

## ANALISIS SUBSTITUSI BATU KARANG GUNUNG MADURA SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA KARAKTERISTIK BETON POROUS

**Alfan Hikma Maulana<sup>1</sup>, Agus Sugiarto<sup>2</sup>, Qomariah<sup>3</sup>**

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>

Email: [alfan.hikma@gmail.com](mailto:alfan.hikma@gmail.com)<sup>1</sup> [agussugiarto1030@gmail.com](mailto:agussugiarto1030@gmail.com)<sup>2</sup> [qomariah@polinema.ac.id](mailto:qomariah@polinema.ac.id)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Dalam proses pencampuran beton, agregat kasar merupakan bahan pokok utama dari beton dan sekarang agregat kasar yang sering digunakan ialah agregat kasar dari Lumajang dan Pasuruan. Akan tetapi masyarakat Madura lebih memilih menggunakan agregat batu karang gunung Madura daripada mendatangkan agregat dari luar pulau yang tergolong lebih mahal dalam hal ongkos mengirim. Pada penelitian ini campuran beton porous menggunakan semen, air, agregat kasar Lumajang dan agregat kasar Madura dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisa sifat fisik dari agregat kasar Madura, mendapatkan data kuat tekan terhadap substitusi agregat kasar Madura dan nilai porositas pada beton porous dengan variasi substitusi agregat kasar Madura. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi agregat kasar Madura tidak berpengaruh terhadap kuat tekan namun berpengaruh terhadap nilai porositas beton porous, dalam hal ini variasi 100% adalah yang paling tinggi nilai porositasnya. Jadi nilai kuat tekan berbanding terbalik dengan nilai porositas.

**Kata kunci :** Beton Porous, Agregat Batu Karang Madura, Kuat Tekan, Porositas

### ABSTRACT

*In the process of mixing concrete, coarse aggregate is the main ingredient of concrete and now the coarse aggregate that is often used is coarse aggregate from Lumajang and Pasuruan. However, the Madurese people prefer to use the aggregate of Madura mountain corals rather than importing aggregates from outside the island which are relatively more expensive in terms of shipping costs. In this study, the porous concrete mixture used cement, water, Lumajang coarse aggregate and Madura coarse aggregate with variations of 0%, 25%, 50%, 75% and 100%. The purpose of this study was to analyze the physical properties of Madurese coarse aggregate, obtain data on the compressive strength of Madura coarse aggregate substitution and porosity values in porous concrete with variations of Madura coarse aggregate substitution. The results showed that the substitution of Madurese coarse aggregate had no effect on the compressive strength but did affect the porosity value of the porous concrete, in this case the 100% variation was the highest porosity value. So the compressive strength value is inversely proportional to the porosity value.*

**Keywords:** Porous Concrete, Madura Coral Aggregate, Compressive Strength, Porosity

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Dalam proses pencampuran beton, agregat kasar merupakan bahan pokok utama dari beton dan sekarang agregat kasar yang sering digunakan ialah agregat kasar dari Lumajang dan Pasuruan. Akan tetapi di pulau Madura masyarakat kebanyakan menggunakan agregat selain Lumajang dan Pasuruan. Masyarakat Madura lebih memilih menggunakan agregat kasar batu karang gunung Madura

sebagai bahan dalam beton. Mereka lebih memilih agregat tersebut daripada mendatangkan agregat dari luar pulau yang tergolong lebih mahal dalam hal ongkos mengirim.

### Rumusan Masalah

Untuk mengarahkan kajian ini pada topik diatas, maka ada suatu rumusan permasalahan diantaranya sebagai berikut :

1. Bagaimanakah sifat fisik agregat batu karang gunung madura?
2. Bagaimanakah pengaruh substitusi batu karang gunung Madura dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, 100% sebagai agregat kasar terhadap kuat tekan beton porous, dengan menggunakan hasil perbandingan semen dan agregat kasar pada *Trial Mix*?
3. Bagaimanakah pengaruh komposisi batu karang gunung Madura dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, 100% sebagai agregat kasar terhadap porositas beton porous, dengan menggunakan hasil perbandingan *Trial Mix*?

### Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk menganalisa sifat fisik agregat batu karang gunung Madura
2. Untuk menganalisa pengaruh batu karang gunung Madura terhadap kuat tekan beton porous dengan persentasi 25%;50%;75;100%, dengan menggunakan hasil perbandingan *Trial Mix* .
3. Untuk menganalisa pengaruh batu karang gunung Madura terhadap permeabilitas beton porous dengan persentasi 25%;50%;75;100%, dengan menggunakan hasil perbandingan *Trial Mix*.

## 2. METODE

### Waktu Dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dimulai pada bulan Februari sampai dengan bulan Mei 2021. Penelitian dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang.

### Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji selanjutnya dengan komposisi yang sudah di dapat dari *Trial Mix*. Pembuatan benda uji dibuat secara fisik untuk 1 benda uji baik benda uji kuat tekan maupun benda uji porositas, Langkah yang dilakukan terlebih dahulu adalah memperkirakan kuantitas kebutuhan bahan yang dibutuhkan dengan cara :

1. Menyiapkan cetakan berukuran (d = 15cm t = 30cm).
2. Menyiapkan cetakan berukuran (s = 10cm)
3. Membuat campran beton porous dengan proporsi dasar.

Benda uji untuk pengujian kuat tekan dan kuat lentur memiliki bentuk yang berbeda, hal tersebut dijelaskan sebagai berikut :

1. Untuk pengujian kuat tekan beton porous, benda uji berbentuk silinder berukuran diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm.
2. Untuk pengujian porositas beton porous, benda uji berbentuk kubus berukuran 10 cm tiap sisinya.

Pada saat memasukkan beton segar ke dalam cetakan, pastikan cetakan berada pada tempat yang datar dan terhindar dari getaran. Membasahi terlebih dahulu cetakan dengan oli sebelum memasukkan beton segar, apabila terdapat air yang tertinggal di dalam cetakan maka harus dibuang terlebih dahulu. Pengisian beton segar dalam cetakan tersebut harus penuh dan kemudian permukaannya di ratakan.

### Perawatan Benda Uji

Dalam perawatan benda uji beton porous pada penelitian ini, setelah benda uji dilepas dari cetakan kemudian diletakkan di tempat yang aman dan tidak terkena sinar matahari. Benda uji juga tidak dilakukan perendaman di dalam air selama proses perawatan. Lama umur perawatan benda uji yaitu selama 7, 14 dan 28 hari.

### Kuat Tekan Beton

Menurut SNI 03-1974-2011, kuat tekan beton merupakan besarnya beban maksimum persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur pada tekanan tertentu yang diberikan oleh mesin uji tekan. Berikut merupakan rumus kuat tekan dapat dilihat pada **Persamaan 1**.

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

Keterangan :

$f'c$  = Kuat Tekan Beton (Mpa)

$P$  = Beban Maksimum (N)

$A$  = Luas Penampang Benda Uji (mm<sup>2</sup>)

### Pengujian Porositas Beton

Porositas adalah besarnya persentasi ruang-ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada beton dan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton. Berikut merupakan rumus untuk mengitung nilai porositas beton dapat dilihat pada **Persamaan (2)**.

$$Porositas = \frac{B-C}{B-A} \cdot 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

$A$  = Berat sampel dalam air,  $W_{water}$  (gram)

$B$  = Berat sampel kondisi SSD,  $W_{saturation}$  (gram)

$C$  = Berat sampel kering oven,  $W_{dry}$  (gram)

## Analisis Data

### 1. Pemeriksaan Agregat Kasar

Analisis data pada saat pemeriksaan agregat kasar dilakukan untuk mengetahui spesifikasi agregat penyusun beton yang kemudian dari data tersebut akan diperlukan saat membuat rancangan campuran beton porous. Hasil analisis yang diperoleh adalah berat satuan agregat, berat jenis agregat, serta kadar air agregat tersebut.

### 2. Pengujian Kuat Tekan dan Porositas

Hasil pengujian kuat tekan dan porositas beton porous diperoleh setelah dilakukan uji tekan dan uji porositas setelah umur beton memasuki 7, 14 dan 28 hari. Didapatkan nilai kuat tekan dan nilai porositas rata – rata beton porous pada benda uji untuk setiap proporsi penggunaan tanpa agregat madura atau dengan adanya agregat madura di setiap komposisinya. Analisis data yang dihasilkan berupa grafik untuk mengetahui pengaruh penambahan agregat madura pada kuat tekan dan porositas beton porous.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Pengujian Bahan Agregat Kasar Lumajang

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar Lumajang

Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Standar	Referensi
Modulus Kehalusan	-	5,04	5,0 – 8,0	ASTM C 136 – 01
Berat Jenis SSD	gr/cm <sup>3</sup>	2,57	2,5 – 2,7	SNI 1970 – 2008
Penyerapan	%	1,60	<1%	SNI 1970 – 2008
Kadar Air	%	1,99	0,5% – 2,0%	SNI 03 – 1971 – 2011
Keausan Agregat	%	57,52	27% – 40%	SK SNI S 04 – 1989 F
Kekerasan Agregat	%	16,00	<40%	SNI 03 – 2417 – 1991

#### Hasil Pengujian Bahan Agregat Kasar Madura

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar Madura

Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian	Standar	Referensi
-----------------	--------	-----------------	---------	-----------

Modulus Kehalusan	-	5,20	5,0 – 8,0	ASTM C 136 – 01
Berat Jenis SSD	gr/cm <sup>3</sup>	2,56	2,5 – 2,7	SNI 1970 – 2008
Penyerapan	%	0,85	<1%	SNI 1970 – 2008
Kadar Air	%	0,38	0,5% – 2,0%	SNI 03 – 1971 – 2011
Keausan Agregat	%	33,13	27% – 40%	SK SNI S 04 – 1989 F
Kekerasan Agregat	%	4,78	<40%	SNI 03 – 2417 – 1991

#### Kebutuhan Bahan Beton Porous

Benda Uji tiap variasi berjumlah 9 buah silinder dan 3 buah kubus sehingga total benda uji berjumlah 60 buah.

**Tabel 3.** Variasi Kadar Agregat Kasar Madura pada Campuran Beton Porous

No	Semen	Perbandingan		FAS
		Ag. Lumajang	Ag. Madura	
1	1	4	0	0,4
2	1	3	1	0,4
3	1	2	2	0,4
4	1	1	3	0,4
5	1	0	4	0,4

**Tabel 4.** Kebutuhan Jumlah Bahan Per 9 Silinder dan 3 Kubus Beton Porous

No	Semen (kg)	Ag. Lumajang (kg)	Ag. Madura (kg)	Air (kg)
1	26,9	106,8	0	10,7
2	26,9	80,1	26,7	10,7
3	26,9	53,4	53,4	10,7
4	26,9	26,7	80,1	10,7
5	26,9	0	106,8	10,7

**Tabel 5.** Kebutuhan Jumlah Bahan Per 1m<sup>3</sup> Beton Porous

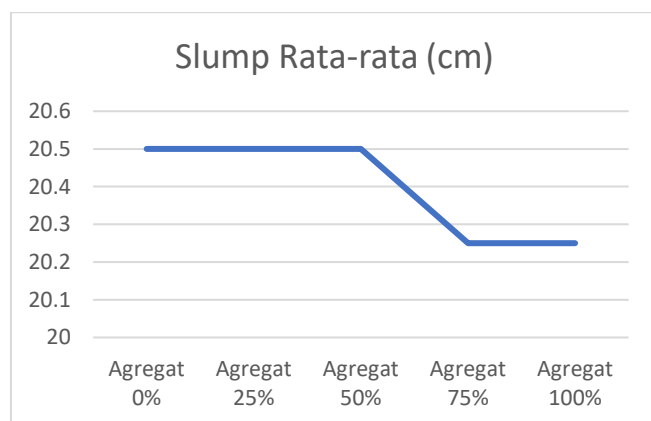
No	Semen (kg)	Ag. Lumajang (kg)	Ag. Madura (kg)	Air (kg)
1	340	1360	0	170
2	340	1020	340	170
3	340	680	680	170
4	340	340	1020	170
5	340	0	1360	170

### Hasil Pengujian Beton Segar

Pada pengujian beton segar ini diuji dari beberapa variasi agregat yang ada dengan mengambil 4 titik sampel pengambilan pada beton segar.

Tabel 6. Hasil Uji Slump Test

Variasi	Pemeriksaan Nilai Slump (cm)				Slump Rata-rata (cm)
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	
	Agregat 0%	20	19	21	
Agregat 25%	20	18	23	21	20,5
Agregat 50%	24	19	18	21	20,5
Agregat 75%	23	15	19	24	20,25
Agregat 100%	19	22	17	23	20,25

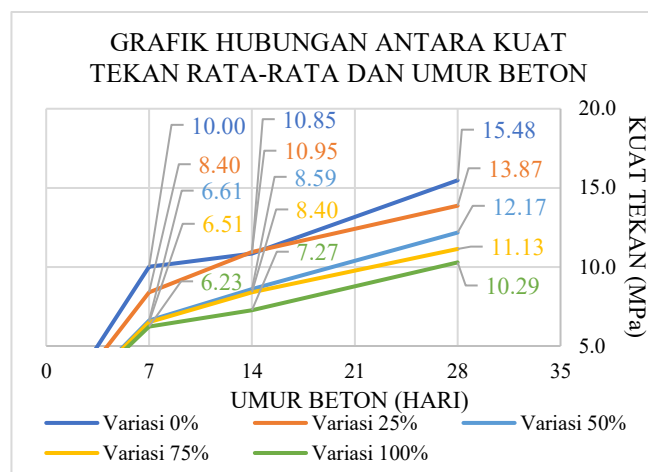


Gambar 1. Grafik Pengujian Nilai Slump

Dari hasil grafik *Slump Test* tersebut berdasarkan Gambar 4.3 dapat dianalisa bahwa nilai *Slump* yang terendah terdapat pada variasi agregat 0% (normal) sedangkan untuk variasi 50% nilai *Slump* mengalami penurunan hingga pada variasi agregat 75% dan tetap pada variasi agregat 100% atau tidak mengalami penurunan kembali. Terjadinya penurunan *Slump* ini dikarenakan kadar air dan penyerapan agregat Madura lebih kecil dari pada agregat Lumajang dan pada saat pelaksanaan benda uji 0% hingga 50% saya melakukan 2 kali pengecoran, sehingga penurunan terjadi karena air yang semula direncanakan 10,73 kg menjadi 11 kg.

### Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton pengujian nantinya untuk mengetahui nilai seberapa pengaruhnya variasi agregat Madura terhadap kuat tekan yang dilakukan pada umur rencana 7, 14 dan 28 hari dengan bentuk benda uji silinder.



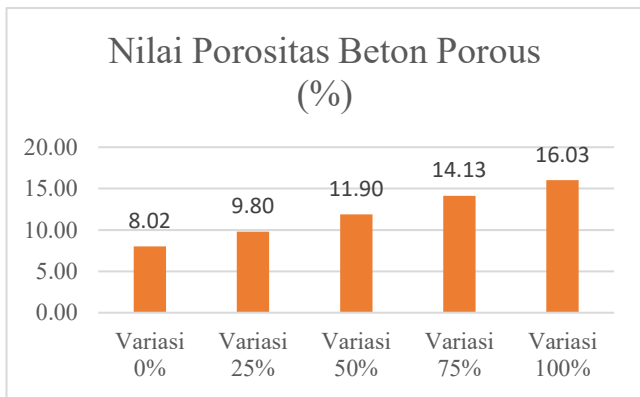
Gambar 2. Grafik Nilai Kuat Tekan

Gambar 2 diketahui bahwa nilai rata – rata untuk variasi agregat 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% Madura pada umur 7 hari sebesar 10,00 Mpa, 8,40 Mpa, 6,61 Mpa, 6,51 Mpa dan 6,23 Mpa. Untuk variasi agregat 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% Madura pada umur 14 hari sebesar 10,85 Mpa, 10,95 Mpa, 8,59 Mpa, 8,40 Mpa dan 7,27 Mpa. Untuk variasi agregat 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% Madura pada umur 28 hari sebesar 15,48 Mpa, 13,87 Mpa, 12,17 Mpa, 11,13 Mpa dan 10,29 Mpa.

Dari hasil pengujian yang tertera pada Gambar 4 diatas disimpulkan bahwa nilai kuat tekan rata – rata beton secara keseluruhan untuk pengujian 7 dan 14 hari tidak masuk atau tidak mencapai target yang direncanakan yaitu 10 Mpa, sedangkan untuk pengujian pada 28 hari seluruh variasi mencapai target yang direncanakan, dimana kuat tekan yang rata – rata maksimum yang diperoleh pengujian sebesar 15,48 Mpa pada umur beton 28 hari dengan variasi 0 % dan untuk hasil tertinggi dengan menggunakan variasi agregat madura sebesar 13,87 Mpa pada variasi 25%.

### Pengujian Porositas Beton

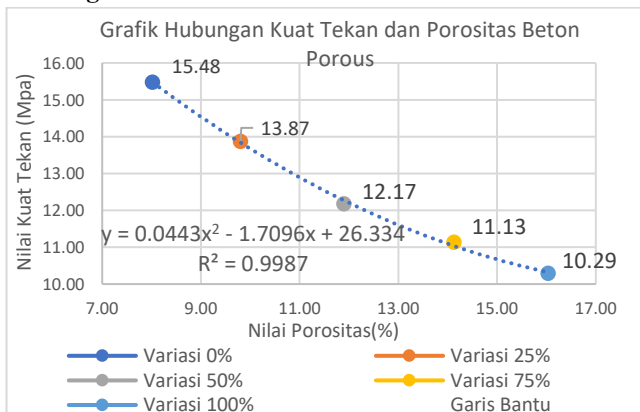
Pengujian porositas ini dilakukan terhadap 3 benda uji berupa kubus berdimensi 10 x 10 x 10 cm untuk setiap variasi substitusi agregat kasar batu karang gunung madura.



**Gambar 3.** Grafik Hubungan Porositas dengan Variasi Substitusi Agregat Kasar

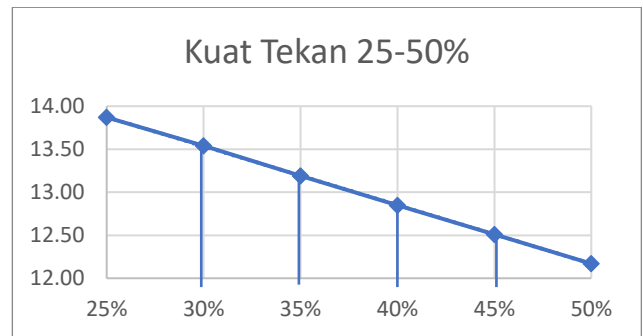
Dari **Gambar 3** diketahui bahwa nilai porositas untuk variasi agregat 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% sebesar 8,02%, 9,80%, 11,90%, 14,13% dan 15,03%. Dari data tersebut diketahui nilai porositas yang paling besar adalah 16,03% pada variasi 100% dan nilai porositas yang paling minimum pada variasi 0% dengan besar porositas 8,02%.

#### Hubungan Kuat Tekan dan Porositas Beton

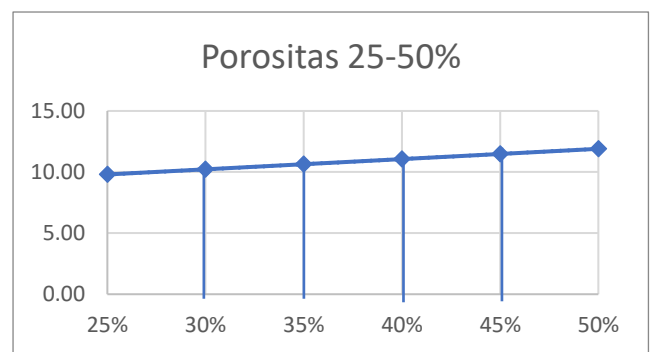


**Gambar 4.** Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous

Berdasarkan **Gambar 4** diatas disimpulkan bahwa semakin bertambahnya variasi agregat dari 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% grafik mengalami penurunan kuat tekan yang berbanding terbalik dengan porositas yang justru bertambah. Penurunan ini diakibatkan oleh seberapa besar porositas pada beton porous, semakin besar porositas beton maka semakin kecil pula nilai kuat tekan yang dihasilkan. Faktor yang mempengaruhi penurunan kuat tekan ini dikarenakan tidak seragamnya ukuran agregat Madura dengan Lumajang jadi ada beberapa volume beton yang belum terisi jadi nilai kuat tekannya turun dan nilai porositasnya mengalami peningkatan.



**Gambar 5.** Grafik Kuat Tekan Optimum pada Variasi 25% - 50%



**Gambar 6.** Grafik Porositas Optimum pada Variasi 25% - 50%

Dari **Gambar 5 dan 6** dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan dan porositas yang optimum berada pada Variasi antara 25% - 50% yaitu pada Variasi 30% - 35% dengan Nilai kuat tekan 13,54 Mpa – 13,19 Mpa dan Nilai Porositas 10,21% - 10,64%.

#### Klasifikasi Jalan yang dapat digunakan Beton Porous

Klasifikasi jalan yang digunakan yaitu Jalan Lingkungan atau Jalan Pedesaan, dengan tebal perkerasan ± 15 cm, dan daya dukung tanah yang digunakan yaitu ≥ 6 dan Jalan yang akan direncanakan tidak terlalu padat atau sering dilewati truck.

Untuk ukuran agregat yang digunakan seharusnya tidak lebih dari 25mm, bila lebih dari 25mm dapat membuat rongga antara agregat dan pasta lebih besar.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian batu karang gunung Madura sebagai substitusi terhadap agregat kasar atau kerikil yaitu :

- Karakteristik dari sifat fisik agregat Madura memiliki tingkat modulus kehalusan sebesar 5,20, berat jenis SSD sebesar 2,56 gr/cm<sup>3</sup>, tingkat penyerapan 0,85%, kadar air 0,38%, tingkat keausan agregat sebesar

33,13% dan kekerasan agregat sebesar 4,78%. Keunggulan dari sifat fisik agregat Madura dari pada agregat Lumajang disini terletak pada keausan agregat dan kekerasan agregat dimana untuk keausan agregat Lumajang sebesar 57,52% sedangkan agregat Madura sebesar 33,13% dan untuk pengujian kekerasan agregat Lumajang sebesar 16,00% sedangkan untuk agregat Madura sebesar 4,78%. Dari kesimpulan di atas mutu agregat Madura lebih layak dijadikan sebagai agregat dalam campuran beton daripada agregat Lumajang.

- Pengaruh dari agregat Madura dengan variasi agregat 0% terhadap kuat tekan beton porous pada umur 7, 14 dan 28 hari sebesar 10,00 Mpa, 10,85 Mpa dan 15,48 Mpa. Untuk variasi agregat 25% terhadap kuat tekan beton porous pada umur 7, 14 dan 28 hari masing – masing menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 8,40 Mpa, 10,95 Mpa dan 13,87 Mpa. Untuk variasi agregat 50% terhadap kuat tekan beton porous pada umur 7, 14 dan 28 hari masing – masing menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 6,61 Mpa, 8,59 Mpa dan 12,17 Mpa. Untuk variasi agregat 75% terhadap kuat tekan beton porous pada umur 7, 14 dan 28 hari masing – masing menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 6,51 Mpa, 8,40 Mpa dan 11,13 Mpa. Untuk variasi agregat 100% terhadap kuat tekan beton porous pada umur 7, 14 dan 28 hari masing – masing menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 6,23 Mpa, 7,27 Mpa dan 10,29 Mpa. Pada pengujian setiap variasi dari 0% hingga 100% agregat Madura untuk umur beton dari 7 hari ke 14 hari terjadi peningkatan sebesar 8,49%, 30,34%, 30%, 28,99% dan 16,67% kemudian dari 14 hari ke 28 hari terjadi peningkatan sebesar 42,62%, 26,72%, 41,76%, 32,58% dan 41,54%. Peningkatan kuat beton ini dikarenakan nilai kekerasan dari agregat Madura lebih bagus daripada agregat Lumajang dan nilai kuat tekan meningkat karena umur beton dan perawatan dalam bak curing. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan setiap variasi dari 0% hingga 100% hasil kuat tekan yang mencapai target ada pada pengujian 28 hari yaitu 10 Mpa. Namun pada pengujian dengan variasi 25% hingga 100% untuk pengujian 7 dan 14 hari tidak mencapai target dikarenakan agregat Madura yang digunakan sebagai substitusi agregat Lumajang tidak seluruhnya seragam jadi ada beberapa volume beton yang belum terisi. Untuk nilai kuat tekan yang optimum yaitu pada variasi 50% karena nilai kuat tekan masuk dalam rencana yaitu 12,17 Mpa.
- Pengaruh dari agregat Madura dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% terhadap porositas beton porous

pada umur 28 hari masing – masing menghasilkan nilai porositas sebesar 8,02%, 9,80%, 11,90%, 14,13% dan 16,03%. Berdasarkan hasil pengujian porositas, nilai porositas untuk setiap variasi mengalami peningkatan. Peningkatan ini terjadi dikarenakan ukuran agregat Madura yang tidak seragam dengan agregat Lumajang berdampak kepada volume beton porous. Namun secara logika dari besarnya persentase porositas maka dapat disimpulkan semakin besar nilai porositas maka air yang masuk ke dalam beton porous akan lebih mudah bergerak hingga menembus beton porous tersebut. Untuk nilai prosentase porositas yang optimum ada pada variasi 50% dengan nilai porositas yaitu 11,90%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nugroho, Eko H., 2010, *Analisis Porositas dan Permeabilitas Beton dengan Bahan Tambah Fly Ash untuk Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*
- [2] Harber, P., J., 2005, *Application of No – Fines Concrete as a Road Pavement*, Research Project, Bachelor of Engineering, Faculty of Engineering and Surveying, University of Southern Queensland
- [3] Haryadi, dan Tamai, H., 2015, *Enhancing The Performance of Porous Concrete By Utilizing The Pumice Aggregate*, *Procedia Engineering*, vol. 125, no. 732 – 738, Elsevier
- [4] Marjono., 2007, *Pengaruh Beban Tekan Terhadap Tegangan dan Lendutan Pada Model Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*, Politeknik Negeri Malang
- [5] Mulyono, T., 2003, *Teknologi Beton*, Jakarta, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta
- [6] NRMCA Comiittee, 2004, *“What, Why, and How? Pervios Concrete” Concrete ini Practice Series, CIP 38*, NRMCA (National Ready Mixed Concrete Association), Silver Spring, Maryland
- [7] Sukirman, S., 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Jakarta, Granit
- [8] SNI – 15 – 2049 – 2004, *Semen Portland*, Jakarta, Badan Standar Nasional Indonesia
- [9] SNI – 03 – 1969 – 2008, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, Bandung, Badan Standar Nasional Indonesia
- [10] SNI – 03 – 1971 – 2011, *Cara Uji Kadar Air Total Agregat Dengan Pengeringan*, Bandung, Badan Standar Nasional Indonesia
- [11] SNI – 03 – 1974 – 2011, *Cara Uji Kuat Tekan dengan Benda Uji Silinder*, Jakarta, Departemen Pekerjaan Umum dan Bahan Penelitian dan Pengembangan Pemukiman