

Beton Berpori Dengan Variasi Ukuran Agregat Kasar

Amalia Nurdin¹, Dahlia Patah^{1*}, Apriansyah¹, Abdi Manaf¹,
Amry Dasar¹, Muhammad Sofyan²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat, Majene

²Program Studi Teknik Sipil, FTIK Institut Teknologi PLN, Jakarta

*Email: dahliapatah@unsulbar.ac.id

Abstract

Aggregate size is an important factor affecting the compressive strength of porous concrete. This research focuses on the relationship between aggregate size, compressive strength, pore structure, permeability and then understands the effect of aggregate size on the compressive strength of porous concrete. A total of three sizes of coarse aggregate 5-10 mm, 10-20mm and 20-30 mm were prepared. In this study, two variations of the coarse aggregate combination were prepared. Variation 1 for the combination of the coarse aggregate size 5-10 mm and 10-20 mm. Variation 2 for the combination of the coarse aggregate size 20-30 mm and 10-20 mm. For each variation with a mixing combination of 100%:0%, 75%:25%, 50%:50%, 25%:75%, and 0%:100%. The method used is testing compressive strength, porosity, and permeability. The test results show that the compressive strength of the 50%:50% composition in Variation 1 increases rapidly with an aggregate size of 10-20mm and 5-10mm with a value of 22.40 MPa which meets the minimum requirements specified by the Indonesian National Standard Class B (parking park application). Meanwhile, the use of 100% uniform aggregate size has low compressive strength.

Keywords: Concrete, coarse aggregate, concrete compressive strength, porosity

Abstrak

Ukuran agregat merupakan faktor penting yang mempengaruhi kuat tekan beton berpori. Penelitian ini berfokus pada hubungan antara ukuran agregat, kuat tekan, struktur pori, permeabilitas dan kemudian memahami pengaruh ukuran agregat terhadap kuat tekan beton berpori. Sebanyak tiga ukuran agregat kasar 5-10 mm, 10-20 mm dan 20-30 mm disiapkan. Pada penelitian ini dibuat dua variasi kombinasi agregat kasar. Variasi 1 untuk kombinasi agregat kasar ukuran 5-10 mm dan 10-20 mm. Variasi 2 untuk kombinasi ukuran agregat kasar 20-30 mm dan 10-20 mm. Untuk setiap variasi dengan kombinasi pencampuran 100%:0%, 75%:25%, 50%:50%, 25%:75%, dan 0%:100%. Metode yang digunakan adalah pengujian kuat tekan, porositas, dan permeabilitas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan komposisi 50%:50% pada variasi 1 meningkat pesat dengan ukuran agregat 10-20mm dan 5-10mm dengan nilai 22,40 MPa yang memenuhi persyaratan minimum yang ditentukan oleh SNI 03-0691-2022 yaitu Kelas B (aplikasi taman parkir). Sedangkan penggunaan agregat ukuran 100% seragam memiliki kuat tekan yang rendah.

Kata kunci: Beton, agregat kasar, kuat tekan beton, porositas

1. Pendahuluan

Beton berpori adalah salah satu jenis beton yang ramah lingkungan karena dapat mengisi kembali muka air tanah dan mengurangi limpasan air permukaan [1]. Beton berpori digunakan secara luas dalam pengaspalan jalan,

trotoar, halaman parkir dan jalur pedestrian karena permeabilitasnya yang tinggi, dan sifat termal yang baik. Namun, untuk mencapai tingkat porositas yang tinggi dan rongga yang terhubung, beton harus memiliki jumlah pori yang sedikit dengan cara tanpa menggunakan

agregat halus [2], namun hal ini menghasilkan pengurangan yang signifikan pada kekuatan dan daya tahan [3]. Oleh karena itu, terlepas dari kemampuan beton berpori menawarkan sifat ramah lingkungan yang lebih baik dan peresapan air hujan, akan tetapi penerapannya terbatas karena menghasilkan kekuatan tekan yang rendah [4].

Beberapa topik penelitian tentang penyelidikan jenis dan ukuran agregat, w/c, porositas, dan suplementari bahan semen untuk meningkatkan sifat mekanik dan durabilitas beton berpori. Penelitian tentang pengaruh ukuran agregat pada kuat tekan dan permeabilitas beton berpori telah dilakukan beberapa tahun terakhir. Umumnya, beton berpori menggunakan agregat ukuran tunggal untuk membentuk kerangkanya [5]. Karakteristik pori-pori dan ketebalan pasta semen dipengaruhi secara signifikan oleh ukuran agregat [6]. Selain itu, karakteristik pori-pori dan ketebalan pasta semen berdampak pada kompresi kekuatan dan permeabilitas beton berpori [7]. Liu mempelajari tentang pengaruh porositas dan ukuran agregat pada sifat hidrolik dan sifat mekanik dengan tes laboratorium, menunjukkan bahwa ukuran agregat merupakan faktor utama distribusi porositas [8]. Dalam hal kekuatan tekan, adanya ukuran agregat yang optimal untuk beton berpori dengan bahan pengikat yang berbeda. Misalnya, agregat berukuran 9,5 mm adalah yang optimal dengan menggunakan semen portland pada beton berpori sedangkan agregat berukuran 10 mm adalah yang optimal untuk bahan pengikat fly ash-lime-gypsum pada beton berpori [9]. Namun, ditemukan bahwa nilai porositas dan kuat tekan lebih dipengaruhi oleh jenis agregat dari ukuran [7,10]. Sementara itu, ada yang optimal w/c untuk beton berpori dengan ukuran agregat tertentu dalam hal kekuatan tekan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perbandingan proporsi campuran beton berpori dengan 3 jenis ukuran agregat yang berbeda untuk meningkatkan kinerja beton berpori yang memenuhi persyaratan minimum yang ditentukan oleh SNI 03-0691-

2022 yaitu Kelas B (aplikasi taman parkir). Variasi ukuran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 5-10, 10-20 mm dan 20-30 mm dengan menggunakan kombinasi campuran agregat kasar yaitu 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%.

2. Metoda Penelitian

2.1. Material dan metode

Campuran beton berpori dibuat menggunakan Semen Portland Komposit berdasarkan SNI 15-7064-2004, agregat kasar, air dan superplasticizer. Agregat kasar yang digunakan yaitu sebanyak tiga variasi ukuran yaitu 5–10 mm, 10–20 mm, dan 20–30 mm. Sifat-sifat agregat dan karakteristik agregat kasar masing-masing disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Hasil uji karakteristik agregat telah memenuhi persyaratan untuk dijadikan agregat pada pencampuran beton berdasarkan SNI 03-1968-1990. Air yang digunakan adalah air tawar yang diperoleh dari sumur bor di laboratorium.

Tabel 1. Properti Material

Item	Semen	Kerikil	Air
	PCC	Batu pecah	-
Berat Jenis, kg/m ³	3.145	2.56	1
Specific surface area (m ² /g)	0.382	-	-

Tabel 2. Karakteristik agregat kasar [11]

Komponen	Kerikil
Kadar lumpur, %	0.55
Kadar organis	No.2
Berat jenis, g/m ³	2.62
Kadar air, %	0.64
Penyerapan air, %	0.64
Modulus kehalusan	7.82

2.2. Desain Benda Uji

Pada penelitian ini digunakan 2 variasi campuran. Agregat kasar dengan ukuran 10–20 mm diberi simbol A, ukuran 5–10 mm diberi simbol B, dan ukuran 20–30 mm diberi simbol C (Gambar 1). Komposisi campuran Variasi 1 dengan agregat kasar 100% ukuran 5–10 mm (A100B0), 100% ukuran 10–20 mm (A0B100/C0B100) dan 100% ukuran 20–30 mm (C100B0) digunakan sebagai benda uji

kontrol. Variasi 1 dengan perbandingan agregat kasar yaitu ukuran 5–10 mm: 10–20 mm dan variasi 2 dengan perbandingan agregat kasar yaitu ukuran 20–30 mm: 10–20 mm dengan variasi pencampuran yaitu 100% : 0%, 75% : 25%, 50% : 50%, 25% : 75%, dan 0% : 100%.



Gambar 1. Agregat kasar ukuran 1-2 cm (A) 0.5-1 cm (B), 2-3 cm (C)

Proporsi campuran ditunjukkan pada Tabel 3. Faktor air semen (FAS) yang digunakan adalah 0.35. Dimensi benda uji dengan ukuran diameter 10 cm dan panjang 20 cm. Total benda uji yaitu 90 selinder (Tabel 4).

Tabel 3. Proporsi campuran beton berpori

FAS	Air, kg/m ³	Semen, kg/m ³	Kerikil, kg/m ³
35	180	514	1698

Tabel 4. Jumlah benda uji beton

Kode	Variasi Ukuran, mm			Jumlah specimen
	10-20(A)	5-10(B)	20-30 (C)	
Variasi 1				
A100B0	100	0	-	9
A75B25	75	25	-	9
A50B50	50	50	-	9
A25B75	25	75	-	9
A0B100	0	100	-	9
Variasi 2				
C100A0	0	-	100	9
C75A25	25	-	75	9
C50A50	50	-	50	9
C25A75	75	-	25	9
C0A100	100	-	0	9

2.3. Metode Test

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan beton, porositas dan permeabilitas beton. Kuat tekan beton diuji pada hari ke 7 dan 28 dengan menggunakan mesin uji tekan sesuai dengan SNI 1974:2011. Setelah periode

tertentu, benda uji dikompresi dengan laju seragam 4,0 kN/detik (tanpa kejutan) sampai mencapai beban maksimum dan terjadi keruntuhan. Kuat tekan beton rata-rata dari tiga benda uji ditentukan untuk setiap campuran beton. Rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton dapat dilihat pada Persamaan (1). Menurut ACI 522R-10, kuat tekan beton berpori antara 2.8-28 MPa. Kuat tekan beton berpori pada penelitian ini mengacu pada SNI 03-0691-2022 tentang bata beton.

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

Keterangan:

f_c' = Kuat tekan (MPa)

P = Beban tekan (N)

A = Luas penampang benda uji (mm²)



Gambar 2. Settingan pengujian kuat tekan dan pola retak beton berpori

Porositas adalah ukuran dari proporsi total volume yang ditempati oleh pori-pori, dan biasanya dinyatakan sebagai persentase dari volume sampel. Porositas dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan (2). Menurut ACI 522R-10 mengenai porositas beton berpori berkisar antara 15-35%.

$$n = \frac{T-D}{T} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan:

n = porositas (%)

T = volume total beton (ml)

D = volume yang dipindahkan (ml)

Pengujian permeabilitas pada penelitian ini dimaksudkan apakah mix design beton berpori benar-benar berfungsi mengalirkan air secara baik. Pengujian permeabilitas dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Adapun rumus pengujian permeabilitas/ infiltrasi dapat dilihat pada persamaan (3). Menurut ACI 522R-10,

nilai permeabilitas adalah minimal 0.14 cm/s dan maksimal 1.22 cm/s.

$$I = \frac{K.M}{D^2.t} \quad (3)$$

Keterangan:

I = Laju infiltrasi (cm/s)

D = Diameter bagian dalam ring (30 mm)

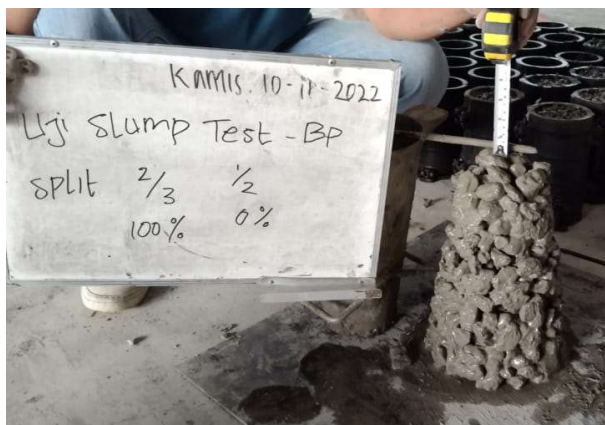
t = Waktu yang dibutuhkan untuk meloloskan air (m³)

K = Konstanta dengan nilai 4.583.666.000 ((mm²detik)/(kg.jam))

3. Hasil dan Pembahasan Penelitian

3.1. Uji Slump

Pengujian slump dilakukan pada setiap pengecoran untuk mendapatkan nilai slump. Nilai slump beton berpori yang didapatkan mendekati nol (Gambar 3). Pengujian ini bertujuan untuk menghindari segregasi dan penumpukan pasta di dasar beton. Segregasi dan penumpukan pasta menurunkan kinerja beton tembus air, terutama permeabilitas. Beton berpori pada umumnya menggunakan w/c berkisar 0.28-0.48 [12]. Jika kandungan air berlebih akan menyebabkan pasta semen akan mencair dan menumpuk pada bagian bawah, namun disisi lain jika terlalu sedikit kandungan air juga memberikan pengaruh pada perkembangan kuat tekan dan menyebabkan pengikisan permukaan secara prematur [13].



Gambar 3. Agregat kasar ukuran 1-2 cm (A) dan 2-3 cm (C)

3.2. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan dan modulus elastisitas dapat dilihat pada Tabel 5. Berdasarkan hasil dari kuat tekan Variasi 1 pada umur 7 hari, kuat tekan maksimum dan minimum adalah 11.48 MPa dan 6.76 MPa untuk masing-masing sampel A75B25 dan A100B0. Sedangkan hasil uji kuat tekan Variasi 1 pada umur 28 hari, kuat tekan maksimum dan minimum adalah 22.40 MPa dan 7.38 MPa untuk masing-masing sampel A50B50 dan A100B0.

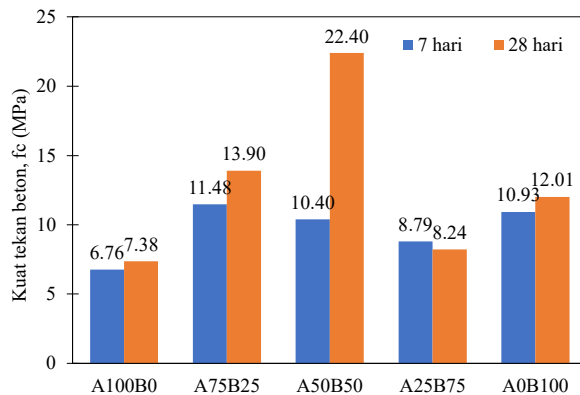
Berdasarkan Tabel 5 hasil dari kuat tekan Variasi 2 pada umur 7 hari, kuat tekan maksimum dan minimum adalah 8.92 MPa dan 6.76 MPa untuk masing-masing sampel C75B25 dan C0A100. Sedangkan hasil uji kuat tekan Variasi 2 pada umur 28 hari, kuat tekan maksimum dan minimum adalah 15.23 MPa dan 7.38 MPa untuk masing-masing sampel C50A50 dan A100B0.

Table 5. Kuat tekan dan modulus elastisitas

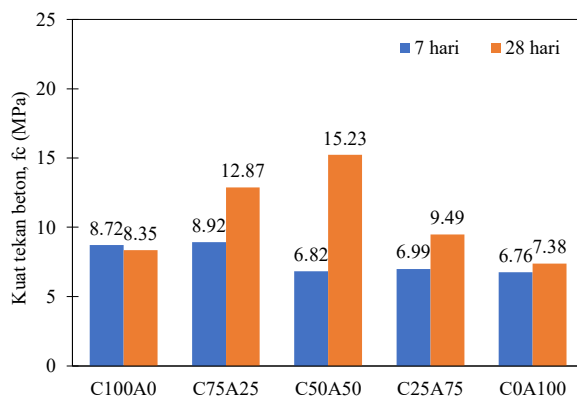
Kode	7 Hari		28 Hari	
	fc, MPa	Ec, MPa	fc, MPa	Ec, MPa
Variasi 1				
A100B0	6.76	12219	7.38	12765
A75B25	11.48	15924	13.90	17525
A50B50	10.40	15160	22.40	22242
A25B75	8.79	13937	8.24	13489
A0B100	10.93	15538	12.01	16288
Variasi 2				
C100A0	8.72	13875	8.35	13581
C75A25	8.92	14035	12.87	16861
C50A50	6.82	12275	15.23	18342
C25A75	6.99	12427	9.49	14475
C0A100	6.76	12219	7.38	12765

Perbandingan kuat tekan variasi 1 dan variasi 2 dapat dilihat pada masing-masing Gambar 4 dan Gambar 5. Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5 didapatkan bahwa kombinasi 50% : 50% (A50B50) pada penggunaan ukuran agregat 10-20 mm dan 5-10 mm memiliki kekuatan beton paling tinggi yaitu 22.40 MPa. Kuat tekan tertinggi kedua yaitu 15.23 MPa adalah kombinasi 50% : 50% (C50A50) pada penggunaan ukuran agregat 10-20 mm dan 20-30 mm. Terlihat dengan jelas bahwa kuat tekan beton berpori relatif rendah karena banyaknya kandungan pori. Ketika proporsi campuran dan

rata-rata densitas diestimasi sama, mengurangi ukuran agregat dapat berkontribusi dalam meningkatkan kuat tekan beton berpori. Hal ini kemungkinan terjadi karena faktanya semakin kecil ukuran agregat memberikan dukungan peningkatan kuat tekan pada antarmuka aggregate and pasta semen [14]. Saat kandungan pori total menurun, kekuatan tekan meningkat. Peningkatan kadar pasta semen meningkatkan ketebalan penutup pasta agregat dan menurunkan angka pori total, akibatnya kuat tekan meningkat [15]. Kuat tekan minimum umur 28 hari menurut SNI 03-0691-2022 adalah 17 MPa, 12,5 MPa, dan 8,5 MPa untuk masing-masing Kelas B (tempat parkir), Kelas C (pedestrian/trotoar), dan Kelas D (aplikasi taman). Benda uji A50B50 memenuhi persyaratan untuk aplikasi tempat parkir, dan benda uji C50A50 memenuhi persyaratan untuk aplikasi trotoar.



Gambar 4. Perbandingan kuat tekan beton variasi 1 umur 7 hari dan umur 28 hari



Gambar 5. Perbandingan kuat tekan variasi 2 umur 7 hari dan umur 28 hari

3.3. Porositas

Tabel 6 menunjukkan hasil porositas beton berpori. Berdasarkan Tabel 6, nilai porositas terendah didapatkan pada C100A0 dengan nilai 13.88% pada variasi 2. Sedangkan nilai porositas tertinggi yaitu 18.11% didapatkan pada benda uji A0B100. C100A0 dengan ukuran agregat 20-30mm menyebabkan terciptanya banyak ruang antar muka agregat. Hal ini menyebabkan ruang-ruang antar muka agregat diisi oleh pasta semen. Dengan meningkatnya ketebalan pasta semen menyebabkan menurunnya rongga aktif porositas [16]. Hal sebaliknya ditunjukkan pada A0B100 dengan ukuran agregat 5-10 mm. Ruang antar muka agregat kecil dikarenakan satu jenis ukuran agregat, menyebabkan ketebalan pasta semen semakin kecil. Hal ini mendorong terciptanya rongga-rongga aktif yang saling terkoneksi.

Table 6. Porositas beton berpori

Kode	Porositas, %
Variasi 1	
A100B0	15.52
A75B25	16.07
A50B50	16.25
A25B75	15.67
A0B100	18.11
Variasi 2	
C100A0	13.88
C75A25	15.02
C50A50	14.20
C25A75	14.20
C0A100	15.52

3.4. Permeabilitas

Tabel 7 menunjukkan hasil permeabilitas beton berpori. Berdasarkan Tabel 7, nilai permeabilitas pada variasi 1 benda uji A100B0, A25B75 dan A0B100 yang tidak memenuhi standar ACI 522R-10 dengan nilai maksimum permeabilitas adalah 1.22 cm/s. Untuk variasi 2, hanya benda uji C100A0 yang memenuhi standar ACI 522R-10. Karena ketebalan pasta semen meningkatkan permeabilitas benda uji beton berpori menurun. Hal ini serupa dengan porositas, permeabilitas beton berpori menurun dengan ketebalan pasta semen yang lebih besar.

Hasil ini disebabkan rongga aktif semakin mengecil seiring dengan semakin besarnya pasta semen [16]. Hasil ini seperti yang diprediksi karena tren yang terekam dengan porositas versus permeabilitas berbanding terbalik [17], oleh karena itu tren serupa diharapkan untuk ketebalan dan permeabilitas pasta semen.

Table 7. Permeabilitas beton berpori

Tipe	Permeabilitas, cm/s
Variasi 1	
A100B0	2.03
A75B25	0.61
A50B50	1.16
A25B75	1.74
A0B100	1.43
Variasi 2	
C100A0	1.21
C75A25	1.37
C50A50	1.77
C25A75	1.77
C0A100	2.03

4. Kesimpulan

Proporsi terbaik variasi agregat kasar ukuran 10-20 mm dan 5-10 mm yaitu dengan komposisi 50% : 50% dengan nilai kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 22.40 Mpa, porositas 16.25% dan permeabilitas 1.16 cm/s yang memenuhi standar dapat diaplikasikan untuk tempat parkir.

6. Daftar Pustaka

- [1] H.-L. Ho et al., Waste-based pervious concrete for climate-resilient pavements, *Materials* 11 (6) (2018) 900, <https://doi.org/10.3390/ma11060900>.
- [2] A.K. Chandrappa, K.P. Biligiri, Pervious concrete as a sustainable pavement material – Research findings and future prospects: A state-of-the-art review, *Constr. Build. Mater.* 111 (2016) 262–274.
- [3] O. Deo, N. Neithalath, Compressive behavior of pervious concretes and a quantification of the influence of random pore structure features, *Mater. Sci. Eng., A* 528 (1) (2010) 402–412.
- [4] R. Mahalingam, S.V. Mahalingam, Analysis of pervious concrete properties, *Journal of the Croatian Association of Civil Engineering* 68 (6) (2016) 493–501, <https://doi.org/10.14256/JCE.1434.2015>.
- [5] R. Zhong, Z. Leng, C.-S. Poon, Research and application of pervious concrete as a sustainable pavement material: A state-of-the-art and state-of-the-practice review, *Constr. Build. Mater.* 183 (2018) 544–553.
- [6] A. Torres, J. Hu, A. Ramos, The effect of the cementitious paste thickness on the performance of pervious concrete, *Constr. Build. Mater.* 95 (2015) 850–859.
- [7] R. Zhong, K. Wille, Linking pore system characteristics to the compressive behavior of pervious concrete, *Cem. Concr. Compos.* 70 (2016) 130–138.
- [8] R. Liu et al., Investigation of the porosity distribution, permeability, and mechanical performance of pervious concretes, *Processes* 6 (7) (2018) 78, <https://doi.org/10.3390/pr6070078>.
- [9] F. Yu, D. Sun, J. Wang, M. Hu, Influence of aggregate size on compressive strength of pervious concrete, *Constr. Build. Mater.* 209 (2019) 463–475.
- [10] K. C' osic' , L. Korat, V. Ducman, I. Netinger, Influence of aggregate type and size on properties of pervious concrete, *Constr. Build. Mater.* 78 (2015) 69–76.
- [11] Dasar, A., & Patah, D. (2021). Pasir dan Kerikil Sungai Mappili sebagai material Lokal untuk Campuran Beton di Sulawesi Barat. *BANDAR: JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING*, 3(2), 9-14.
- [12] Haselbach, L. M., & Gaither, A. (2008). Preliminary field testing: Urban heat island impacts and pervious concrete. In *Concrete Technology Forum. Focus on Sustainable Development* National Ready Mixed Concrete Association.

- [13] Yahia, A., & Kabagire, K. D. (2014). New approach to proportion pervious concrete. *Construction and Building Materials*, 62, 38-46.
- [14] Yang, J., & Jiang, G. (2003). Experimental study on properties of pervious concrete pavement materials. *Cement and concrete research*, 33(3), 381-386.
- [15] Zaetang, Y., Wongsas, A., Sata, V., & Chindaprasirt, P. (2013). Use of lightweight aggregates in pervious concrete. *Construction and Building Materials*, 48, 585-591.
- [16] Torres, A., Hu, J., & Ramos, A. (2015). The effect of the cementitious paste thickness on the performance of pervious concrete. *Construction and Building Materials*, 95, 850-859.
- [17] Gaedicke, C., Marines, A., & Miankodila, F. (2014). A method for comparing cores and cast cylinders in virgin and recycled aggregate pervious concrete. *Construction and Building Materials*, 52, 494-503.