

## Pengaruh Gradasi Agregat terhadap Kuat Tekan dan Permeabilitas pada Beton Porus

Muhammad Syafrie Hamzah<sup>1</sup>, dan Nurul Rochmah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, [syafriehmzh01@gmail.com](mailto:syafriehmzh01@gmail.com)

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, [nurul-rochmah@untag-sby.ac.id](mailto:nurul-rochmah@untag-sby.ac.id)

### Abstract

*Pervious concrete is designed with open pores to allow water to flow through the concrete structure, unlike conventional concrete which is impermeable. This concrete is effective in stormwater management and groundwater recharge, making it an ideal choice for urban sidewalks. This study aims to analyze the effect of aggregate gradation on the compressive strength, permeability, porosity, and absorption of pervious concrete. The method used follows the ACI 522 R-10 mix design. The test results show that gradation A (5-10 mm) has the best compressive strength of 9.24 MPa, the lowest permeability of 0.23 cm/s, porosity of 23.57%, and absorption of 12.96%. Gradation B (10-15 mm) results in a compressive strength of 7.20 MPa, permeability of 0.38 cm/s, porosity of 27.81%, and absorption of 7.86%. Meanwhile, gradation C (15-20 mm) shows the lowest compressive strength of 5.92 MPa, permeability of 0.30 cm/s, the highest porosity of 36.31%, and absorption of 9.80%. Larger aggregate gradation increases permeability and porosity but decreases compressive strength.*

**Keywords:** Porous Concrete, Permeability, Compressive Strength, Concrete Porosity, Absorption

### Abstrak

Beton porus (*pervious concrete*) dirancang dengan pori-pori terbuka untuk memungkinkan aliran air melalui struktur beton, berbeda dengan beton konvensional yang kedap air. Beton ini efektif dalam manajemen air hujan dan pengisian ulang air tanah, menjadikannya pilihan ideal untuk trotoar di daerah perkotaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh gradasi agregat terhadap kuat tekan, permeabilitas, porositas, dan resapan beton porus. Metode yang digunakan mengacu pada desain campuran ACI 522 R-10. Hasil pengujian menunjukkan bahwa gradasi A (5-10 mm) memiliki kuat tekan terbaik 9,24 MPa, permeabilitas terendah 0,23 cm/dtk, porositas 23,57%, dan resapan 12,96%. Gradasi B (10-15 mm) menghasilkan kuat tekan 7,20 MPa, permeabilitas 0,38 cm/dtk, porositas 27,81%, dan resapan 7,86%. Sementara itu, gradasi C (15-20 mm) menunjukkan kuat tekan terendah 5,92 MPa, permeabilitas 0,30 cm/dtk, porositas tertinggi 36,31%, dan resapan 9,80%. Gradasi agregat lebih besar meningkatkan permeabilitas dan porositas, namun menurunkan kuat tekan.

**Kata Kunci:** Beton Porus, Permeabilitas, Kuat Tekan, Porositas Beton.



*This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license*

### PENDAHULUAN

Beton porus, atau *pervious concrete*, merupakan salah satu inovasi dalam teknologi material bangunan yang dirancang secara khusus agar memiliki pori-pori terbuka. Tujuan utamanya adalah memungkinkan aliran air melewati strukturnya, berbeda dengan beton konvensional yang memiliki karakteristik kedap air. Porositas yang tinggi pada beton ini menjadikannya sangat efektif dalam mendukung manajemen air hujan serta memitigasi genangan di wilayah perkotaan yang rentan terhadap limpasan permukaan (Simanjuntak and Tampubolon, 2022). Pemanfaatan beton porus dalam struktur trotoar memberikan nilai tambah dalam aspek lingkungan. Beton jenis ini mampu menyalurkan air hujan langsung ke dalam tanah sehingga membantu proses pengisian ulang air tanah (*recharge*), mengurangi limpasan, serta mencegah terbentuknya genangan. Oleh karena itu, penggunaan beton porus sangat sesuai untuk pengembangan infrastruktur perkotaan berwawasan lingkungan (Desmaliana et al., 2020).

Salah satu parameter kinerja utama dari beton porus adalah permeabilitasnya, yakni kemampuan beton untuk mengalirkan air melalui celah-celah pori antar agregat. Permeabilitas ini menjadi krusial, khususnya dalam konteks aplikasi pada sistem drainase permukaan seperti trotoar, tempat parkir, atau bahu jalan. Kinerja hidraulik beton porus sangat tergantung pada desain campuran serta sifat fisik dari agregat yang digunakan (Hadianto et al., 2022). Selain pengujian terhadap kemampuan aliran air (permeabilitas), pengujian porositas juga menjadi parameter penting dalam menilai kualitas beton porus. Beton jenis ini dikenal memiliki struktur yang sangat berpori, sehingga ideal digunakan pada area yang membutuhkan kemampuan serapan dan aliran air yang tinggi, seperti jalan lingkungan, trotoar, hingga sistem drainase.

Meskipun beton porus unggul dalam hal permeabilitas, kekuatan tekan beton ini cenderung lebih rendah dibanding beton konvensional. Hal ini disebabkan oleh tingkat porositasnya yang tinggi, yang berimplikasi pada berkurangnya ikatan antar partikel agregat dan pasta semen. Oleh karena itu, penting untuk menyeimbangkan kebutuhan akan permeabilitas dengan kekuatan struktural, khususnya pada aplikasi yang membutuhkan

ketahanan mekanis (Kristanto, 2021). Pemilihan agregat kasar dan gradasinya menjadi salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik dari beton porous. Gradasi agregat tidak hanya menentukan jumlah pori dan jalur air di dalam beton, tetapi juga memengaruhi kekompakan dan kekuatan struktur beton secara keseluruhan. Oleh karena itu, penelitian terhadap variasi gradasi agregat menjadi krusial dalam upaya optimasi desain beton porous.

Gradasi agregat merujuk pada distribusi ukuran partikel agregat dalam campuran beton. Pemilihan gradasi yang tepat sangat penting karena mempengaruhi porositas, permeabilitas, dan kuat tekan beton porous. Menurut penelitian oleh (Setiawan and Teguh, 2021), penggunaan agregat berukuran 1-2 cm dengan tambahan abu batu meningkatkan kuat tekan beton porous hingga 7,47 MPa, namun menurunkan permeabilitasnya menjadi 0,84 cm/s. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran dan distribusi agregat berperan signifikan dalam menentukan sifat mekanik dan hidraulik beton porous. Penelitian lain oleh (Pratomo et al., 2016), menyoroti bahwa gradasi agregat seragam dengan ukuran 1-2 cm menghasilkan porositas tertinggi sebesar 21,758% dan permeabilitas horizontal mencapai 1,711 cm/dt. Namun, kuat tekan yang dihasilkan relatif rendah, yaitu 10,584 MPa. Ini mengindikasikan adanya trade-off antara porositas dan kuat tekan dalam pemilihan gradasi agregat untuk beton porous.

Selain itu, studi oleh (Samsul et al., 2023) menunjukkan bahwa peningkatan ukuran agregat kasar dalam beton porous meningkatkan porositas dan permeabilitas, namun menurunkan kuat tekan. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya rongga yang lebih besar seiring dengan bertambahnya ukuran agregat, yang mengurangi area kontak antar partikel dan melemahkan ikatan antar agregat. Dalam konteks aplikasi praktis, pemilihan gradasi agregat harus mempertimbangkan kebutuhan spesifik proyek. Misalnya, untuk aplikasi yang memprioritaskan drainase cepat seperti pada perkerasan jalan, gradasi agregat yang menghasilkan permeabilitas tinggi lebih diutamakan. Sebaliknya, untuk aplikasi yang memerlukan kekuatan struktural lebih tinggi, gradasi yang meningkatkan kuat tekan menjadi pilihan utama. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana variasi gradasi agregat memengaruhi nilai permeabilitas dan kuat tekan pada beton porous, dengan titik fokus pada penggunaan agregat kasar yang berasal dari Pasuruan. Adapun jenis agregat yang digunakan terdiri dari ukuran 5–10 mm, 10–15 mm, dan 15–20 mm. Diharapkan hasil dari studi ini dapat menjadi acuan praktis dalam merancang beton porous yang sesuai untuk kebutuhan trotoar. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi beton porous yang lebih efisien dan ramah lingkungan, khususnya untuk aplikasi trotoar di daerah perkotaan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memiliki nilai akademis, tetapi juga potensi aplikasi praktis yang signifikan dalam meningkatkan kualitas infrastruktur perkotaan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi gradasi agregat terhadap karakteristik fisik dan mekanik beton porous, dengan fokus pada komposisi campuran beton yang tepat untuk memastikan beton dapat berfungsi secara optimal. Perencanaan campuran beton porous dalam penelitian ini menggunakan metode ACI 522R-10, yang mengatur proporsi bahan dan mengoptimalkan sifat-sifat beton untuk tujuan drainase dan pengisian ulang air tanah. Beton porous yang diuji menggunakan tiga variasi ukuran agregat kasar yaitu 5–10 mm, 10–15 mm, dan 15–20 mm, serta pengujian pada beberapa umur beton yang berbeda, yaitu 7, 14, dan 28 hari.

Total sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 54 benda uji, yang terdiri dari empat jenis pengujian: kuat tekan, porositas, permeabilitas, dan resapan. Setiap jenis pengujian dilakukan dengan mengukur beton pada variasi ukuran agregat dan umur beton yang berbeda. Pada pengujian porositas dan permeabilitas, sampel diuji pada umur 28 hari, sedangkan pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Setiap variasi ukuran agregat memiliki 3 benda uji untuk setiap kondisi yang diuji, dengan total sampel untuk masing-masing pengujian sebagai berikut: 9 sampel untuk pengujian porositas, 9 sampel untuk pengujian permeabilitas, 27 sampel untuk pengujian kuat tekan, dan 9 sampel untuk pengujian resapan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran agregat terhadap karakteristik beton porous yang digunakan untuk trotoar, dengan target kuat tekan 20 MPa dan void content sebesar 18%. Variasi ukuran agregat yang digunakan adalah 5–10 mm, 10–15 mm, dan 15–20 mm.

### 1. Hasil Pengujian Agregat Kasar

**Tabel 1** Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan	Satndart pengujian
1	Berat Jenis	2,563	Kg/m <sup>3</sup>	ASTM C 127
2	Berat Volome	1,6	Ton/m <sup>3</sup>	SNI 1969:2008
3	Resapan	0,5079	%	SNI 1969:2008
4	Abrasi	34,029	%	SNI 2417:2007
5	Kadar Lumpur	0,4	%	ASTM C117

## 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari

Pengujian kuat tekan beton porus dilakukan untuk mengetahui kemampuan beton dalam menahan beban tekan maksimum sebelum mengalami kerusakan atau hancur. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan nilai kekuatan struktural beton porus yang dihasilkan dari campuran material dengan proporsi tertentu.

**Tabel 2** Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari

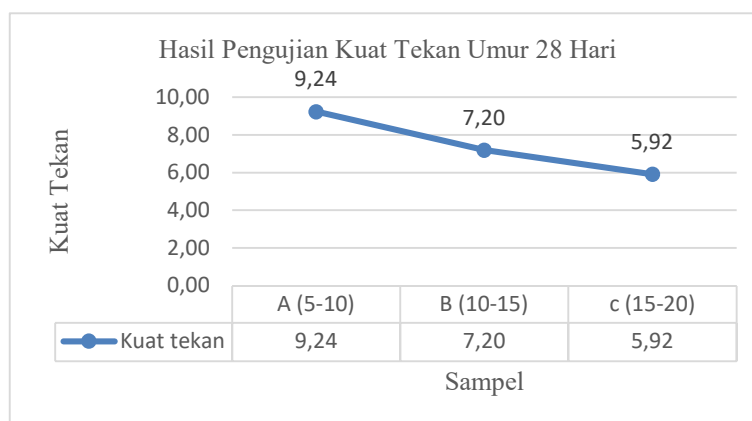
No.	Kode Sampel	Umur	Beban Maksimal (Ton)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat tekan Rata-Rata
1	A1	28	19	10,54	9,24
2	A2	28	14	7,77	
3	A3	28	17	9,40	
4	B1	28	17	9,40	7,20
5	B2	28	10	5,55	
6	B3	28	12	6,66	
7	C1	28	9	5,00	5,92
8	C2	28	13	7,21	
9	C3	28	10	5,55	

Keterangan :

A = Sampel Beton Porus Agregat 5-10 mm

B = Sampel Beton Porus Agregat 10-15 mm

C = Sampel Beton Porus Agregat 10-20 mm



**Gambar 1** Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari

## 3. Hasil Pengujian Permeabilitas

Pengujian permeabilitas beton porus dilakukan untuk mengetahui kemampuan beton dalam meloloskan air melalui pori-porinya. Proses pengujian dilakukan dengan mengalirkan air secara vertikal melalui benda uji beton porus, kemudian mengukur volume dan waktu aliran air yang keluar dari sisi bawah benda uji.

**Tabel 3** Hasil Pengujian Permeabilitas

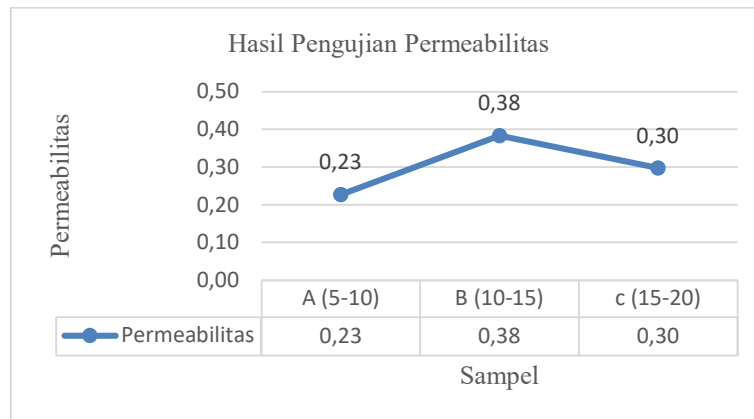
No.	Kode Sampel	Waktu Alir (detik)	Koefisien Permeabilitas (cm/dtk)	Rata-Rata Koefisien Permeabilitas (cm/dtk)
1	A1	51,95	0,37	0,23
2	A2	143,1	0,14	
3	A3	113,48	0,17	
4	B1	130,9	0,15	0,38
5	B2	38,94	0,50	
6	B3	38,68	0,50	
7	C1	122,02	0,16	0,30
8	C2	50,98	0,38	
9	C3	55,2	0,35	

Keterangan :

A = Sampel Beton Porus Agregat 5-10 mm

B = Sampel Beton Porus Agregat 10-15 mm

C = Sampel Beton Porus Agregat 10-20 mm



**Gambar 2** Grafik Hasil Pengujian Permeabilitas

#### 4. Hasil Pengujian Porositas

Pengujian porositas beton porus dilakukan untuk mengetahui persentase volume rongga atau pori yang terdapat di dalam beton terhadap volume totalnya. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menilai tingkat kepadatan dan kemampuan beton porus dalam meloloskan air, karena porositas berpengaruh langsung terhadap kekuatan, permeabilitas, dan berat jenis beton.

**Tabel 4** Hasil Pengujian Porositas

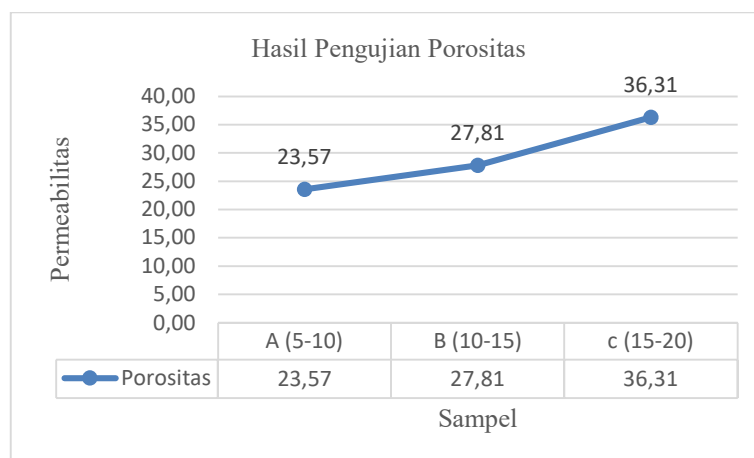
No.	Kode Sampel	Vol. Air Dalam gelas ukur (ml)	Volume Sampel (ml)	Volume Pori (ml)	Porositas (%)	Rata-Rata Porositas (%)
1	A1	3800	1570	270	17,19	23,56
2	A2	3700	1570	370	23,56	
3	A3	3600	1570	470	29,93	
4	B1	3800	1570	270	17,19	27,81
5	B2	3600	1570	470	29,93	
6	B3	3500	1570	570	36,30	
7	C1	3600	1570	470	29,93	36,30
8	C2	3400	1570	670	42,67	
9	C3	3500	1570	570	36,30	

Keterangan :

A = Sampel Beton Porus Agregat 5-10 mm

B = Sampel Beton Porus Agregat 10-15 mm

C = Sampel Beton Porus Agregat 10-20 mm



**Gambar 3** Grafik Hasil Pengujian Porositas

### 5. Hasil Pengujian Resapan

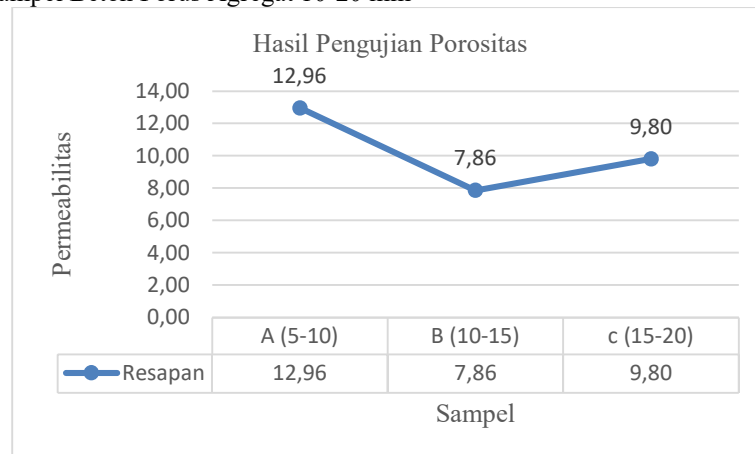
Pengujian resapan (absorpsi) beton porous dilakukan untuk mengetahui kemampuan beton dalam menyerap air ke dalam pori-porinya. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menilai sejauh mana beton porous dapat menampung air pada kondisi tertentu, yang berhubungan langsung dengan tingkat porositas,

**Tabel 5** Hasil Pengujian Resapan

No.	Kode Sampel	Berat Kering Beton	Berat Basah Beton	Absorpsi	Rata Rata Absorpsi
		gram	gram	%	%
1	A1	2364,5	2674,1	13,09	0,12961
2	A2	2541,8	2877,6	13,21	
3	A3	2524,5	2842,1	12,58	
4	B1	2161,0	2299,2	6,40	0,07861
5	B2	2450,0	2661,1	8,62	
6	B3	2566,3	2786,3	8,57	
7	C1	2413,2	2607,5	8,05	0,09804
8	C2	2563,7	2843,1	10,90	
9	C3	2739,9	3026,6	10,46	

Keterangan :

- A = Sampel Beton Porus Agregat 5-10 mm
- B = Sampel Beton Porus Agregat 10-15 mm
- C = Sampel Beton Porus Agregat 10-20 mm



**Gambar 4** Grafik Hasil Pengujian Porositas

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian beton porous dengan tiga gradasi agregat (A: 5-10 mm, B: 10-15 mm, dan C: 15-20 mm), dapat disimpulkan bahwa semakin kecil gradasi agregat, semakin tinggi kuat tekan beton. Gradasi A menghasilkan kuat tekan terbaik sebesar 9,24 MPa, permeabilitas terendah 0,23 cm/dtk, porositas 23,57%, dan resapan 12,96%. Gradasi B (10-15 mm) menghasilkan kuat tekan 7,20 MPa, permeabilitas 0,38 cm/dtk, porositas 27,81%, dan resapan 7,86%. Sementara itu, gradasi C (15-20 mm) memiliki kuat tekan 5,92 MPa, permeabilitas 0,30 cm/dtk, porositas tertinggi 36,31%, dan resapan 9,80%. Temuan ini menunjukkan bahwa gradasi agregat yang lebih besar (B dan C) meningkatkan permeabilitas dan porositas, yang memperbaiki kemampuan drainase dan penyerapan air, meskipun dengan kuat tekan yang lebih rendah.

### DAFTAR PUSTAKA

- Desmaliana, E., Hazairin, H., Herbudiman, B., and Lesmana, R. (2020): Kajian Eksperimental Sifat Mekanik Beton Porous dengan Variasi Faktor Air Semen, *Jurnal Teknik Sipil*, **15**(1), 19–29. <https://doi.org/10.24002/jts.v15i1.3147>
- Hadianto, F. E., Setiawan, A., and Riyanto, E. (2022): Kajian Kuat Tekan dan Sifat Hidraulik Beton Porous Dengan Bahan Tambah Abu Batu, *Surya Beton : Jurnal Ilmu Teknik Sipil*, **6**(2), 112–124. <https://doi.org/10.37729/suryabeton.v6i2.2459>
- Kristanto, A. (2021): Penggunaan Agregat Kasar Ukuran 2-3 cm Dengan Penambahan Abu Batu Untuk Campuran Beton Porous, *Jurnal Surya Beton*, **5**(e-ISSN : 2776-1606), 41–52.
- Pratomo, E. P., Setyawan, A., and Djumari (2016): Pengaruh Gradasi Terhadap Porositas Dan Kuat Tekan Beton Berpori, *E-Jurnal*, (September), 723–731.
- Samsul, S., Mustakim, M., and Kasmada, K. (2023): Pengaruh Ukuran Butir Agregat Kasar Terhadap Kapasitas Kuat Tekan Dan Nilai Slump Beton Porous, *Jurnal Karajata Engineering*, **3**(2), 124–127. <https://doi.org/10.31850/karajata.v3i2.2713>
- Setiawan, A., and Teguh, M. (2021): Evaluasi Sifat Mekanik dan Hidraulik Beton Porous Menggunakan Bahan Tambah Abu, *Semesta Teknik*, **24**(2), 140–148. <https://doi.org/10.18196/st.v24i2.13165>
- Simanjuntak, I. V., and Tampubolon, S. P. (2022): Pengaruh Variasi Agregat Kasar Penyusun Beton Porous Terhadap Kuat Tekan Dan

- Porositas Beton, *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Dan Lingkungan - CENTECH*, **3**(1), 1–10. <https://doi.org/10.33541/cen.v3i1.3966>
- Tennis, P. D., Leming, M. L., and Akers, D. J. (2004). *Pervious Concrete Pavements*. Skokie, IL: Portland Cement Association.
- ACI Committee 522. (2010). *ACI 522R-10: Report on Pervious Concrete*. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
- Montes, F., and Haselbach, L. (2006). Measuring hydraulic conductivity in pervious concrete. *Environmental Engineering Science*, **23**(6), 960–969. <https://doi.org/10.1089/ees.2006.23.960>
- Deo, O., and Neithalath, N. (2010). Compressive response of pervious concretes proportioned for desired porosities. *Construction and Building Materials*, **25**(11), 4181–4189. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.04.025>
- Zhong, R., Wille, K., and Wang, Z. (2016). Influence of aggregate gradation on mechanical properties of pervious concrete. *Construction and Building Materials*, **121**, 404–412. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.06.033>
- Ghafoori, N., and Dutta, S. (1995). Building and nonpavement applications of no-fines concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, **7**(4), 286–289. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(1995\)7:4\(286\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(1995)7:4(286))
- Chandrappa, A. K., and Biligiri, K. P. (2016). Pervious concrete as a sustainable pavement material – Research findings and future prospects. *Construction and Building Materials*, **111**, 262–274. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.054>
- Yang, J., Jiang, G., and Wang, Y. (2019). Experimental study on mechanical and permeability properties of pervious concrete. *Materials*, **12**(18), 2953. <https://doi.org/10.3390/ma12182953>