

Penggunaan Variasi Bahan Pengisi Dan Viscocrete Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton Porous

Fikri^{1*}, Agung Setiawan, Eksi Widyananto

¹ Universitas Muhammadiyah Purworejo, Jl. KHA Dahlan No.3, Purworejo

*fikrial2079@gmail.com

ABSTRAK

Beton Porous merupakan jenis beton khusus dengan pori-pori yang dapat dilewati air sehingga dapat mengalirkan air kedalam tanah. Beton porous dengan tambahan bahan pengisi dapat digunakan untuk meningkatkan kuat tekan beton porous. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo. Abu batu dan pasir digunakan sebagai bahan pengisi pada beton porous dengan rasio penambahan 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, dan 60%, dari berat semen, faktor air semen 0,3 dan viscocrete 0,4% dari berat semen. Perbandingan berat semen dan agregat kasar yang digunakan 1:3 dengan agregat kasar batuan Clereng berasal dari pemecah batu ukuran lolos ayakan 19 mm tertahan 12,5 mm, 12,5 mm tertahan 9,5 mm, dan 9,5 mm tertahan 4,75 mm. Pengujian yang dilakukan meliputi kuat tekan, permeabilitas, dan porositas. Pemeriksaan karakteristik agregat menunjukkan berat jenis rata-rata SSD agregat sebesar 2,66. Pemeriksaan keausan agregat rata-rata sebesar 17,56%. Hasil pengujian beton porous didapatkan variasi dengan hasil pengujian optimum. Hasil pengujian optimum didapatkan pada variasi penambahan bahan pengisi abu batu 40% dengan kuat tekan sebesar 21,75 MPa, permeabilitas sebesar 1,03 cm/detik dan porositas sebesar 12,83%. Hasil pengujian optimum untuk variasi penambahan bahan pengisi pasir didapatkan pada penambahan pasir 50% dengan kuat tekan sebesar 23,33 MPa, permeabilitas sebesar 0,92 cm/detik dan porositas sebesar 12,45%. Kuat tekan beton porous meningkat seiring dengan penambahan bahan pengisi, akan tetapi permeabilitas dan porositasnya menurun seiring dengan penambahan bahan pengisi

Kata kunci: Beton Porous, Bahan Pengisi, Kuat Tekan, Permeabilitas, Porositas

ABSTRACT

Porous concrete is a special type of concrete with interconnected pores that allow water to pass through, enabling it to drain into the ground. This study investigates the use of filler materials to enhance the compressive strength of porous concrete. The research was conducted using an experimental method at the Civil Engineering Laboratory of Muhammadiyah University of Purworejo. Stone dust and sand were used as filler materials, with varying addition ratios of 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, and 60% of the cement weight. A water-cement ratio of 0.3 and a viscocrete content of 0.4% of the cement weight were used. The cement to coarse aggregate weight ratio was 1:3. The coarse aggregate was Clereng rock from a crusher, with particle sizes passing a 19 mm sieve and retained on a 12.5 mm sieve, passing a 12.5 mm sieve and retained on a 9.5 mm sieve, and passing a 9.5 mm sieve and retained on a 4.75 mm sieve. Tests were conducted to evaluate the compressive strength, permeability, and porosity of the porous concrete. Aggregate characterization tests showed an average SSD specific gravity of 2.66 and an average aggregate abrasion of 17.56%. The test results showed that the optimum performance was achieved with a 40% addition of stone dust as the filler material, which resulted in a compressive strength of 21.75 MPa, a permeability of 1.03 cm/s, and a porosity of 12.83%. For the sand filler, the optimum results were obtained with a 50% addition, yielding a compressive strength of 23.33 MPa, a permeability of 0.92 cm/s, and a porosity of 12.45%. The study concluded that the compressive strength of the porous concrete increased with the addition of filler materials, while its permeability and porosity decreased.

Keywords: Porous Concrete, Filler, Compressive Strength, Permeability, Porosity

1. PENDAHULUAN

Upaya mengurangi jumlah limpasan air permukaan dan memaksimalkan jumlah resapan air hujan ke dalam tanah, salah satunya yaitu dengan penggunaan beton porous. American Concrete Institute (ACI 522R-10), menyatakan komposisi beton porous tersusun dari semen, agregat kasar, sedikit atau tanpa agregat halus, bahan tambah dan air. Beton porous cenderung memiliki nilai slump yang mendekati nol. Kombinasi campuran material tersebut menghasilkan beton porous dengan pori-pori yang saling terhubung dengan agregat berukuran antara 2 sampai 8 mm, sehingga memungkinkan air lewat dengan mudah. Kuat tekan beton porous berada direntang 2,8 hingga 28 MPa. Laju drainase perkerasan beton tembus air bervariasi sesuai ukuran agregat dan kepadatan campuran, umumnya dalam kisaran 2 sampai 18 gal/min/ft² (81 sampai 730 l/min/m²) atau 192 sampai 1.724 in³/j (0,14 hingga 1,22 cm/detik). Beton porous merupakan beton yang mempunyai rongga dan bersifat tembus air (*permeable*). Rongga yang ada membuat beton porous mempunyai kelebihan yaitu dapat dilewati air sehingga mengurangi resiko genangan. Beton porous juga memiliki kekurangan yaitu kuat tekannya lebih rendah jika dibandingkan dengan beton konvensional karena adanya rongga. Penggunaan beton porous masih terbatas untuk konstruksi seperti trotoar dan jalur sepeda. Spesifikasi khusus Dirjen Bina Marga Tahun 2022 tentang Perkerasan beton porous (*pervious concrete*) mensyaratkan kuat tekan beton porous minimal untuk bisa digunakan pada trotoar dan jalur sepeda adalah 20 Mpa. Kekuatan beton porous yang rendah dapat ditingkatkan dengan penambahan bahan pengisi dan viscocrete.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi bahan pengisi pasir dan abu batu terhadap kuat tekan, porositas dan permeabilitas beton porous serta mendapatkan nilai kuat tekan dan permeabilitas optimum. Dasar nilai kuat tekan optimum yaitu Spesifikasi khusus Dirjen Bina Marga Tahun 2022 tentang Perkerasan Beton Porous yaitu 20 Mpa dan untuk nilai optimum permeabilitas mengacu pada ACI 522R-10 yaitu sebesar 0,14 - 1,22 cm/detik.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental di laboratorium. Peneliti melakukan studi literatur terlebih dahulu untuk mendapatkan referensi penelitian terkait kemudian melakukan percobaan. Percobaan dimulai dengan pengujian material agregat dan dilanjutkan dengan pembuatan benda uji.

Material

Material agregat yang digunakan berasal dari *stone crusher* Clereng dengan tiga variasi ukuran (ukuran lolos saringan 19 mm tertahan 12,5 mm, lolos 12,5 mm tertahan 9,5 mm, dan lolos 9,5 mm tertahan 4,75 mm). Semen yang digunakan dengan tipe *portland composite cement* (PCC). Bahan tambah kimia viscocrete-1003. Bahan pengisi digunakan dua jenis yaitu abu batu dari limbah penggergajian batu di daerah Merapi dan pasir dari daerah Brosot.

Metode

Komposisi agregat ukuran lolos saringan 19 mm tertahan 12,5 mm sebesar 50% dari berat total agregat. Agregat ukuran lolos saringan 12,5 mm tertahan 9,5 mm sebesar 25% dari berat total agregat. Agregat ukuran lolos saringan 9,5 mm tertahan 4,75 mm sebesar 25%

dari berat total agregat. Bahan tambah kimia Sika Viscocrete 1003 = 0,4% dari berat semen, faktor air semen (fas) = 0,3. Bahan pengisi berupa abu batu dan pasir dengan variasi komposisi masing-masing = 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, dan 60% dari berat semen. *Mix design* mengacu ACI 522R-10 dengan target kuat tekan 20 MPa. Benda uji kuat tekan dan porositas menggunakan silinder ukuran 150 mm dan tinggi 300 mm, benda uji permeabilitas menggunakan *polivinyll chloride* (PVC) diameter 6 inci dengan tinggi 200 mm. Umur pengujian permeabilitas 14 hari, porositas 21 hari dan kuat tekan 28 hari.

Pengujian

Kuat tekan

$$f'c = \frac{P}{A}$$

dengan :

$f'c$ = kuat tekan beton (Mpa)

P = gaya tekan aksial (N)

A = luas penampang melintang benda uji (mm^2)

Porositas

ASTM C 642-06 menyatakan nilai porositas dihitung dengan persamaan berikut (Tuan, N.K. dkk. 2023) :

$$\Phi_{\text{eff}} = \left[1 - \left(\frac{M_{\text{suf}} - M_{\text{sub}}}{V_T \cdot \rho_w} \right) \right] \times 100$$

dengan :

Φ_{eff} = porositas (%)

M_{suf} = berat sampel dalam air (kg)

M_{sub} = berat sampel kondisi SSD (kg)

V_T = volume sampel (m^3)

ρ_w = berat jenis air (kg/m^3)

Permeabilitas

Nilai permeabilitas beton porous didapatkan dengan menggunakan metode *falling head*. Persamaan untuk mendapatkan nilai permeabilitas berdasarkan dari Mekanika Tanah 1 oleh Hardiyatmo, H.C. (2002) adalah sebagai berikut :

$$K = 2,303 \frac{aL}{A\Delta t} \log \left(\frac{h_0}{h_1} \right)$$

dengan :

K = Permeabilitas (cm/detik)

a = Luas tabung ukur (cm^2)

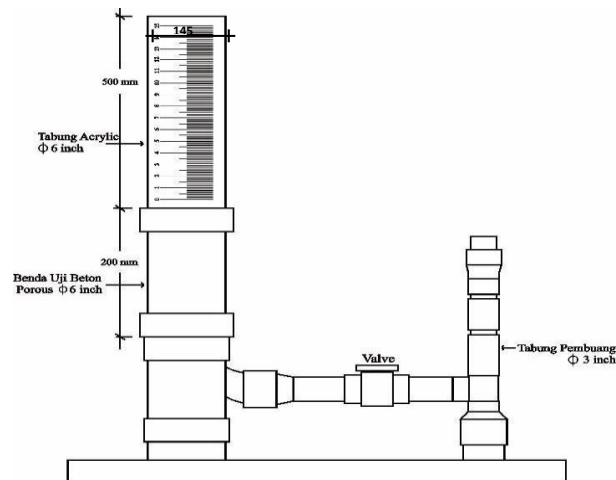
L = Tinggi Sampel (cm)

A = Luas sampel (cm^2)

Δt = Interval waktu pengukuran (detik)

h_0 = Tinggi air awal tabung ukur (cm)

h_1 = Tinggi air akhir tabung ukur (cm)



Gambar 1. Set Alat Uji Permeabilitas

Sumber : (Setiawan, A. dkk. 2021)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Karakteristik material

Uji karakteristik material pada penelitian ini meliputi pengujian keausan agregat kasar, berat satuan, gradasi bahan pengisi, berat jenis dan penyerapan agregat serta bahan pengisi. Hasil pengujian karakteristik material dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Uji Karakteristik Material

Material	Keausan (%)	Hasil pengujian			
		Berat jenis curah kering (SSD)	Berat Satuan (kg/m ³)	Modulus Halus Butir (MHB)	Penyerapan air (%)
Abu batu	-	2,588	1.666,6	0,45	0,30
Pasir	-	2,684	1.649,0	2,51	0,66
Agregat kasar	17,56	2,660	1.609,8	-	1,34

Sumber : Pengujian laboratorium

Pengujian permeabilitas

Pengujian permeabilitas beton porous dilakukan setelah benda uji diberi perawatan dry curing selama 14 hari. Benda uji permeabilitas berjumlah 2 buah setiap variasi bahan pengisi. Permeabilitas beton porous menurut ACI 522R-10 berkisar antara 0,14-1,22 cm/detik. Hasil uji permeabilitas rata-rata dapat dilihat pada Tabel 2.

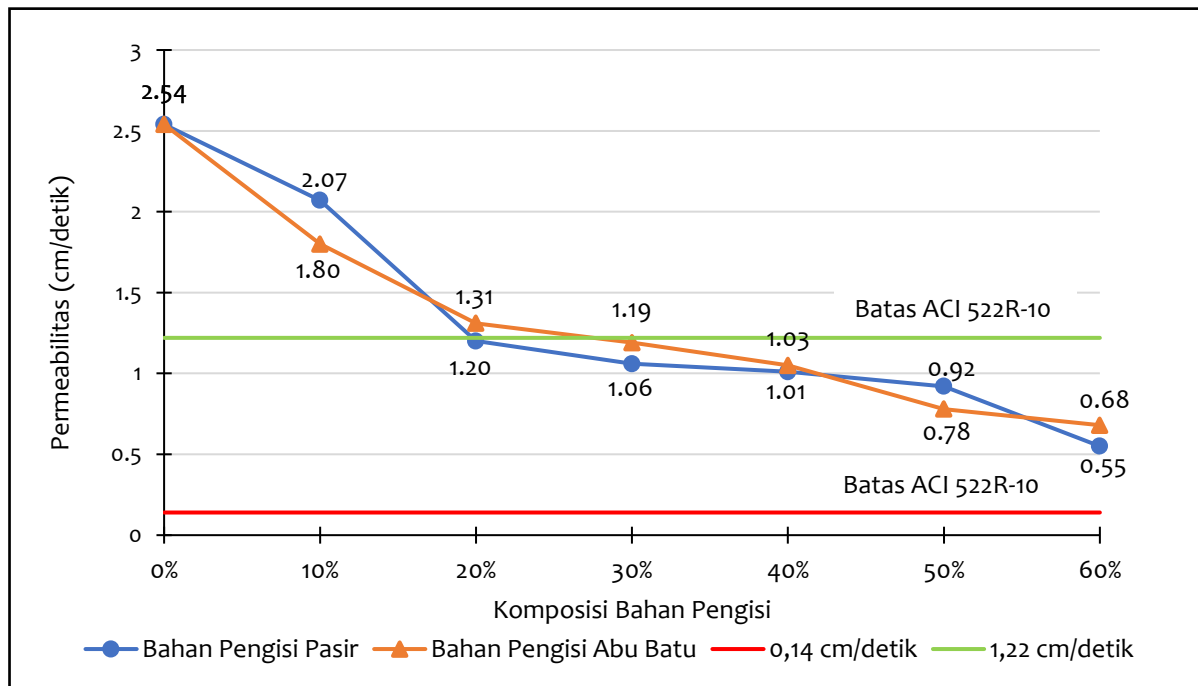
Tabel 2 Hasil Pengujian Permeabilitas

Variasi komposisi bahan pengisi	Permeabilitas bahan pengisi abu batu (cm/detik)	Permeabilitas bahan pengisi pasir (cm/detik)
0%	2,54	2,54
10%	1,80	2,07

20%	1,20	1,31
30%	1,19	1,06
40%	1,03	1,01
50%	0,78	0,92
60%	0,68	0,55

Sumber : Pengujian laboratorium

Bahan pengisi pada campuran beton porous akan menurunkan permeabilitas beton porous. Jumlah bahan pengisi pada kadar tertentu dapat memenuhi target yang disyaratkan ACI 522R-10 sebesar 0,14-1,22 cm/detik. Hasil pengujian permeabilitas kemudian digambarkan dengan grafik berikut.



Gambar 2. Grafik Hasil Pengujian Permeabilitas

Sumber : Pengujian laboratorium

Hasil pengujian permeabilitas menunjukkan bahwa permeabilitas beton porous akan semakin menurun seiring dengan penambahan bahan pengisi. Penurunan ini disebabkan karena semakin banyak rongga yang terisi oleh bahan pengisi sehingga mengurangi jumlah rongga pada beton porous dan menurunkan kemampuan beton porous untuk mengalirkan air. Hasil pengujian permeabilitas yang memenuhi standar ACI 522R-10 dengan rentang nilai permeabilitas sebesar 0,14 cm/detik - 1,22 cm/detik adalah variasi penambahan bahan pengisi abu batu 30%, 40%, 50%, dan 60% serta variasi penambahan bahan pengisi pasir 30%, 40%, 50%, dan 60%

Pengujian porositas

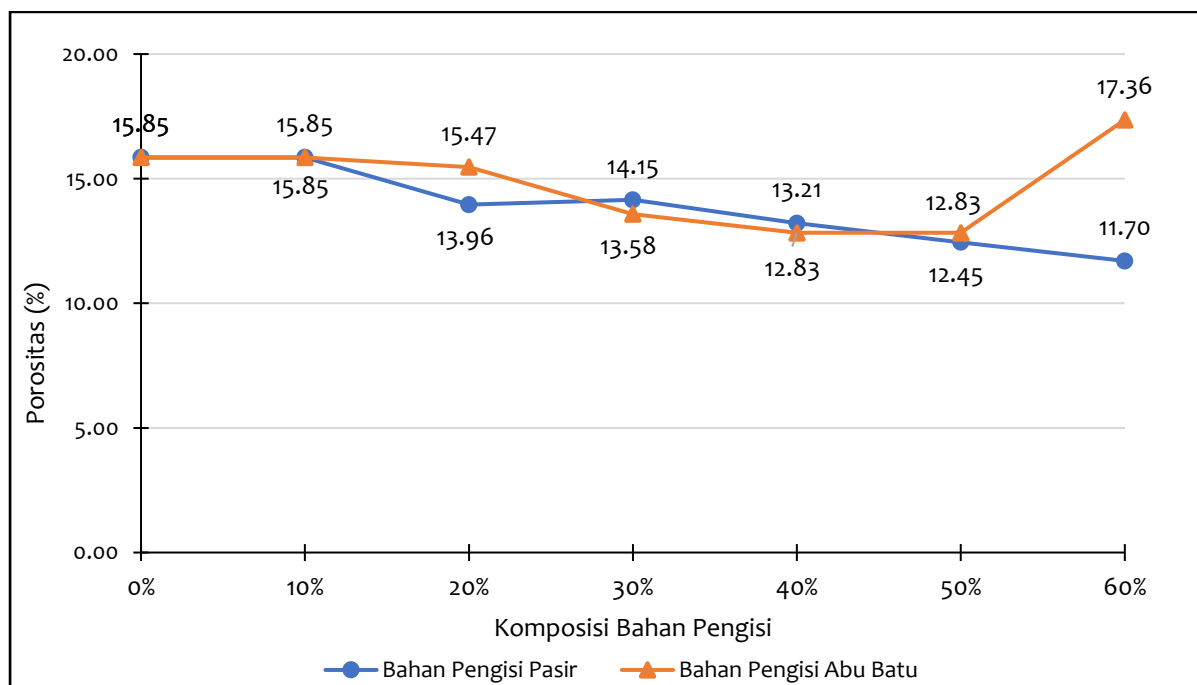
Pengujian porositas beton porous bertujuan untuk mengetahui kadar pori atau rongga pada beton porous. Pengujian permeabilitas dilakukan pada umur beton 21 hari dalam kondisi sampel SSD. Hasil pengujian porositas beton porous dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Porositas

Variasi komposisi bahan pengisi	Porositas bahan pengisi abu batu (%)	Porositas bahan pengisi pasir (%)
0%	15,85	15,85
10%	15,85	15,85
20%	15,47	13,96
30%	13,58	14,15
40%	12,83	13,21
50%	12,83	12,45
60%	17,36	11,70

Sumber : Pengujian laboratorium

Bahan pengisi pada campuran beton porous akan menurunkan porositas beton porous. Hal ini karena bahan pengisi akan mengisi rongga pada beton porous dan mengurangi jumlah rongganya. Hasil pengujian kemudian digambarkan dengan grafik sebagai berikut.

**Gambar 3.** Hasil Pengujian Porositas

Sumber : Pengujian laboratorium

Gambar 3 menunjukkan kecenderungan penurunan pada uji porositas beton porous. Porositas beton porous akan menurun seiring dengan penambahan bahan pengisi pada campuran beton porous. Bahan pengisi akan mengisi rongga yang ada pada beton porous dan mengurangi porositas beton porous.

Pengujian kuat tekan

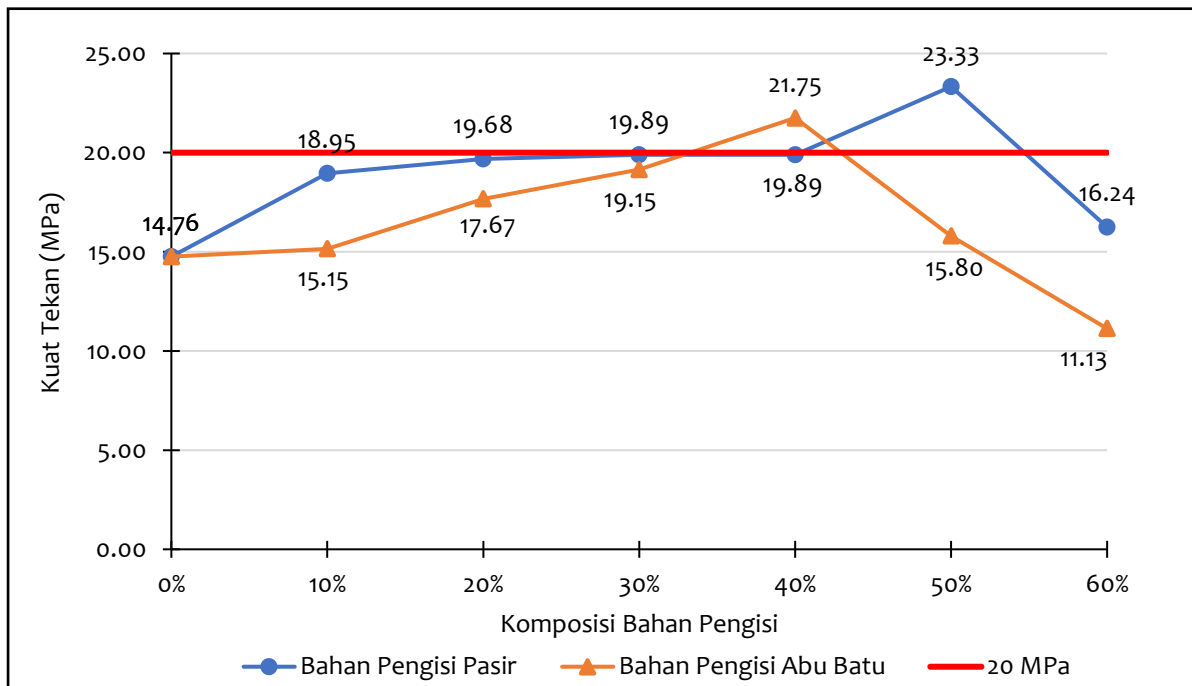
Pengujian kuat tekan beton porous dilakukan ketika beton berumur 28 hari setelah dilakukan perawatan. Pengujian dilakukan menggunakan *Compression Testing machine* (CTM) untuk mengetahui kekuatan beton porous terhadap tekanan. Hasil pengujian kuat tekan beton porous disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi komposisi bahan pengisi	Kuat tekan bahan pengisi abu batu (MPa)	Kuat tekan bahan pengisi pasir (MPa)
0%	19,27	19,27
10%	15,15	18,95
20%	17,67	19,68
30%	19,15	19,89
40%	21,75	19,26
50%	15,80	23,33
60%	11,13	16,24

Sumber : Pengujian laboratorium

Pengujian beton porous menunjukkan hasil yang cenderung naik seiring dengan penambahan bahan pengisi. Kenaikan ini disebabkan karena bahan pengisi yang ditambahkan memperkuat ikatan campuran beton porous yang ada. Hasil pengujian beton porous kemudian digambarkan dengan grafik sebagai berikut.



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan

Sumber : Pengujian laboratorium

Grafik hasil pengujian kuat tekan menunjukkan kecenderungan kenaikan kuat tekan seiring dengan penambahan bahan pengisi. Variasi benda uji yang memiliki nilai optimum berdasarkan Spesifikasi khusus Dirjen Bina Marga Tahun 2022 tentang Perkerasan beton porous dengan nilai minimal 20 Mpa adalah variasi dengan penambahan bahan pengisi abu

batu 40% dengan kuat tekan sebesar 21,75 Mpa dan variasi dengan penambahan bahan pengisi pasir 50% dengan kuat tekan sebesar 23,33 Mpa.

PEMBAHASAN

Januar, M.B., Purnamasari. E., dan Ghazali. A. (2021) melakukan penelitian berjudul “Pengujian Kuat Tekan Dan Porositas Beton Porous Dengan Variasi Bahan Pengisi Fly Ash (Abu Terbang)”. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* terhadap nilai kuat tekan dan porositas beton porous. Penelitian menggunakan variasi penambahan *fly ash* sebanyak 0%, 15% dan 30%. Hasil pengujian kuat tekan didapatkan nilai berturut-turut sebesar 20,37 Mpa, 21,44 Mpa dan 6,05 Mpa. Pengujian porositas dari ketiga variasi didapatkan hasil secara berturut-turut adalah 2,34%, 2,07% dan 6,80%. Kuat tekan beton porous meningkat pada penambahan *fly ash* 15%. Nilai pengujian kuat tekan optimum didapatkan pada variasi penambahan *fly ash* 0% dan 15%. Penelitian ini menunjukkan penambahan bahan pengisi dapat digunakan untuk meningkatkan kuat tekan beton porous.

Januar, M.B., Purnamasari. E., dan Ghazali. A. (2021) melakukan penelitian dengan menggunakan variasi penggunaan variasi penambahan *fly ash* untuk meningkatkan kuat tekan beton porous. Penulis pada penelitian ini mencoba menggunakan variasi bahan pengisi abu batu dan pasir untuk meningkatkan kuat tekan beton porous. Penelitian ini didapatkan hasil permeabilitas yang mengalami penurunan seiring dengan penambahan bahan pengisi. Hal ini dikarenakan penambahan bahan pengisi pada campuran beton porous akan membuat rongga yang ada pada beton porous semakin sedikit dan mengurangi kemampuan beton porous mengalirkan air. Penambahan bahan pengisi juga menurunkan porositas beton porous karena bahan pengisi membuat rongga yang ada pada beton porous terisi dan mengurangi jumlah rongga yang ada pada beton porous. Berbanding terbalik dengan permeabilitas dan porositas, kuat tekan beton porous justru mengalami kecenderungan kenaikan pada saat penambahan bahan pengisi. Hal ini dikarenakan bahan pengisi membuat ikatan yang terbentuk pada beton porous semakin banyak dan semakin baik sehingga kuat tekannya akan semakin meningkat.

Pengujian optimum beton porous didapatkan pada variasi sampel dengan penambahan bahan pengisi abu batu 40% dan penambahan bahan pengisi pasir 50%. Variasi bahan pengisi abu batu memiliki nilai kuat tekan sebesar 21,75 Mpa dan permeabilitas sebesar 1,03 cm/detik. Variasi bahan pengisi pasir memiliki nilai kuat tekan sebesar 23,33 Mpa dan permeabilitas sebesar 0,92 cm/detik

4. KESIMPULAN

Kesimpulan berdasarkan hasil pengujian dan analisis dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penambahan bahan pengisi abu batu dan bahan pengisi pasir dapat meningkatkan kuat tekan beton porous serta menurunkan porositas dan permeabilitas beton porous.
2. Hasil pengujian kuat tekan dan permeabilitas optimum didapatkan pada variasi penambahan bahan pengisi abu batu 40% dan bahan pengisi pasir 50%. Variasi penambahan bahan pengisi abu batu 40% didapatkan nilai kuat tekan 21,75 Mpa dan

permeabilitas sebesar 1,03 cm/detik. Variasi penambahan bahan pengisi pasir 50% didapatkan nilai kuat tekan 23,33 Mpa dan permeabilitas sebesar 0,92 cm/detik.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, teriring kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan kesempatan kepada penulis sehingga penyusunan tugas akhir ini bisa terselesaikan dengan lancar. Penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak, baik bantuan langsung maupun dukungan moral. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Keluarga yang telah memberikan doa, dukungan baik moral maupun materiil sehingga bisa sampai ke titik ini.
2. Jajaran dosen Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo yang telah memberikan bimbingan dan membantu selama perkuliahan dan penyusunan tugas akhir.
3. Keluarga besar Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo yang telah kebersamai selama masa perkuliahan.
4. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purworejo angkatan 2021 yang telah kebersamai dan mendukung selama 4 tahun masa perkuliahan.
5. Keluarga besar Panti Asuhan Yatim Muhammadiyah Danukusumo yang telah memberikan kesempatan bersama dan belajar.
6. Dan semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 522R-06. (2006). Pervious Concrete. *American Concrete Institute*.
- ACI Committee 522R-10. (2010). Report on Pervious Concrete. *American Concrete Institute*.
- ACI Committee 214R-11. (2011). Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete. *American Concrete Institute*.
- Amiruddin, Ibrahim, dan Sulianti, I. (2014). Pengaruh Perubahan Ukuran Maksimum Agregat Kasar Terhadap Jumlah Semen Untuk Pembuatan Beton SCC dengan Bahan Tambah SP430 dan RP260. *PILAR*, 10(2), 147–153.
- Anggraini, R., Nanda, R.E., Warman, H., Taufik, dan Mulyani, R. (2022). Penggunaan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton Porous. *Jurnal REKAYASA*, 01, 11–25.
- ASTM International. (2009). ASTM C 642-06 Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete 1. *American Standard Testing And Material*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). SNI ASTM C136:2012 Metode Uji untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (ASTM C 136-06, IDT).
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). Semen Portland. *SNI 2049:2015*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008a). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *SNI 1969:2008*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008b). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *SNI 1970: 2008*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008c). Cara Uji Slump Beton. *SNI 1972:2008*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008d). Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles. *SNI 2417:2008*.

- Badan Standarisasi Nasional. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. *SNI 1974:2011*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. *SNI 03-2834-2000*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. *SNI 03-2847-2002*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa. *SNI 7656:2012*.
- Ghozi, M., Budiarti, A. dan Aziz, H.M. (2024). Perilaku Beton Porous Dengan Penambahan Zat Aditif Superplastizer (Sika Viscocrete). *INTER TECH*, 2(2), 124–130.
- Giarto, R.B., Achmad, K. dan Ulfa, A.A. (2023). Pemanfaatan Admixture Sika Viscocrete Dengan Variasi Campuran Agregat Kasar Guna Meningkatkan Kuat Tekan Beton Tanpa Pasir. *PROSIDING SNITT POLTEKBA 6*, 184-188.
- Ginting, A. (2015). Kuat Tekan Dan Porositas Beton Porous Dengan Bahan Pengisi Styrofoam. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 76-98.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah 1* (3 ed.). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Januar, M., Purnamasari, E. dan Gazali, A. (2021). Pengujian Kuat Tekan Dan Porositas Beton Porous dengan Variasi Bahan Pengisi Fly Ash (Abu Terbang). Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari Banjarmasin.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2018). Spesifikasi Umum 2018. *Direktur Jenderal Bina Marga*.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2022). Spesifikasi Khusus Perkerasan Beton Porous (Porous Concrete) 2022. *Direktur Jenderal Bina Marga*.
- Khonado, M. F., Manalip, H. dan Wallah, S.E. (2019). Kuat Tekan Dan Permeabilitas Beton Porous Dengan Variasi Ukuran Agregat. *Jurnal Sipil Statik*, 7(3), 351–358.
- Ondang, C. Q., Wallah, S.E. dan Windah, R.S. (2020). Sifat Mekanik Dan Permeabilitas Beton Porous Dengan Substitusi Fly Ash Terhadap Semen. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 495–500.
- Purnamasari, E., & Handayani, F. (2020). Beton Porous dengan Menggunakan Agregat Lokal di Kalimantan Selatan. *Jurnal Kacapuri*, 3, 139–149.
- Setiawan, A. dan Teguh, M. (2021). Evaluasi Sifat Mekanik dan Hidraulik Beton Porous Menggunakan Bahan Tambah Abu Batu (Mechanical and Hydraulic Properties Evaluation of Pervious Concretes Utilizing Stone Fly Ash). *Semesta Teknika*, 24, 140–148.
- Tuan, N. K., Minh, P. Q., Giang, N. H., Dung, N. T. dan Kawamoto, K. (2023). Porosity and Permeability of Pervious Concrete Using Construction and Demolition Waste in Vietnam. *International Journal of GEOMATE*, 24(101), 12–21. <https://doi.org/10.21660/2023.101.3511>
- Sukarman. Yanuarini, E., Indrianti, A. dan Anggriawan, R. (2022). Pengaruh Substitusi Slag Baja Terhadap Kuat Tarik Belah dan Permeabilitas Beton Porous (Pervious Concrete). *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 8(2), 332-338.
- Tjokrodimuljo, K. (1996). *Teknologi Beton (1 ed.)*. Nafitri. Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K. (2007). *Teknologi Beton (1 ed.)*. Biro Penerbit KMTS FT UGM. Yogyakarta.
- Ulfa, A. A., Achmad, K. dan Giarto, R.B. (2024). Pengaruh Bahan Tambah Glenium terhadap Kekuatan Beton Porous. *Jurnal sains terapan*, 10, 77–83.