

## PENGARUH UKURAN AGREGAT TERHADAP KUAT TEKAN DAN PERMEABILITAS BETON BERPORI YANG RAMAH LINGKUNGAN

Denny Ardiansyah<sup>1</sup>, Sugeng Riyanto<sup>2</sup>, Sugiharti<sup>3</sup>

Mahasiswa<sup>1</sup>, Dosen Pembimbing 1<sup>2</sup>, Dosen Pembimbing 2<sup>3</sup>

Email: [ardiansyahdemy10@gmail.com](mailto:ardiansyahdemy10@gmail.com)<sup>1</sup>, [sugeng.riyanto@polinem.ac.id](mailto:sugeng.riyanto@polinem.ac.id)<sup>2</sup>, [sugiharti@polinema.ac.id](mailto:sugiharti@polinema.ac.id)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Seiring dengan berkembangnya teknologi beton sekarang ini, maka perlu dilakukan suatu usaha untuk meningkatkan kinerja beton menjadi lebih efektif, efisien, serta ramah lingkungan sebagai bahan perkerasan yaitu dengan cara membuat inovasi struktur perkerasan beton berpori (*Porous Concrete*) yang ramah lingkungan, yang bisa memungkinkan mengalirkan air yang ada di permukaan sehingga bisa terinfiltrasi masuk ke dalam tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran agregat terhadap kuat tekan dan permeabilitas beton berpori. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan membuat benda uji beton yang sesuai dengan rencana mix design ACI 522R-10. Tiap benda uji dibuat dengan faktor air semen 0,30. Agregat kasar yang digunakan yaitu bergaradasi seragam ukuran 19,0 mm (variasi I), ukuran 12,5 mm (variasi II), dan ukuran 9,0 mm (variasi III). Dari hasil pengujian diperoleh nilai kuat tekan beton berpori rata-rata tertinggi pada umur 28 hari yaitu pada campuran Variasi III (9,5mm) sebesar 6,794 MPa, dan kuat tekan terendah pada Variasi I (19,00mm) sebesar 6,303 MPa. Pada pengujian permeabilitas beton berpori didapatkan nilai permeabilitas rata-rata tertinggi yaitu pada campuran Variasi I (19,0mm) sebesar 0,0297 m/s, dan nilai permeabilitas terendah pada Variasi III (9,5mm) sebesar 0,0121 m/s.

**Kata kunci:** beton berpori; ukuran agregat; kuat tekan; permeabilitas

### ABSTRACT

*Along with the development of current concrete technology, it's necessary to make an effort to improve the performance of concrete to be more effective, efficient, and environmentally friendly as a pavement material namely by make a innovations in environmentally friendly porous concrete pavement structures, which can allow water to flow on the surface so that it can seep into the ground. The purpose of this research determine the effect of aggregate size on the compressive strength and permeability of porous concrete. The method used in this research is experimental method by making a concrete specimens with mix design according to ACI 522R-10. Each specimen is made with a water cement ratio of 0,30. Coarse aggregate used are uniform graded size is 19,0 mm (variation I), size 12,5 mm (variation II), and size 9,5 mm (variation III). From the test results, the highest average compressive test of porous concrete at the 28 day is in the mixture of variation III (9,5mm) is 6,794 MPa, and the lowest compressive strength of variation I (19,0mm) is 6,303 MPa. In the permeability test od porous concrete, the highest average permeability value was found in the mixture of variation I (19,0mm) is 0,0297 m/s, and the lowest permeability value of variation III (9,5mm) is 0,0121 m/s.*

**Keywords:** porous concrete; aggregate size; compressive strength; permeability

### 1. PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan yang sering kita jumpai pada proyek pembangunan infrastruktur terutama pada pekerjaan perkerasan. Semakin meningkatnya luas daerah yang ditutupi oleh perkerasan beton tersebut, tidak dapat dihindari bahwa akan alih fungsi lahan yang mulanya

berfungsi sebagai resapan air akan berubah menjadi konstruksi perkerasan.

Oleh karena itu seiring dengan berkembangnya teknologi beton sekarang ini, maka perlu dilakukan suatu usaha untuk meningkatkan kinerja beton menjadi lebih efektif, efisien, serta ramah lingkungan yaitu dengan cara membuat inovasi struktur perkerasan beton berpori (*porous concrete*) yang

ramah lingkungan, yang bisa memungkinkan mengalirkan air yang ada di permukaan sehingga bisa terinfiltrasi masuk kedalam tanah. Agregat merupakan komponen beton berpori yang berperan dalam menentukan besarnya pori yang dihasilkan.

## 2. METODE

### Data Penelitian

Data bahan yang menjadi objek penelitian kali ini adalah agregat kasar atau batu pecah, dan bahan lain yang digunakan adalah semen portland dan air.

Agregat kasar pada penelitian ini menggunakan batu pecah (*split*) yang berasal dari aliran sungai di daerah Kediri. Yang di proses melalui alat *stone crusher* yang berasal dari PT. Sumber Karya. Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian menggunakan 3 macam variasi ukuran agregat seragam, Variasi I dengan ukuran agregat 19,0 mm, Variasi II dengan ukuran agregat 12,5 mm, Variasi III dengan ukuran agregat 9,5 mm.

### Agregat Kasar

Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya. Agregat berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran beton, agregat mengisi sekitar 60 – 75% dari volume beton. Oleh karena itu sifat karakteristik yang digunakan dalam pencampuran sangat berpengaruh pada sifat-sifat karakteristik beton yang dihasilkan.

Gradasi atau susunan butir adalah distribusi dari variasi ukuran butir agregat. Gradasi berpengaruh dalam besarnya rongga yang terdapat pada campuran beton dan workabilitas. Distribusi atau gradasi beton dibedakan menjadi 3 macam, yaitu gradasi seragam (*uniform grade*), gradasi menerus (*continuous grade*), dan gradasi sela (*gap grade*).



Gambar 1 Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian

### Proporsi Campuran Beton Berpori

Komposisi campuran beton berpori pada penelitian ini mengacu pada metode ACI 522R-10. Berdasarkan ACI

522R-10 *mix design* untuk beton berpori dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1 Proporsi campuran beton berpori

| Material                          | Proporsi Campuran (Kg/m <sup>3</sup> ) |
|-----------------------------------|--|
| Semen                             | 270 – 415                              |
| Agregat                           | 1190 – 1480                            |
| Rasio air : semen ( <i>w/cm</i> ) | 0,27 – 0,34                            |
| Rasio agregat : semen             | 4 – 4,5 : 1                            |
| Rasio pasir : agregat             | 0 – 1 : 1                              |

Sumber: ACI 522R-10

### Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menahan gaya tekan dengan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah stuktur bangunan. Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat beton lainnya. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin besar pula mutu beton yang perlu dihasilkan.

Untuk standar pengujian kuat tekan digunakan standar SNI 1974:2011 dengan berdasarkan rumus:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dengan:

$f'c$  = Kuat tekan beton (n/mm<sup>2</sup>)

P = gaya tekan aksial (N)

A = luas penampang melintang benda uji (mm<sup>2</sup>)



Gambar 2 Alat uji kuat tekan

### Permeabilitas

Permeabilitas beton adalah kemudahan beton untuk dapat mengalirkan air. Menurut ACI 552R-10 (2010), menyatakan bahwa nilai permeabilitas pada betom porous berkisar antara 192 – 1724 in/hr (0,14 – 1,22 cm/s). untuk mengetahui nilai permeabilitas dari beton berpori, dilakukan pengujian dengan menggunakan prinsip *falling head permeability*.

Metode pengujian dilakukan berdasarkan pada ACI 522R-10 dengan berdasarkan rumus:

$$k = \frac{A}{t} \quad (2)$$

dengan:

- k = koefisien permeabilitas (m/s)
- A = koefisien luas permukaan (m)
- t = waktu (s)



Gambar 3 Hasil modifikasi alat uji Permeabilitas

**Pembuatan Benda Uji**

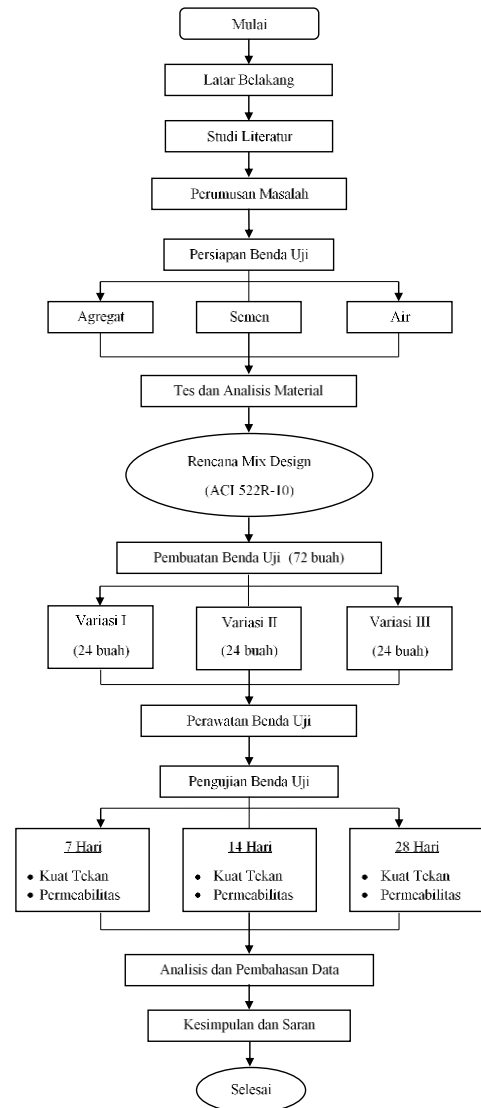
Proses pembuatan benda uji dan pengujian benda uji dilakukan di laboratorium uji bahan jurusan Teknik sipil Politeknik Negeri Malang. Ukuran benda uji dibuat dibedakan menjadi 2 ukuran, yaitu silinder ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm untuk pengujian kuat tekan, dan diameter 89 mm dan tinggi 200 mm untuk pengujian permeabilitas.

Tabel 2 Jumlah kebutuhan benda uji

| Variasi       | Umur | Jumlah Benda Uji |               |
|---------------|------|------------------|---------------|
|               |      | Kuat Tekan       | Permeabilitas |
| I             | 7    | 6                | 6             |
|               | 14   | 6                |               |
|               | 28   | 6                |               |
| II            | 7    | 6                | 6             |
|               | 14   | 6                |               |
|               | 28   | 6                |               |
| III           | 7    | 6                | 6             |
|               | 14   | 6                |               |
|               | 28   | 6                |               |
| <b>Jumlah</b> |      | 54               | 18            |
| <b>Total</b>  |      | 72               |               |

Sumber: Data Primer

Berikut merupakan bagan alir seluruh kegiatan pada penelitian yang dilakukan.



Gambar 4 Bagan alir rencana penelitian

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Pengujian Agregat Kasar**

Pengujian material penyusun beton berpori dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari bahan penyusun beton berpori. Dalam pengujian material dilakukan di laboratorium bahan jurusan Teknik sipil Politeknik Negeri Malang. Adapun hasil pengujian material agregat kasar adalah sebagai berikut:

Tabel 3 Hasil pengujian agregat kasar

| Jenis Pengujian   | Hasil pengujian         | Standar   |
|-------------------|-------------------------|-----------|
| Berat jenis (SSD) | 2,51 gr/cm <sup>3</sup> | 2,5 – 2,7 |
| Penyerapan        | 3,79%                   | ≤ 3       |

|                   |                          |       |
|-------------------|--------------------------|-------|
| Kadar air         | 1,22%                    | 1 – 5 |
| Keausan           | 60,38%                   | ≤ 3   |
| Berat isi agregat |                          |       |
| a. ukuran 19,0 mm | 1,144 gr/dm <sup>3</sup> | -     |
| b. ukuran 12,5 mm | 1,138 gr/dm <sup>3</sup> | -     |
| c. ukuran 9,5 mm  | 1,164 gr/dm <sup>3</sup> | -     |

Sumber: Hasil pengujian

### Perencanaan Mix Design Beton Berpori

Perencanaan *mix design* beton berpori pada penelitian ini mengacu pada ACI 522R-10 Chapter 6 “*Pervious Concrete Mixture Proportioning*”. Faktor air semen (fas) yang digunakan sebesar 0,3. Hasil dari perhitungan *mix design* beton berpori adalah sebagai berikut:

Tabel 4 Komposisi *mix design* beton berpori dengan perencanaan variasi

| Variasi | Material      | Kebutuhan per m <sup>3</sup> (kg) | Kebutuhan per benda uji (kg) |               | Kebutuhan total (kg) |               |
|---------|---------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------|----------------------|---------------|
|         |               |                                   | Kuat tekan                   | Permeabilitas | Kuat tekan           | Permeabilitas |
| I       | Agregat kasar | 1200,0                            | 6,36                         | 1,51          | 114,5                | 9,1           |
|         | Semen         | 244,0                             | 1,30                         | 0,31          | 23,3                 | 1,9           |
|         | Air           | 73,0                              | 0,39                         | 0,10          | 7,0                  | 0,6           |
| II      | Agregat kasar | 1193,0                            | 6,32                         | 1,51          | 113,8                | 9,1           |
|         | Semen         | 244                               | 1,30                         | 0,31          | 23,3                 | 1,9           |
|         | Air           | 73                                | 0,39                         | 0,10          | 7,0                  | 0,6           |
| III     | Agregat kasar | 1220                              | 6,48                         | 1,55          | 116,4                | 9,4           |
|         | Semen         | 244                               | 1,30                         | 0,31          | 23,3                 | 1,9           |
|         | Air           | 73                                | 0,39                         | 0,10          | 7,0                  | 0,6           |

Sumber: Hasil perhitungan

### Pengujian Kuat Tekan

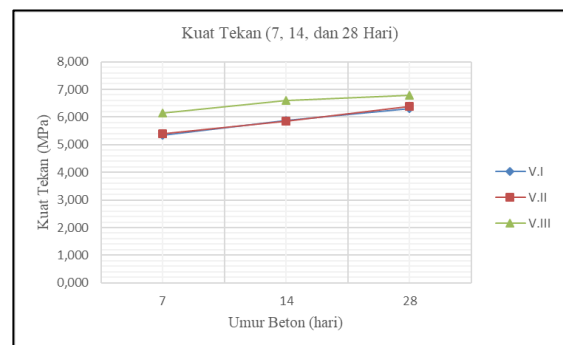
Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7, 14, dan 28 hari dengan masing-masing menggunakan 6 buah benda uji. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5 Hasil pengujian kuat tekan beton berpori

| Variasi          | Umur benda uji   |                  |                  |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                  | 7                | 14               | 28               |
| I                | 5,94             | 7,08             | 7,93             |
|                  | 5,55             | 5,94             | 6,23             |
|                  | 5,42             | 5,44             | 6,11             |
|                  | 5,27             | 5,38             | 5,94             |
|                  | 5,38             | 5,77             | 6,11             |
|                  | 4,64             | 5,66             | 5,66             |
| <b>Rata-rata</b> | <b>5,350 MPa</b> | <b>5,879 MPa</b> | <b>6,303 MPa</b> |
| II               | 5,38             | 5,55             | 5,94             |
|                  | 5,66             | 5,38             | 5,83             |
|                  | 4,93             | 5,77             | 6,17             |
|                  | 5,66             | 6,51             | 6,79             |
|                  | 5,44             | 5,38             | 8,15             |
|                  | 5,27             | 6,06             | 5,38             |
| <b>Rata-rata</b> | <b>5,388 MPa</b> | <b>5,850 MPa</b> | <b>6,379 MPa</b> |

|                  |                  |                  |                  |
|------------------|------------------|------------------|------------------|
| III              | 5,77             | 5,55             | 8,04             |
|                  | 7,36             | 5,66             | 7,64             |
|                  | 6,79             | 5,77             | 6,79             |
|                  | 6,40             | 6,79             | 6,11             |
|                  | 5,77             | 8,38             | 5,94             |
|                  | 4,81             | 6,06             | 6,23             |
| <b>Rata-rata</b> | <b>6,152 MPa</b> | <b>6,596 MPa</b> | <b>6,794 MPa</b> |

Sumber: Hasil pengujian



Gambar 5 Grafik hasil pengujian kuat tekan

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 5 hasil pengujian kuat tekan beton berpori dapat dianalisis bahwa beton berpori mengalami peningkatan kuat tekan berdasarkan umur

perawatan beton berpori. Perbedaan penggunaan ukuran agregat juga mengalami peningkatan pada setiap variasi nya. Pengaruh perbedaan ukuran agregat yaitu ukuran seragam 19,0 mm, ukuran seragam 12,5 mm, dan ukuran seragam 9,5 mm yang digunakan menyebabkan peningkatan kuat tekan beton berpori seiring dengan berkurangnya ukuran maksimal agregat yang digunakan.

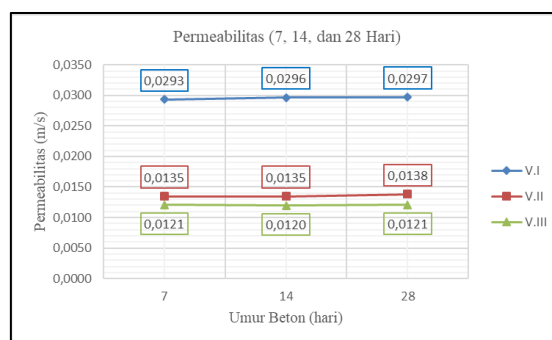
### Pengujian Permeabilitas

Selanjutnya dilakukan pengujian permeabilitas. Pengujian dilakukan pada umur benda uji 7, 14, dan 28 hari masing-masing menggunakan 6 benda uji permeabilitas. Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 89 mm dan tinggi 200 mm.

**Tabel 6** Hasil pengujian permeabilitas beton berpori

| Variasi          | Umur benda uji    |                   |                   |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                  | 7                 | 14                | 28                |
| I                | 0,0310            | 0,0282            | 0,0303            |
|                  | 0,0261            | 0,0255            | 0,0268            |
|                  | 0,0289            | 0,0329            | 0,0310            |
|                  | 0,0268            | 0,0248            | 0,0277            |
|                  | 0,0330            | 0,0343            | 0,0332            |
|                  | 0,0302            | 0,0321            | 0,0293            |
| <b>Rata-rata</b> | <b>0,0293 m/s</b> | <b>0,0296 m/s</b> | <b>0,0297 m/s</b> |
| II               | 0,0145            | 0,0143            | 0,0146            |
|                  | 0,0157            | 0,0142            | 0,0157            |
|                  | 0,0106            | 0,0103            | 0,0108            |
|                  | 0,0121            | 0,0110            | 0,0155            |
|                  | 0,0132            | 0,0153            | 0,0151            |
|                  | 0,0148            | 0,0151            | 0,0153            |
| <b>Rata-rata</b> | <b>0,0135 m/s</b> | <b>0,0135 m/s</b> | <b>0,0138 m/s</b> |
| III              | 0,0111            | 0,0111            | 0,0115            |
|                  | 0,0122            | 0,0128            | 0,0128            |
|                  | 0,0129            | 0,0132            | 0,0127            |
|                  | 0,0139            | 0,0125            | 0,0131            |
|                  | 0,0109            | 0,0112            | 0,0115            |
|                  | 0,0115            | 0,0111            | 0,0115            |
| <b>Rata-rata</b> | <b>0,0121</b>     | <b>0,0120</b>     | <b>0,0121</b>     |

Sumber: Hasil pengujian

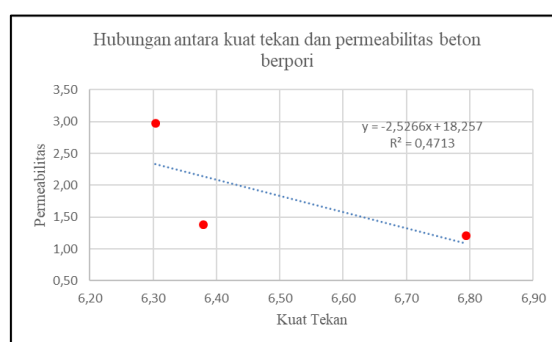


**Gambar 6** Grafik hasil pengujian permeabilitas

Berdasarkan **Tabel 6** dan **Gambar 6** hasil pengujian permeabilitas beton berpori bahwa beton berpori mengalami penurunan permeabilitas pada umur 28 hari, tidak terjadi peningkatan ataupun penurunan yang signifikan terhadap pengaruh umur perawatan beton. Pengaruh perbedaan ukuran agregat yaitu ukuran seragam 19,0 mm, ukuran seragam 12,5 mm, dan ukuran seragam 9,5 mm yang digunakan menyebabkan penurunan permeabilitas beton berpori seiring dengan berkurangnya ukuran maksimal agregat yang digunakan. Hal ini yang menyebabkan berkurangnya rongga-rongga udara yang ada pada campuran beton berpori sehingga nilai permeabilitas juga mengalami penurunan pada setiap variasi nya.

### Hubungan Kuat Tekan dan Permeabilitas

Dari hasil pengujian kuat tekan dan permeabilitas beton berpori pada umur 28 hari. Maka dibuat grafik hubungan antara kedua hasil pengujian tersebut. Berikut grafik hubungan kuat tekan dengan permeabilitas beton berpori.



**Gambar 7** Grafik hubungan antara kuat tekan dengan permeabilitas beton berpori umur 28 hari

Beton berpori dengan kuat tekan yang tinggi menunjukkan penurunan pada nilai permeabilitasnya. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 7** dari hasil analisa yang dilakukan menunjukkan garis trend linear yang terbentuk

negatif atau seiring dengan meningkatnya nilai  $x$  (kuat tekan) akan mengurangi nilai  $y$  (permeabilitas).

Semakin sedikit pori yang terbentuk pada benda uji beton berpori hal ini menyebabkan semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan. Dengan hal tersebut diketahui bahwa semakin kecil ukuran agregat yang digunakan dapat meminimalisir terbentuknya pori yang dapat mengurangi nilai kuat tekan. Selain itu semakin sedikit pori yang terbentuk pada benda uji beton berpori semakin kecil pula nilai permeabilitas yang dihasilkan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan dari hasil penelitian, diketahui bahwa ukuran agregat yang digunakan dalam campuran beton berpori dapat mempengaruhi hasil kuat tekan dan permeabilitas. Semakin banyak jumlah pori yang terbentuk atau semakin besar ukuran agregat yang digunakan akan memberikan kuat tekan yang kecil, akan tetapi dapat memberikan nilai permeabilitas yang besar. Begitu juga sebaliknya.
2. Dari hasil pengujian kuat tekan beton dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan beton berpori yang maksimum berada pada variasi III umur benda uji 28 hari (lolos ayakan 9,50 mm dan tertahan ayakan 4,75 mm) dengan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 6,794 MPa.
3. Dari hasil pengujian permeabilitas dapat disimpulkan bahwa nilai permeabilitas beton berpori yang maksimum

berada pada variasi I umur benda uji 28 hari (lolos ayakan 19,0 mm dan tertahan ayakan 12,5 mm) dengan nilai permeabilitas rata-rata sebesar 0,0297 m/s.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khonado, Monica Fransisca, Hieryco Manalip, dan Steenie E. Wallah. "Kuat Tekan dan Permeabilitas Beton Porous dengan Variasi Ukuran Agregat." *Jurnal Sipil Statik* 7.3 (2019).
- [2] Pratomo, Eko Putro, Ary Setyawan, dan Djumari. "Pengaruh gradasi terhadap porositas dan kuat tekan beton berpori." *Matriks Teknik Sipil* 4.3 (2016).
- [3] Budiantoro, Edy, Telly Rosdiyani, dan Ahmad Siful Huda. "Perencanaan Desain Campuran Beton Non-Pasir Sebagai Bahan Konstruksi Yang Dapat Meningkatkan Daya Tembus Air" *Journal of Sustainable Civil Engineering (JOSCE)* 1.02 (2019): 23-34.
- [4] ACI 522R-10. 2010. "Report On Pervious Concrete". USA: American Concrete Institute Commite 522.
- [5] Meininger, Richard C. "No-fines pervious concrete for paving." *Concrete International* 10.8 (1988): 20-27.
- [6] Mulyono, Tri. 2005. "Teknologi beton". Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [7] Riyanto, Sugeng, Puri Nurani, Qomariah. 2000. "Modul Pengujian Bahan Bangunan". Politeknik Universitas Brawijaya Malang.