

PENGARUH GRADASI BUTIRAN AGREGAT KASAR TERHADAP NILAI PERMEABILITAS DAN KUAT TEKAN *PREVIOUS CONCRETE*

Widodo Kushartomo¹, Arianti Sutandi², Frigeon Owen³, Nathanael Giovany⁴

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara Jakarta
Email: widodo@untar.ac.id

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara Jakarta
Email: ariantis@ft.untar.ac.id

³Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara Jakarta
Email: frigion_325220016@stu.untar.ac.id

⁴Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara Jakarta
Email: fnathanael_325180047@stu.untar.ac.id

Masuk : 06-05-2025, revisi: 26-05-2025, diterima untuk diterbitkan : 26-05-2025

ABSTRAK

Pervious concrete merupakan beton yang tidak menggunakan agregat halus, artinya volume pori-pori hanya ditentukan oleh gradasi butiran dan ukuran butiran maksimum agregat kasar. Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji berbentuk kubus ukuran 15x15x15 cm³ dengan standar SNI 1974: 2011 dan pengujian kecepatan perembesan dilakukan pada benda uji berbentuk pelat dengan ukuran 60x60x10 cm³, berdasarkan standar ASTM C1701 tentang *Standard Test Method for Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete*, serta pengukuran permeabilitas dilakukan menggunakan metode pada ACI-522R. Hasil pengujian kuat tekan pada agregat tunggal dengan diameter 19 mm memiliki nilai kuat tekan lebih tinggi bila dibandingkan dengan agregat tunggal berdiameter 25 mm, sedangkan pengujian kuat tekan terhadap agregat gabungan dengan ukuran butiran 19-10 memiliki nilai kuat tekan paling tinggi diantara susunan butiran yang lainnya. Penggunaan abu terbang dalam perencanaan tidak berdampak pada peningkatan kuat tekan *pervious concrete*, mengingat reaksi yang terjadi antara abu terbang dan produk hidrasi terjadi pada umur beton diatas 28 hari. Nilai permeabilitas dan kecepatan perembesan sangat ditentukan oleh diameter butiran agregat kasar, banyaknya pori-pori terbuka dan hubungan antar pori-pori. Semakin besar diameter butiran agregat kasar maka semakin besar pula koefisien permeabilitas dan kecepatan perembesan. Jika volume pori-pori terbuka sangat banyak dan saling terhubung satu terhadap yang lainnya maka permeabilitas dan kecepatan perembesan beton juga akan semakin besar.

Kata Kunci: *pervious concrete*; kuat tekan, permeabilitas; agregat; pori-pori

ABSTRACT

Pervious concrete is a type of concrete that does not use fine aggregates, meaning the volume of pores is determined only by the grading and maximum particle size of the coarse aggregates. The compressive strength test is conducted on test specimens in the shape of a 15x15x15 cm³ cube with SNI 1974: 2011, while the infiltration rate test is conducted on test specimens in the shape of a 60x60x10 cm³ slab, according to ASTM C1701 standards on the *Standard Test Method for Infiltration Rate of In-Place Pervious Concrete*. Permeability measurement is performed using the method outlined in ACI-522R. The results of the compressive strength test on single aggregates with a diameter of 19 mm show higher compressive strength compared to single aggregates with a diameter of 25 mm. Meanwhile, the compressive strength test on mixed aggregates with particle sizes of 19-10 mm shows the highest compressive strength among the other particle arrangements. The use of fly ash in the mix design does not result in an increase in the compressive strength of *pervious concrete*, as the reaction between fly ash and hydration products occurs after 28 days of concrete curing. The permeability and infiltration rate are highly determined by the diameter of the coarse aggregate particles, the number of open pores, and the connectivity between pores. The larger the diameter of the coarse aggregate particles, the higher the permeability coefficient and infiltration rate. If there is a high volume of interconnected open pores, the permeability and infiltration rate of the concrete will also increase.

Keywords: *pervious concrete*; compressive strength; permeability; agregat; pores

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Previous concrete adalah beton dengan tingkat porositas tinggi yang terdistribusi secara merata dan saling berhubungan sehingga memungkinkan air melaluinya hanya karena pengaruh gravitasi (Qi et al, 2025, Lie et al, 2017). Meskipun bukan merupakan teknologi baru, *previous concrete* banyak diminati di berbagai negara guna pelestarian air bersih dan pembangunan yang berwawasan lingkungan menjadi kewajiban di setiap negara. Dengan menggunakan *previous concrete*, maka air yang berasal dari air hujan tidak langsung masuk ke saluran pembuangan terus dialirkan ke saluran primer namun air hujan yang datang dapat dialirkan ke dalam tanah menjadi sumber air tanah, dengan catatan telah dipersiapkan terlebih dahulu lapisan tanah dasarnya.

Pada saat ini *previous concrete* banyak digunakan sebagai area parkir, area jalan di perumahan, area taman, area olah raga terbuka dan sebagainya (Pieralisi et al, 2025, Ahmed and Hoque, 2020). Dengan penggunaan *pervious concrete*, maka kebutuhan terhadap daerah tangkapan air ataupun saluran untuk kapasitas yang besar tidak lagi dibutuhkan sehingga akan mengurangi biaya untuk pembangunan. Hal ini diakibatkan karena *pervious concrete* sendiri sudah berfungsi sebagai tangkapan air. Dengan demikian penggunaan *pervious concrete* juga akan meningkatkan nilai guna lahan. Dengan adanya *pervious concrete*, maka lahan yang tadinya akan digunakan sebagai tangkapan air akan dapat digunakan untuk kepentingan lain. *Pervious concrete* juga memiliki umur rencana yang cukup lama yaitu 20 – 40 tahun.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, suatu *pervious concrete* dengan ketebalan 125 mm dan dengan porositas 20%, dapat menyimpan air hujan sebanyak 15 mm air hujan didalamnya. Ketika *pervious concrete* berada diatas lapisan subbase dengan ketebalan 150 mm, maka akan dapat menyimpan 75 mm air hujan (Xiong et al, 2025, Cai et al, 2022).

Volume pori-pori yang terbentuk pada *pervious concrete* berpengaruh terhadap nilai permeabilitas *pervious concrete*, kuat tekan dan keretakan yang muncul. Hal ini disebabkan pori-pori yang saling terhubung pada *pervious concrete* menyediakan jalur pengaliran air dari permukaan beton ke bawah beton. Semakin banyak jalur yang tersedia maka akan semakin mudah air meresap ke bawah, ini artinya nilai permeabilitasnya semakin tinggi (Xiong et al, 2025, obla, 2010). Terkait dengan kekuatan beton, semakin banyak pori-pori yang terbentuk maka luasan dan ketebalan pasta semen yang menghubungkan antar muka agregat juga semakin kecil, hal ini tentu saja akan memperlemah ikatan antar butiran (Song et al, 2025, Zhong et al, 2018). Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan kekuatan *pervious concrete* hanya berkisar antara 17 – 28 MPa (Zhong et al, 2018). Dalam hal keretakan, banyaknya pori-pori menyediakan ruangan yang cukup pada *pervious concrete* untuk melakukan penyusutan, sehingga semakin besar volume pori-pori yang terbentuk sangat dimungkinkan menyebabkan terjadinya keretakan.

Bila *pervious concrete* tidak menggunakan agregat halus, artinya volume pori-pori hanya ditentukan oleh gradasi butiran dan ukuran butiran maksimum agregat kasar. Mengingat luas dan ketebalan pasta semen untuk menjembatani ikatan antar butiran agregat sangat kecil, diperlukan material pengikat sangat kuat yang menyediakan daya ikat sangat besar antar butiran. Berdasarkan hal tersebut maka tidak dimungkinkan jika hanya mengandalkan semen semata sebagai material pengikat antar butiran, diperlukan material lain sebagai *additive* yang mampu meningkatkan kekuatan ikatan semen. Demikian juga untuk menjaga munculnya keretakan keretakan dalam beton biasa digunakan serat sehingga proses penjarangan keretakan dapat dicegah dengan adanya tambahan serat tersebut (Hesami et al, 2014).

Kondisi tersebut diatas sangat menarik untuk dilakukan penelitian untuk menghasilkan *pervious concrete* yang memiliki nilai permeabilitas dan kekuatan yang tinggi serta tidak memunculkan terjadinya keretakan.

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dalam latar belakang tersebut diatas sangat jelas jika volume pori-pori mempengaruhi nilai permeabilitas, kekuatan dan keretakan yang muncul pada *pervious concrete*. Maka yang menjadi pokok permasalahan dalam hal ini adalah:

1. Apakah gradasi butiran agregat kasar berpengaruh terhadap nilai permeabilitas dan kekuatan pada *pervious concrete*.
2. Berapakah ukuran butiran maksimal agregat kasar yang dapat menghasilkan *pervious concrete* dengan permeabilitas dan kekuatan tinggi.

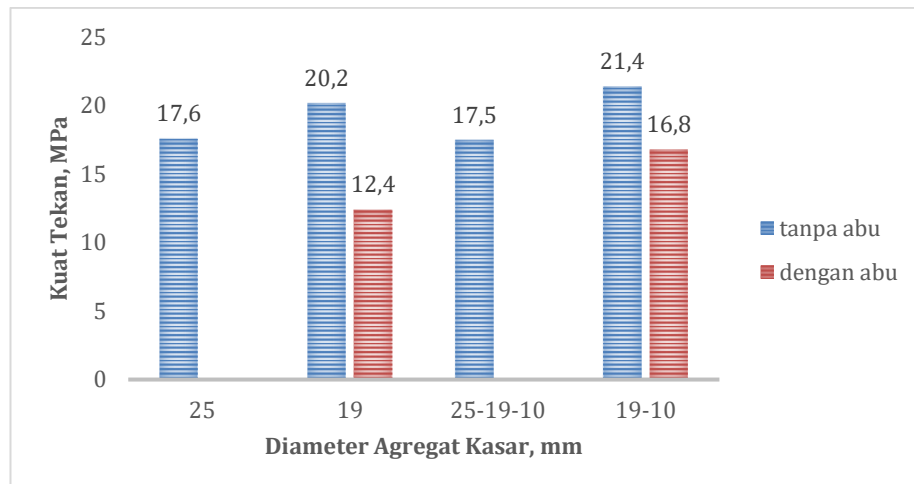
2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian yang dikerjakan berikut ini metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental, bertempat di Laboratorium Konstruksi dan teknologi Beton, Program Studi Sarjana Teknik Sipil Universitas Tarumanagara. Benda uji dibuat dalam dua bentuk yaitu kubus berukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm guna pengujian kuat tekan dan pelat berukuran 60 cm x 60 cm x 10 cm guna pengujian kecepatan perembesan. Pengujian kuat tekan menggunakan standar SNI 1974: 2011 dan pengujian kecepatan perembesan menggunakan standar ASTM C1701 tentang *Standard Test Method for Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete*, serta pengukuran permeabilitas dilakukan menggunakan metode pada ACI-522R. diameter agregat yang digunakan berukuran 25 mm, 19 mm dan 10 mm. Kombinasi campuran agregat terdiri dari 15-19-10; 19-10; 25; 19; 10. Setiap kombinasi dibuat 5 buah benda uji kubus dan 3 benda uji pelat dengan rencana campuran menggunakan perbandingan volume 1 semen : 3 agregat. Penambahan superplasticizer sebanyak 1% terhadap berat semen saat pengadukan. Pemeliharaan benda uji menggunakan teknik perendaman pada temperatur 20°C dan pengujian dilakukan pada umur 28 hari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

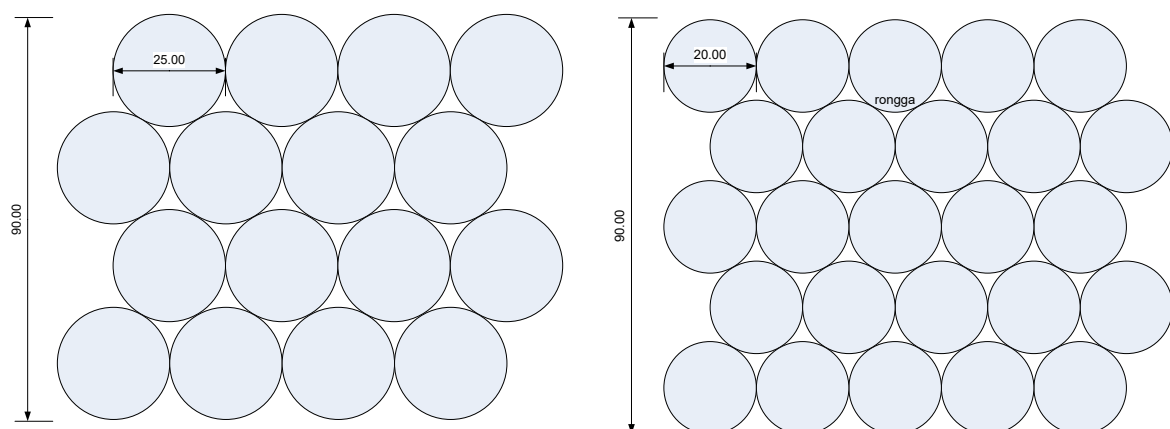
Berdasarkan hasil pengujian, ukuran agregat tunggal 19 mm memiliki kuat tekan 20,2 MPa, lebih tinggi bila dibandingkan dengan ukuran 25 mm yang hanya sebesar 17,6 MPa seperti disajikan pada Gambar 1. Perbedaan kuat tekan ini dapat dipahami karena agregat dengan diameter 19 mm memiliki kontak antar muka lebih banyak bila dibandingkan dengan ukuran agregat 25 mm.

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, menetapkan spesifikasi khusus kuat tekan minimum untuk beton porous bagi pejalan kaki dan sepeda yaitu sebesar 20 MPa pada umur 28 hari. Bila diperhatikan hasil pengujian yang disajikan dalam Gambar 1. memperlihatkan agregat dengan ukuran 19 dan ukuran 19-10 tanpa menggunakan abu terbang memenuhi kriteria tersebut.



Gambar 1. Grafik pengaruh diameter butiran terhadap nilai kuat tekan

Semakin kecil ukuran butiran maka semakin besar pula luas permukaan total agregat ((Xiong et al, 2025, Kushartomo et al, 2020)), seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Sebagai contohnya sebutir agregat berdiameter 25 mm memiliki luas permukaan 1962.5 mm², dalam setiap volume sebesar 1.000.000 mm³ terdapat 64 butir agregat berdiameter 25 mm, sehingga luas total permukaan seluruh agregat yang diselimuti oleh pasta semen sebesar 125.600 mm². Bila dibandingkan dengan agregat berukuran 19 mm, sebutir agregat berdiameter 19 mm memiliki luas permukaan 1256.0 mm², dalam setiap volume sebesar 1.000.000 mm³ terdapat 125 butir agregat berdiameter 19 mm, sehingga luas total permukaan seluruh agregat yang diselimuti oleh pasta semen sebesar 157.000 mm². Terdapat perbedaan luasan yang diselimuti pasta semen sebesar 20% dimana agregat dengan ukuran butiran 19 mm memiliki luas permukaan lebih luas bila dibandingkan dengan luas permukaan agregat dengan ukuran butiran 25 mm. Ini artinya ikatan antar butir agregat 19 mm lebih kuat bila dibandingkan ikatan antar butir agregat berukuran 25 mm.



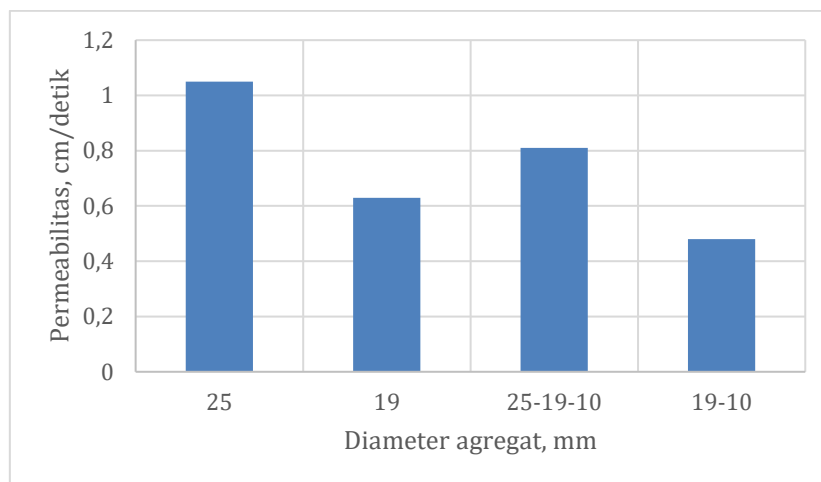
Gambar 2. Pengaruh besar butir terhadap luas permukaan butiran dan volume rongga

Dengan demikian nilai kuat tekan *pervious concrete* diameter agregat tunggal 19 mm dan kombinasi agregat 19-10 memenuhi kualifikasi Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan minimum Dirjen Bina Marga Kementerian PUPR untuk *pervious concrete*

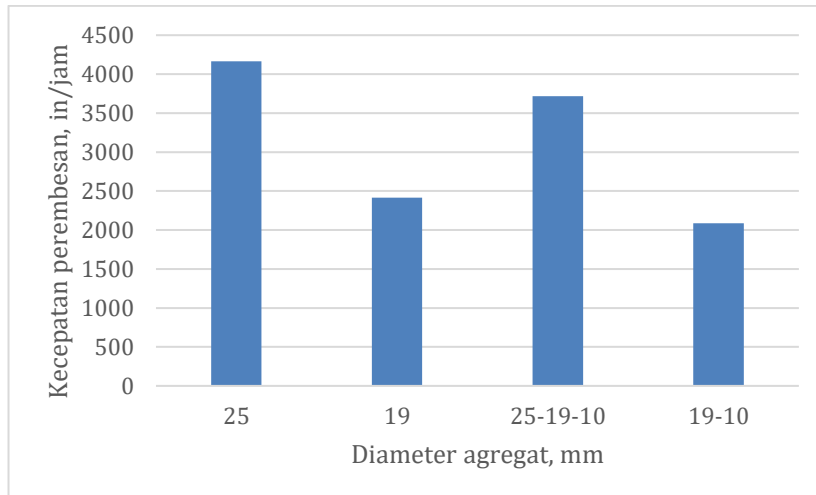
No	Diameter Agregat (mm)	Kuat Tekan (MPa)	Dirjen Bina Marga (MPa)
1	25	17,6	20,0
2	19	20,2	
3	15-19-10	17,5	
4	19-10	21,4	

Pengujian permeabilitas dan pengujian kecepatan perembesan telah dilakukan pada *previous concrete* dengan berbagai ukuran diameter butiran agregat kasar dengan hasil pengujian seperti diperlihatkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Pengaruh ukuran diameter agregat kasar terhadap nilai permeabilitas *pervious concrete*

Hasil pengujian memperlihatkan beton dengan ukuran diameter agregat 25 mm memiliki angka permeabilitas paling besar yaitu sebesar 1,05 cm/detik dan angka kecepatan perembesan sebesar 4165,7 in/jam sedangkan beton dengan ukuran agregat gabungan 19-10 memiliki angka permeabilitas dan kecepatan perembesan paling kecil yaitu 0,48 cm/detik untuk permeabilitas dan 2088,3 in/jam untuk kecepatan perembesan. Nilai permeabilitas dan kecepatan perembesan sangat ditentukan oleh banyaknya pori-pori terbuka dan hubungan antar pori-pori ((Xiong et al, 2025, Song et al, 2025). Jika volume pori-pori terbuka sangat banyak dan saling terhubung satu terhadap yang lainnya maka permeabilitas dan kecepatan perembesan beton juga akan semakin besar. Gambar 4 memperlihatkan jika agregat dengan ukuran butiran 25 mm memiliki volume pori-pori yang paling banyak dan saling terhubung sehingga permeabilitasnya dan kecepatan perembesannya paling besar, sebaliknya agregat gabungan 19-10 memiliki jumlah volume pori-pori yang paling kecil sehingga angka permeabilitas dan kecepatan perembesan juga paling kecil. Bila diperhatikan gambar 1 – 4, semuanya memperlihatkan kondisi yang saling berkaitan. Kuat tekan tinggi artinya beton memiliki tingkat kepadatan tinggi dan ikatan antar butirnya sangat kuat, apabila tingkat kepadatan beton tinggi artinya berat isi agregat juga besar. Jika berat jenis agregat besar maka jumlah volume pori-porinya kecil dan apabila volume pori-porinya kecil maka permeabilitas dan kecepatan perembesannya juga kecil (Song et al, 2025). Hal tersebut berlaku sebaliknya.



Gambar 4. Pengaruh ukuran diameter agregat kasar terhadap nilai kecepatan perembesan *pervious concrete*

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dihasilkan simpulan sebagai berikut

1. Diameter agregat tunggal atau agregat gabungan berpengaruh terhadap berat jenis, kekuatan, kecepatan perembesan dan permeabilitas *pervious concrete*. Agregat tunggal dengan diameter 19 mm memiliki kuat tekan 20,2 MPa dan koefisien permeabilitas 6,3 mm/detik serta nilai kecepatan perembesan 2413,4 in./jam merupakan diameter optimum agregat untuk menghasilkan *pervious concrete*. Nilai permeabilitas dan kecepatan perembesan sangat ditentukan oleh banyaknya pori-pori terbuka dan hubungan antar pori-pori. Jika volume pori-pori terbuka sangat banyak dan saling terhubung satu terhadap yang lainnya maka permeabilitas dan kecepatan perembesan beton juga akan semakin besar.
2. Nilai kuat tekan *pervious concrete* yang dihasilkan memenuhi spesifikasi kuat tekan minimum perkerasan jalan untuk pejalan kaki dan sepeda yang dipersyaratkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian PUPR dengan data seperti disajikan pada table 5.1. berikut:
3. Nilai kecepatan perembesan, koefisien permeabilitas dan berat jenis *pervious concrete* seperti disajikan pada table 2 berikut.

Tabel 2. Berat jenis, infiltration dan permeability *pervious Concrete*

No	Diameter Agregat mm	Berat Jenis Kg/m ³	Pori %	Infiltration rate in./jam	Permeability mm/detik
1	25	1,1965	32	4165,7	10,5
2	19	1,1993	31.7	2413,5	6,3
3	15-19-10	1,3524	31.8	3715.9	8,1
4	19-10	1,4427	31.2	2088,3	4,8

Ucapan Terima Kasih (*Acknowledgement*)

Terimakasih kepada LPPM Universitas Tarumanagara yang telah menyediakan dana penelitian dan kepada prodi sarjana Teknik sipil yang menyediakan fasilitas laboratorium untuk pengujian. Terimakasih juga kepada tim peneliti dan laboran yang membantu pelaksanaan penelitian. Terimakasih kepada Indocement Tunggal Prakarsa, tbk yang membantu menyediakan semen.

REFERENSI

- ACI 552R-10, (2010). Report on Pervious Concrete (Reapproved 2011)
- Ahmed, T. and Hoque, S. (2020). Study on Pervious Concrete Pavement Mix Design. 2nd International Conference on Civil & Environmental Engineering, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science **474**, 012062.
- ASTM C1701-09, (2013). Standard Test Method for Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete.
- Cai, Jiwei; Liu, Zixian; Xu, Gelong; Tian, Qing; Shen, Weiguo; Li, Bowang; Chen, Tiao, (2022). Mix Design Methods for Pervious Concrete Base on the Mesostructure: Progress, Existing Problems and Recommendation for Future Improvement. Case Study in Construction Materials 17, e01253.
- Hesami, Saeid; Ahmadi, Saeed; Nematzadeh, Mahdi (2014). Effects of Rice Husk Ash and Fiber on Mechanical Properties of Pervious Concrete Pavement. Construction and Building Materials, **53**, 680-68.1.
- Xiong, B.; Wu, X.; Lu, X.; Gao, H.; Lv, W. (2025). Influence Of Different Aggregate Characteristics On Pervious Concrete. Construction and Building Materials, **460**, 139789.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Marga, (2022). Spesifikasi Khusus Perkerasan Beton Porous (Porous Concrete), SKh-1.5-14.
- Kushartomo, W.; Linggasari, D.; Sutandi, A. (2020). Efek Ukuran Butiran Maksimum Terhadap Nilai Modulus of Rupture Reactive Powder Concrete. Media Komunikasi Teknik Sipil, **26** (1). 1-8.
- Li, Jiusu; Zhang, Yi; Liu, Guanlan; Peng; Zinghai (2017). Preparation and Performance Evaluation of an Innovative Pervious Concrete Pavement. Construction and Building Materials, **138**, 479-485
- Obla, Karthik H. (2010). Pervious Concrete – An Overview, The India Concrete Journal, Agustus.
- Pieralisi, R.; Lafrana, FC.; Mikami, RJ.; Sandoval, GFB. (2025). Permeability Measurement And Prediction Of Pervious Concrete Pavements. Pervious Concrete Pavement, 271-289.
- Qi, R.; Xu, Z.; Jiang, Y.; Liu, X.; Pan, T. (2025). Effects Of Superplasticizer Dosage On Cement Slurry Rheological Characteristics, Pore Structure And Properties Of Pervious Concrete. Construction and Building Materials. 479, 479-485.
- SNI 1974 (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. Badan Standarisasi Nasional
- Song, H.; Fan, S.; Wan, K.; Yao, J.; Yin, W.; Lee, Y. (2025). Balancing mechanical and permeability properties of pervious concrete through inter-aggregate pore structure optimization. Journal of Building Engineering. 106, 112537.
- Zhong, Rui; Leng, Zhen, Poon, Chi-sun (2018). Research and Application of Pervious Concrete As A Sustainable Pavement Material: A State-of-The-Art and State-of-The-Practice Review. Construction and Building Materials, **183**, 141457.

Halaman ini sengaja dikosongkan