

## **PENGARUH VARIASI AGREGAT KASAR PENYUSUN BETON POROUS TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON**

**Irene Vista Simanjuntak<sup>1</sup>, Sudarno P Tampubolon<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Civil and Construction Engineering, National Taiwan University of Science and Technology

*Email: M11005807@mail.ntust.edu.tw*

<sup>2</sup>Departemen Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia (UKI)

*Email: sudarno.tampubolon@uki.ac.id*

Masuk:10-06-2022, revisi: 20-06-2022, diterima untuk diterbitkan: 28-06-2022

---

### **ABSTRAK**

Penggunaan beton tradisional yang berkelanjutan telah menghasilkan lapisan kedap air yang lebih tebal, mencegah air hujan masuk ke tanah dan meningkatkan limpasan permukaan. Akibatnya, permukaan air turun selama musim hujan, dan banjir terjadi. Salah satu inovasi untuk mengantisipasi atau mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan material terbarukan seperti beton aerasi. Perkerasan beton permeabel dimaksudkan untuk mengurangi genangan air di jalan. Dengan menghilangkan agregat halus, beton berpori menjadi sederhana, beton ringan. Rongga yang saling berhubungan menghasilkan tingkat porositas yang tinggi. Beton berpori biasanya memiliki sedikit atau tidak ada agregat halus dan pasta semen yang cukup untuk melapisi permukaan agregat kasar. Karena porositas yang meningkat, kuat tekan beton yang tidak diampelas lebih rendah daripada beton normal konvensional. Beton bebas pasir memiliki kekuatan tarik dan lentur yang jauh lebih rendah daripada beton konvensional. Dalam penelitian ini digunakan dua agregat kasar dengan ukuran nominal maksimum 12,5 mm dan 6,7 mm sebagai batuan split dengan bobot masing-masing 1,123 kg/m<sup>3</sup> dan 2,63 kg/m<sup>3</sup>. Faktor air semen (FAS) 0,35 dan volume air 0,35 kg menggunakan semen Portland tipe 1 dengan kuantitas 389,6 kg/m<sup>3</sup>. Benda uji berupa silinder beton dengan diameter 80 mm dan tinggi 16 mm. Setelah mencelupkan benda uji ke dalam bak berisi air, masing-masing campuran memiliki tiga benda uji.

**Kata kunci:** Beton porous, daerah resapan air, kuat tekan, infiltrasi

### **ABSTRACT**

The continued use of traditional concrete has resulted in a thicker layer of waterproofing, preventing rainwater from entering the ground and increasing surface run off. As a result, the water table drops during the rainy season, and flooding occurs. One of the innovations to anticipate or overcome these problems is using renewable materials such as aerated concrete. Permeable concrete pavements are intended to reduce puddles on the street. By omitting fine aggregate, porous concrete is simple, lightweight concrete. The interconnected cavities result in a high level of porosity. Porous concrete usually has little to no fine aggregate and enough cement paste to coat the coarse aggregate's surface. Due to the increased porosity, the compressive strength of un-sanded concrete is lower than that of conventional normal concrete. Sand-free concrete has much lower tensile and flexural strength than conventional concrete. In this study, two coarse aggregates with nominal maximum sizes of 12.5 mm and 6.7 mm were used as split rocks with weights of 1.123 kg/m<sup>3</sup> and 2.63 kg/m<sup>3</sup>, respectively. Hence, a FAS of 0.35 and a water volume of 0.35 kg using Portland cement type 1 with a quantity of 389.6 kg/m<sup>3</sup>. The test object is a concrete cylinder with a diameter of 80 mm and a height of 16 mm. After immersing the specimen in a tub of water, each mixture has three specimens.

**Keywords:** Porous concrete, water catchment area, compressive strength, infiltration

## 1. PENDAHULUAN

Menurut ACI 522R-06, Beton berpori yang juga di kenal sebagai *pervious concrete* merupakan jenis beton yang memiliki nilai slump nol yang tersusun dari portland cement, agregat kasar, sedikit atau tidak ada agregat halus, *admixture* dan air, (Committee, 2006). Kombinasi komposisi tersebut akan menghasilkan bahan yang keras dan berpori atau rongga sehingga memungkinkan cairan mengalir dengan mudah melalui rongga-rongga beton tersebut, serta biasanya digunakan pada struktur dan kuat tekan terbatas. Beton berpori ini biasanya di gunakan pada Jalan perumahan/ parkir area dengan beban terbatas seperti lapangan olahraga, *jogging tracks* dan trotoar. Dimana mutu beton yang digunakan sampai dengan K-225, Tampubolon, S. P. (2022).

Penggunaan beton porous ini paling banyak adalah untuk lapisan perkerasan jalan dengan lalulintas rendah, lapangan parkir, tempat pejalan kaki dan taman agar air tidak lama tergenang dan dapat tetap diserap ke dalam tanah. Contoh lainnya adalah untuk sumur resapan. Karena sifatnya yang mampu melewatkan air, beton porous tidak bisa diberi tulangan (air dapat merusak tulangan). Selain itu kuat tekannya juga cenderung rendah. Oleh karena itu beton porous tidak bisa diaplikasikan pada elemen struktur yang vital. (Elizondo-Martinez et al., 2019). Keunggulan utama beton ini adalah bisa meneruskan air, bobot lebih ringan dari beton biasa, *low shrinkage*, kemampuan meredam suara dan panas lebih baik karena adanya rongga dalam beton. Sedangkan kekurangannya adalah kuat tekan yang rendah, tidak bisa diberi tulangan sehingga pemanfaatannya masih sangat terbatas, (Bukhtoiarov, 1970).

Beton porous disebut juga beton berpori yang merupakan produk *green construction* yang ramah lingkungan yang diperuntukan sebagai area resapan karena memiliki 15–20% celah. Pada saat hujan, air dapat langsung meresap ke tanah bagian bawah. Tiga fungsi utama beton porous yaitu: (1). Sebagai perkerasan beton, (2). Daerah resapan air, dan (3). Estetika. di dunia, beton *porous* memiliki konsep *charger* air tanah (*ground recharge water*) yaitu membantu ketersediaan debit air tanah sekitar perkerasan beton karena mekanisme beton *porous* membuat saluran *drainase* terpadu antara *drainase* vertikal dan *drainase* horisontal. (Azadgoleh et al., 2022) Metode *charge water* bertujuan mengembalikan fungsi air ke dalam tanah bukan untuk dialirkan ke sungai dan air laut semata. Metode *charger* air ini sangat sederhana karena mengedepankan serapan air dan genangan air mendaur ulang air curah hujan dari permukaan atas untuk dikembalikan kedalam tanah.

Beton berpori dibuat menggunakan agregat tunggal (memiliki ukuran yang sama) atau disebut juga beton non-pasir dengan ukuran 5mm sampai dengan 10mm. Beton berpori memiliki celah dalam agregatnya dan memungkinkan air untuk lulus melalui beton pori yang dihasilkan. Beton Pori adalah sebuah aplikasi konstruksi sipil yang penting untuk pembangunan berkelanjutan dalam menanggulangi salah satu dari banyaknya dampak persoalan air dan banjir. Dengan teknik pengembangan yang digunakan, aplikasi beton pori juga dapat melindungi kualitas air di dalam tanah yang kemudian menjadi sumber air yang terjamin karena sirkulasi yang baik. Porositas tinggi tercapai karena rongga yang saling berhubungan. Biasanya beton porous menggunakan sedikit atau tanpa agregat halus dan memiliki cukup pasta semen untuk melapisi permukaan agregat kasar dan untuk menjaga interkoneksi pori. Untuk mengatasi endapan di bagian dasar beton porous akibat mengalirnya pasta semen perlu bahan pengisi pori antar agregat kasar yang masih memungkinkan air untuk menembus beton, dan penggunaan faktor air semen (FAS) yang sekecil mungkin, (Narloch et al., 2021).

## 2. METODE PENELITIAN

Sebelum dilakukan pembuatan benda uji, dilakukan pengujian saringan agregat butir kasar terlebih dahulu, dimana digunakan dua agregat kasar berbeda yang memiliki ukuran maksimum dengan nominal 12,5 mm, dan 6,7 mm dan berat masing-masing agregat kasar yaitu 1.123 kg dan 2.63 kg. serta dilakukan perhitungan komposisi lainnya seperti (agregat butir halus, dan air). Mengacu pada ASTM-C39 Cetakan kuat tekan dan porositas beton porous dengan bahan pengisi variasi agregat kasar dan agregat halus. Benda uji berupa silinder dengan diameter 80 mm dan tinggi 160 mm. Cetakan diisi dengan adukan beton dalam 3 lapis, setiap lapis dipadatkan dengan 25 kali tusukan secara merata, setelah itu permukaan beton diratakan dan ditutup dengan bahan kedap air. Metode perawatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara direndam dalam bak perendam berisi air pada temperatur 25°C. Setelah specimen mengeras, maka dilakukan perawatan yaitu *water curing*, dimana perawatan dimulai pada hari kedua sampai satu hari sebelum dilakukan pengujian kekuatan beton pori dan permeabilitas beton pori tersebut. (Pacheco et al., 2019)

### 2.1. Agregat Kasar

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat menempati sekitar 70% dari volume mortar atau beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifatsifat mortar/ betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar/ beton. Agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar disebut agregat kasar, secara umum, agregat kasar sering disebut sebagai kerikil, kericak, batu pecah atau split. Dua agregat kasar berbeda yang memiliki ukuran maksimum nominal 12,5 mm, dan 6,7 mm diperoleh secara lokal dan digunakan sebagai agregat kasar dalam penelitian ini. Jumlah kedua jenis agregat ini masing-masing 1.123kg dan 2.63 kg. Gradasi agregat yang digunakan dalam beton berpori biasanya berupa agregat kasar berukuran tunggal atau gradasi antara 19mm dan 9,5mm. Agregat bulat dan pecah, baik normal maupun ringan, telah digunakan untuk membuat beton berpori. Agregat yang digunakan harus memenuhi persyaratan ASTM-D448 dan (Lee et al., 2016) (ASTM D448-03a, 2012).

### 2.2. Agregat Halus (*Portland Sement Type 1*)

Pada Penelitian ini menggunakan *Semen Portland* Tipe 1, dengan berat jenis 3,15, waktu pengikatan awal 65 menit, waktu pengikatan akhir 353 menit, konsistensi 32%, kehalusan 5%. Semen berfungsi untuk mengisi rongga diantara butiran agregat kasar yang digunakan. Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang dipakai waktu proses hidrasi berlangsung. Pada dasarnya jumlah air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya kira-kira 25 persen dari berat semennya, penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras. Kelebihan air dari yang diperlukan untuk proses diperlukan pada pembuatan beton. Pasta semen yang mengeras merupakan bagian yang porous. hasil hidrasi dapat dilihat pada konsentrasi yang padat pada seluruh ruang atau volume yang tersedia (volume yang semula ditempati oleh air dan semen) merupakan suatu nilai indeks porositas. Kuat tekan pasta semen (sangat dipengaruhi oleh besar pori-pori diantara gel-gel atau pori-pori hasil hidrasi. Kelebihan air akan mengakibatkan pasta semen berpori lebih banyak, sehingga hasilnya kurang kuat dan juga lebih *porous* (berpori).

### 2.3. Air

Kualitas air untuk beton berpori diatur oleh persyaratan yang sama seperti beton konvensional. Beton berpori harus proporsional dengan rasio air-semen yang relatif rendah

(w/c) 0,30 sampai 0,40. Dalam penelitian ini digunakan rasio air semen 0,35, dan jumlah air 0,35 kg. Karena agregat menempati sampai 75 persen dari volume betonnya maka porositas agregat memberikan iuran/kontribusi pada porositas beton secara keseluruhan. Pori-pori mungkin menjadi reservoir air bebas di dalam agregat. Persentase berat air yang mampu diserap oleh suatu agregat jika direndam dalam air disebut serapan air. Air yang ada pada suatu agregat (di lapangan) perlu diketahui untuk menghitung jumlah air yang perlu dipakai dalam campuran adukan beton dan pula untuk mengetahui berat satuan agregat. Air yang meresap berada dalam pori antar butir dan mungkin tidak tampak di permukaan, dan ini dipengaruhi oleh besar pori butiran agregatnya. Pada agregat normal kemampuan menyerap air ini sekitar 1 sampai 2 persen saja. Kemampuan menyerap air ini disebut serapan air atau daya serap suatu agregat. Adapun air yang ada di permukaan butir tampak di permukaan, dan ini dipengaruhi oleh lingkungan agregat, basah atau kering

#### 2.4. Detail Campuran Beton Porous

Pada desain campuran beton porous harus memperhatikan nilai gradasi dan kadar air yang akan digunakan. Pada Tabel 1. Di bawah ini menunjukkan nilai proporsi yang digunakan pada campuran beton yang direncanakan yaitu pada gradasi G<sub>3</sub>, hal ini dikarenakan nilai kuat tekan tertinggi yang dicapai berada pada gradasi G<sub>3</sub>, (Kant Sahdeo et al., 2020).

Tabel 1. Proporsi campuran untuk variasi gradasi dan kadar air pada beton, (Kant Sahdeo et al., 2020)

Gradation	w/c ratio	19-12,5 mm	12,5-10 mm	12,5-1,18 mm	6,7-4,75 mm	Fine (5%)	Fine (10%)	Cement kg/m <sup>3</sup>	Water kg/m <sup>3</sup>
G <sub>1</sub>	0,30	1611,5	0	0	0	0	0	402,4	121
	0,35	1574,2	0	0	0	0	0	393,1	137,8
	0,38	1590,3	0	0	0	0	0	387,4	147,5
G <sub>2</sub>	0,30	0	0	1678,8	0	0	0	419,2	125,9
	0,35	0	0	1457,4	0	0	0	364,2	127,6
	0,38	0	0	1618,6	0	0	0	404,2	153,8
G <sub>3</sub>	0,30	0	477,3	0	1113,7	0	0	396,6	191,1
	0,35	0	465,7	0	1086,7	0	0	389,6	135,8
	0,38	0	459,12	0	1071,3	0	0	382,1	145,4
G <sub>4</sub>	0,30	0	1514,8	0	0	79,7	0	398,1	119,6
	0,35	0	1480,2	0	0	78	0	389,0	136,3
	0,38	0	1460,1	0	0	76,8	0	383,0	146
G <sub>5</sub>	0,30	0	1435,1	0	0	0	159,4	398,1	119,6
	0,35	0	1402,3	0	0	0	155,8	383,0	136,3
	0,38	0	1383,3	0	0	0	153,7	383,6	146

Note: w/c = water-to-cement ratio

Pada penelitian ini tidak diperbolehkan untuk menggunakan bahan kimia tambahan seperti *silika fume* atau *polimer*, maka rasio agregat halus, agregat kasar, air dan semen memiliki peran yang paling penting. Melalui desain ini terlihat bahwa campuran hanya terdiri dari agregat kasar, air, dan semen. Rasio ini kemudian diterapkan sesuai dengan sampel, di sisi lain akan terjamin karena komposisinya hanya terbuat dari agregat kasar.

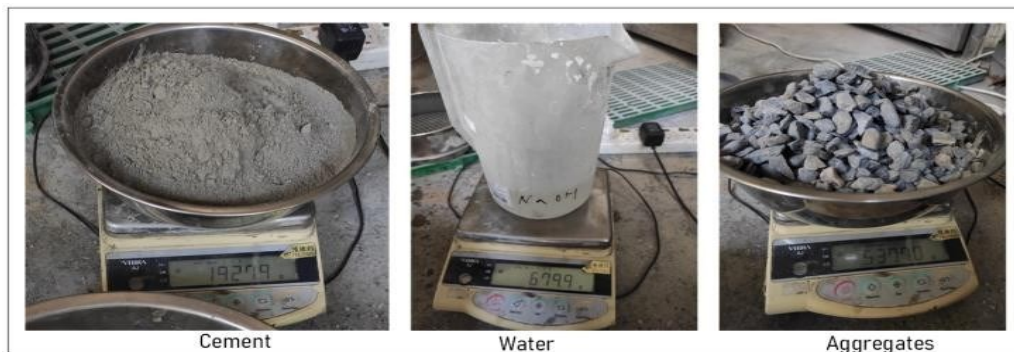
Tabel 2. Komposisi Akhir *Mix Design*

Parameter	Kondisi	Jumlah
Volume (1 sampel)		$8.04 \times 10^{-4} \text{ m}^3$
Volume (3 sampel)		$2.42 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
W agregat 10-12.5 mm	Untuk 3 sampel,	1.123 kg
W agregat 4.75-6.7 mm	Tanpa kontingensi	2.63 kg
W sement	(total bahan = 100%)	0.93 kg
W Air		0.329 kg
W agregat 10-12.5 mm	Untuk 3 sampel,	1.18 kg
W agregat 4.75-6.7 mm	Dengan kontingensi	2.76 kg
W sement	5% (total material = 105%)	0.98 kg
W Air		0.35 kg

### 3. HASIL PENELITIAN

#### 3.1. Komposisi Beton Porous

Desain komposisi beton sangatlah perlu diperhatikan pada saat pencampuran beton. Gambar 3. Di bawah ini menunjukkan 3 komposisi material beton (semen, krikil/ agregat kasar, dan air) yang akan di campur pada beton porous.



Gambar 3. Komposisi Beton Porous

Detail Perhitungan Komposisi Beton Porous:

$$d_{\text{Spesimen}} = 80 \text{ mm}, l_{\text{Spesimen}} = 160 \text{ mm}$$

Volume Setiap Sampel:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} \times h = 8,4 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Volume Tiga Sampel:

$$V = 3 \times V_i = 3 \times 8.04 \times 10^{-4} = 2.42 \times 10^{-3} (\text{m}^3)$$

Jumlah agregat 10 - 12,5 mm untuk 3 sampel:

$$W_{12.5-10} = 2.42 \times 10^{-3} \times 465.7 = 1.123(\text{kg})$$

Jumlah agregat 4,75 - 6,7 mm untuk 3 sampel:

$$W_{6.7-4.75} = 2.42 \times 10^{-3} \times 1086.7 = 2.63(\text{kg})$$

Jumlah semen untuk 3 sampel:

$W_{cement} = 2.42 \times 10^{-3} \times 389.6 = 0.93 \text{ (kg)}$   
Jumlah air untuk 3 sampel:

$W_{water} = 2.42 \times 10^{-3} \times 135.8 = 0.329 \text{ (kg)}$

Jumlah masing-masing bahan untuk melakukan 3 sampel (asumsikan bahwa 5% untuk cadangan kontingensi pemborosan):

$W_{12.5-10} = W_{12.5-10} \times 1.05 = 1.18 \text{ (kg)}$

$W_{6.7-4.75} = W_{6.7-4.75} \times 1.05 = 2.76 \text{ (kg)}$

$W_{cement} = W_{cement} \times 1.05 = 0.98 \text{ (kg)}$

$W_{water} = W_{water} \times 1.05 = 0.35 \text{ (kg)}$

### 3.2. Sampel Beton *Porous*

Agregat kasar yang dipergunakan adalah kerikil yang memiliki ukuran maksimum nominal 12,5 mm, dan 6,7 mm dengan jumlah kedua jenis agregat ini masing-masing 1.123kg dan 2.63kg. Serta Agregat halus yang dipergunakan adalah (*Semen Portland Type 1*) dengan jumlah semen 389,6 kg/m<sup>3</sup> yang memiliki rasio air semen 0,35 dan jumlah air 0,35kg. Agregat kasar menempati sebagian besar volume beton. Ini adalah suatu hal penting ketika pasta semen melapisi dan mengikat bersama-sama seperti yang ditunjukkan Gambar 4. Komposisi, bentuk, dan ukuran agregat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *workability*, *durabilitas*, kekuatan, berat, dan permeabilitas beton. Sangat mudah untuk mengatakan bahwa *filtrasi* agregat juga merupakan salah satu tahapan penting dalam prosedur.



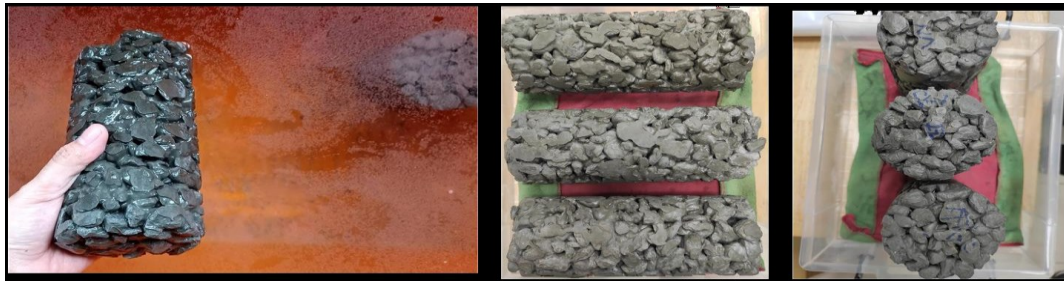
Gambar 4. Sampel Beton *Porous*

Material beton yang terdiri dari semen, air, dan agregat kasar (krikil) di siapkan jumlahnya berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan sebelumnya. Material beton yang telah disiapkan sesuai dengan proporsi desain/ analisa yang telah di hitung dicampur dengan *mixer*. Setelah dipastikan semua bahan tercampur dengan sempurna, campuran ini diberi air sedikit demi sedikit hingga mendapatkan kondisi yang sesuai. Jumlah air tambahan selalu disimpan dalam penyelidikan selama proses pelaksanaan. Faktor penting lain yang berkontribusi terhadap sifat beton *permeabel* adalah jenis dan upaya pemadatan, yang terutama mempengaruhi porositas. Tujuan pemadatan adalah pengendapan yang tepat dari agregat dan meningkatkan ikatan antar agregat. Namun, upaya pemadatan yang berlebihan dapat menyebabkan runtuhnya struktur rongga, sehingga mempengaruhi porositas.



### 3.3. Perlindungan Beton (*Water Curing Beton*)

Setelah selesai dilakukan pengecoran, spesimen akan disimpan selama satu hari pada suhu kamar. Setelah itu, akan ditempatkan ke dalam tangki air selama tahap pengawetan seperti pada Gambar 5. Air di dalam tangki akan membantu meningkatkan reaksi hidrasi di dalam spesimen, dan membuatnya lebih kuat. Spesimen akan dikeluarkan dari tangki air satu hari sebelum uji tekan dan uji permeabilitas.

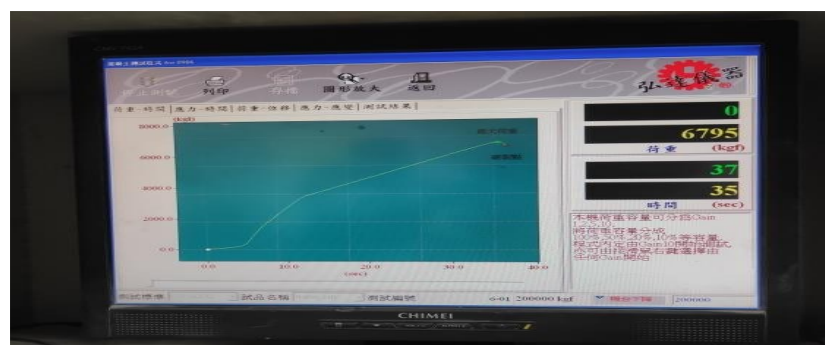


Gambar 5. *Water Curing Beton*.

Dibutuhkan uji perendaman (*water curing*) dimana untuk menjaga agar beton tetap lembab sebagai tindakan menjaga suhu beton untuk menghasilkan beton bermutu dan sesuai yang diharapkan, dan memastikan reaksi hidrasi senyawa semen termasuk bahan tambahan atau pengganti supaya dapat berlangsung secara optimal sehingga mutu beton yang diharapkan dapat tercapai, dan menjaga supaya tidak terjadi penyusutan berlebihan pada beton akibat kehilangan kelembaban. Sesuai dengan ASTM D216, untuk perendaman specimen dibutuhkan 3 hari perendaman sebelum melakukan pengujian kuat tekan beton.

### 3.4. Pengujian Kuat Tekan Beton Porous

Hasil pengujian kuat tekan cukup baik. Gambar 6. Menunjukkan nilai dari kuat tekan maksimum yang diperoleh sebesar 6795 kgf, spesimen bertahan 35 detik sebelum runtuh. Mengenai kekuatan tekan kita sendiri, 6795 kgf adalah status yang tinggi. Oleh karena itu, pemilihan gradasi masuk akal, ia menempatkan agregat yang cukup ke dalam spesimen untuk membentuk kerangka yang kuat terhadap beban tekan. Selain itu, jumlah semen juga cukup untuk menyatukan agregat. Menurut spesifikasi pengujian, kedua sampel memiliki diameter dan tinggi yang sama, masing-masing 80mm dan 160mm. Jadi, perbedaan kuat tekan adalah perbedaan beban maksimum yang diperoleh dari mesin uji.



Gambar 6. Hasil Uji Kompresi Beton.

Dari percobaan didapatkan kuat tekan sampel sebesar 13,26 MPa ( $f'c = 135,18 \text{ kgf/cm}^2$ ) setelah dilakukan konversi. Tes dilakukan dalam waktu 11 hari. Kekuatan spesimen dapat ditingkatkan dengan menghitung ulang desain campuran, misalnya dengan menambahkan beberapa bahan halus sehingga keropos sampel dapat dikurangi. Cara lain adalah dengan mengatur rasio air terhadap semen. Dikatakan rasio air terhadap semen lebih dari 0,30 sedikit berisiko, namun akan rapuh jika disertai dengan desain campuran yang tepat. Aditif kimia seperti silika fume atau polimer sangat dianjurkan, karena dapat meningkatkan kekuatan jauh dari kekuatan aslinya.

### 3.5. Pengujian Permeabilitas Beton Porous

Gambar 7. Menunjukkan hasil debit pada uji permeabilitas adalah  $0,087 \text{ m}^3/\text{s}$ , jumlah debit ini cukup baik. Indikator ini memberikan informasi bahwa desain gradasi baik. Untuk lebih spesifik, jumlah semen cukup untuk menyatukan agregat, tetapi juga tidak terlalu tinggi sehingga meninggalkan struktur pori yang saling berhubungan di dalam spesimen. Total volume air pada setiap waktu pemeriksaan berturut-turut adalah  $600 \text{ cm}^3$ ,  $589 \text{ cm}^3$ ,  $587 \text{ cm}^3$ .



Gambar 7. Uji Permeabilitas Beton, (Sonebi et al., 2016)

Tabel 3. Hasil Uji Permeabilitas

Test	Weight of water (g)	Time (s)	Flow rate (g/s)
1st	600	6	100.0
2nd	589	7.61	77.4
3rd	587	6.89	85.2

Laju aliran rata-rata :  $87.5 \text{ g/s (mL/s)}$

Dari percobaan didapatkan volume resapan benda uji 1, 2, dan 3 berturut-turut adalah  $600 \text{ cm}^3$ ,  $589 \text{ cm}^3$ , dan  $587 \text{ cm}^3$ , dengan rata-rata  $592 \text{ cm}^3$  seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3. Sedangkan setelah dilakukan perhitungan, nilai rata-rata koefisien permeabel  $k$  adalah  $1,79 \text{ cm/s}$  (sesuai dengan laju alir sebesar  $87,5 \text{ mL/s}$ ). Nilai rata-rata koefisien permeabilitas adalah  $1,79 \text{ cm/s}$ . Artinya, sekitar  $1,79 \text{ cm}$  air dapat melewati pori-pori setiap detiknya. Nilai ini dapat disesuaikan dengan luas total, ketinggian beton tembus air, dan durasi pengujian. Untuk mengukur kinerja permeabilitas aspal baik atau tidak, perlu membandingkannya dengan nilai intensitas curah hujan, analisis limpasan, volume *infiltrasi* pada pra-pengembangan, dan terakhir mengukur volume tangki penyimpanan minimum. Untuk menghitung koefisien permeabel untuk kota Taipei, spesimen kami memiliki nilai  $k$  yang lebih tinggi ( $k = 1,8 \text{ cm/s}$  dibandingkan dengan  $k = 10-7 \text{ cm/s}$ ). Ini berarti bahwa sampel efektif dalam permeabilitas dibandingkan dengan persyaratan Taipei.



#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan tentang Pengaruh Variasi Agregat Kasar Penyusun Beton Porous Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton dapat disimpulkan:

1. Dalam kebanyakan kasus, desainer perlu mendasarkan pada situasi nyata untuk memutuskan kriteria mana yang harus mereka beri bobot lebih. Jika daya dukung beban lebih penting, kita perlu menambah jumlah semen, mengurangi ukuran agregat, menggunakan bahan tambahan, Jika permeabilitas lebih penting, kita perlu mengurangi jumlah semen dan meningkatkan ukuran agregat untuk menghasilkan lebih banyak celah di dalam spesimen.
2. Gradasi yang memiliki hasil optimal yang memiliki:  $w/c = 0.35$  dan  $c/a = 0.25$
3. Eksperimen ini membantu merancang untuk menguji ketahanan tekan dan permeabilitas sampel beton yang dikeringkan. Selain itu, mengetahui pentingnya pengujian untuk memenuhi persyaratan dalam setiap *use case*.
4. Dari hasil analisis, penggunaan dua macam agregat yang memiliki ukuran 12,5 - 10 mm dan 6,7 - 4,75 mm dengan  $w/c = 0,35$  dan  $c/a = 0,25$  menghasilkan efektivitas yang lebih besar tidak hanya pada kemampuan kompresi tetapi juga pada kapasitas permeabel.
5. Hasil Mix Design menunjukkan kuat tekan maksimum sebesar 13,26 MPa ( $f'c = 135,18 \text{ kgf/cm}^2$ ) setelah dilakukan konversi dengan nilai rata-rata koefisien permeabilitas sebesar 1,79 cm/s (sesuai dengan laju alir sebesar 87,5mL/ s). Dapat disimpulkan bahwa sampel telah memenuhi syarat kuat tekan dan permeabilitas yang berarti sambungan dalam cukup baik untuk mencapai kuat tekan yang tinggi, sedangkan rongga dalam juga sepenuhnya memenuhi kemampuan menyerap. air melalui sampel

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D448-03a. (2012). Standard Classification for Sizes of Aggregate for Road and Bridge Construction. *ASTM International*.
- Committee, A. C. I. (2006). ACI 522R-06. In *Concrete Construction - World of Concrete*.
- Kant Sahdeo, S., Ransinchung, G. D., Rahul, K. L., & Debbarma, S. (2020). Effect of mix proportion on the structural and functional properties of pervious concrete paving mixtures. *Construction and Building Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119260>
- Sonebi, M., Bassuoni, M., & Yahia, A. (2016). Pervious concrete: Mix design, properties and applications. *RILEM Technical Letters*. <https://doi.org/10.21809/rilemtechlett.2016.24>
- Azadgoleh, M. A., Mohammadi, M. M., Ghodrati, A., Sharifi, S. S., Palizban, S. M. M., Ahmadi, A., Vahidi, E., & Ayar, P. (2022). Characterization of contaminant leaching from asphalt pavements: A critical review of measurement methods, reclaimed asphalt pavement, porous asphalt, and waste-modified asphalt mixtures. *Water Res*, 219, 118584. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118584>
- Bai, E. L., Xu, J. Y., Lu, S., Lin, K. X., & Zhang, Y. M. (2018). Comparative study on the dynamic properties of lightweight porous concrete. *RSC Adv*, 8(26), 14454-14461. <https://doi.org/10.1039/c8ra00082d>
- Bukhtoiarov, A. P. (1970). [Hygienic characteristics of fast filters with a porous concrete drainage system]. *Gig Sanit*, 35(12), 88-89. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5509434> (K gigienicheskoi kharakteristike skorykh fil'trov s poristobetonnoi drenazhnoi sistemoi.)

- Elizondo-Martinez, E. J., Andres-Valeri, V. C., Rodriguez-Hernandez, J., & Castro-Fresno, D. (2019). Proposal of a New Porous Concrete Dosage Methodology for Pavements. *Materials (Basel)*, *12*(19). <https://doi.org/10.3390/ma12193100>
- Lee, B. J., Prabhu, G. G., Lee, B. C., & Kim, Y. Y. (2016). Eco-friendly porous concrete using bottom ash aggregate for marine ranch application. *Waste Manag Res*, *34*(3), 214-224. <https://doi.org/10.1177/0734242X15620006>
- Narloch, P., Piatkiewicz, W., & Pietruszka, B. (2021). The Effect of Cement Addition on Water Vapour Resistance Factor of Rammed Earth. *Materials (Basel)*, *14*(9). <https://doi.org/10.3390/ma14092249>
- Pacheco, J. N., de Brito, J., Chastre, C., & Evangelista, L. (2019). Probabilistic Conversion of the Compressive Strength of Cubes to Cylinders of Natural and Recycled Aggregate Concrete Specimens. *Materials (Basel)*, *12*(2). <https://doi.org/10.3390/ma12020280>
- Tampubolon, S. P. (2022). Struktur Beton I.