

Efek Penambahan Manufacture Sand Terhadap Kuat Tekan, Porositas, dan Percolation Rate Pervious Concrete

Ramadhan Dicky Atmanto Putro *, Slamet Widodo

Departemen Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta 55281, Indonesia

Kata kunci:
Abu Batu
Beton Porous
Kuat Tekan
Laju Perkolasi
Porositas

Keywords:
Compressive Strength
M-sand
Percolation Rate
Pervious Concrete
Porosity

ABSTRAK

Berkembangnya suatu perkotaan selalu disertai dengan pesatnya pembangunan infrastruktur yang memberikan banyak manfaat bagi masyarakat. Namun seiring dengan bertambahnya infrastruktur yang dibangun, daerah hijau untuk resapan air kian berkurang. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan M-sand atau manufactured sand terhadap kuat tekan, porositas, dan percolation rate pervious concrete. Penelitian menerapkan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan, Departemen Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Penambahan *M-sand* dibagi menjadi 4 variasi yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15%. Sampel benda uji sebanyak 20 silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Benda uji diuji setelah masa perawatan 28 hari. Hasil data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif guna mengetahui efek yang diberikan dari penambahan *M-sand*. Nilai kuat tekan rata-rata *pervious concrete* dengan 0%, 5%, 10%, dan 15% *M-sand* berturut-turut adalah 10,5 MPa, 12,3 MPa, 8,8 MPa, dan 5,9 MPa. Nilai porositas rerata *pervious concrete* dengan 0%, 5%, 10%, dan 15% *M-sand* berturut-turut adalah 15,02%, 10,40%, 10,38%, dan 11,99%. Nilai *percolation rate* rerata *pervious concrete* dengan 0%, 5%, 10%, dan 15% *M-sand* berturut-turut adalah 0,4125 cm/s, 0,1476 cm/s, 0,1314 cm/s, dan 0,1607 cm/s. Hasil penelitian menyatakan campuran terbaik untuk *pervious concrete* adalah penambahan 5% *M-sand* karena mendapatkan nilai kuat tekan tertinggi dengan porositas yang masih mencukupi.

ABSTRACT

The development of an urban area is always accompanied by rapid infrastructure development which provides many benefits for the community. However, as more infrastructure is built, green areas for water absorption are decreasing. The research was conducted with the aim to determine the effect of the addition of M-sand or manufactured sand on the compressive strength, porosity, and percolation rate of pervious concrete. The research applied an experimental method conducted at the Building Materials Laboratory, Department of Civil Engineering Education and Planning, Faculty of Engineering, Yogyakarta State University. The addition of M-sand is divided into 4 variations, namely 0%, 5%, 10%, and 15%. Samples of test specimens were 20 cylinders with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm. The specimens were tested after a 28-day treatment period. The results of the data obtained were analyzed descriptively quantitatively to determine the effect of the addition of M-sand. The average compressive strength values of pervious concrete with 0%, 5%, 10%, and 15% M-sand were 10.5 MPa, 12.3 MPa, 8.8 MPa, and 5.9 MPa, respectively. The average porosity values of pervious concrete with 0%, 5%, 10%, and 15% M-sand were 15.02%, 10.40%, 10.38%, and 11.99%, respectively. The average percolation rate of pervious concrete with 0%, 5%, 10%, and 15% M-sand were 0.4125 cm/s, 0.1476 cm/s, 0.1314 cm/s, and 0.1607 cm/s, respectively. The results stated that the best mixture for pervious concrete is the addition of 5% M-sand because it gets the highest compressive strength value with sufficient porosity.



This is an open access article under the CC-BY license.

1. Pendahuluan

Berkembangnya suatu perkotaan selalu disertai dengan pesatnya pembangunan infrastruktur yang memberikan banyak manfaat bagi masyarakat. Namun seiring dengan bertambahnya infrastruktur yang dibangun, daerah hijau untuk resapan air kian berkurang. Hal tersebut menjadi salah satu penyebab utama terjadinya bencana banjir yang merupakan masalah utama bagi beberapa kota di Indonesia. Banyak inovasi yang telah dilakukan dalam dunia konstruksi guna meningkatkan daerah resapan air,

salah satunya yaitu melalui penggunaan *pervious concrete* atau beton berpori.

Beton berpori, juga dikenal sebagai beton berpori terbuka, adalah jenis beton yang memiliki pori-pori atau rongga didalamnya [1]. Pori-pori ini dapat terbentuk secara alami atau diciptakan dengan sengaja selama proses pencampuran dan pengeringan beton. Latar belakang pengembangan beton berpori bermula dari kebutuhan

*Corresponding author.

E-mail: ramadhandicky.2019@student.uny.ac.id
Available online 31 Maret 2024

untuk mengatasi beberapa masalah yang sering terjadi pada beton konvensional. Beton konvensional memiliki kepadatan yang tinggi dan sulit menyerap air. Beton konvensional yang bersifat kedap terhadap air kerap menimbulkan permasalahan berupa banjir dan menurunnya tingkat ketersediaan air tanah. Berdasarkan data BMKG pada Bulan September 2023, kota-kota besar di Indonesia terutama di Pulau Jawa memiliki ketersediaan air tanah <40%.

Penggunaan beton berpori telah banyak diterapkan sebagai trotoar, lahan parkir, taman, dan perkerasan jalan perumahan. Keberhasilan penggunaan beton berpori dalam mengatasi genangan air telah membuatnya menjadi pilihan yang populer di industri konstruksi. Meskipun beton berpori memiliki banyak keunggulan, namun juga memiliki beberapa kelemahan. Salah satu kelemahan utamanya adalah daya tahan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton konvensional. Namun kuat tekan beton menjadi aspek yang tidak boleh diabaikan karena menyangkut faktor keamanan dan kenyamanan bagi penggunaannya. Banyak faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton tak terkecuali pada beton berpori. Faktor faktor tersebut meliputi kualitas dari material yang digunakan, rasio faktor air semen, proses pemadatan, dan masa perawatan beton. Banyak penelitian yang telah dilakukan demi mendapatkan nilai kuat tekan yang maksimal disertai dengan nilai porositas yang diinginkan. Salah satu cara yang biasa diterapkan adalah menambahkan agregat halus dengan komposisi tertentu agar dapat mengisi celah antar agregat kasar. Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah *manufacture sand (M-sand)*.

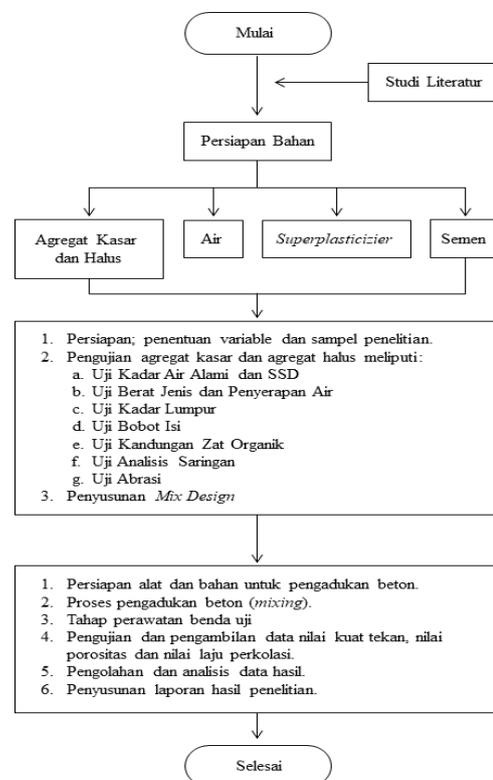
M-sand adalah jenis pasir yang berasal dari penghancuran bebatuan atau agregat yang lebih besar menjadi potongan dengan ukuran yang lebih kecil. Pasir *M-sand* menjadi alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan apabila dibandingkan dengan pasir sungai didapatkan dari hasil penambangan. Agregat halus atau *M-sand* yang didapatkan dari pemecahan batu di *stone crusher* mencapai 17–25% sehingga dapat menjadi alternatif dalam penggunaan agregat halus [2]. Pasir *M-sand* dapat digunakan sebagai material dalam campuran beton tanpa mengurangi sifat mekanik beton. Ukuran butir dari pasir *M-sand* yang cenderung lebih beragam menjadikannya cocok digunakan untuk berbagai jenis beton. Ukuran butir dari pasir *M-sand* yang lolos ayakan diameter 4,75 mm dan tertahan ayakan 0,3 mm akan digunakan pada penelitian ini. Penambahan agregat halus pada beton berpori telah diatur dalam ACI 522-R dimana komposisi maksimal penambahan agregat halus adalah 20% dari berat agregat kasar. Maka dari itu, penelitian ini

menggunakan variasi komposisi agregat halus sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% dari keseluruhan berat agregat kasar untuk mengamati komposisi terbaik dalam meningkatkan kuat tekan beton berpori.

2. Metode Penelitian

Metode Penelitian yang diterapkan adalah eksperimental. Eksperimen dilakukan terhadap benda uji yang diuji di laboratorium. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan, Departemen Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan (DPTSP), Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Eksperimen yang dilakukan adalah dengan menambahkan *manufacture sand (M-sand)* ke dalam campuran *pervious concrete* sebagai pengisi rongga. Penambahan *M-sand* menggunakan komposisi/*mix design* yang sama.

Pervious concrete dengan tanpa ditambahkan agregat halus akan digunakan sebagai kelompok kontrol sedangkan *pervious concrete* yang ditambahkan agregat halus akan digunakan sebagai kelompok eksperimen. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati efek dari penambahan *M-sand* ke dalam campuran *pervious concrete* terhadap nilai kuat tekan, nilai porositas, serta laju perkolasi *pervious concrete*. Bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir penelitian.

Sampel penelitian berupa silinder *pervious concrete* dengan dimensi 150 mm x 300 mm. Benda uji silinder

akan digunakan untuk pengujian kuat tekan, nilai porositas, dan nilai laju perkolasi. Variasi pada penelitian ini berupa penambahan M-sand sebagai agregat halus sebesar 5%, 10%, dan 15% dari total berat agregat kasar. Setiap variasi akan terdiri dari 5 silinder benda uji yang akan diuji ketika benda uji telah berusia 28 hari. Susunan sampel benda uji *pervious concrete* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Susunan sampel benda uji *pervious concrete*.

No	Volume Pasir (%)	Kode	Jumlah
1	0	PCMS00	5
2	5	PCMS05	5
3	10	PCMS10	5
4	15	PCMS15	5
Jumlah Benda Uji Total			20

3. Pembahasan

3.1. Pengujian M-sand

Agregat halus yang diuji berupa *manufactured sand* yang diperoleh dari stone crusher di wilayah Cangkringan, Sleman, D.I Yogyakarta. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali, kemudian ditinjau hasil reratanya. Rerata hasil pengujian *manufactured sand* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rerata hasil pengujian *manufactured sand*

No	Jenis Pengujian	Hasil	Satuan
1.	Penyerapan air	1,89	%
2.	Bobot isi	1.566,50	Kg/m ³
3.	Kadar air	2,61	%
4.	Modulus Kehalusan Butir	4,57	-
5.	Zat Organik	Nomor 3	-
6.	Kadar Lumpur	0,55	%
7.	Berat Jenis	2,6	gr/ml

3.2. Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar yang diuji berupa kerikil pecah atau split berjenis andesit yang diperoleh dari *stone crusher* di wilayah Clereng, Kulon Progo, D.I Yogyakarta. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali, dan diambil nilai reratanya. Rerata hasil pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rerata hasil pengujian agregat kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil	Satuan
1.	Penyerapan air	1,89	%
2.	Bobot isi	1.566,50	Kg/m ³
3.	Kadar air	2,61	%
4.	Modulus Kehalusan Butir	7,4	-
5.	Abrasi	22	%
6.	Kadar Lumpur	0.55	%
7.	Berat Jenis	2,6	gr/ml

3.3. Pengujian Agregat Kasar

Pengujian *percolation rate* atau laju perkolasi berdasarkan pada metode *Falling Head* yang telah diisyaratkan oleh ACI 522R – 10. Alat yang digunakan untuk pengujian diadaptasi dengan menggunakan bahan-bahan yang ada disekitar dan mudah ditemukan. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali kemudian ditinjau nilai reratanya [3]. Data yang diperoleh kemudian diolah berdasarkan rumus Darcy.

$$K = \frac{A_1 l}{A_2 t} \log\left(\frac{h_2}{h_1}\right) \quad (1)$$

Keterangan:

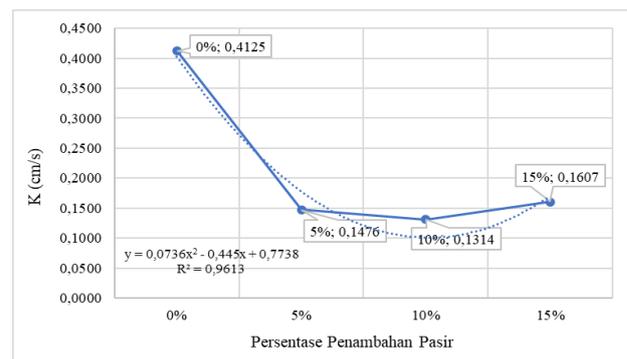
K = *Percolation rate pervious concrete* (cm/s)

A_1 = Luas permukaan *pervious concrete* (cm²)

A_2 = Luas tabung (cm²)

l = Panjang/tinggi *pervious concrete* (cm²)

Pervious concrete dengan ragam variasi presentase *M-sand* memiliki nilai laju perkolasi yang berbeda-beda.



Gambar 2. Grafik nilai laju perkolasi rata-rata *pervious concrete* akibat penambahan *M-sand*

Pada Gambar 2 menunjukkan hasil bahwa *pervious concrete* tanpa *M-sand* memiliki nilai laju perkolasi tertinggi yaitu 0,4125 cm/s. Penambahan *M-sand* pada *pervious concrete* menyebabkan nilai laju perkolasi menurun. Hal ini menunjukkan bahwa *pervious concrete* dengan penambahan 5, 10, dan 15% *M-sand* berturut-turut adalah 0,1476 cm/s, 0,1314 cm/s, dan 0,1607 cm/s. *Pervious concrete* dengan 15% *M-sand* memiliki nilai perkolasi lebih tinggi apabila dibandingkan dengan persentase penambahan *M-sand* yang lain. Nilai *percolation rate* yang menurun menunjukkan *M-sand* menutupi rongga – rongga pada *pervious concrete* sehingga tidak media air untuk mengalir.

3.4 Pengujian Porositas

Pengujian porositas dilakukan ke benda uji *pervious concrete* yang telah dikenai pengujian *percolation rate*.

Pengujian porositas berdasarkan ASTM C – 642 dimana benda uji ditimbang pada kondisi jenuh air, ditimbang dalam air, dan ditimbang pada kondisi kering. Data berat-berat benda uji tersebut kemudian dihitung menggunakan persamaan di bawah ini:

$$n = \frac{C-A}{C-D} \times 100\% \tag{2}$$

Keterangan:

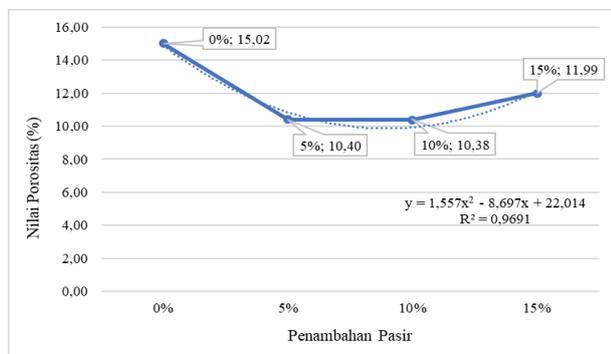
n = Porositas pervious concrete (%)

C = Berat pervious concrete SSD (kg)

A = Berat pervious concrete kering (kg)

D = Berat pervious concrete di air (kg)

Pervious concrete dengan ragam variasi persentase M-sand memiliki nilai porositas yang berbeda-beda.



Gambar 3. Grafik nilai porositas rata-rata pervious concrete akibat penambahan M-sand

Gambar 3. menunjukkan hasil bahwa pervious concrete tanpa M-sand memiliki nilai porositas tertinggi yaitu 15,02%. Penambahan M-sand pada pervious concrete menyebabkan nilai porositas mengalami penurunan. Hasil menunjukkan bahwa pervious concrete dengan penambahan 5, 10, dan 15% M-sand berturut – turut adalah 10,40%, 10,38%, dan 11,99%. M-sand mengisi celah rongga pada pervious concrete sehingga menurunkan tingkat porositas.

3.5. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan merupakan rangkaian pengujian benda uji pervious concrete yang dilakukan paling akhir. Uji kuat tekan dilakukan pada pervious concrete yang telah melalui masa curing selama 28 hari. Data yang diperoleh dari pengujian kuat tekan yaitu beban maksimal yang mampu diterima pervious concrete dalam satuan ton. Data yang diperoleh kemudian dihitung menggunakan persamaan di bawah ini:

$$f'c = \frac{P}{A} \tag{3}$$

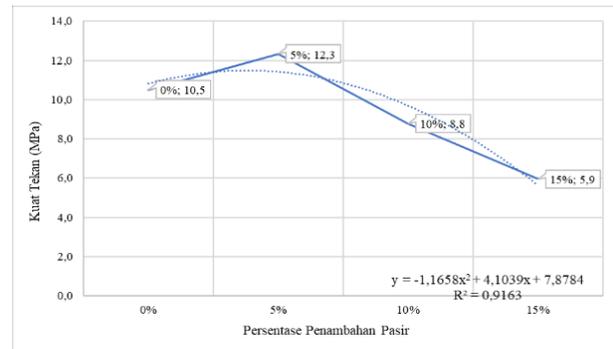
Keterangan:

f'c = Kuat Tekan pervious concrete(MPa)

P = Beban maksimal (N)

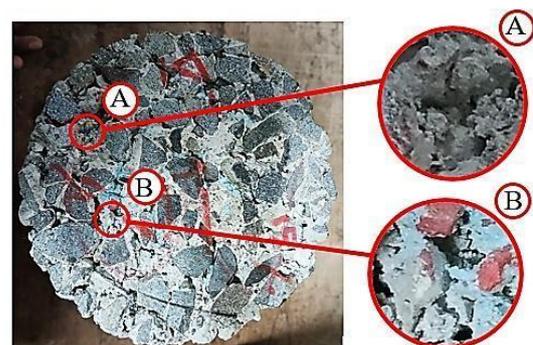
A = Luas permukaan penerima beban (mm²)

Pervious concrete dengan ragam variasi presentase M-sand memiliki nilai kuat tekan yang berbeda-beda. Nilai kuat tekan rata-rata pervious concrete akibat penambahan M-sand dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik nilai kuat tekan rata-rata pervious concrete akibat penambahan M-sand

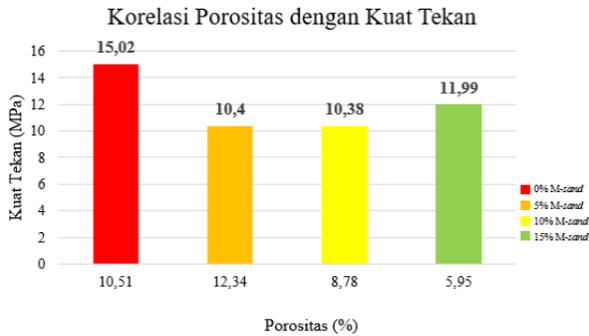
Pada Gambar 4. menunjukkan hasil bahwa pervious concrete dengan penambahan 5% M-sand memiliki nilai kuat tekan tertinggi yaitu 12,34 MPa. Penambahan M-sand lebih dari 5% pada pervious concrete menunjukkan nilai kuat tekan mengalami penurunan. Hasil menunjukkan bahwa pervious concrete dengan penambahan 10, dan 15% M-sand berturut – turut adalah 8,78 MPa dan 5,95 MPa, sedangkan pervious concrete tanpa penambahan M-sand memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi yaitu 10,51 MPa



Gambar 5. M-sand yang mengganggu ikata pasta semen dengan agregat

Kuat tekan menurun seiring bertambahnya M-sand ke dalam campuran menandakan bahwa pasta semen yang direncanakan pada mix design masih belum sesuai [4]. Pasta semen tidak cukup untuk menyelimuti permukaan agregat yang ditambahkan, maka dari itu M-sand justru berefek mengganggu ikatan pasta semen dengan agregat [5]. Akibatnya, rongga – rongga terisi akan memberikan data perilaku yang berbeda antara kuat tekan dengan

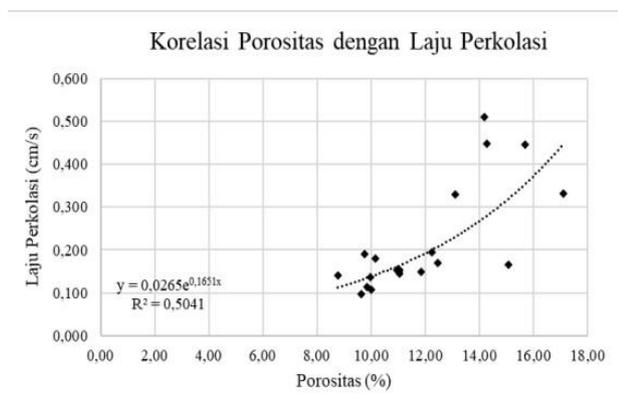
porositas, kuat tekan perkolasi, dan perkolasi dengan porositas [6]. Korelasi antara nilai kuat tekan dengan nilai porositas dapat dilihat pada Gambar 6. Korelasi antara nilai kuat tekan dengan nilai porositas dapat dilihat pada Gambar 6. Korelasi antara nilai kuat tekan dengan nilai laju perkolasi dapat dilihat pada Gambar 7. Korelasi antara nilai porositas dengan nilai laju perkolasi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 6. Korelasi antara nilai kuat tekan dengan nilai porositas



Gambar 7. Korelasi antara nilai kuat tekan dengan nilai laju perkolasi



Gambar 8. Korelasi antara nilai porositas dengan nilai laju perkolasi

4. Simpulan

1) Penambahan *M-sand* ke dalam campuran *pervious concrete* menyebabkan nilai kuat tekan yang cenderung mengalami peningkatan kemudian penurunan. Dari penelitian yang sudah dilaksanakan didapatkan nilai kuat tekan rata – rata *pervious concrete* dengan 0%, 5%, 10%, dan 15% *M-sand* berturut – turut adalah 10,5 MPa, 12,3 MPa, 8,8 MPa, dan 5,9 MPa. (2) Penambahan *M-sand* dalam campuran *pervious concrete* menyebabkan nilai porositas menurun. Dari penelitian yang sudah dilaksanakan didapatkan nilai porositas rerata *pervious concrete* dengan 0%, 5%, 10%, dan 15% *M-sand* berturut – turut adalah 15,02%, 10,40%, 10,38%, dan 11,99%. (3) Penambahan *M-sand* dalam campuran *pervious concrete* menyebabkan nilai *percolation rate* menurun. Dari penelitian yang sudah dilaksanakan didapatkan nilai *percolation rate* rerata *pervious concrete* dengan 0%, 5%, 10%, dan 15% *M-sand* berturut – turut adalah 0,4125 cm/s, 0,1476 cm/s, 0,1314 cm/s, dan 0,1607 cm/s.

Daftar Rujukan

- [1] American Concrete Institute. (2011). ACI – 522R Report on Pervious concrete. *America: ACI*.
- [2] Bari, V., et. al. (2021). Experimental Studies on Pervious Concrete by Varying the Size of Aggregate and Sand Content. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. NTASU–2020. 9(3). ISSN (Online): 2278-0181. College of Engineering and Technology Mumbai University Mumbai. India. DOI: 10.17577/IJERTCONV9IS03034.
- [3] Husain, N., Roshni, J.J., & Suroshe. (2015). "Effect of Aggregate Grading Andcementitious by-Product on Performance of Pervious Concrete." *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*. 4 (8). DOI: 10.15680/IJIRSET.2015.0408026
- [4] Meininger, R. C., (1988). No fines pervious concrete for paving. *Concrete International*, V, 10 Aug., pp.20- 27.
- [5] Neithalath, N., Weiss, J., & Olek, J. (2004). Predicting the Permeability of Pervious Concrete (Enhanced Porosity Concrete) from Non-Destructive Electrical Measurements. *Department of Civil and Environmental Engineering*. Clarkson University.
- [6] Neithalath, N., Weiss, J., & Olek, J. (2006). Characterizing Enhanced Porosity Concrete Using Electrical Impedance to Predict its Acoustic and Hydraulic Performance. *Cement and Concrete Research*. 36 (11). 2074-2085 pp.

- [7] Pandei R. W. et. al. (2019). Studi Eksperimen Pengaruh Pemanfaatan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan dan Permeabilitas Beton Berpori (Pervious concrete). *Politeknologi Vol 18 No. 1*. Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Manado.
- [8] Prabowo D. A., Setyawan A., & Sambowo K. A. (2013). Desain Beton Berpori untuk Perkerasan Jalan yang Ramah Lingkungan. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [9] Widodo, S., Santosa, A., & Prapto, P. (2006). Pemanfaatan Limbah Abu Batu sebagai Bahan Pengisi dalam Produksi Self-Compacting Concrete. *INERSIA: Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur*, 2(2), 39-46.