

Pengaruh Posisi Kemiringan Vertikal dan Horizontal terhadap Kemampuan Infiltrasi dan Permeabilitas Beton Porous dengan Recycled Aggregate

The Effect of Vertical and Horizontal Inclined Position on Infiltration Rate and Permeability of Pervious Concrete with Recycled Aggregate

Kiki Windi Safitri^{1*)}, Evi Nur Cahya¹, Riyanto Haribowo¹

¹Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang 65145, Indonesia

Article info:

Kata kunci:

agregat kasar alam, agregat kasar daur ulang, beton porous, infiltrasi, permeabilitas

Keywords:

infiltration rate, natural coarse aggregate, permeability, pervious concrete, recycled coarse aggregate

Article history:

Received: 15-10-2020

Accepted: 25-05-2021

*Koresponden email:

kiki.windi96@gmail.com

Abstrak

Peningkatan pembangunan infrastruktur mengakibatkan perubahan tata guna lahan yang meminimalkan laju infiltrasi dan meningkatkan limpasan permukaan. Dibutuhkan alternatif penanganan yang tepat dalam mengatasi genangan air yaitu dengan penggunaan beton porous sebagai tutupan lahan. Limbah beton dimanfaatkan dalam pembuatan beton porous sebagai pengganti agregat kasar, yang disebut *Recycled Coarse Aggregate* (RCA). Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui kemampuan beton porous dalam mengatasi limpasan air pada permukaan miring terhadap kemampuan infiltrasi dan permeabilitasnya. Pengujian infiltrasi dilakukan pada kemiringan horizontal 2% dan kemiringan vertikal 0%, 10%, 20%, 30% menggunakan standar ASTM C 1701/C 1701M – 09. Dari hasil pengujian yang dilakukan, diketahui bahwa kemiringan vertikal dan horizontal beton porous mempengaruhi kemampuan infiltrasinya. Laju infiltrasi pada beton porous semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kemiringan vertikal. Jenis agregat juga diketahui mempengaruhi kemampuan permeabilitas beton porous. Beton porous dengan *recycled coarse aggregate* (RCA) memiliki kemampuan permeabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan beton porous dengan *natural coarse aggregate* (NCA).

Abstract

Increased infrastructure constructions have resulted in land-use change which minimizes water infiltration into the soil and increases the amount of surface runoff. An alternative solution is needed to handle puddles, which is by using pervious concrete as land cover. Concrete waste is used as a substitute for coarse aggregate, which is called *Recycled Coarse Aggregate* (RCA). To determine the ability of pervious concrete to overcome water runoff on sloping surfaces, a study was conducted to identify the effect of the tilt position of pervious concrete on its infiltration rate and permeability. The infiltration test is carried out with a 2% of horizontal tilt and 0%, 10%, 20%, 30% vertical tilt following the procedures of ASTM C 1701/C 1701M – 09. Based on the results of the research, it can be concluded that the vertical and horizontal tilt position on pervious concrete affects the infiltration rate. And the type of aggregate does affect the permeability of pervious concrete, pervious concrete with recycled coarse aggregate (RCA) has greater permeability than pervious concrete with natural coarse aggregate (NCA).

Kutipan: Safitri, K.S., Cahya, E.N., Haribowo, R., Pengaruh Posisi Kemiringan Vertikal dan Horizontal terhadap Kemampuan Infiltrasi dan Permeabilitas Beton Porous dengan Recycled Aggregate, *Jurnal Teknik Pengairan*. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2021.012.01.03>

1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir pembangunan infrastruktur berskala besar mendapatkan perhatian kembali baik dari negara maju maupun negara berkembang. Pembangunan infrastruktur tersebut tidak hanya dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat tetapi juga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap sistem alami yang terjadi di alam (Xiong, Beckmann, dan Tan 2018, 1–2). Perubahan pada penggunaan lahan dan tutupan lahan (*land use and land cover change* atau LUCC) adalah salah satu dampak yang terjadi akibat pembangunan infrastruktur (Xiong, Beckmann, dan Tan 2018). Urbanisasi, pertumbuhan penduduk, dan peningkatan ekonomi memerlukan lebih banyak area pemukiman, kawasan perdagangan dan industri, yang dapat mengakibatkan perubahan tata guna (Kusumastuti et al. 2017). Pertumbuhan populasi dan ekonomi mendorong perluasan wilayah perkotaan dalam bentuk urbanisasi di seluruh dunia dan pada tahun 2050, lebih dari 70% populasi dunia diperkirakan tinggal di daerah perkotaan (Miller et al. 2014).

Perkembangan di kawasan perkotaan mengalami peningkatan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, peningkatan jumlah penduduk di perkotaan menyebabkan terjadinya perubahan tata guna lahan sehingga banyak lahan pertanian diubah menjadi kawasan pemukiman dan bisnis (Arifi, Cahya, dan Remayanti 2017). Seiring dengan berkembangnya wilayah kota, jumlah luas lahan dan sungai sebagai kawasan resapan atau tampungan air semakin berkurang (Romadona, Andawayanti, dan Cahya 2019). Dengan pertumbuhan populasi, urbanisasi yang berkelanjutan telah menyebabkan peningkatan area permukaan yang kedap air (*impervious surface*), yang menghalangi perkolasi oleh presipitasi dari hujan dan salju yang turun (Sonebi, Bassuoni, dan Yahia 2016). Hal ini meningkatkan potensi limpasan permukaan (*surface runoff*) berlebih, yang dapat menyebabkan banjir di bagian hilir, erosi, dan kemungkinan pengangkutan polutan ke dalam pasokan air minum (Sonebi, Bassuoni, dan Yahia 2016). Lian, Zhuge, dan Beecham (dalam Arifi, Cahya, dan Remayanti 2017) menyatakan bahwa konsep dari *porous pavement* adalah memungkinkan air mengalir melalui struktur perkerasan. Disisi lain, *permeable pavement* memiliki kemampuan untuk mengurangi volume limpasan permukaan dan meningkatkan kualitas air (Sonebi, Bassuoni, dan Yahia 2016). *Permeable pavement* dapat menyimpan limpasan air hujan hingga terinfiltrasi ke dalam tanah atau dialirkan ke hilir dengan sistem pengelolaan air hujan melalui saluran pembuangan, karena alasan ini Weiss et al. (dalam Sonebi, Bassuoni, dan Yahia 2016) menyatakan bahwa banyak komunitas sekarang yang mengeksplorasi penggunaannya sebagai alternatif desain dari *low impact development* untuk pengendalian air hujan. Sistem *permeable pavement* dapat berkontribusi untuk menyelesaikan masalah drainase dan mengurangi resiko banjir bandang, yang diakibatkan oleh *continuous urban development*. Penggunaan *concrete block pavement* (CBP) memiliki banyak keunggulan, diantaranya mampu meloloskan air hujan, mudah dalam pemasangan, dan mempunyai nilai estetika (Sedyowati dan Susanti 2019).

Berdasarkan ACI Committee 522, beton porous adalah beton semen hidrolis proporsional dengan *interconnected voids* yang menghasilkan material yang sangat permeabel, memungkinkan air lewat dengan mudah. Beton porous terdiri dari semen *portland*, agregat kasar seragam, dan air. Beton porous merupakan salah alternatif perkerasan secara konvensional yang ramah lingkungan, dengan jumlah agregat halus yang kecil dan *void ratio* yang tinggi memungkinkan air meresap ke dalam tanah dan meminimalkan limpasan permukaan (Arifi, Cahya, dan Setyowulan 2020).

Dalam penelitian ini, limbah konstruksi akan dimanfaatkan dalam pembuatan beton porous. Agregat kasar daur ulang atau *recycled coarse aggregate* (RCA) dihasilkan dari *re-processing* bahan limbah mineral, dengan sumber terbesar adalah dari limbah konstruksi dan pembongkaran (Kou 2006). Limbah konstruksi dan pembongkaran terdiri dari puing-puing beton, batu bata dan ubin, pasir dan debu, kayu, plastik, karton dan kertas, dan logam (Kou 2006). Limbah konstruksi dan pembongkaran dari puing-puing beton digunakan sebagai pengganti agregat kasar pada penelitian ini. Pemanfaatan limbah beton hasil pembongkaran bangunan merupakan salah satu upaya konservasi untuk mengurangi dampak lingkungan (Cahya, Arifi, dan Haribowo 2020). Agregat kasar daur ulang atau *recycled coarse aggregate* (RCA) adalah agregat yang berasal dari beton konvensional yang sudah tidak digunakan lagi, yang kemudian dihancurkan menjadi agregat untuk campuran beton baru (Cahya, Arifi, dan Haribowo 2020).

Penelitian menggunakan dua jenis agregat kasar yaitu agregat kasar daur ulang atau *recycled coarse aggregate* (RCA) dan agregat kasar alam atau *natural coarse aggregate* (NCA). Dalam

penelitian ini dilaksanakan pengujian infiltrasi dan permeabilitas. Uji infiltrasi dilakukan berdasarkan situasi jalan dengan tolak ukur kemiringan vertikal dan horizontal. Kemiringan horizontal dalam penelitian ini adalah kemiringan melintang jalan. Sedangkan untuk kemiringan vertikal adalah alinyemen vertikal bagian landai vertikal jalan. Uji infiltrasi dilakukan dengan beberapa variasi kemiringan vertikal.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kemampuan infiltrasi pada kemiringan vertikal dan horizontal serta kemampuan permeabilitas terhadap beton porous, baik dengan menggunakan RCA dan NCA. Penelitian ini diharapkan dapat membantu mengurangi limpasan permukaan dan meningkatkan laju infiltrasi pada jalan dengan kemiringan tertentu.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain penelitian eksperimental murni (*true experimental*) yang dilakukan di laboratorium. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah penyiapan alat dan bahan campuran beton, pemeriksaan material bahan campuran beton, perancangan campuran beton, pembuatan benda uji yang meliputi pengadukan, pencetakan, serta perawatannya, kemudian pengujian infiltrasi, dan yang terakhir adalah pengujian permeabilitas.

2.1. Prosedur Penelitian

Prosedur yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 03-1969-1990 1990), pengujian berat isi agregat berdasarkan (ASTM International 2003), pembuatan benda uji menggunakan proporsi material beton porous sesuai dengan standar ACI 522R-10 pada Tabel 1. Dapat dilihat pada Tabel 1, proporsi material beton berpori sesuai dengan standar ACI 522R-10. Proporsi material beton berpori pada penelitian ini didasarkan pada Tabel 1. Penelitian ini tidak menggunakan pasir (agregat halus) sehingga rasio pasir : agregat yaitu 0 : 1. Dan untuk perbandingan material untuk semen : air : agregat dalam penelitian ini adalah 1 : 0.3 : 4.

Prosedur selanjutnya adalah perawatan benda uji (ACI Committee 522 2013) dan pengujian infiltrasi (ASTM International 2009). Pengujian infiltrasi ini dilakukan berdasarkan situasi jalan dengan tolak ukur kemiringan vertikal dan horizontal. Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997, kemiringan horizontal yang digunakan adalah 2%. Sedangkan untuk kemiringan vertikal yang digunakan adalah 0%, 10%, 20% dan 30%. Pengambilan nilai kemiringan didasarkan pada Tabel 2. yaitu untuk medan datar menggunakan kemiringan 0%, medan perbukitan menggunakan kemiringan 10% dan 20%, dan untuk medan pegunungan menggunakan kemiringan 30%. Dan untuk pengujian infiltrasi digunakan benda uji beton berbentuk balok dengan ukuran panjang 400 mm, lebar 600 mm, dan tinggi 50 mm. Kemudian, untuk prosedur yang terakhir adalah uji permeabilitas. Uji permeabilitas dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Pengujian permeabilitas (ACI Committee 522 2010). Pengujian permeabilitas menggunakan benda uji beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Silinder tersebut dicor dalam pipa PVC. Uji permeabilitas dilakukan pada saat beton berumur 28 hari.

Tabel 1. Proporsi Material Beton Berpori

Material	Proporsi (kg/m³)
Semen	270 - 415
Agregat	1190 - 1480
*) Rasio (berat) Air : Semen	0.27 – 0.34
*) Rasio (berat) Agregat : Semen	4 – 4.5 : 1
*) Rasio (berat) Pasir : Agregat	0 - 1 : 1

*) Berdasarkan perbandingan volume

Sumber: (ACI Committee 522 2010, 15)

Tabel 2. Klasifikasi Medan Jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 - 25
3	Pegunungan	G	> 25

Sumber: (Direktorat Jenderal Bina Marga 1997)

2.2. Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data dalam penelitian ini adalah dengan menghitung berat jenis dan penyerapan agregat kasar, menghitung berat isi agregat kasar, dan menghitung laju infiltrasi. Perhitungan laju infiltrasi didasarkan pada ASTM C 1701/C 1701M – 09 menggunakan persamaan (1), dengan I = Laju infiltrasi (mm/jam); M = Berat air (kg); D = Diameter bagian dalam ring (30 mm) t = Waktu yang dibutuhkan untuk meloloskan air (detik); K = Konstanta 4.583.666.000. Kemudian, menganalisa pengaruh kemiringan vertikal 0 %, 10 % 20 %, 30 % dan kemiringan horizontal 2% terhadap laju infiltrasi. Tahapan selanjutnya adalah menghitung permeabilitas. Perhitungan permeabilitas beton porous berdasarkan ACI 522R-10 menggunakan persamaan (2), dengan k = Permeabilitas air (mm/detik); A_1 = Luas sampel (mm); A_2 = Luas alat (mm); l = Panjang sampel (mm); t = Waktu (detik); h_1 = Tinggi muka air awal (mm); h_2 = Tinggi muka air akhir (mm). Setelah itu, tahapan yang terakhir adalah menganalisis pengaruh jenis agregat terhadap permeabilitas beton porous.

$$I = \frac{KM}{D^2t} \quad (1)$$

$$k = \frac{A_1 l}{A_2 t} \log \frac{h_2}{h_1} \quad (2)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisa Pengaruh Kemiringan Vertikal dan Horizontal terhadap Laju Infiltrasi

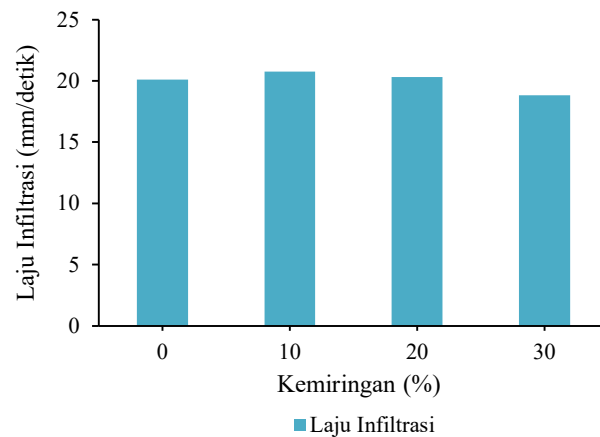
Pengujian infiltrasi dilakukan berdasarkan ASTM C 1701/C 1701M – 09, pengujian dilakukan dengan menggunakan *infiltration ring* dengan variasi kemiringan vertikal seperti pada Gambar 1. Laju infiltrasi pada kemiringan vertikal 0 %, 10 %, 20 %, 30 % dan kemiringan horizontal 2% dapat dilihat pada Tabel 3. Dapat dilihat pada Gambar 2, laju infiltrasi beton porous dengan RCA pada kemiringan vertikal 0%, 10%, 20%, dan 30%. Gambar 2 menunjukkan bahwa dengan semakin bertambahnya kemiringan vertikal, maka kemampuan laju infiltrasi juga semakin berkurang. Begitu juga dengan beton porous dengan NCA, Gambar 3 menunjukkan berkurangnya kemampuan laju infiltrasi seiring dengan bertambahnya kemiringan vertikal. Hal ini disebabkan karena pada kondisi penelitian, kemiringan mengakibatkan air lebih lama terinfiltrasi dan semakin tinggi kemiringan jalan maka lebih banyak air yang akan melimpas daripada air yang diserap untuk infiltrasi. Dan dapat disimpulkan bahwa kemampuan laju infiltrasi beton porous dengan RCA lebih besar dibandingkan beton porous dengan NCA.

Tabel 3. Laju Infiltrasi Kemiringan Vertikal 0%, 10%, 20%, 30% dan Kemiringan Horizontal 2% Beton Porous dengan RCA dan NCA

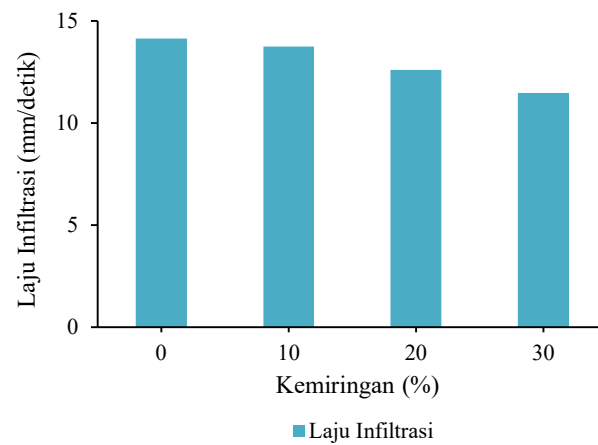
Benda Uji	Laju Infiltrasi	Laju Infiltrasi	Laju Infiltrasi	Laju Infiltrasi
	I (mm/detik)	I (mm/detik)	I (mm/detik)	I (mm/detik)
	Kemiringan V 0%	Kemiringan V 10%	Kemiringan V 20%	Kemiringan V 30%
RCA	20.121	20.752	20.314	18.841
NCA	14.135	13.747	12.596	11.478



Gambar 1. Uji Infiltrasi



Gambar 2. Laju Infiltrasi Beton dengan RCA pada Kemiringan Vertikal 0%, 10%, 20%, 30% dan Kemiringan Horizontal 2%

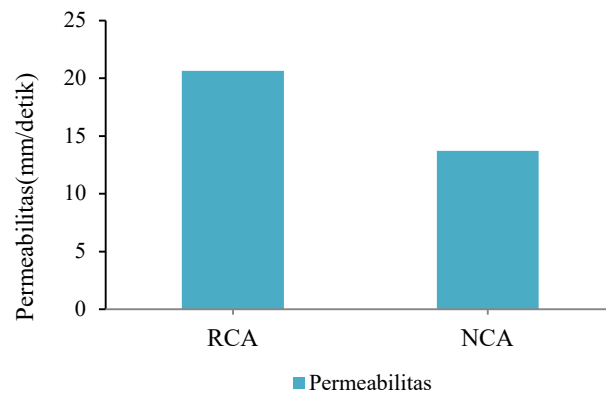


Gambar 3. Laju Infiltrasi Beton dengan NCA pada Kemiringan Vertikal 0%, 10%, 20%, 30% dan Kemiringan Horizontal 2%

3.2. Analisa pengaruh Jenis Agregat terhadap Permeabilitas Beton Porous



Gambar 4. Uji Permeabilitas



Gambar 5. Pengaruh Jenis Agregat terhadap Kemampuan Permeabilitas

Pengujian permeabilitas dilakukan berdasarkan ACI 522R-10. Alat yang digunakan dalam uji permeabilitas adalah alat *falling-head* seperti pada Gambar 4. Pada Gambar 5 menyajikan kemampuan permeabilitas beton porous dengan RCA dan NCA. Dari Gambar 5. dapat disimpulkan bahwa benda uji beton dengan RCA memiliki kemampuan permeabilitas yang lebih besar daripada benda uji beton dengan NCA. Kemampuan permeabilitas beton porous dengan RCA adalah 20,638 mm/detik. Sedangkan kemampuan permeabilitas beton porous dengan NCA adalah 13,726 mm/detik. Berdasarkan kemampuan permeabilitas, beton porous dengan RCA lebih baik

dibandingkan dengan beton porous dengan NCA. Hal ini dikarenakan beton dengan RCA berasal dari pecahan beton yang mempunyai komposisi semen pada pecahan batu yang dihasilkan, sehingga menambah nilai absorpsi dari agregat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa uji infiltrasi, maka dapat diketahui bahwa posisi kemiringan vertikal dan horizontal pada beton porous mempengaruhi kemampuan infiltrasi beton tersebut. Laju infiltrasi beton porous semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kemiringan vertikal. Hasil analisa uji permeabilitas menunjukkan bahwa jenis agregat mempengaruhi kemampuan permeabilitas beton porous, beton porous dengan agregat kasar daur ulang atau *recycled coarse aggregate* (RCA) memiliki kemampuan permeabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan beton porous dengan agregat kasar alam atau *natural coarse aggregate* (NCA). Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa beton porous dengan *recycled coarse aggregate* RCA memiliki kemampuan infiltrasi dan permeabilitas yang baik sehingga dapat menjadi alternatif untuk mengurangi limpasan permukaan. Kemiringan yang lebih tajam menyebabkan kecepatan limpasan permukaan lebih besar yang mengakibatkan kurangnya waktu untuk terjadinya infiltrasi, sehingga aliran permukaan yang terjadi menjadi lebih banyak.

Daftar Pustaka

- ACI Committee 522. 2010. *ACI International Report on Pervious Concrete*. Farmington Hills.
- . 2013. *522.1-13 Specification for Pervious Concrete Pavement*. Farmington Hills.
- Arifi, Eva, Evi Nur Cahya, dan N. Christin Remayanti. 2017. “Effect of fly ash on the strength of porous concrete using recycled coarse aggregate to replace low-quality natural coarse aggregate.” *AIP Conference Proceedings* 1887(September 2017).
- Arifi, Eva, Evi Nur Cahya, dan Desy Setyowulan. 2020. “The Influence of Various Materials to the Void Ratio of Pervious Concrete.” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 437(1).
- ASTM International. 2003. *97 ASTM International ASTM C 29/C 29M – 97. Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate*. West Conshohocken.
- . 2009. *ASTM C 1701/C 1701M – 09 Standard Test Method Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete*. West Conshohocken.
- Cahya, Evi Nur, Eva Arifi, dan Riyanto Haribowo. 2020. “Recycled Porous Concrete Effectiveness for Filtration Material on Wastewater Treatment.” *International Journal of GEOMATE* 18(70): 209–14.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997 Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/TBM/1997*. Jakarta.
- Kou, Shicong Cong. 2006. “Reusing recycled aggregates in structural concrete.” The Hong Kong Polytechnic University.
- Kusumastuti, D. I., D. Jokowinarno, S. N. Khotimah, dan C. Dewi. 2017. “The use of infiltration wells to reduce the impacts of land use changes on flood peaks: An Indonesian catchment case study.” *Pertanika Journal of Science and Technology* 25(2): 407–24.
- Miller, James D. et al. 2014. “Assessing the impact of urbanization on storm runoff in a peri-urban catchment using historical change in impervious cover.” *Journal of Hydrology* 515: 59–70.
- Romadona, Irenne Ismayanti, Ussy Andawayanti, dan Evi Nur Cahya. 2019. “Analisis Reduksi Genangan Pada Saluran Drainase Di Pesisir Kota Palu Yang Berwawasan Lingkungan (Analysis Of Inundation Reduction In Drainage Channel At Coastal Palu City With Environmental Insight).” *Jurnal Teknik Pengairan* 10(1): 39–50.
- Sedyowati, Laksni, dan Eko Susanti. 2019. “Hydraulic Performance of Concrete Block Pavement under High Rainfall Intensities.” *Civil and Environmental Science Journal* 2(1): 024–034.
- SNI 03-1969-1990. 1990. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia *Metode Pengujian Berat Jenis dan penyerapan air agregat halus*.

- Sonebi, Mohammed, Mohamed Bassuoni, dan Ammar Yahia. 2016. "Pervious Concrete: Mix Design, Properties and Applications." *RILEM Technical Letters* 1: 109.
- Xiong, Changsheng, Volker Beckmann, dan Rong Tan. 2018. "Effects of infrastructure on land use and land cover change (LUCC): The case of Hangzhou international airport, China." *Sustainability (Switzerland)* 10(6): 1–18.