

VARIASI PENAMBAHAN SIKACIM PADA BETON POROUS

Gusneli Yanti¹⁾, Zainuri¹⁾, dan Shanti Wahyuni Megasari¹⁾

1) Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning, Pekanbaru, Riau

gusneli@unilak.ac.id

ABSTRACT

Pervious concrete is environmentally friendly concrete because it has interconnected cavities that produce a permeable material, allowing it to drain water quickly and reduce runoff so that it is possible to drain water quickly and reduce runoff. This concrete can be applied to parking areas, sidewalks for pedestrians, and others. The purpose of this study was to determine the characteristics of the concrete by observing its compressive strength and porosity. The method used is the experiment with a sample of cylindrical specimens measuring 150 x 300 mm. This study uses coarse aggregate, cement, water, and the percentage variation of the addition of SikaCim Concrete Additive admixture by 0% (control); 0.3%; 0.5%; 0.7% by weight of cement. The water-cement ratio used was 0.25 and 0.30 and the ratio of cement and coarse aggregate was 1:3 and 1:5. The results showed that the compressive strength value of pervious concrete increased along with the smaller the value of the cement and coarse aggregate ratio. The pervious concrete with a water-cement ratio of 0.25 is higher than that of 0.30. There is a relationship between porosity and compressive strength. Compressive strength generally increases with decreasing porosity. The highest average value of compressive strength with variations in the addition of SikaCim of 0.5% and a ratio cement and coarse aggregate of 1:3 and a water-cement ratio of 0.3, with an average compressive strength value of 18.08 MPa, and included in category B which is used for parking areas.

Keywords: admixture SikaCim, pervious concrete, water-cement ratio, compressive strength, porosity

ABSTRAK

Beton porous merupakan beton ramah lingkungan karena mempunyai rongga saling terhubung yang menghasilkan bahan yang permeabel, sehingga memungkinkan dapat mengalirkan air secara cepat dan dapat mengurangi limpasan. Beton ini dapat diaplikasikan untuk area parkir, trotoar untuk pejalan kaki dan sebagainya. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik beton dengan pengamatan terhadap kuat tekan dan porositasnya. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan sampel uji berbentuk silinder ukuran 150 x 300 mm. Pada penelitian ini menggunakan agregat kasar, semen, air serta variasi penambahan admixture SikaCim concrete additive sebesar 0% (kontrol); 0.3 % ; 0.5%; 0.7% terhadap berat semen. Fas yang dipergunakan sebesar 0.25 dan 0.30 serta perbandingan semen dan agregat kasar 1:3 dan 1:5. Hasil penelitian menunjukkan nilai kekuatan tekan beton porous mengalami kenaikan seiring dengan semakin kecil nilai rasio semen agregat. Nilai porositas beton porous dengan fas 0.25 lebih tinggi dari fas 0.30 Terdapat hubungan antara porositas dan kuat tekan, kekuatan tekan umumnya meningkat seiring dengan penurunan porositas. Nilai rata-rata kuat tekan tertinggi dengan variasi penambahan SikaCim sebesar 0.5% dan perbandingan semen agregat kasar 1:3 serta faktor air semen 0.3, dengan nilai kuat tekan sebesar 18.08 MPa, termasuk dalam kategori B yang digunakan untuk pelataran parkir.

Kata kunci: bahan tambah SikaCim, beton porous, faktor air semen, kuat tekan, porositas

1 PENDAHULUAN

Peningkatan pembangunan seperti pembangunan permukiman, jalan dan bangunan lainnya yang terjadi di perkotaan mempunyai pengaruh terhadap luas daerah yang ditutupi (kedap air). Karena saat ini, sebagian besar bahan yang digunakan dalam konstruksi bangunan memiliki permeabilitas rendah (Zhong, Xu, Netto, & Wille, 2016). Sehingga akibat dari pembangunan tersebut, menyebabkan masalah pengelolaan air hujan. Karena air hujan berhenti mengalir tanah yang disebabkan oleh daerah kedap yang menahan air dan menjadi limpasan. Menanggapi hal tersebut, dilakukan beberapa penelitian yang memungkinkan aliran air melalui strukturnya tanpa mengubah mekanis propertisnya, sehingga dapat meningkatkan kualitas limpasan air hujan di lingkungan perkotaan (Welker, Barbis, & Jeffers, 2012; Anonim, 2010), dalam hal ini, beton porous merupakan salah satu solusinya.

Beton porous mempunyai struktur yang memiliki rongga. Dengan pasta semen yang cukup untuk melapisi dan mengikat agregat, akan menciptakan rongga yang sangat permeabel, memiliki porositas tinggi, memberikan kapasitas drainase yang besar sehingga memiliki kemampuan untuk mengurangi aliran air hujan di permukaan

dan saling berhubungan yang memungkinkan air mengalir dengan cepat (Teraiya, Doshi, Viradiya, Yagnik, & Joshi, 2015; Barnhouse & Srubar, 2016). Porositas khas beton porous berkisar antara 15 sampai 30% , dan adanya sistem pori-pori besar yang saling berhubungan memungkinkan air mengalir dengan mudah melalui beton porous (Anonim, 2010).

Beton porous mempunyai nilai karakteristik terhadap kekuatan tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton konvensional (Harber, 2005). Dalam penelitian (Ginting, 2015) faktor air semen dan rasio perbandingan semen dengan agregat mempengaruhi kekuatan untuk beton porous. Bahan tambah *Admixture superplasticizer* bila digunakan dengan komposisi yang tepat dapat memperbaiki karakteristik kuat tekan beton porous dan permeabilitasnya (Pandei, Supit, Rangan, & Karwur, 2019).

Pada penelitian ini bertujuan untuk mempelajari mengenai karakteristik beton porous tanpa agregat halus menggunakan variasi penambahan bahan tambah admixture *SikaCim concrete additive* melalui pengamatan kekuatan terhadap tekan dan porositas. Beberapa penelitian tentang bahan tambah admixture diantaranya Yanti, Zainuri, & Megasari (2018), Yanti, Megasari, & Zainuri (2020),

dan Megasari, Yanti, & Zainuri (2020) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa terjadi peningkatan pada penambahan bahan tambah admixture dengan jumlah prosentase tertentu.

2 KAJIAN PUSTAKA

2.1 Beton Porous

Beton porous merupakan jenis beton yang memiliki kekhususan, karena memiliki rongga yang dapat mengalirkan air dari celah porinya, memiliki nilai porositas tinggi (Anonim, 2014a).

Beton porous dapat diaplikasikan untuk area parkir, trotoar untuk pejalan kaki, jalan setapak di taman, perumahan dan lainnya (Anonim, 2014a).

2.2 Bahan Tambahan (*Admixtures*)

SikaCim Concrete Additive merupakan bahan kimia berbentuk cairan dengan jenis *superplasticizer* yang berfungsi untuk mempercepat pengerasan pada beton, dengan pengurangan air hingga 20% bertujuan untuk mempermudah pengecoran dan meningkatkan kuat tekan beton pada umur 28 hari (Anonim, 2019).

Sikacim merupakan bahan admixture *Superplasticizer*, dalam penggunaannya bahan tambah *SikaCim*, dapat membantu menaikkan kekuatan tekan beton porous (Jamal, Widiastuti, & Anugrah, 2017).

3 METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium. Lokasi penelitian berada di Laboratorium Batching Plant Riau Mas Bersaudara. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen.

3.1 Rancangan Sampel

Perancangan beton menggunakan metode American Concrete Institute (ACI). Sampel atau benda uji menggunakan cetakan berupa silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm.

Material benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah *Ordinary Portland Cement*, batu olahan crusher berupa split yang telah dicuci, dari Batu Besurat, air, serta bahan tambah (*admixture*) *Sikacim Concrete Additive* produksi PT. Sika Indonesia.

Berat agregat kasar untuk 1 m³ beton porous yaitu sebesar 1466 kg, perbandingan semen dan agregat kasar 1:3 dan 1:5 faktor air semen 0.25 dan 0.30, dengan variasi penambahan admixture Sikacim sebesar 0% (kontrol), 0.3 %, 0.5 % dan 0.7 % terhadap berat semen. Pengadukan bahan/material dilaksanakan secara bertahap, agregat dengan 50% air ditambah semen diaduk, kemudian tambahkan *admixture SikaCim* dan sisa air. Kemudian diaduk kembali.

3.2 Pengujian Sampel

Sampel atau benda uji yang dipergunakan pada penelitian ini sebanyak sebanyak 48 sampel uji untuk setiap perlakuan dibuat 3 sampel uji, kemudian dirawat dengan perendaman dan dikeringkan, pada umur 28 hari dilakukan pengujian sampel uji. Sampel atau benda uji ditekan sampai hancur dengan alat uji tekan, kecepatan beban tekan konstan dari mulai pembebanan sampai sampel atau benda uji hancur. Kuat tekan dihitung berdasarkan SNI 1974:2011 dengan rumus (Anonim, 2011):

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Beban tekan disimbolkan dengan P dalam Newton, dan A adalah luas bidang tekan dalam mm². Menurut ACI Committee 522 R (2010) beton *porous* memiliki nilai kekuatan terhadap tekan berkisar antara 2.8 – 28 MPa.

Tujuan dari pengujian porositas adalah agar dapat diketahui berapa besar presentase pori-pori beton terhadap volume beton padat. Pengujian dan perhitungan nilai porositas beton porous dengan ketentuan Anonim (2013), dimana porositas dalam persentase (%):

$$\text{Porositas} = \frac{(B-C)}{(B-A)} \dots\dots\dots (2)$$

Berat sampel dalam gram, berat sampel uji dalam air disimbolkan dengan A,

berat sampel uji dalam kondisi SSD dan C adalah berat sampel uji kering oven.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan agregat kasar diperoleh nilai BJ kering = 2.592, nilai BJ SSD = 2.614, nilai BJ semu = 2.686, hasil pengujian berdasarkan persyaratan SNI 1969-2008 (Anonim, 2008a) memenuhi syarat, karena berat jenis minimal 2.5. Sedangkan untuk nilai penyerapan diperoleh 1.65%, hasil pengujian memenuhi persyaratan SNI 1969-2008 (Anonim, 2008a) yaitu penyerapan maksimal 3%. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan nilai kadar lumpur agregat kasar. Lumpur yang terdapat dalam agregat kasar berasal dari tanah ikutan yang menempel pada agregat saat penambangan dan abu batu akibat gesekan batu yang pecah dengan menggunakan mesin stone crusher untuk dijadikan split. Berdasarkan pemeriksaan bahan lolos saringan No.200 diperoleh nilai kadar lumpur sebesar 0.82%, hasil pengujian memenuhi syarat (SNI 2461:2014 (Anonim, 2014b) yaitu nilai kadar lumpur maksimum 1%.

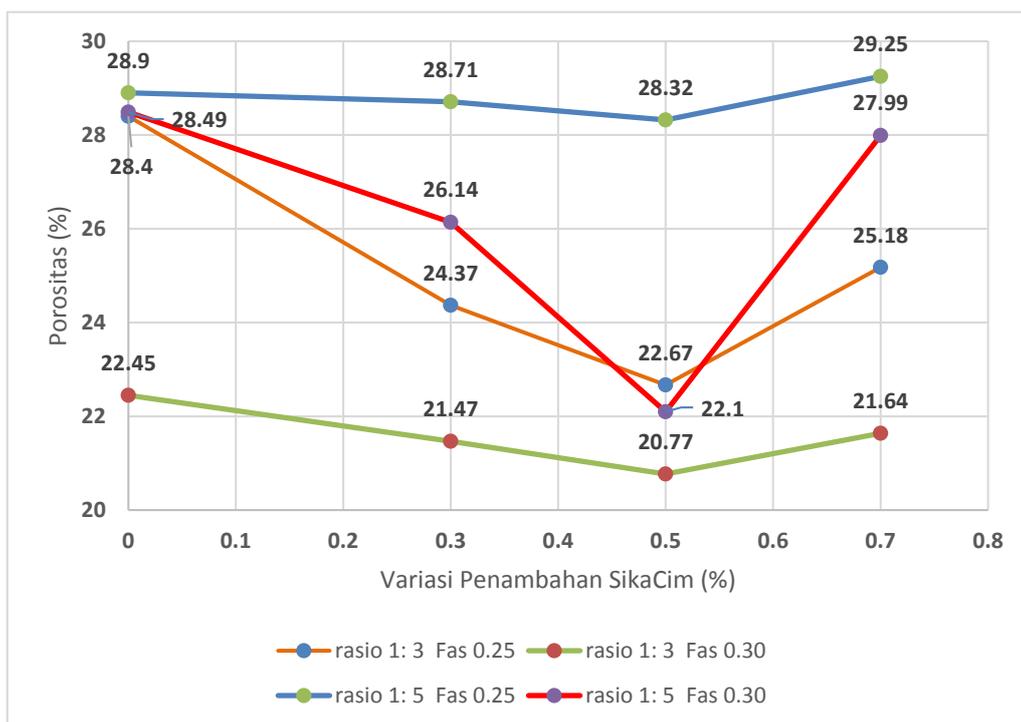
Pengujian dilanjutkan dengan pengujian keausan agregat kasar dengan mesin Los Angeles. Hasil pengujian menggunakan langkah type C dengan bola-bola sebanyak 8 buah, maka diperoleh nilai

keausan abrasi 22.78%. Hasil pengujian keausan memenuhi persyaratan (SNI 2417:2008 (Anonim, 2008b) maksimum 50%. Penelitian yang dilaksanakan oleh (Yanti, Zainuri, & Megasari, 2019) juga menggunakan agregat dari Batu besurat dan mendapatkan hasil pengujian pendahuluan pada agregat kasar, yaitu memenuhi persyaratan.

4.1 Porositas

Pada gambar 1 terlihat nilai porositas tertinggi sebesar 28.4% untuk

perbandingan semen dan agregat kasar 1:3 dan fas 0.25 dengan variasi penambahan *admixture SikaCim* sebesar 0% sedangkan nilai porositas terendah sebesar 20.77% pada faktor air semen 0.3 dengan variasi penambahan *SikaCim* sebesar 0.5%. Sedangkan untuk rasio perbandingan semen agregat 1:5 Porositas beton porous tertinggi dengan nilai sebesar 29.25 % dengan fas 0.25 dan variasi penambahan *SikaCim* 0.7% dan nilai porositas terendah sebesar 22.1% pada fas 0.3 dengan variasi penambahan *SikaCim* 0.5%.



Gambar 1. Porositas dan Variasi Penambahan SikaCim

Nilai porositas untuk rasio perbandingan semen agregat 1:3 dan 1:5 serta faktor air semen 0.25 dan 0.3 dengan variasi penambahan admixture *SikaCim*

0%, 0.3%, 0.5% dan 0.7% diperoleh nilai tertinggi pada rasio perbandingan semen agregat 1:5 dan fas 0.25 serta variasi penambahan *SikaCim* 0.7 % sebesar

29.25% dan nilai porositas beton porous untuk nilai terendah sebesar 22.1% pada rasio perbandingan semen agregat 1:3 fas 0.3 dan variasi penambahan SikaCim 0.5%.

Terlihat trend atau kecenderungan pada hasil yang diperoleh yaitu makin besar faktor air semen maka makin besar pula nilai porositas yang diperoleh. Penelitian yang dilakukan oleh (Sultan, Imran, & Litolily, 2018) terhadap beton normal juga menyatakan kecenderungan nilai porositas dan fas yang hampir sama.

Penambahan bahan tambah SikaCim pada campuran beton porous dapat menurunkan porositas. Hal ini terlihat dengan terjadinya penurunan nilai porositas pada variasi penambahan 0.3% dan 0.5%. Tren ini berlaku untuk fas 0.25 dan fas 0.3 begitu juga dengan perbandingan semen agregat 1:3 dan 1:5, sedangkan untuk variasi penambahan SikaCim 0.7% terjadi kenaikan nilai porositas pada rasio semen agregat 1:5 dengan fas 0.25, namun untuk fas 0.3 nilai porositas nya lebih rendah dari pada porositas tanpa menggunakan bahan tambah SikaCim. Untuk variasi penambahan SikaCim 0.7% perbandingan semen agregat 1:3 serta fas 0.25 dan 0.3 nilai porositasnya lebih rendah dari nilai porositas tanpa penambahan SikaCim.

Porositas beton porous dengan faktor air semen (fas) 0.25 lebih tinggi dari fas

0.30. Kondisi ini juga terjadi pada rasio semen agregat 1:3 dan 1:5, dimana terjadi peningkatan porositas seiring dengan meningkatnya rasio semen agregat. Porositas yang terjadi pada rasio semen agregat 1:5 lebih besar dari pada rasio semen agregat 1:3. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Ginting, Adi, & Costa, 2014) tentang porositas beton porous, diperoleh rasio perbandingan semen agregat 1:5 lebih kecil nilai porositasnya dibandingkan dengan rasio semen agregat 1:6.

Nilai rasio perbandingan semen agregat semakin kecil maka nilai porositasnya akan semakin besar, begitu juga sebaliknya, bila rasio perbandingan semen agregat semakin besar maka nilai porositasnya akan semakin kecil. Kecenderungan ini terjadi disebabkan pengaruh semennya. Semakin banyak jumlah agregatnya maka jumlah pori-pori yang diisi oleh pasta semen untuk mengikat agregat semakin sedikit dan kecil kemungkinan pasta semen akan mengalir kebagian bawah, hal ini menjadi salah satu sebab nilai porositas beton porous yang menjadi lebih besar.

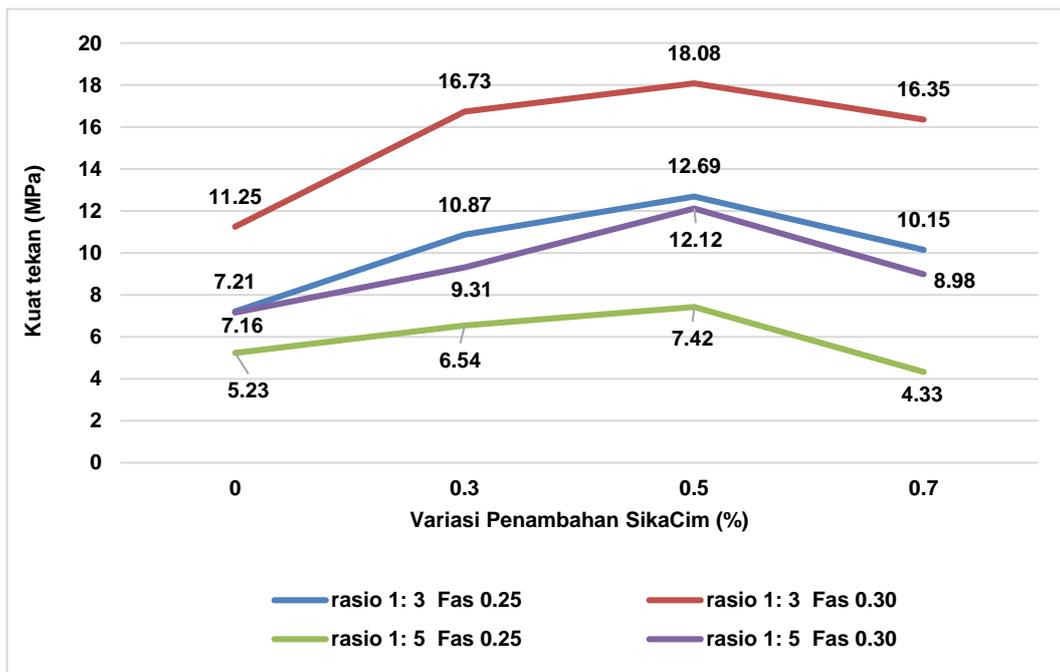
Pada penelitian ini nilai porositas beton porous berkisar antara 20.77% sampai dengan 29.25%, nilai porositas pada penelitian memenuhi persyaratan beton

porous berdasarkan ACI Committee 522 R-10 yaitu 15% - 30 % (Anonim, 2010).

4.2 Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton porous ini dilakukan pada umur 28 hari. Hubungan

kuat tekan beton porous dengan variasi penambahan SikaCim 0%, 0.3%, 0.5%, 0.7%, pada perbandingan semen agregat 1:3 dan 1:5 serta faktor air semen 0.25 dan 0.30 seperti Gambar 2.



Gambar 2. Kuat Tekan dan Variasi Penambahan SikaCim

Rasio semen agregat 1:3 memperoleh nilai kuat tekan tertinggi sebesar 18.08 MPa pada fas 0.3 dengan variasi penambahan SikaCim sebesar 0.5%, sedangkan nilai kuat tekan terendah sebesar 7.21 MPa pada fas 0.25 dengan variasi penambahan SikaCim 0%. Untuk Rasio semen agregat 1:5, kuat tekan tertinggi pada fas 0.3 dan variasi penambahan SikaCim sebesar 0.5% dengan nilai 12.12 MPa, dan nilai kuat tekan terendah sebesar 4.33 MPa pada fas

0.25 serta variasi penambahan SikaCim 0.7%.

Terjadi peningkatan kuat tekan beton porous dengan penambahan bahan tambah *admixture SikaCim* mulai dari 0.3%, 0.5% dan 0.7%. Nilai kuat tekan tertinggi pada variasi penambahan *admixture SikaCim* 0.5% dengan rasio semen agregat 1:3 dan fas 0.3 sebesar 18.08 MPa, dengan kuat tekan terendah pada fas 0.25 rasio perbandingan semen agregat 1:5 dengan nilai sebesar 4.33 MPa.

Pada penelitian ini terlihat tidak hanya penambahan bahan tambah SikaCim yang mempengaruhi kuat tekan beton namun rasio perbandingan semen agregat juga mempengaruhi kuat tekan beton begitu juga dengan fas, semakin besar fas maka semakin besar kuat tekannya.

Peningkatan kuat tekan beton porous terus terjadi pada penambahan *admixture SikaCim* mulai dari 0.3% dan 0.5 % dari kontrol 0%, dan terjadi kecenderungan penurunan kuat tekan pada penambahan 0.7%, baik itu dengan fas 0.25 dan fas 0.3.

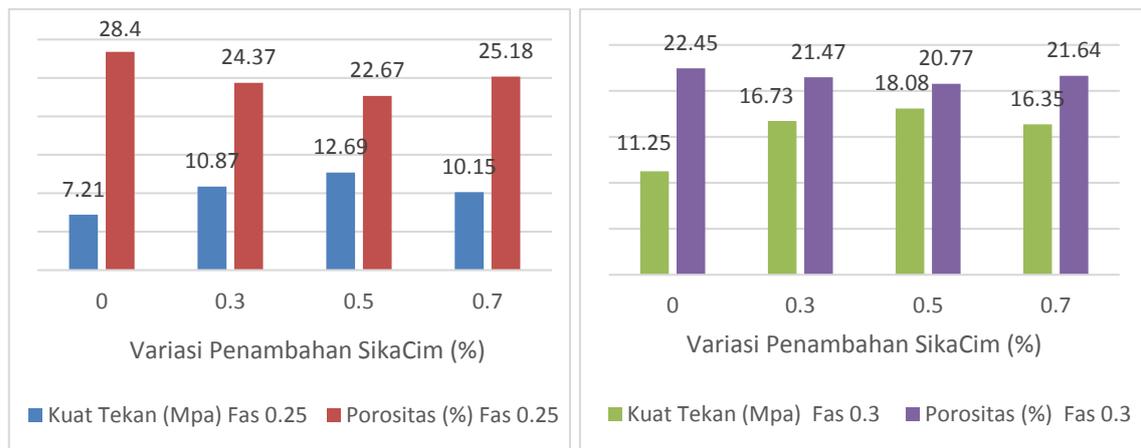
Penelitian yang dilakukan (Novrianti & Respati, 2014) untuk beton normal menyatakan bahwa penggunaan bahan tambah SikaCim dapat meningkatkan kuat tekan beton dan menyarankan agar penggunaan bahan tambah SikaCim efektif pada 0.5% sampai dengan 1% dari berat semen, dan peneliti lainnya (Jamal et al., 2017) juga melakukan penelitian dengan bahan tambah SikaCim untuk beton normal menyimpulkan penambahan Sikacim 0.7% dari berat merupakan nilai optimum untuk dapat meningkatkan kuat tekan beton.

Namun pada penelitian beton porous ini diperoleh peningkatan kuat tekan tertinggi pada penambahan SikaCim 0.5%

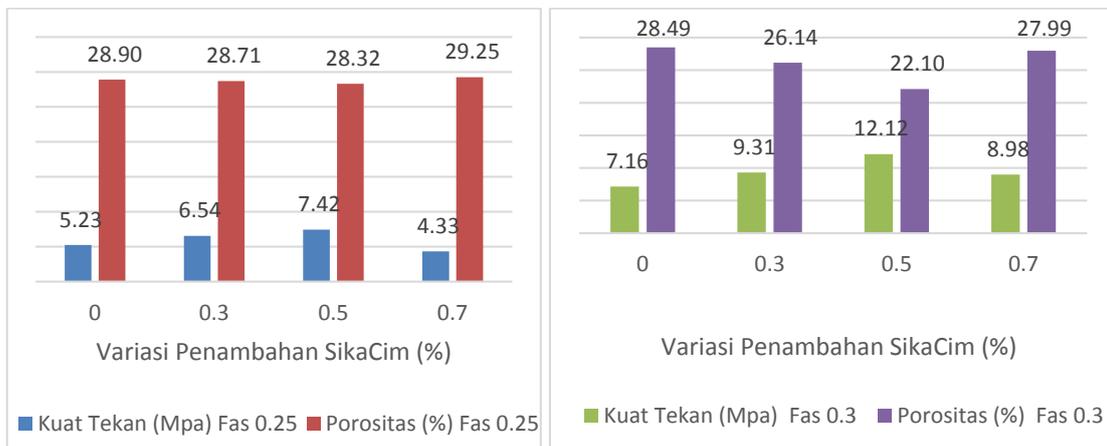
dan pada penambahan 0.7% sudah terjadi kecenderungan terhadap penurunan nilai kekuatan tekan. Dengan penggunaan bahan tambah *admixture SikaCim* dengan variasi 0.5%, hal ini mengindikasikan terjadi peningkatan terhadap ikatan antar agregat dan pasta semen yang dapat mempengaruhi peningkatan ketahanan beton berpori terhadap kekuatan tekannya.

Pada penelitian ini nilai kekuatan tekan yang diperoleh antara 4.33 MPa – 18.08 MPa, Nilai kuat tekan untuk beton porous masuk dalam persyaratan (Anonim, 2010) yaitu 2.8 MPa sampai dengan 28 MPa. Berdasarkan standar mutu *paving blok* SNI 03-0691-1996 (Anonim, 1996) nilai kuat tekan beton poros tertinggi sebesar 18.08 MPa masuk dalam kriteria kuat tekan minimum kategori Mutu B yang bisa dipergunakan untuk pelataran parkir.

Pada Gambar 3 dan 4 terlihat hubungan kuat tekan dan porositas beton porous. Semakin besar nilai persentase porositas, maka semakin kecil kekuatan terhadap tekannya, sebaliknya semakin tinggi kuat tekan beton porous maka semakin rendah nilai porositas beton porous.



Gambar 3. Hubungan Kuat Tekan dan Porositas dengan Variasi Penambahan SikaCim dengan Rasio Semen Agregat 1:3



Gambar 4. Hubungan Kuat Tekan dan Porositas dengan Variasi Penambahan SikaCim dengan Rasio Semen Agregat 1:5

Penurunan kuat tekan beton disebabkan bahan tambah *admixture SikaCim* sudah berkurang dalam meningkatkan ketebalan pasta semen sehingga kepadatan beton berkurang kemudian porositas makin bertambah menyebabkan kekuatan menjadi berkurang.

Disarankan untuk mencari nilai optimum penggunaan SikaCim pada 0.5% sampai 0.7%.

5 SIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan dengan variasi penambahan SikaCim sebesar 0.5% dan perbandingan semen agregat kasar 1:3 serta fas 0.3, dengan nilai kuat tekan sebesar 18.08 MPa termasuk dalam kategori B yang digunakan untuk pelataran parkir, dan terdapat hubungan antara porositas dan kuat tekan, semakin tinggi kuat tekan maka porositas nya akan semakin kecil.

6 DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1996). *SNI 03-0691-1996 tentang persyaratan mutu bata beton (paving block)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (2008a). SNI 1969-2008 tentang cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. In *Standar Nasional Indonesia*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (2008b). *SNI 2417 : 2008 tentang cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (2010). *Report on Pervious Concrete* (American Concrete Institute Committee 522, Ed.). U.S.A: American Concrete Institute.
- Anonim. (2011). *SNI 1974 : 2011 tentang Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (2013). Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete. In Annual Book of ASTM Standards (Ed.), *Annual Book of ASTM Standards*. Annual Book of ASTM Standards.
- Anonim. (2014a). CIP-38 Pervious Concrete.
- Anonim. (2014b). *SNI 2461 : 2014 tentang spesifikasi agregat ringan untuk beton struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim. (2019). SikaCim Concrete Additive. In *PT. Sika Indonesia*.
- Barnhouse, P. W., & Srubar, W. V. (2016). Material characterization and hydraulic conductivity modeling of macroporous recycled-aggregate pervious concrete. *Construction and Building Materials*, 110(May), 89–97.
- Ginting, A. (2015). Kuat Tekan Dan Porositas Beton Porous Dengan Bahan Pengisi Styrofoam. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 76–98.
- Ginting, A., Adi, P., & Costa, D. O. M. (2014). Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous. *Jurnal Teknik*, 4(2), 84–91.
- Harber, P. J. (2005). *Applicability of No-Fines Concrete as a Road Pavement A dissertation submitted by*.
- Jamal, M., Widiastuti, M., & Anugrah, A. T. (2017). Pengaruh Penggunaan Sikacim Concrete Additive Terhadap Bengalon Dan Agregat Halus Pasir Mahakam. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi IV*, (November), 28–36.
- Megasari, S. W., Yanti, G., & Zainuri. (2020). Hubungan Karakteristik Beton Porous dengan Variasi Komposisi Agregat Kasar. *Prosiding Seminar Nasional Pakar*, 1–17.
- Novrianti, & Respati, R. (2014). Pengaruh Aditif Sikacim Terhadap Campuran Beton K 350 Ditinjau Dari Kuat Tekan Beton. *Media Teknik Sipil*, 2(2), 64–69.
- 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). *POLITEKNOLOGI*, 18(1), 45–52.
- Sultan, M. A., Imran, & Litololy, F. (2018). Korelasi Porositas Beton Terhadap Kuat Tekan Rata-Rata. *Teknologi Sipil*, 2(2), 57–63.
- Teraiya, D., Doshi, U., Viradiya, P., Yagnik, A., & Joshi, T. (2015). To Develop Method To Find Out Permeability and Void Ratio for

- Pervious Concrete. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 04(13), 177–182. <https://doi.org/10.15623/ijret.2015.0425026>
- Welker, A. L., Barbis, J. D., & Jeffers, P. A. (2012). A Side-By-Side Comparison of Pervious Concrete And Porous Asphalt. *Journal Of The American Water Resources Association*, 48(4), 809–819. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2012.00654.x>
- Yanti, G., Megasari, S. W., & Zainuri. (2020). Variation Analysis Addition of Admixture Consol N10 MB to Concrete Compressive Strength. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 012031.
- Yanti, G., Zainuri, & Megasari, S. W. (2019). Peningkatan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton Dengan Variasi Penambahan Serat Daun Nanas. *TEKNIK*, 40(1), 71–76. <https://doi.org/10.14710/teknik.v40n1.23390>
- Yanti, G., Zainuri, Z., & Megasari, S. W. (2018). Analisa Perbandingan Penambahan Variasi Consol Terhadap Kuat Tekan Beton. *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), 59–66. <https://doi.org/10.31849/siklus.v4i1.1155>
- Zhong, R., Xu, M., Netto, R. V., & Wille, K. (2016). Influence of pore tortuosity on hydraulic conductivity of pervious concrete: Characterization and modeling. *Construction and Building Materials*, 125, 1158–1168.