

PENGARUH PROPORSI CAMPURAN TERHADAP KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS *PAVING* BERPORI

Nur Khotimah Handayani, Muhammad Rafid Musyaffa, Yolanda Fatkhur Rizal

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email: nur.k.handayani@ums.ac.id

Abstrak

Paving berpori adalah jenis paving yang memiliki porositas tinggi dan didesain agar air dapat lolos dengan mudah. Paving berpori dibuat dari campuran semen, agregat kasar, air, dan bahan tambahan lain. Penggunaan agregat kasar pada pembuatan paving berpori ini untuk membentuk pori-pori agar dapat meloloskan air dimana paving konvensional menggunakan agregat halus sebagai material pengisi. Oleh sebab itu, pengaruh proporsi campuran sangat menentukan kecepatan lolos air. Selain kemampuan lolos air, paving juga disyaratkan memiliki kuat tekan yang cukup sesuai SNI 03-0691-1996. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proporsi campuran terhadap nilai kuat tekan dan nilai permeabilitas paving berpori. Empat variasi proporsi campuran digunakan dengan harapan memenuhi target kuat tekan paving sesuai SNI dan nilai permeabilitas minimum untuk paving berpori menurut ACI 522R-10. Agregat kasar yang digunakan berdiameter 5-10 mm dan 10-20 mm pada perbandingan semen dengan agregat kasar sebesar 1:3 dan 1:4. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 14 hari pada benda uji 6 cm x 6 cm x 6 cm. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai kuat tekan rata-rata seluruh variasi proporsi campuran masih belum mencapai nilai kuat tekan minimum untuk kelas D SNI sebesar 10 MPa. Namun seluruh benda uji telah memenuhi syarat minimum permeabilitas paving berpori berkisar antara 0,69-0,88 cm/detik.

Kata kunci: *paving berpori, kuat tekan, permeabilitas, proporsi campuran*

Pendahuluan

Bata beton atau lebih dikenal dengan istilah *paving block* merupakan salah satu bahan penutup dan penerasan permukaan tanah yang umum digunakan di Indonesia selain aspal dan perkerasan kaku dari beton bertulang. *Paving block* konvensional, memiliki bahan utama penyusun yaitu semen portland, agregat halus, air dan bahan tambahan lainnya (BSN, 1996). *Paving block* banyak ditemui dan digunakan sebagai perkerasan jalan lingkungan, tempat parkir, trotoar, taman, dan penggunaan lain. Pemasangan dan pemeliharaan *paving block* cukup mudah karena dapat dibongkar dan dipasang kembali hanya pada sisi yang rusak tanpa merusak bagian yang lain. Akan tetapi, seiring dengan isu lingkungan dimana pembangunan berkelanjutan menjadi isu strategis pemerintah Indonesia (PUPR, 2020), maka penggunaan material perkerasan yang mampu meloloskan air ke dalam tanah akan menjadi sangat menarik untuk dilakukan. Inovasi material perkerasan *paving block* dilakukan dengan mengganti agregat halus menjadi agregat kasar agar membentuk pori-pori yang dapat meloloskan air lebih banyak. Penggunaan perkerasan yang meloloskan air ke dalam tanah akan mendukung keberlanjutan air di lingkungan tersebut sekaligus dapat mengurangi limpasan air hujan (Ashley, 2008; Moretti et al., 2019). Material perkerasan ini disebut beton berpori (*pervious concrete*) dimana pada artikel ini menggunakan standar SNI *paving block* sebagai acuan sehingga selanjutnya disebut *paving berpori*.

Paving berpori adalah beton yang memiliki porositas tinggi dan kemampuan meloloskan air dengan mudah. Porositas yang tinggi didapat dengan meniadakan agregat halus sehingga komposisi yang ada hanya semen, air dan agregat kasar (Obla, 2015). Performa *paving berpori* sangat dipengaruhi oleh gradasi agregat kasar dan proporsi campuran materialnya. Proporsi campuran ini akan sangat mempengaruhi besarnya pori-pori yang terbentuk dan akan berdampak pada kecepatan lolos air. Selain kemampuan lolos air, *paving* juga disyaratkan memiliki kuat tekan yang cukup sesuai SNI 03-0691-1996 (BSN, 1996). Selain pengaruh proporsi campuran, faktor air semen juga harus dijaga agar pori-pori yang terbentuk tidak tertutup oleh pasta semen saat mengeras. Faktor air semen pada beton berpori relatif lebih rendah dibanding beton biasa yaitu sekitar 0.3 sampai 0.40. Oleh sebab itu, penggunaan bahan tambah aditif *superplasticizer* umum digunakan dalam pembuatan beton berpori (ACI Committee 522., 2010).

Penelitian terkait *paving berpori* telah dilakukan, Prabowo dkk., (2013) mencoba meneliti beton berpori sebagai perkerasan jalan dimana proporsi campuran tetap menggunakan agregat halus 30% dan agregat kasar 70%. Hasil kuat tekan menunjukkan kuat tekan yang belum maksimal dimana kuat tekan tertinggi masih di angka

,19 MPa. Wardhono (2016) mencoba menghilangkan agregat halus dan meneliti pengaruh *superplasticizer* pada proporsi campuran 1:4 semen dan agregat kasar. Penambahan *superplasticizer* mampu meningkatkan kuat tekan beton berpori. Hal ini sejalan dengan penelitian Pandei dkk. (2019) dan (Ainnurdin, 2016) yang menunjukkan penggunaan *superplasticizer* bisa menghasilkan *paving* berpori dengan kelas mutu D sesuai SNI. Hasil ini sesuai dengan acuan ACI 522R-10 dimana faktor air semen yang rendah ditambah dengan penggunaan bahan aditif water-reducer *superplasticizer* bisa direkomendasikan dalam pembuatan *paving* berpori.

Pengaruh proporsi campuran semen dan agregat kasar juga pernah diteliti oleh Pandei dkk. (2019) yang meneliti proporsi campuran 1:2, 1:4 dan 1:6 dan beton berpori dengan proporsi campuran 1:2 menghasilkan nilai tertinggi. Proporsi 1:2 ini lalu ditambahkan *superplasticizer* dan diuji kembali pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Hasil menunjukkan proporsi campuran 1:2 dengan penambahan *superplasticizer* mampu mencapai 13,47 MPa pada umur 28 hari. Proporsi campuran ini memenuhi kelas mutu terendah menurut SNI *Paving* yaitu mutu D. Akan tetapi proporsi campuran 1:2 menghasilkan biaya produksi yang besar (Deshariyanto et al., 2019) sehingga diperlukan penelitian dengan proporsi campuran yang lebih ekonomis yaitu 1:3 dan 1:4.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka diperlukan penelitian terkait proporsi campuran 1:3 dan 1:4 terhadap kuat tekan dan permeabilitas *paving* berpori. Proporsi 1:3 dan 1:4 dengan bahan tambah *superplasticizer* merek Bestmittel akan digunakan dalam pengujian. Proporsi campuran 1:3 dan 1:4 ini diharapkan dapat mencapai syarat kuat tekan minimuman *paving* mutu D sebesar 10 MPa.

Metode

Penelitian eksperimental dilakukan untuk mengetahui pengaruh proporsi campuran semen dan kerikil terhadap kuat tekan dan permeabilitas *paving* berpori. Semua sampel benda uji untuk kuat tekan beton sesuai SNI-03-0691-1996 berupa kubus ukuran 6x6x6 cm dan benda uji permeabilitas sesuai dimensi *paving* pada umumnya yaitu 6x10x20 cm. Semen yang dipakai adalah semen *Portland Pozolan Cemen* (PPC) merek Semen Gresik. Agregat kasar menggunakan kerikil pecah dengan nilai keausan 37,5 %, modulus halus butir 5,03; berat jenis 2,71 dan penyerapan air 2,93 %. Seluruh pengujian agregat kasar tersebut telah memenuhi syarat pengujian bahan SNI. Variasi ukuran agregat kasar dilakukan dengan dua ukuran yaitu diameter 5-10 cm dan 10-20 cm. Faktor air semen yang digunakan adalah sebesar 0,35 sesuai rekomendasi ACI 522R-10. Proporsi campuran semen dan agregat kasar sebesar 1:3 dan 1:4. *Superplasticizer* yang dipakai pada penelitian ini adalah merek Betonmix. Kebutuhan bahan benda uji dapat dilihat pada Tabel 1.

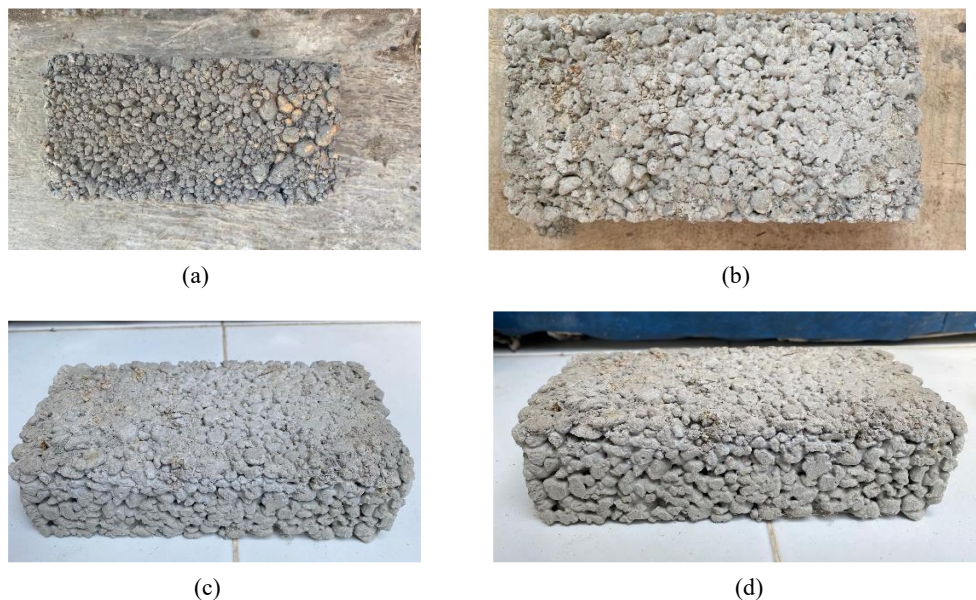
Tabel 1. Kebutuhan bahan 1 buah benda uji *paving*

Kode Benda Uji	Ukuran Agregat	Proporsi Campuran	Bahan			
			Semen (kg)	Agregat Kasar (kg)	<i>Superplasticizer</i> (gr)	Air (kg)
P5-13	5-10 cm	1:3	0,84	2,52	2,52	0,252
P5-14	5-10 cm	1:4	0,84	3,36	2,52	0,252
P10-13	10-20 cm	1:3	0,84	2,52	2,52	0,252
P10-14	10-20 cm	1:4	0,84	3,36	2,52	0,252

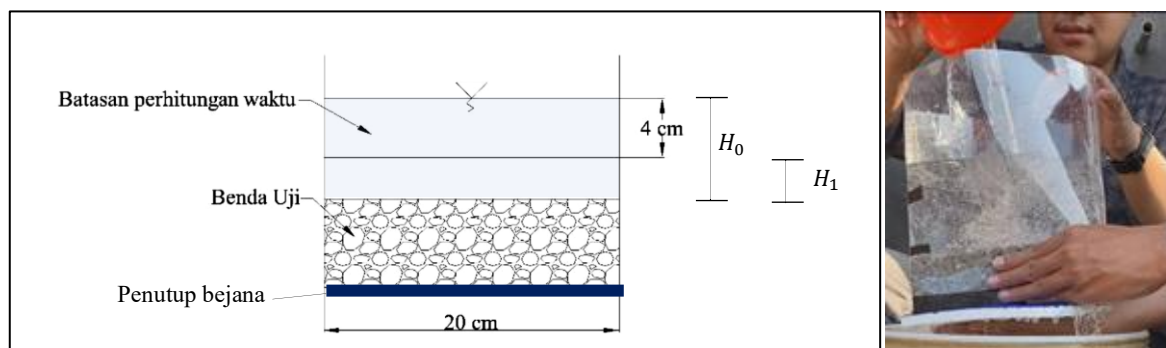
Pembuatan benda uji dilakukan secara manual pada bejana pengadukan yang selanjutnya dicetak secara manual pada cetakan 6x10x20 cm dan 6x6x6 cm. Pembuatan benda uji dicetak tanpa melalui penekanan menggunakan mesin untuk menghindari hancurnya benda uji dan tertutupnya pori-pori *paving*. Proses pembuatan benda uji dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses pembuatan benda uji (kiri) dan hasil proses pencetakan benda uji (kanan)



Gambar 2. Benda uji permeabilitas P5-13 (a), P5-14 (b), P10-13 (c), dan P10-14 (d)



Gambar 3. Ilustrasi *set-up* pengujian permeabilitas (kiri) dan proses pengujian permeabilitas *paving* berpori (kanan)

Pengujian kuat tekan *paving* berpori dilakukan setelah masa perawatan (*curing*) benda uji berusia 14 hari. Benda uji kubus diuji menggunakan alat uji *Compression Testing Machine* (CTM) yang mengacu SNI-03-0691-1996. Sedangkan uji permeabilitas dilakukan sesuai Gambar 3. Pengujian permeabilitas dilakukan dengan mencatat waktu setelah penutup bejana dilepas sehingga air dapat lolos melalui *paving* berpori. Perhitungan waktu dimulai saat ketinggian air mencapai ketinggian H_0 hingga air mencapai ketinggian H_1 . Waktu dan ketinggian dicatat dan nilai permeabilitas dapat dihitung sesuai persamaan (1).

$$K = \frac{H_0 - H_1}{t} \tag{1}$$

Nilai koefisien permeabilitas (K) dalam satuan cm/detik merupakan hasil bagi antara selisih ketinggian awal (H_0) dan ketinggian akhir (H_1) permukaan air pada bejana (satuan cm) terhadap waktu yang ditempuh (satuan detik). ACI 522R-10 memberikan batasan nilai permeabilitas beton berpori yaitu berkisar antara 0,21-1,4 cm/detik.

Hasil dan Pembahasan

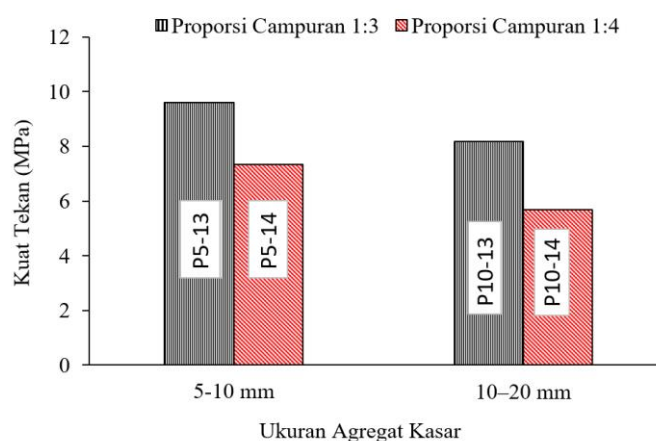
Pengujian kuat tekan dilakukan pada semua 40 buah benda uji dengan 5 buah benda uji pada masing-masing variasi proporsi campuran dan pengujian (lihat Tabel 1). SNI 03-0691-1996 tidak mengatur pada umur berapa hari pengujian kuat tekan dapat dilakukan, sehingga penelitian ini melakukan pengujian saat benda uji berumur 14 hari. Hasil pengujian kuat tekan pada umur 14 hari dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 4.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa benda uji P5-13 memberikan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan P10-13. Hal ini karena ukuran agregat yang besar sangat berpengaruh terhadap kerapatan *paving* yang menyebabkan pori-pori semakin besar. Hasil ini diperkuat dengan uji permeabilitas pada P10-13 yang menghasilkan nilai yang lebih tinggi karena pori-pori yang dihasilkan lebih besar dibandingkan P5-13. Pengaruh penggunaan ukuran agregat ini juga terjadi pada proporsi 1:4 dimana P5-14 memberikan nilai kuat tekan

yang lebih tinggi dibandingkan benda uji P10-14. Nilai kuat tekan yg tinggi terjadi karena *paving* dengan ukuran agregat 5-10 cm memiliki pori-pori lebih kecil sehingga meningkatkan sifat mekanik *paving* tersebut. Pori yang kecil berdampak pada menurunnya laju air yang dapat diloloskan *paving* berpori sehingga penggunaan ukuran agregat kasar yang lebih besar akan menurunkan nilai permeabilitas pada proporsi campuran 1:4.

Tabel 2. Hasil pengujian kuat tekan pada umur 14 hari dan permeabilitas *paving* berpori

Kode Benda Uji	Ukuran Agregat	Proporsi Campuran	Kuat Tekan (MPa)	Permeabilitas (cm/detik)
P5-13	5-10 cm	1:3	8,17	0,72
P5-14	5-10 cm	1:4	9,61	0,88
P10-13	10-20 cm	1:3	5,67	0,69
P10-14	10-20 cm	1:4	7,33	0,81



Gambar 4. Grafik hasil pengujian kuat tekan *paving* berpori pada umur 14 hari

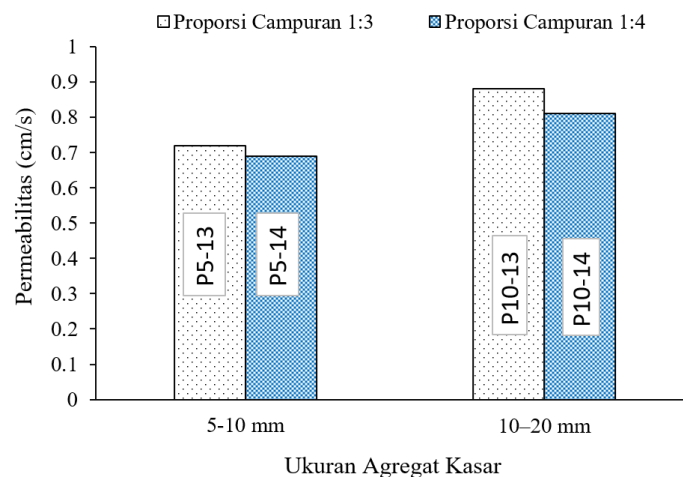
Pengaruh proporsi campuran perbandingan semen dan agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5. Penggunaan proporsi campuran 1:3 pada benda uji menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan proporsi campuran 1:4 pada kedua jenis ukuran agregat kasar. Nilai kuat tekan yang lebih tinggi disebabkan karena penggunaan semen yang lebih banyak pada proporsi 1:3 dibandingkan pada proporsi 1:4. Semen merupakan pasta pengikat antar agregat kasar yang mendukung terbentuknya pori yang cukup untuk *paving* meloloskan air. Penggunaan semen yang lebih banyak akan meningkatkan ketangguhan hubungan antar agregat kasar sekaligus meningkatkan perkerasan *paving*. Hal ini sejalan dengan penelitian Pandei dkk. (2019) dimana penggunaan semen yang lebih banyak akan meningkatkan kuat tekan. Walaupun begitu, kuat tekan rata-rata yang dihasilkan pada seluruh benda uji berkisar antara 5,67-9,61 MPa dan belum bisa mencapai nilai 10 MPa pada umur 14 hari. Nilai ini cukup rendah sehingga penggunaan *paving* berpori ini hanya bisa dipakai untuk area bebas kendaraan dan sebagai perkerasan pada area yang mengalami genangan, rekomendasi ini sesuai (Arjun Siva Rathan et al., 2021; Moretti et al., 2019).

Seluruh benda uji belum mencapai nilai kuat tekan rata-rata minimum *paving* untuk menu D. Penyebab rendahnya kuat tekan ini dimungkinkan karena proses pembuatan benda uji dilakukan secara manual tanpa mesin pres. Penggunaan mesin pres dalam pembuatan *paving* diharapkan mampu meningkatkan kuat tekan karena kepadatan menjadi lebih tinggi sekaligus hubungan antar material pengisi menjadi lebih teguh. Penelitian lanjutan *paving* berpori dengan mesin pres sangat disarankan untuk mendapatkan *paving* berpori yang sesuai dengan persyaratan minimum SNI *Paving*.

Kuat tekan yang tidak mencapai 10 MPa juga dapat disebabkan oleh proses pengadukan (lihat Gambar 1). Terlihat agregat kasar yang digunakan masih mengandung pasir yang menyebabkan hubungan pasta semen dengan agregat kasar dapat terganggu. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mencuci agregat kasar terlebih dahulu lalu dikeringkan untuk memastikan agregat kasar terlepas dari gangguan pasir maupun material halus lainnya. Penggunaan *superplasticizer* dengan merek Betonmix juga belum banyak digunakan di dalam penelitian, sehingga perlu adanya penelitian khusus yang berkaitan dengan optimasi penggunaan *superplasticizer* merek ini pada pembuatan *paving* berpori.

Pengaruh proporsi campuran terhadap nilai permeabilitas cukup mengejutkan ditunjukkan pada proporsi campuran 1:3 terhadap 1:4 pada kedua ukuran agregat. Proporsi campuran 1:3 memberikan nilai permeabilitas yang lebih tinggi dibandingkan proporsi campuran 1:4 (lihat Gambar 5). Penggunaan semen yang lebih banyak ternyata mampu meningkatkan keteguhan sistem pori di dalam *paving* berpori. Selain meningkatkan kuat tekan,

penggunaan semen yang lebih banyak justru meningkatkan permeabilitas. Seluruh benda uji pada keempat variasi menunjukkan nilai permeabilitas yang memenuhi syarat ACI 522R-10 berkisar antara 0,21-1,4 cm/detik yaitu P5-13 senilai 0,72 cm/detik, P5-14 senilai 0,69 cm/detik, P10-13 senilai 0,88 cm/detik dan P10-14 senilai 0,81 cm/detik.



Gambar 5. Grafik hasil pengujian permeabilitas *paving* berpori

Kesimpulan

Seluruh proporsi campuran pada penelitian ini belum mencapai nilai kuat tekan yang diharapkan pada umur 14 hari yaitu minimal 10 MPa, sehingga proporsi campuran ini hanya dapat dipakai pada area bebas kendaraan bermotor atau area perkerasan yang mengalami genangan. Proporsi campuran semen dan agregat kasar 1:3 memberikan nilai kuat tekan dan permeabilitas lebih tinggi dibandingkan 1:4. Ukuran agregat 5-10 cm memberikan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan 10-20 cm, namun memberikan permeabilitas lebih rendah. Proporsi campuran telah lolos spesifikasi *paving* berpori sesuai ACI 522R-10 berdasarkan nilai permeabilitasnya.

Beberapa usulan yang dapat dipertimbangkan untuk mengembangkan penelitian ini adalah, perlu dilakukan penelitian lanjut untuk *paving* berpori dengan menerapkan metode perawatan yang berbeda, yaitu umur 28 hari. Penelitian lanjutan *paving* berpori dengan mesin pres sangat disarankan untuk mendapatkan *paving* berpori yang sesuai dengan persyaratan minimum SNI *Paving*. Perlu adanya penelitian khusus yang berkaitan dengan optimasi penggunaan *superplasticizer* merek Betonmix pada pembuatan *paving* berpori. Saat pembuatan *paving* berpori disarankan untuk mencuci agregat kasar terlebih dahulu sebelum pengadukan untuk menghilangkan material halus yang dapat mengganggu hubungan pasta dengan agregat.

Daftar Pustaka

- ACI Committee 522. (2010). *Report on pervious concrete*. American Concrete Institute.
- Ainnurdin, K. (2016). Pengaruh Penggunaan Bahan Admixture Sikacim Terhadap Penguatan Kuat Tekan dan Permeabilitas Permeaconcrete *Paving Stone*. *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(3).
- Arjun Siva Rathan, R. T., V, A. S., & V, S. (2021). Mechanical and structural performance evaluation of pervious interlocking paver blocks. *Construction and Building Materials*, 292. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.123438
- Ashley, E. (2008). Using Pervious Concrete to Achieve LEED Points. *Concrete InFocus*.
- BSN. (1996). *SNI 03-0691-1996: Standar Nasional Indonesia Bata beton (Paving block)*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia.
- Deshariyanto, D., & Jasuli, D. (2019). PENGARUH PROPORSI CAMPURAN BETON NON PASIR BERBENTUK *PAVING BLOCK* MENGGUNAKAN AGREGAT LOKAL KABUPATEN SUMENEP TERHADAP SPESIFIKASI DAN BIAYA. *Jurnal Ilmiah MITSU (Media Informasi Teknik Sipil Universitas Wiraraja)*, 7(2).
- Moretti, L., Di Mascio, P., & Fusco, C. (2019). Porous concrete for pedestrian pavements. In *Water (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 10). MDPI AG. doi: 10.3390/w11102105

- Obla, K. (2015). Pervious Concrete for Sustainable Development. In G. Sabris (Ed.), *Green Building with Concrete* (pp. 54–107). CRC Press. doi: 10.1201/b18613-8
- Pandei, R. W., Supit, S. W. M., Rangan, J., & Karwur, A. (2019). STUDI EKSPERIMEN PENGARUH PEMANFAATAN *SUPERPLASTICIZER* TERHADAP KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS BETON BERPORI (PERVIOUS CONCRETE). *Jurnal Poli Teknologi*, 18(1).
- Prabowo, D. A., Setyawan, A., & Sambowo, K. A. (2013). DESAIN BETON BERPORI UNTUK PERKERASAN JALAN YANG RAMAH LINGKUNGAN. *MATRIKS TEKNIK SIPIL*.
- PUPR. (2020). *Rencana Strategis Tahun 2020-2024*. Jakarta.
- Wardhono, A. (2016). PEMANFAATAN *PAVING STONE* BETON BERPORI DENGAN BAHAN TAMBAHAN SIKACIM UNTUK MENANGGULANGI PERMASALAHAN BANJIR. In *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan IV*.