

SIFAT MEKANIK DAN PERMEABILITAS BETON POROUS DENGAN SUBSTITUSI FLY ASH TERHADAP SEMEN

Celien Quinli Ondang

Steenie E. Wallah, Reky S. Windah

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: cequinly@gmail.com

ABSTRAK

Beton porous adalah suatu jenis beton yang memiliki sifat porositas tinggi yang memungkinkan untuk dapat dilewati air. Beton porous dapat dilewati air karena berpori atau memiliki celah diantara agregat (NRMCA, 2004). Namun, kuat tekan beton porous lebih rendah dari beton normal. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun menyebutkan bahwa fly ash dikategorikan sebagai bahan B3, hal ini menyebabkan banyak masalah lingkungan dan kesehatan. Sehingga memerlukan pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah seperti pencemaran udara, atau perairan, dan penurunan kualitas ekosistem.

Penelitian ini akan menguji 5 variasi beton porous, yakni variasi 1 dengan substitusi 0% fly ash terhadap semen, variasi 2 dengan substitusi 5% fly ash terhadap semen, variasi 3 dengan substitusi 10% fly ash terhadap semen, variasi 4 dengan substitusi 15% fly ash terhadap semen, dan variasi 5 dengan 20% fly ash terhadap semen.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan optimum beton porous diperoleh pada Variasi 2 yaitu 13,733 MPa pada beton usia 28 hari. Komposisi Variasi 2 terdiri atas 55% agregat lolos saringan 1/2" namun tertahan saringan 3/8" dan 45% agregat lolos saringan 3/4" namun tertahan saringan 1/2", dengan substitusi fly ash sebanyak 5% terhadap sebagian semen. Sedangkan untuk variasi campuran beton porous yang efektif mengalirkan air namun memiliki kekuatan yang cukup kuat dari 5 variasi komposisi yang diuji adalah Variasi 2 dengan penggunaan substitusi 5% fly ash terhadap sebagian semen diperoleh kuat tekan 13,733 MPa dan permeabilitas 3,068 cm/dtk.

Kata kunci: Beton porous, kuat tekan, permeabilitas.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia memiliki 2 musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Pada saat terjadi curah hujan dengan intensitas tinggi dibutuhkan inovasi terbaru untuk menangani masalah ini dalam rekayasa beton.

Menurut NRMCA (2004), beton porous adalah suatu jenis beton yang memiliki sifat porositas tinggi yang memungkinkan untuk dapat dilewati air. Beton porous dapat dilewati air karena berpori atau memiliki celah diantara agregat. Ini dapat mengganti fungsi beton konvensional yang pada umumnya tidak bisa atau sulit dilewati air, sehingga air hujan atau air yang jatuh ke beton porous dapat dialirkan ke lapisan tanah di bawahnya untuk diserap. Namun, kuat tekan beton porous lebih rendah dari beton normal.

Fly Ash atau abu ringan merupakan material yang memiliki ukuran butir yang halus, dan diperoleh dari hasil residu pembakaran batubara. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun menyebutkan bahwa fly ash dikategorikan sebagai bahan B3. Hal ini yang menyebabkan masalah lingkungan dan kesehatan karena fly ash hasil dari pembakaran batu bara terdapat dalam jumlah yang cukup besar dan hanya dibuang sebagai timbunan. Sehingga memerlukan pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran udara, atau perairan, dan penurunan kualitas ekosistem. Dengan pertimbangan diatas, maka dilakukan penelitian mengenai "Sifat Mekanik dan Permeabilitas Beton Porous dengan Substitusi Parsial Fly Ash terhadap Semen".

Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh penggunaan fly ash sebagai bahan pengganti sebagian semen pada campuran beton porous terhadap permeabilitas dan kuat tekan beton porous.

Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bahan pengganti sebagian semen yang digunakan untuk campuran beton adalah fly ash (abu terbang) yang diperoleh dari limbah PLTU Amurang.
2. Semen merek Tonasa
3. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Lansot
4. Fly Ash yang digunakan adalah fly ash yang lolos ayakan #200.
5. Penelitian beton porous dilakukan dengan 5 komposisi variasi yang berbeda. Setiap variasi terdiri dari 3 sampel.
6. Pengujian dilakukan di Lab Material Universitas Sam Ratulangi.
7. Pengujian yang dilakukan:
 - Pengujian kuat tekan pada beton yang berusia 7 dan 28 hari.
 - Pengujian permeabilitas pada beton yang berusia 28 hari.

Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh penggunaan fly ash sebagai bahan pengganti sebagian semen terhadap permeabilitas dan kuat tekan beton porous.

Manfaat Penelitian

Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat membantu meningkatkan nilai ekonomis fly ash dalam pemanfaatannya sebagai bahan campuran beton porous dan dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Serta diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu teknologi beton.

LANDASAN TEORI

Pengertian Beton

Pada umumnya beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton

sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk (Tjokrodimulyo, 2007).

Beton Porous

Beton porous adalah beton berongga, sehingga dapat meloloskan air. Beton ini juga biasa disebut beton non-pasir karena hanya menggunakan sedikit atau tidak sama sekali agregat halus atau pasir. Kombinasi bahan-bahan ini ketika dituang, dipadatkan dan dirawat dengan benar, akan menghasilkan suatu bahan keras yang memiliki permeabilitas 81 - 730 l/min/m² dengan kekuatan 2,8 – 28 MPa. Pengujian kuat tekan dan permeabilitas Beton Porous dengan variasi ukuran agregat telah dilakukan oleh Khonado dkk (2019).

Beton non pasir telah digunakan secara luas sebagai bahan bangunan struktural di Eropa, Australia dan Timur Tengah lebih dari 70 tahun (Macintosh dkk, 1965, dalam Harber, 2005). Penggunaan paling awal beton non pasir terjadi di Inggris pada tahun 1852 dengan pembangunan dua rumah tinggal dan krib laut sepanjang 61 m dan lebar 2,15 m (Francis, 1965, dalam Harber, 2005).

Kelebihan dan Kekurangan Beton Porous adalah (Tennis dkk. 2004; ACI 2010):

Kelebihan beton porous:

1. Manajemen efektif untuk aliran air hujan
2. Mengurangi kontaminasi di aliran air
3. Mengisi kembali persediaan air tanah
4. Mengurangi efek panas bumi
5. Mengurangi suara ribut akibat interaksi antara ban dan jalan

Kekurangan beton porous:

1. Pemakaian terbatas untuk kendaraan berat di lalu lintas padat
2. Praktek konstruksi khusus
3. Sensitif terhadap konten air dan control dalam beton segar
4. Kekurangan metode percobaan yang distandarisasi
5. Perhatian khusus dan pemeliharaan dalam desain untuk tipe tanah tertentu
6. Perhatian khusus mungkin diperlukan untuk tanah dengan kandungan air tanah yang tinggi

Material Pembentuk Beton Porous

Berdasarkan ACI 522R-10 mix design untuk beton porous terdiri dari: semen (270 - 415 kg), agregat (1190 - 1480 kg), faktor air semen (0,27 – 0,34), perbandingan berat pasir dan kerikil (0 sampai 1 : 1). Penambahan pasir

akan menurunkan kadar pori dan meningkatkan kuat tekan.

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton disbanding dengan sifat-sifat lain, kekuatannya ditentukan berdasarkan pengaturan dari perbandingan antara semen, agregat kasar dan halus, serta air.

Kekuatan tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekanan per satuan luas. Semakin tinggi kekuata struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004). Besarnya kuat tekan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$f'c = P/A$$

dengan:

- $f'c$ = kuat tekan beton (N/mm²)
- P = beban tekan maksimum (N)
- A = luas bidang tekan benda uji (mm²)

Permeabilitas Beton

Permeabilitas merupakan kemampuan pori-pori beton ringan dilalui oleh air. Pasta semen yng telah mengeras tersusun atas banyak partikel, dihubungkan antar permukaan yang jumlahnya relative lebih kecil dari total permukaan partikel yang ada. Untuk mengetahui dan mengukur permeabilitas beton perlu dilakukan pengujian, salah satunya adalah uji aliran (flow test) yaitu pengujian untuk mengukur permeabilitas beton terhadap air bila air dapat mengalir melalui sampel beton.

Dari data pengujian ini dapat ditentukan koefisien permeabilitas yang menunjukkan suatu angka kecepatan rembesan fluida dalam suatu zat. Koefisien permeabilitas untuk uji aliran dihitung dengan rumus Darcy:

$$K = \frac{p.g.L.Q}{P.A}$$

dengan:

- K = koefisien permeabilitas (cm/det)
- p = massa jenis air (kg/cm³)
- g = percepatan gravitasi (cm/det²)
- L = panjang atau tinggi sampel (cm)
- Q = debit aliran air (cm³/det)
- P = tekanan air (kg cm/det²/cm²)
- A = luas penampang sampel (cm²)

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian :



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Campuran Beton Poraus

Pada penelitian ini perencanaan campuran beton porous dilakukan dengan cara coba-coba di laboratorium (Trial and Error), yaitu dengan membuat campuran beton dengan perbandingan bahan penyusun yang berbeda-beda. Setelah dilakukan beberapa kali percobaan, akhirnya digunakan mix design dengan cara perbandingan antara semen, agregat, dan air.

Tabel 1. Mix Design Beton Poraus

Perbandingan <i>Mix Design</i>		
C	A	W
1	4	0,33
Komposisi dalam 1 m ³		
Semen	Agregat	Air
0,19 m ³	0,75 m ³	0,06 m ³

Variasi Campuran Beton Porous

Variasi campuran beton porous terbagi menjadi 5 variasi. Komposisi ukuran agregat kasar, semen, dan jumlah air dibuat konstan, namun jumlah fly ash yang disubsitusikan terhadap sebagian semen berbeda. Ukuran agregat kasar yang digunakan yaitu 55% agregat ukuran 9,52 mm atau lolos saringan 1/2” namun tertahan saringan 3/8” dan 45% agregat ukuran 12,7 mm atau lolos saringan 3/4” namun tertahan saringan 1/2”

Tabel 2. Variasi Campuran Beton Porous

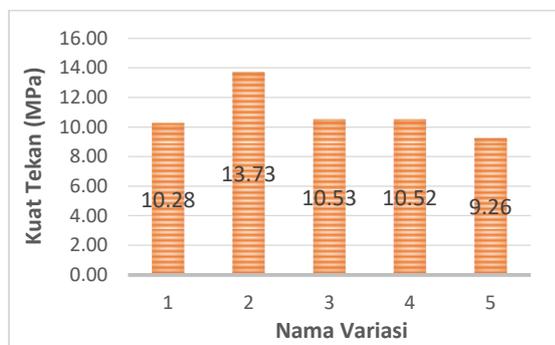
Nama Variasi	Persentase fly ash yang disubsitusikan	Semen	Agregat	Air
Variasi 1	0%	1	4	0,33
Variasi 2	5%			
Variasi 3	10%			
Variasi 4	15%			
Variasi 5	20%			

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Porous

Berdasarkan hasil pengujian, kuat tekan beton porous optimum diperoleh dari variasi 2 yaitu 13,73 MPa pada beton usia 28 hari. Variasi 2 adalah beton porous dengan 5% substitusi fly ash terhadap sebagian semen. Berikut merupakan hasil pengujian dari 4 variasi beton porous yang diteliti.

Tabel 3. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Porous

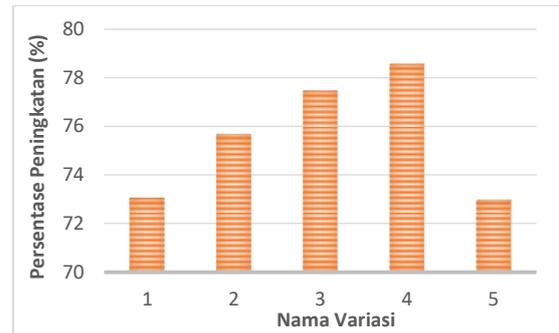
No	Nama Variasi	Kuat Tekan (MPa)	
		7 hari	28 hari
1	Variasi 1	7,51	10,28
2	Variasi 2	10,39	13,73
3	Variasi 3	8,15	10,53
4	Variasi 4	8,26	10,52
5	Variasi 5	6,76	9,26



Gambar 2. Grafik Hubungan Variasi Substitusi Fly Ash dengan Hasil Kuat Tekan 28 Hari Beton Porous

Tabel 4. Variasi Campuran Beton Porous

No	Nama Variasi	Kuat Tekan (MPa)		Perbandingan Kuat Tekan Beton (%)	
		7 hari	28 hari	7 hari	28 hari
1	Variasi 1	7,51	10,28	73	100
2	Variasi 2	10,39	13,73	76	100
3	Variasi 3	8,15	10,53	77	100
4	Variasi 4	8,26	10,52	79	100
5	Variasi 5	6,76	9,26	73	100



Gambar 3. Persentase Peningkatan Kuat Tekan Beton Porous dari Usia

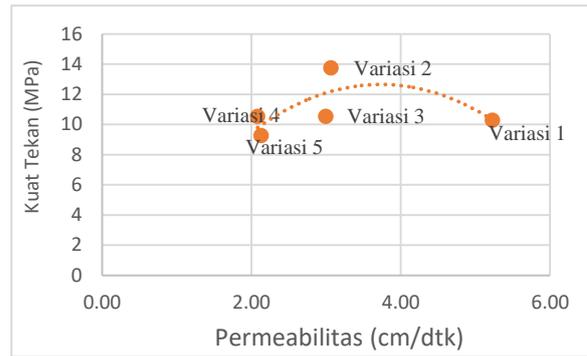
Dari data hasil kuat tekan beton 5 variasi yang diteliti, didapatkan persentase peningkatan nilai kuat tekan beton antara setiap variasi berbeda-beda. Hasil kuat tekan substitusi 5%, 10%, dan 15% fly ash lebih baik apabila dibandingkan dengan kuat tekan substitusi 0% fly ash. Dan dari tabel 4.10 dapat dilihat bahwa, peningkatan kuat tekan beton porous dari 7 hari ke 28 hari tidak dapat ditetapkan dengan nilai konstan seperti beton pada umumnya, karena akan berbeda sesuai dengan komposisi yang digunakan.

Hasil Pengujian Permeabilitas Beton Porous

Pengujian permeabilitas dilakukan dengan menggunakan 2L, 4L, dan 8L air. Berdasarkan hasil pengujian, permeabilitas dengan nilai optimum diperoleh dari variasi 1C dengan nilai permeabilitas 5,23 cm/dtk. Komposisi variasi 1C ini tidak menggunakan fly ash atau substitusi fly ash 0% dan pengujian dilakukan dengan menggunakan volume 8L air.

Tabel 5. Hasil Uji Permeabilitas Beton Porous dengan Volume 2L Air

No	Nama Variasi	Waktu Aliran (dtk)	Permeabilitas (cm/dtk)
1	Variasi 1A	16,70	3,84
2	Variasi 2A	25,21	2,56
3	Variasi 3A	24,62	2,60
4	Variasi 4A	35,25	1,82
5	Variasi 5A	38,56	1,65



Gambar 5. Grafik Hubungan Variasi Komposisi Fly Ash dengan Permeabilitas Beton Porous

Tabel 6. Hasil Uji Permeabilitas Beton Porous dengan Volume 4L Air

No	Nama Variasi	Waktu Aliran (dtk)	Permeabilitas (cm/dtk)
1	Variasi 1B	27,44	4,76
2	Variasi 2B	45,31	2,85
3	Variasi 3B	42,09	3,06
4	Variasi 4B	64,44	1,98
5	Variasi 5B	65,95	1,94

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dan permeabilitas pada 5 variasi beton porous yang diteliti, dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa volume air dapat memengaruhi nilai permeabilitas yang didapatkan. Nilai permeabilitas akan meningkat seiring dengan meningkatnya volume air yang ada. Dan dari gambar 4.5 dapat dilihat, pada variasi 1-2 terjadi penurunan nilai permeabilitas namun nilai kuat tekannya bertambah. Sedangkan pada variasi 3-5 terjadi penurunan pada nilai permeabilitas maupun nilai kuat tekan beton porous.

Tabel 7. Hasil Uji Permeabilitas Beton Porous dengan Volume 8L Air

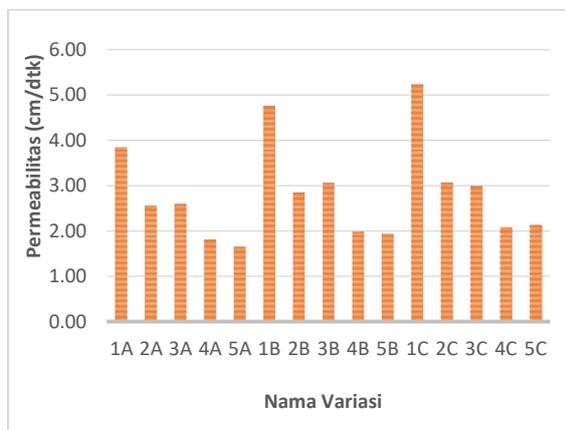
No	Nama Variasi	Waktu Aliran (dtk)	Permeabilitas (cm/dtk)
1	Variasi 1C	50,10	5,23
2	Variasi 2C	84,05	3,07
3	Variasi 3C	86,14	3,00
4	Variasi 4C	122,64	2,08
5	Variasi 5C	119,49	2,13

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian ini dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kuat tekan beton porous yang disubstitusikan 5%, 10%, dan 15% fly ash lebih baik dibandingkan kuat tekan beton porous yang tidak disubstitusikan fly ash.
2. Dengan penggunaan 3 variasi volume yang berbeda pada pengujian permeabilitas dapat dilihat bahwa volume air dapat memengaruhi nilai permeabilitas yang didapatkan. Nilai permeabilitas meningkat seiring dengan meningkatnya volume air yang ada. Permeabilitas dengan nilai optimum diperoleh dari variasi 1C dengan nilai permeabilitas 5,23 cm/dtk. Komposisi variasi 1C ini menggunakan substitusi fly ash 0% dan pengujian dilakukan dengan menggunakan volume 8L air.
3. Variasi campuran beton porous yang efektif mengalirkan air namun memiliki kekuatan yang cukup kuat dari 5 variasi komposisi



Gambar 4. Grafik Hubungan Variasi Komposisi Fly Ash dengan Permeabilitas Beton Porous

yang diuji adalah Variasi 2 dengan penggunaan substitusi 5% fly ash terhadap sebagian semen diperoleh kuat tekan 13,733 MPa dan permeabilitas 3,068 cm/dtk.

4. Kuat tekan beton berpori yang direncanakan telah memenuhi persyaratan ACI 522R-10, karena hasil kuat tekan yang diperoleh dalam penelitian berada antara 2,8 - 28 MPa. Berdasarkan Standar SNI 03-0691-1996, hasil penelitian ini yaitu Variasi 2 sudah dapat digunakan untuk pembuatan trotoar pejalan kaki ataupun digunakan untuk lantai taman.

Saran

Saat penelitian dilaksanakan kemungkinan terjadi kesalahan-kesalahan. Oleh karena itu untuk memperoleh hasil yang lebih baik penulis menyarankan untuk memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Prosedur pemadatan harus dilakukan secara seragam. Termasuk pada proses

vibrasi menggunakan vibrator, harus menggunakan durasi yang sama, agar tidak terdapat benda uji yang terlalu padat ataupun kurang padat sehingga hasil pengujian akan lebih akurat.

2. Untuk penelitian yang lebih mengutamakan nilai permeabilitas beton porous, sebaiknya tidak menggunakan fly ash sebagai bahan substitusi.
3. Adanya penelitian-penelitian selanjutnya dengan menggunakan beberapa pengembangan atau modifikasi, agar kuat tekan beton porous mencapai mutu beton A berdasarkan standar SNI 03-0691-1996 sehingga bisa diaplikasikan untuk parkir kendaraan ataupun untuk perkerasan jalan.
4. Pada penelitian selanjutnya, pengujian permeabilitas sebaiknya menggunakan peralatan uji permeabilitas dan untuk variasi substitusi fly ash sebaiknya digunakan interval yang lebih kecil misalnya antara 1-5%.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee, 2010. *ACI 522R-10, Report on Pervious Concrete Made From Recycled Aggregate By Pulsed Power*.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 03-0691:1996, Bata Beton (Paving Block).
- Harber, P. J., 2005. *Applicability of No-Fines Concrete as a Road Pavement*, Research Project, Bachelor of Engineering, Faculty of Engineering and Surveying, University of Southern Queensland.
- Khonado, M. F., Manalip, H., Wallah, S. E., 2019. *Kuat Tekan dan Permeabilitas Variasi Ukuran Agregat Beton Porous*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.3 Maret 2019 (351-358) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Mulyono, Tri.. 2004. *Teknologi Beton*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- NRMCA, 2004. *“What, Why, and How? Pervious Concrete,” Concrete in Practice series, CIP 38*, Silver Spring, Maryland, May 2004.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 18 Tahun 1998 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
- Tennis, P., Leming, M., & Kiefer, C. (2004). *Pervious Concrete Pavements*.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono., 2007. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Sleman, Yogyakarta.