran lolos ayakan 37,5 mm dan tertahan pada ayakan ukuran 9,5 mm dengan penambahan abu batu 100% dari berat semen menghasilkan kuat tekan maksimal pada variasi

perbandingan 1:3 yaitu sebesar 8,38 MPa. Hasil pengujian infiltrasi maksimal yaitu pada variasi perbandingan 1:7 sebesar 2,07 cm/detik. Hasil pengujian permeabilitas maksimal yaitu pada variasi perbandingan 1:7 dengan rata-rata sebesar 5,37 cm/detik.

3. Menurut ACI 522R-10, beton porous memiliki kuat tekan sebesar 2,8 hingga 28 MPa, permeabilitas 81 hingga 730 l/min/m<sup>2</sup> atau 0,14 – 1,22 cm/detik serta berat satuan yang dihasilkan bervariasi berkisar antara 105 hingga 120 lb/ft<sup>3</sup> atau 1.680 – 1.920 kg/m<sup>3</sup>. Hasil *mix design* yang optimal beton porous dengan penambahan abu batu 100% dari berat semen terdapat pada variasi perbandingan 1:5 dengan nilai kuat tekan sebesar 5,18 MPa MPa, nilai infiltrasi sebesar 1,27 cm/detik, nilai permeabilitas sebesar 3,55 cm/detik, dan nilai densitas sebesar 1.899,75 kg/m<sup>3</sup>.

## 5.2 Saran

Setelah dilakukan penelitian dan menyadari kemungkinan masih ada kekurangan dalam penelitian ini, saran yang dapat penulis berikan sebagai berikut:

1. Proses pemadatan beton segar dilakukan satu orang dengan stabil agar kepadatan beton merata karena dapat mempengaruhi pori dan kekuatan beton porous.
2. Perlu ditambahkan pengujian kuat lentur beton porous serta pengujian *setting time* pasta tanpa abu batu maupun dengan abu batu
3. Perlu penelitian lanjutan untuk pembuatan beton porous dengan menggunakan material dan presentase penambahan abu batu yang berbeda, penambahan zat aditif, ataupun dengan variasi yang berbeda agar didapatkan beton porous yang optimal.
4. Perlu dikaji efektifitas antara penggunaan beton porous dengan beton konvensional sehingga nantinya bisa menjadi alternatif dalam perkerasan jalan.

## Daftar Pustaka

- ACI. 2010. *Report on Pervious Concrete ACI 522R-10*. American Concrete Institute, Farmington Hills. United States.
- Adi, P., 2013. Kajian Jenis Agregat dan Proporsi Campuran Terhadap Kuat. *Jurnal Teknik Vol. 3 No. 2 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra Yogyakarta*, 100-106.
- Andriyanto, S. D., 2022. Kajian Pengaruh Bahan Tambah Abu Batu untuk Campuran Beton Porous Menggunakan Agregat Batu Pecah Sungai Jali. *Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Purworejo*.
- ASTM C 1701. (2009). *Standard Test Method For Infiltration Rate Of In Place*. ASTM International.
- Desmaliana, Herbudiman, & Lesmana., 2018. Kajian Eksperimental Sifat Mekanik Beton Porous dengan Variasi Faktor Air Semen. *Jurnal Teknik Sipil, Vol. 15 No. 1 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung*, 19-29.
- Ginting, A., 2015. Perbandingan Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous Menggunakan Agregat Kasar Bergradasi Seragam dengan Gradasi Menerus. *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra, Yogyakarta*.
- Hardiyatmo, H. C., 2002. *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kristanto, A., 2021. Penggunaan Agregat Kasar Ukuran 2-3 cm dengan Penambahan Abu Batu . *Jurnal Surya Beton Volume 5, Nomor 2 Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Purworejo, Oktober 2021* , 41-52.
- Kurniawan, A. & Pranata, D. A., 2020. Performa Mekanik Beton Berpori Untuk Aplikasi Perkerasan. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil, Vol. 18 No.1 Institute Teknologi Sepuluh November*, 1-6
- SNI 1969:2008, Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.

SNI 1970:2008, Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.

SNI 2417:2008, Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles.

SNI 1974:2011, Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder.

SNI ASTM C136:2012, Metode Uji Untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar.

SNI 1973:2016, Metodi Uji Densitas, Volume Produksi Campuran, dan Kadar Udara (Gravimetrik) Beton.

Sultan, Imran, & Litolily., 2018. Korelasi Porositas Beton Terhadap Kuat Tekan Rata-Rata. *Jurnal Teknologi Sipil Universitas Khairun Ternate.*, 57-63.

Tjokrodinuljo, K., 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.