



JURNAL REKAYASA, TEKNOLOGI, DAN SAINS
 ISSN 2541-4750 (Print)
 ISSN 2549-984X (Online)

INFORMASI ARTIKEL

Received: July, 20, 2026

Revised: July, 31, 2026

Available online: August, 1, 2026

at: <http://ejournalmalahayati.ac.id/index.php/teknologi/index>

Pengaruh variasi ukuran agregat kasar batu pecah terhadap karakteristik beton berpori

Ragil Abimanyu¹, Devi Oktarina¹, Yan Juansyah^{1*}, Surya Sebayang²,

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Malahayati, Jl. Pramuka No. 27 Kemiling Bandar Lampung

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1, Gedong Meneng, Bandar Lampung, Provinsi Lampung

Korespondensi Penulis: Yan Juansyah. *Email: juansyah_yan@gmail.com

ABSTRAK

Beton berpori (*pervious concrete*) merupakan jenis beton yang memiliki porositas tinggi sehingga memungkinkan air melewati struktur internalnya. Beton ini banyak digunakan pada perkerasan ramah lingkungan seperti jalur pejalan kaki, area parkir, dan sistem drainase berkelanjutan karena mampu mengurangi limpasan permukaan serta meningkatkan infiltrasi tanah. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi ukuran agregat kasar (batu pecah) terhadap kuat tekan, penyerapan air (absorpsi), dan laju aliran air beton berpori menggunakan alat *falling head permeameter*, serta menentukan ukuran agregat yang menghasilkan karakteristik terbaik. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental di laboratorium dengan tiga variasi ukuran agregat kasar, yaitu 5–10 mm, 10–20 mm, dan campuran 5–20 mm. Setiap variasi terdiri atas 15 benda uji, sehingga total benda uji yang digunakan sebanyak 45 sampel. Benda uji yang digunakan berupa silinder berukuran 15 x 30 cm untuk pengujian kuat tekan, silinder berukuran 9,5 x 15 cm untuk pengujian laju aliran air, serta kubus berukuran 5 x 5 cm untuk pengujian absorpsi. Seluruh pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari dengan komposisi campuran yang terdiri dari semen, air, dan agregat kasar tanpa menggunakan agregat halus. Penentuan variasi optimum dilakukan menggunakan indeks kinerja berbobot yang mempertimbangkan kuat tekan, absorpsi, dan laju aliran air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran agregat memberikan pengaruh terhadap karakteristik beton berpori. Kuat tekan tertinggi diperoleh pada agregat 5–10 mm sebesar 10,012 MPa, sedangkan nilai absorpsi dan laju aliran air tertinggi diperoleh pada agregat 10–20 mm, masing-masing sebesar 27,254% dan 8,96 ml/detik. Berdasarkan evaluasi kinerja evaluasi berbobot, variasi agregat 5-10 mm ditetapkan sebagai variasi optimum karena memberikan keseimbangan kinerja terbaik berdasarkan parameter yang ditinjau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan ukuran agregat kasar merupakan faktor penting dalam menghasilkan beton berpori yang sesuai untuk kebutuhan perkerasan dan drainase berkelanjutan.

Kata kunci: beton berpori, batu pecah, kuat tekan, absorpsi, laju aliran air.

ABSTRACT

The Effect of Varying Crushed Coarse Aggregate Sizes on the Characteristics of Pervious Concrete. Pervious concrete is a type of concrete characterized by high porosity, allowing water to pass through its internal structure. It is widely used in eco friendly pavement applications such as pedestrian walkways, parking areas, and sustainable drainage systems due to its ability to reduce surface runoff and enhance soil infiltration. This

study aims to analyze the effect of varying coarse aggregate (crushed stone) sizes on the compressive strength, water absorption, and water flow rate of pervious concrete using a falling-head permeameter and to determine the aggregate size that yields the optimal characteristics. An experimental laboratory method was employed, utilizing three coarse aggregate size variations: 5–10 mm, 10–20 mm, and a 5–20 mm blend. Each variation comprised 15 specimens, resulting in a total of 45 samples. The specimens consisted of 15 x 30 cm cylinders for compressive strength testing, 9.5 x 15 cm cylinders for water flow rate testing, and 5 x 5 cm cubes for absorption testing. All tests were conducted at a concrete age of 28 days, using a mix composition of cement, water, and coarse aggregate, without the inclusion of fine aggregate. The optimal variation was determined using a weighted performance index that considered compressive strength, absorption, and water flow rate. The results indicate that aggregate size influences the characteristics of pervious concrete. The highest compressive strength (10.012 MPa) was achieved with the 5–10 mm aggregate, while the highest absorption (27.254%) and water flow rate (8.96 ml/s) were observed with the 10–20 mm aggregate. Based on the weighted performance evaluation, the 5–10 mm aggregate variation was identified as the optimum, as it provided the best balance of performance across the parameters examined. The study concludes that the selection of coarse aggregate size is a critical factor in producing pervious concrete suitable for pavement and sustainable drainage requirements.

Keywords: *pervious concrete, coarse aggregate, compressive strength, water absorption, water flow rate.*

1. LATAR BELAKANG

Beton berpori (*pervious concrete*) merupakan beton khusus yang memiliki struktur berongga dan saling terhubung sehingga memungkinkan air mengalir melewati lapisan beton. Karakteristik tersebut menjadikan beton berpori sebagai salah satu material yang banyak diterapkan pada sistem perkerasan berkelanjutan, seperti area parkir, jalur pejalan kaki, dan fasilitas drainase, karena dapat mengurangi limpasan permukaan serta mendukung infiltrasi air ke dalam tanah (ACI Committee 522, 2010). Berbeda dengan beton konvensional, kinerja beton berpori tidak hanya ditentukan oleh kekuatan mekanis, tetapi juga oleh karakteristik hidraulik, terutama porositas dan kemampuan mengalirkan air. Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan antara struktur pori dan kekuatan beton agar beton berpori dapat berfungsi secara optimal.

Salah satu faktor material yang berperan penting dalam pembentukan struktur pori beton berpori adalah ukuran dan gradasi agregat kasar. Beton berpori umumnya menggunakan agregat kasar dengan jumlah agregat halus yang sangat terbatas atau bahkan tanpa agregat halus, sehingga susunan agregat menjadi komponen utama yang menentukan pembentukan rongga dan konektivitas pori. Penggunaan agregat berukuran lebih besar cenderung menghasilkan rongga yang lebih besar dan meningkatkan konektivitas antarpori sehingga dapat meningkatkan permeabilitas atau laju aliran air. Namun, peningkatan ukuran agregat juga dapat mengurangi luas bidang kontak antarpartikel dan memengaruhi ikatan pasta semen, sehingga berpotensi menurunkan kuat tekan. Sebaliknya, penggunaan agregat berukuran lebih kecil dapat menghasilkan struktur yang lebih rapat dan meningkatkan kontak antarpartikel, tetapi dapat mengurangi ukuran serta konektivitas rongga yang diperlukan untuk mengalirkan air (ACI Committee 522, 2010; Tennis et al., 2004).

Hubungan antara ukuran agregat, struktur pori, permeabilitas, dan kuat tekan telah banyak menjadi perhatian dalam penelitian beton berpori. Nguyen et al. (2014) menunjukkan bahwa karakteristik agregat, termasuk ukuran dan gradasinya, berpengaruh terhadap porositas, permeabilitas, dan kuat tekan beton berpori. Perubahan ukuran agregat dapat menghasilkan perubahan pada struktur rongga yang selanjutnya memengaruhi keseimbangan antara kemampuan aliran air dan kekuatan mekanis. Hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa peningkatan kemampuan permeabilitas tidak selalu sejalan dengan peningkatan kuat tekan, sehingga pemilihan ukuran agregat perlu mempertimbangkan kedua karakteristik tersebut secara bersamaan.

Penelitian oleh Deo dan Neithalath (2010) juga menunjukkan bahwa karakteristik struktur pori mempunyai hubungan yang erat dengan sifat mekanis dan hidraulik beton berpori. Struktur pori yang lebih terbuka dapat meningkatkan kemampuan aliran air, tetapi pada saat yang sama dapat mengurangi kemampuan beton dalam menahan beban. Hal tersebut menunjukkan adanya *trade-off* antara sifat hidraulik dan sifat mekanis pada beton berpori. Dengan demikian, evaluasi kinerja beton berpori sebaiknya tidak hanya didasarkan pada satu parameter, tetapi mempertimbangkan beberapa parameter yang mewakili kemampuan struktural dan kemampuan hidrauliknya.

Selain ukuran agregat, proporsi campuran dan metode pelaksanaan juga dapat memengaruhi karakteristik beton berpori. Pemadatan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan rongga menjadi lebih sedikit dan menurunkan kemampuan aliran air, sedangkan pemadatan yang terlalu rendah dapat menghasilkan struktur yang kurang stabil dan menurunkan kuat tekan. Demikian pula, proses *curing* berpengaruh terhadap perkembangan ikatan pasta semen dan kekuatan beton. Oleh karena itu,

pengendalian proses pencampuran, pemadatan, dan *curing* merupakan aspek penting dalam menghasilkan beton berpori dengan karakteristik yang konsisten (ACI Committee 522, 2010).

Berdasarkan penelitian terdahulu, masih diperlukan kajian yang secara khusus membandingkan penggunaan variasi ukuran agregat kasar 5–10 mm, 10–20 mm, dan campuran 5–20 mm terhadap beberapa karakteristik kinerja beton berpori secara simultan. Ketiga variasi tersebut memungkinkan terbentuknya struktur pori yang berbeda sehingga dapat menghasilkan perbedaan pada kuat tekan, absorpsi, dan laju aliran air. Pengujian ketiga parameter tersebut secara bersamaan penting dilakukan karena beton dengan kemampuan mengalirkan air yang tinggi belum tentu memiliki kuat tekan yang tinggi. Demikian pula, nilai absorpsi yang tinggi tidak secara langsung menunjukkan bahwa beton memiliki kinerja struktural yang lebih baik. Dengan demikian, diperlukan pendekatan evaluasi yang mampu mempertimbangkan berbagai parameter kinerja secara terpadu.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi ukuran agregat kasar 5–10 mm, 10–20 mm, dan 5–20 mm terhadap kuat tekan, absorpsi, dan laju aliran air beton berpori. Selanjutnya, masing-masing variasi dibandingkan untuk mengetahui kecenderungan hubungan antara ukuran agregat dengan karakteristik mekanis dan hidraulik beton berpori serta menentukan variasi yang memberikan kinerja keseluruhan terbaik berdasarkan indeks kinerja berbobot. Pendekatan tersebut diharapkan dapat memberikan dasar yang lebih komprehensif dalam menentukan ukuran agregat yang mampu menghasilkan keseimbangan antara kekuatan, kemampuan menyerap air, dan kemampuan mengalirkan air pada beton berpori.

Pengujian karakteristik absorpsi dalam penelitian ini dapat mengacu pada ASTM C642 (2013), *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*, sedangkan pengembangan dan penerapan beton berpori secara umum mengacu pada pedoman ACI Committee 522 (2010). Penggunaan standar tersebut diperlukan untuk meningkatkan konsistensi prosedur pengujian dan memungkinkan hasil penelitian dibandingkan dengan penelitian terdahulu.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian eksperimental (*experimental research*) dan menggunakan pendekatan kuantitatif yang dilaksanakan di Laboratorium Beton Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Malahayati Bandar Lampung. Dalam penelitian ini, pembuatan beton berpori dirancang dengan perbandingan variasi ukuran agregat kasar yaitu ukuran agregat 5-10 mm, 10-20 mm dan campuran

5-20 mm dengan kondisi agregat sudah diuji dan memenuhi standar. Beton yang direncanakan memiliki mutu 10 MPa. Benda uji terdiri dari silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, benda uji silinder berdiameter 9,5 cm dan tinggi 15 cm untuk pengujian laju aliran air dan benda uji kubus dengan ukuran sisi 5 x 5 cm untuk pengujian absorpsi. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Alat yang digunakan yaitu *Falling Head Permeameter* yang dibuat sesuai dengan standar ACI 522R.

Penelitian ini dibagi menjadi 6 tahapan yaitu: Pemeriksaan bahan campuran beton, perencanaan campuran beton, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, pelaksanaan pengujian.

1. Pemeriksaan Bahan Campuran Beton

Pengujian material dimaksud untuk mengetahui data awal dari material yang akan digunakan pada campuran beton berpori yaitu pengujian semen dan agregat kasar tidak memakai agregat halus. Analisa saringan untuk agregat kasar menggunakan standar dari ASTM C136 (2014) dan untuk pengujian berat jenis serta absorpsi dengan ASTM C127 (2015). Data awal tersebut antara lain : berat jenis semen, berat jenis dan penyerapan agregat kasar, kadar air agregat kasar, kadar lumpur agregat kasar, berat isi dan kadar rongga agregat kasar, dan analisa saringan agregat kasar.

2. Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton berpori menggunakan metode *American Concrete Institute* (ACI) 522 (2010). Komposisi campuran beton berpori dihitung menggunakan variasi ukuran agregat kasar sesuai dengan yang direncanakan yaitu ukuran 5 – 10 mm, 10 – 20 mm dan campuran 5 – 20 mm. untuk perhitungan agregat campuran 5 – 20 mm yaitu menggunakan kebutuhan sebesar 50 % ukuran 5 – 10 mm ditambah dengan 50% ukuran 10 – 20 mm dari total kebutuhan agregat.

Tabel 1. Kebutuhan Material untuk Benda Uji (15 cm x 30 cm) untuk Pengujian Kuat Tekan

Volume (m ³)	Semen (kg)	Agregat Kasar			Air (kg)
		5–10 mm (kg)	10–20 mm (kg)	Campuran 5– 20 mm (kg)	
0,00530	1,908	7,63	7,63	3,81 + 3,81	0,572

3. Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang akan dibuat dengan menggunakan cetakan silinder dengan ukuran 15cm x 30cm, benda uji kuat tekan beton berpori, cetakan kubus ukuran 5cm x 5cm x 5cm, benda uji ketahanan absorpsi, dan cetakan silinder ukuran 9,5cm x 15 cm, benda uji laju aliran air, jumlah benda uji kuat tekan beton berpori sebanyak 15 (lima belas) benda uji silinder, setiap variasi terdiri dari 15 (lima belas) benda uji, jumlah benda uji ketahanan absorpsi beton

berpori 15 (lima belas) benda uji kubus, setiap variasi terdiri dari 5 (lima) benda uji, dan jumlah benda uji laju aliran air beton berpori 5 (lima) benda uji silinder, setiap variasi terdiri dari 5 (lima) benda uji, total keseluruhan benda uji yang digunakan didalam penelitian ini adalah 45 (empat puluh lima) benda uji, yang akan dilakukan pengujian pada umur 28 hari. Standarisasi yang digunakan untuk pembuatan sample dan perawatan beton berpori menggunakan ASTM C31/C31M. (2012). Tabel jumlah dan kode benda uji 28 hari dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Sampel Benda Uji

Variasi Agregat Kasar	Kode Benda Uji	Uji Kuat Tekan (Buah Silinder) Dia. 15 x 30 cm	Uji Absorpsi (Buah Kubus) 5 x 5 x 5 cm	Laju Aliran Air (Buah Silinder) Dia. 9,5 x 15 cm	Total Sampel
5–10 mm	A1, A2, A3	5	5	5	15
10–20 mm	B1, B2, B3	5	5	5	15
Campuran 5–20 mm	C1, C2, C3	5	5	5	15
Total Benda Uji					45

Benda uji digunakan sesuai dengan rencana yang dibutuhkan untuk 3 pengujian yaitu 45 benda uji.

5. Perawatan Benda Uji

Setelah benda uji dimasukkan kedalam cetakan dan telah dibiarkan selama 24 jam, maka cetakan benda uji tersebut dibuka dan direndam dalam bak air selama 26 hari untuk kemudian dilakukan pengujian pada umur beton 28 hari. Setelah proses perendaman selama 26 hari, kemudian benda uji diangkat dan didiamkan selama 24 jam sebelum dilakukan pengujian.

6. Pengujian Benda Uji

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji kuat tekan beton untuk menentukan kemampuan beton menahan beban, uji ketahanan absorpsi untuk mengetahui porositas dan daya serap beton, pengujian laju aliran air untuk menilai kemampuan kecepatan beton berpori dalam meloloskan air. Prosedur pengujian mengacu pada ASTM C39/C39M, *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Keleccakan Beton

Keleccakan adukan beton berpori dapat diketahui dengan pengujian secara visual seperti uji kepalan tangan. Pedoman ACI 522R menegaskan bahwa keleccakan beton berpori tidak dinyatakan dalam satu nilai kuantitatif tertentu, melainkan dievaluasi melalui kombinasi pengamatan visual, respon campuran terhadap pemadatan, serta

parameter berat isi beton segar. ACI 522R menyatakan bahwa uji slump tidak dapat dijadikan indikator utama dalam menilai keleccakan beton berpori Adapun pengaruh dari uji kepalan tangan yaitu perbedaan ukuran yang mana ukuran dan kekuatan tangan seseorang dapat memengaruhi hasil uji kepalan tangan tetapi tidak terlalu dominan, karena uji kepalan tangan hanya digunakan sebagai indikator awal (kualitatif), bukan sebagai pengujian utama yang bersifat kuantitatif. Uji kepalan tangan tetap digunakan sebagai metode evaluasi *workability* beton berpori selama dilakukan secara konsisten. Hasil keleccakan beton berpori dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kepalan Tangan Beton Berpori

Benda Uji	Kondisi	Keterangan
Variasi Ukuran Agregat 5–10 mm	Campuran dapat menggumpal dengan baik dan tidak mudah hancur	<i>Workability baik</i>
Variasi Ukuran Agregat 10–20 mm	Campuran menyatu tetapi sedikit rapuh saat dilepaskan	<i>Workability cukup</i>
Variasi Ukuran Agregat Campuran 5–20 mm	Campuran menyatu dengan baik dan stabil	<i>Workability baik</i>

Sumber: Data Primer, 2026

3.2 Densitas Beton Berpori

Densitas (berat volume) beton berpori dihitung dengan membagi massa beton dengan volume beton. Standar pengujian densitas beton berpori sesuai dengan standar dari ASTM C642. (2013). Hasil perhitungan densitas beton berpori dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Hasil Densitas Beton Berpori

Benda Uji (V)	Berat (m)	Volume	Densitas Rata-rata
Silinder 15 x 30 cm	10,11	0,00530	1955,4717
	9,99	0,00530	
	10,38	0,00530	
	11,37	0,00530	
	9,97	0,00530	

Sumber: Data Primer, 2026

Tabel 5. Hasil Densitas Beton Berpori (lanjutan)

Benda Uji (V)	Berat (m)	Volume	Densitas Rata-rata
Silinder 9,5 x 15 cm	10,29	0,001064	9751,8797
	10,09	0,001064	
	10,71	0,001064	
	9,84	0,001064	
	10,95	0,001064	
Kubus 5 x 5 x 5 cm	11,36	0,000125	83840
	10,01	0,000125	
	10,14	0,000125	
	11,16	0,000125	
	9,73	0,000125	

Sumber: Data Primer, 2026

3.3 Kuat Tekan Beton Berpori

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan alat uji *compression testing machine* (CTM) sesuai dengan

standar ASTM C39 (2012) dan hasil pengujiannya ditampilkan pada Tabel 6. berikut.

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Berpori

Variasi Ukuran Agregat Kasar	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
5–10 mm	10,02
10–20 mm	6,68
Campuran 5–20 mm	7,36

Sumber: Data Primer, 2026

Kuat tekan beton berpori mengalami penurunan dan peningkatan dari kuat tekan secara variatif. Hal ini disebabkan karena adanya variasi ukuran agregat yang mana semakin kecil ukuran agregat nilai kuat tekan semakin tinggi dan semakin besar ukuran agregat pengaruh nilai kuat tekan pun semakin kecil karena rongga yang diciptakan terlalu besar. Maka dari itu nilai kuat tekan yang sesuai dengan rencana 10 MPa yaitu ukuran agregat 5 – 10 mm.

3.4 Absorpsi dan Laju Aliran Air

Pengujian absorpsi dan laju aliran air beton berpori mengikuti standar dari ASTM C1701. (2017). Hasil pengujian absorpsi dan tingkat laju aliran air ditampilkan pada Tabel 7 berikut

Tabel 7. Hasil Pengujian Absorpsi dan Laju Aliran Air

Variasi Ukuran Agregat Kasar	Absorpsi (%)	Laju Aliran Air (ml/detik)
5–10 mm	21,876	5,93
10–20 mm	27,254	8,96
Campuran 5–20 mm	18,451	5,03

Sumber: Data Primer, 2026

Hasil pengujian ketahanan absorpsi beton berpori dengan ukuran 10 – 20 mm mendapatkan nilai penyerapan air paling tinggi dan pada pengujian laju aliran air beton berpori dengan ukuran 10 – 20 mm mendapatkan nilai tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar agregat besar pula porositasnya, sehingga mendapatkan nilai penyerapan dan laju aliran yang paling tinggi.

4. KESIMPULAN

Variasi ukuran agregat kasar dalam campuran beton berpori memberikan pengaruh terhadap peningkatan dan penurunan kuat tekan beton, absorpsi dan laju aliran air, karena ukuran agregat mempengaruhi porositas beton berpori. Berdasarkan hasil pengujian, variasi ukuran agregat 5 – 10 mm menunjukkan karakteristik beton berpori paling seimbang karena menghasilkan kuat tekan yang tinggi serta nilai absorpsi dan nilai laju aliran air yang memadai. Dengan demikian, ukuran agregat ini mampu memberikan kombinasi yang baik antara kekuatan beton berpori dan kemampuan penyerapan serta meloloskan air.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 522. (2010). *Report on Pervious Concrete (ACI 522R-10)*. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute.
- ASTM C127. (2015). *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate*. ASTM International.
- ASTM C136/C136M. (2014). *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*. ASTM International.
- ASTM C1701/C1701M. (2017). *Standard Test Method for Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM C31/C31M. (2012). *Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field*. ASTM International.
- ASTM C39/C39M. (2012). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- ASTM C39/C39M. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. ASTM International.
- ASTM C642. (2013). *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*. ASTM International.
- ASTM C642. (2013). *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*. ASTM International.
- Deo, O., & Neithalath, N. (2010). Compressive response of pervious concretes proportioned for desired porosities. *Construction and Building Materials*, 24(11), 2122–2129.
- Nguyen, D. H., Boutouil, M., Sebaibi, N., Leleyter, L., & Baraud, F. (2014). A modified method for the design of pervious concrete mix. *Construction and Building Materials*, 73, 271–282.
- Tennis, P. D., Leming, M. L., & Akers, D. J. (2004). *Pervious Concrete Pavements*. Skokie, IL: Portland Cement Association.