

Pengaruh Penambahan Serat *Polypropylene* terhadap Kuat Tekan dan Nilai Permeabilitas pada Beton Berpori

*Wira Rante Paganggi, Amelia Makmur, Rachmansyah

Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Kristen Krida Wacana, Jakarta

*)wira.2014ts020@civitas.ukrida.ac.id,

Received: 10 Juli 2020 Revised: 1 Maret 2021 Accepted: 4 Maret 2021

Abstract

The infrastructure growth has an impact on reducing green areas, which will be followed by reduced water catchment areas. Porous concrete is one of the porous materials that can be used on a pedestrian walk, which is able to drain water. The porous concrete has a limitation strength. This research aims to determine the effect of using various content of chemical additive and polypropylene fibers for porous concrete mixtures related to the compressive strength and permeability values. This experimental method referring to ACI 522R-10 Standard. That specimens using chemical additives and variations of polypropylene fibers: 0.05%, 0.1%, 0.15%, 0.2%, and 0.25% by weight of cement. The results showed that the specimen which had the highest compressive strength was 16.9 MPa, which was added 0.25% polypropylene fiber. The addition of polypropylene fibers increases the compressive strength value by 5.6%. Based on the compressive strength and permeability graphs, it can be estimated that the optimal content of polypropylene fiber is 0.17% by weight of cement.

Keywords: Porous concrete, compressive strength, permeability, polypropylene fibers, chemical additive

Abstrak

Pertumbuhan infrastruktur memberikan dampak bagi berkurangnya lahan hijau, yang akan diikuti dengan berkurangnya daerah resapan air. Beton berpori merupakan salah satu material perkerasan yang dapat dimanfaatkan pada jalur pejalan kaki, yang mampu mengalirkan air ke dalam tanah. Namun kenyataannya kekuatan yang diberikan oleh beton berpori masih belum maksimal untuk menahan beban. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan zat tambahan kimia dan variasi kadar serat polypropylene pada campuran beton berpori terhadap nilai kuat tekan dan nilai permeabilitas. Metode penelitian ekperimental ini mengembangkan benda uji sesuai standar ACI 522R-10, dengan menggunakan zat tambahan kimia dan variasi serat polypropylene yaitu 0,05%, 0,1%, 0,15%, 0,2%, dan 0,25% terhadap berat semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa benda uji yang memiliki kuat tekan tertinggi pada kadar serat polypropylene 0,25%, yaitu sebesar 16,9 MPa. Hal ini memperlihatkan penambahan serat polypropylene meningkatkan nilai kuat tekan sebanyak 5,6 %. Berdasarkan grafik nilai kuat tekan dan permeabilitas, dapat diperkirakan bahwa kadar optimal penggunaan serat polypropylene 0,17% terhadap berat semen.

Kata kunci: Beton berpori, kuat tekan, permeabilitas, serat polypropylene, zat tambahan kimia

Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur yang meningkat, khususnya di perkotaan dan kawasan sub urban saat ini memberikan dampak yang cukup besar bagi berkurangnya lahan hijau. Berkurangnya lahan hijau tersebut, diikuti dengan berkurangnya proses peresapan air ke dalam tanah. Selain itu, pada saat hujan akan menyebabkan terjadinya genangan air di permukaan, yang dalam kuantitas besar akan

menjadi banjir. Beton konvensional maupun lapisan perkerasan aspal yang digunakan pada infrastruktur jalan, relatif kedap air sehingga perlu dikembangkan material sejenis yang memungkinkan terjadinya peresapan air. Perkerasan berpori merupakan salah satu alternatif yang dapat dipertimbangkan sebagai material yang ramah lingkungan. Teknologi perkerasan berpori yang banyak dikembangkan saat ini belum banyak mengakomodir kebutuhan prasarana infrastruktur

jalan dengan lalu lintas tinggi. Di beberapa negara konsep perkerasan berpori sudah banyak digunakan pada lokasi parkir dan jalan-jalan lokal. Di Indonesia perkembangan perkerasan berpori masih lambat dibandingkan dengan negara-negara lainnya, seperti Amerika, Australia, dan China. Konsep perkerasan berpori sangat penting untuk diterapkan dalam mengimbangi perkembangan kota dan pembangunan infrastruktur tersebut.

Bagian terdekat dengan infrastruktur yang sering dijumpai setiap hari dan merupakan bagian dari perencanaan wilayah adalah jalur pejalan kaki. Saat ini jalur pejalan kaki masih menggunakan lapisan kedap dan paving blok. Paving blok termasuk material yang mengakomodir proses peresapan air. Kenyataannya seiring dengan dengan usia pemakaian dan juga perubahan pada kondisi tanah dasar, lapis perkerasan ini akan mengalami kerusakan dan permukaannya tidak rata atau bergelombang. Solusi lain yang dapat dilakukan adalah dengan membuat lapisan berpori yang homogen, sehingga kinerja yang diberikan lebih baik.

Untuk jalur pejalan kaki material yang banyak digunakan adalah beton, sehingga perlu dikembangkan penelitian berkaitan dengan material beton berpori untuk aplikasi jalur pejalan kaki. Beton berpori sebagai bahan perkerasan pada jalur pejalan kaki tersebut harus memiliki kekuatan, keawetan, dan kemudahan dalam pelaksanaan maupun perawatannya. Namun perlu ditinjau kuat tekan dan tingkat penyerapan air pada beton berpori. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan dan tingkat penyerapan air beton berpori bergantung pada ukuran agregat, faktor air semen, dan kadar bahan *admixture* yang digunakan (Putra, 2011).

Penggunaan batu pecah sebagai campuran beton berpori menghasilkan nilai porositas dan permeabilitas yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan batu tidak pecah. Semakin tinggi nilai kuat tekan yang diperoleh akan mempengaruhi porositas dan permeabilitas beton berpori, begitupun sebaliknya. Beton berpori yang menggunakan batu pecah sebagai campuran dapat diaplikasikan pada jalur pejalan kaki (Hanta & Makmur, 2015).

Pengaruh penggunaan gradasi agregat seragam dengan ukuran 1 – 2 cm dan 2 – 3 cm pada campuran beton berpori adalah terjadi pada kuat tekan beton. Beton berpori yang menggunakan gradasi lebih kecil terjadi peningkatan kuat tekan. Porositas maupun permeabilitas pada beton berpori tidak dipengaruhi oleh gradasi agregat dikarenakan hasil yang diperoleh hampir sama (Pratomo *et al.*,

2016). Penelitian beton berpori dengan menggunakan variasi komposisi, bentuk, dan jenis agregat untuk aplikasi jalur pejalan kaki memberikan kontribusi optimum bagi porositas dan kuat tekan. Komposisi optimum yaitu pada batu pecah 50% dan batu alam hijau 50% (Makmur, *et al.*, 2017)

Penambahan *admixture* pada campuran beton berpori dengan beberapa variasi memiliki karakteristik kuat tekan, laju air, dan kuat tarik yang meningkat seiring dengan penambahan proporsi dari *admixture*. Peningkatan kuat tekan dan kuat tarik berbanding lurus dengan laju alir pada beton berpori. Beton berpori mengalami kenaikan untuk pengujian kuat tekan sebesar 72,03%, laju air sebesar 12,299%, dan pengujian kuat tarik sebesar 40,822% (Aulia, 2018). Pengembangan beton berpori dengan berbagai kombinasi campuran bertujuan meningkatkan kuat tekan dengan permeabilitas yang baik dari material tersebut, namun hasil yang diperoleh dari penelitian sebelumnya belum maksimal dan perlu dikembangkan lebih lanjut. Pengembangan campuran beton berpori sudah dilakukan dengan menambahkan bahan tambahan organik, kimia, variasi agregat, dan variasi bahan campuran (*admixture*).

Penelitian beton berpori perlu dikembangkan lagi melalui perencanaan proporsi semen, air, dan agregat kasar yang tepat serta perlu adanya bahan tambah kimia dan variasi bahan campuran untuk meningkatkan nilai kuat tekan dan nilai permeabilitas sesuai rencana. Pada penelitian ini dikembangkan dengan penambahan zat tambahan kimia dan variasi bahan campuran (*admixture*) yang terdiri dari beberapa variasi kadar pada campuran beton berpori, bertujuan untuk mengetahui pengaruh terhadap kuat tekan dan nilai permeabilitas.

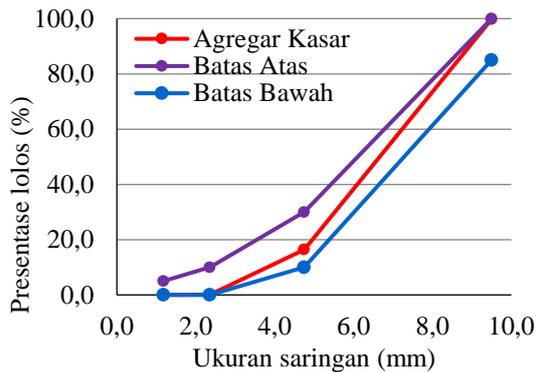
Metode

Metode yang digunakan adalah eksperimental yaitu mengadakan suatu pengujian secara langsung untuk memperoleh data dan hasil yang menghubungkan variabel-variabel yang diteliti. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kristen Krida Wacana.

Material

Agregat kasar yang digunakan sebagai campuran beton berpori diuji merujuk pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Pengujian agregat kasar yang dilakukan terdiri dari berat pengujian analisa saringan, kadar air, berat jenis dan penyerapan, berat isi, dan kadar lumpur. Pengujian dilakukan

untuk mengetahui kelayakan dan dapat digunakan sebagai campuran beton berpori.



Gambar 1. Hasil analisis saringan agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan pada campuran beton berpori yaitu batu pecah. Kualitas batu pecah yang digunakan sebagai campuran beton berpori sama pentingnya pada campuran beton konvensional. Batu pecah yang digunakan keras, bersih serta bebas dari debu dan tanah liat, atau bahkan mengandung bahan kimia lain yang dapat mempengaruhi ikatan pasta dengan agregat. Batu pecah yang digunakan berukuran maksimum 1 cm dengan gradasi yang seragam. Pada Gambar 1 ditunjukkan spesifikasi agregat masih berada pada batas syarat gradasi no. 8 ASTM C33. Gradasi no. 8 memiliki ukuran 2,36 - 9,5 mm (ASTM Standard C33, 2003). Batu pecah yang digunakan sebagai campuran beton berpori diperoleh berat jenis sebesar 2,50 dengan penyerapan air sebesar 2,72 sesuai dengan pedoman SNI 1969:2016. Pengujian berat jenis untuk menghitung volume yang ditempati agregat dalam berbagai campuran agregat yang dianalisis berdasarkan volume absolut. Pengujian penyerapan air untuk menghitung perubahan berat pada agregat yang menyerap ke dalam pori partikel dibanding saat kondisi kering (SNI 1969:2016, 2016). Kadar air pada batu pecah diperoleh sebesar 1,8%. Pengujian kadar air pada agregat berfungsi untuk mengukur kandungan air yang ada pada contoh agregat (SNI 1971:2011, 2011). Kadar lumpur pada batu pecah diperoleh sebesar 0,7%. Agregat sebagai campuran beton diisyaratkan memiliki kadar lumpur maksimum 1% (SK SNI S 04-1989-F, 1989).

Semen yang digunakan pada campuran beton berpori yaitu semen portland tipe I. Semen portland tipe I yaitu semen untuk penggunaan umum yang tidak perlu memerlukan persyaratan-persyaratan khusus (SNI 15-2049-2004, 2004). Penggunaan Semen Portland tipe I sesuai dengan panduan desain perkerasan beton berpori. Air yang digunakan harus dipastikan layak sebagai campuran beton berpori. Adapun air yang disarankan yaitu air yang tidak berbau, tidak berwarna atau keruh, tawar, memiliki

pH 7, dan tidak terkandung zat-zat yang dapat merusak beton berpori. Beton berpori harus proporsional dengan rasio air dan semen yang relatif rendah (0,26-0,45) karena jumlah air yang berlebihan akan menyebabkan pori yang ada pada beton berpori tersumbat. Pengaruh air pada campuran beton mempengaruhi *workability*, dan besar kecilnya nilai susut. Pada penelitian ini air yang dipergunakan diambil langsung di laboratorium teknik sipil UKRIDA dan diuji nilai pH-nya.



Gambar 2. Zat kimia tambahan

Zat tambahan kimia yang digunakan sebagai campuran beton berpori ditunjukkan pada Gambar 2. Zat tambahan kimia tersebut berupa zat kimia cair yang berwarna putih susu yang khusus digunakan pada campuran beton berpori. Selama proses pencampuran berlangsung, memiliki sifat kimiawi non klorida dan non korosif. Penggunaan zat tambahan kimia ini mampu meningkatkan daya lekat pasta dengan agregat, meningkatkan pemadatan, dan meningkatkan kekuatan beton berpori. Dosis yang disarankan yaitu 2 gal/cu.yd (10 l/m³) sampai dengan 5 gal/cu.yd (25 l/m³).



Gambar 3. Serat *polypropylene*

Serat *polypropylene* yang digunakan sebagai campuran beton berpori ditunjukkan pada Gambar 3. Serat *polypropylene* digunakan yaitu serat mikro sintesis berupa filamen-filamen. Apabila serat *polypropylene* dicampurkan dengan campuran beton berpori untaian tersebut akan terurai. Panjang serat *polypropylene* 12 mm dan diameternya 18 mikron. Serat ini memiliki sifat tahan terhadap asam dan alkali, serta serat ini memiliki titik leleh 160°C. Serat *polypropylene* memiliki kepadatan ~900 kg/m³, kuat tarik sebesar 600-700 N/mm², dan E-modulus sebesar 5.000-

15.000 N/mm². Penambahan serat *polypropylene* pada penelitian beton berpori ini sebagai bahan campuran yang terdiri dari beberapa variasi kadar. Penambahan serat *polypropylene* diharapkan meningkatkan kuat tekan dan nilai permeabilitas yang baik.

Pembuatan benda uji

Beton berpori memiliki karakteristik yang berongga-rongga. Fungsi rongga pada beton berpori dalam menyalurkan air ke dalam tanah. Ukuran dari rongga udara beton berpori sebesar 15–35% dengan nilai kuat tekan antara 2,8 – 28 MPa dan nilai slump hampir mendekati nol (ACI Committee 522, 2010).

Perencanaan campuran beton berpori dihitung berdasarkan panduan proporsi pencampuran ACI 522R-10. Campuran beton berpori yang dibuat terdiri dari dua jenis yaitu; 1) beton berpori dengan bahan tambah zat kimia 25 l/m³, 2) beton berpori dengan bahan tambah zat kimia 25 l/m³ dan serat *polypropylene* dengan kadar 0,05%, 1%, 0,15%, 0,20%, dan 0,25% terhadap berat semen yang digunakan.

Pembuatan benda uji perlu memperhatikan rasio air dan semen (*w/cm*). Rasio air dan semen adalah pertimbangan penting untuk memperoleh kekuatan dan struktur rongga yang diinginkan pada beton berpori. Rasio *w/cm* yang tinggi akan mengurangi daya lekat pasta ke agregat dan menyebabkan pasta mengalir serta mengisi pada rongga bahkan pada saat dipadatkan secara ringan. Namun apabila rasio *w/cm* rendah menyebabkan campuran tidak tercampur secara merata antara pasta dengan agregat, sehingga mengurangi kekuatan dan daya tahan pada beton berpori.

Adapun beton berpori harus proporsional dengan rasio air dengan semen dalam kisaran 0,26 hingga 0,45 akan memberikan stabilitas pada pasta. Kontrol kelembaban pada agregat sangat penting untuk menghasilkan beton berpori yang konsisten.

Pada penelitian ini dibuat benda uji yang terdiri enam variasi. Benda uji dibuat dengan menggunakan cetakan berbentuk silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Jumlah benda uji yang dibuat untuk setiap variasi berjumlah 11 benda uji. Adapun faktor air semen yang digunakan 0,4. Komposisi campuran beton berpori diperoleh dari *trial and error* pada pengujian sebelumnya. Kriteria penilaian pada *mix design* yang memenuhi syarat yang baik yaitu volume, *workability*, dan keseragaman pada berat benda uji. Adapun komposisi yang diperoleh berdasarkan hasil *trial and error* yang akan digunakan sebagai rancangan campuran utama ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Komposisi beton berpori

Material	Satuan	Kebutuhan (m ³)
Semen	kg	431,94
Air	liter	147,78
Agregat kasar	kg	1475,24
Zat tambahan kimia	liter	25,00
Faktor air semen		0,40
Rongga		0,10

Pembuatan benda uji dibuat dengan menggunakan mesin mixer molen elektrik. Agregat dan semen dimasukkan ke dalam molen elektrik dan diaduk (*dry mix*) selama 1 menit hingga tercampur merata. Air sebanyak 2/3 dari total kebutuhan dimasukkan kedalam molen elektrik dan diaduk selama tiga menit. Selanjutnya penambahan 1/3 air, zat tambahan kimia maupun serat *polypropylene* dan dilanjutkan pengadukan selama 4 menit. Mesin molen elektrik dimatikan sementara dan dilakukan pengadukan secara manual untuk menghindari adanya campuran yang tidak tercampur secara merata. Dilanjutkan dengan menyalakan kembali untuk pengadukan campuran beton berpori selama dua menit untuk mendapatkan campuran yang sempurna dan serat tersebar merata keseluruhan campuran beton berpori.

Campuran beton berpori yang telah selesai diaduk dicetak dengan menggunakan cetakan silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Campuran beton dimasukkan ke dalam cetakan secara bertahap, cetakan diisi campuran beton sepertiga dari volume mold dan dipadatkan. Proses pemadatan dilakukan dengan cara ditusuk 25 kali menggunakan tongkat dari baja yang lurus dengan ujung yang berbentuk bulat sampai terisi penuh. Cetakan yang telah terisi penuh kemudian dibungkus dengan plastik untuk mencegah terjadinya kehilangan air secara berlebihan.

Benda uji didiamkan selama 24 jam atau kering kemudian dikeluarkan dari cetakan dan ditimbang serta diberi kode benda uji. Perawatan benda uji dengan cara *curing* dilakukan setelah beton kering sampai mencapai umur yang telah ditentukan untuk dilakukan pengujian. Pelaksanaan *curing* pada beton mempengaruhi kualitas, keawetan, pecegah susut dan retak pada beton, oleh karena itu perlu diperhatikan durasi dan kualitas pelaksanaan *curing*. Metode *curing* yang dilakukan adalah dengan cara perendaman.

Prosedur pengujian

Pengujian pada benda uji terdiri dari pengujian kuat tekan dan permeabilitas. Pengujian pada benda uji dilakukan setelah *curing* sampai pada umur yang telah ditentukan. Pengujian dilaksanakan di

Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kristen Krida Wacana (UKRIDA).

Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan pada benda uji untuk mengetahui perkembangan kuat tekan saat diberi beban setiap periodenya. Kekuatan beton dipengaruhi oleh faktor air semen, rasio agregat dengan semen, derajat kepadatan beton, umur beton, kualitas agregat, jumlah semen yang digunakan, upaya pemadatan dan perawatan beton berpori.

Metode pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini merujuk pada SNI 1974:2011. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil uji kuat tekan beton yaitu bentuk geometri benda uji, arah pembebanan terhadap arah pengecoran, ukuran benda uji, suhu benda uji, dan laju pembebanan pada alat pengujian. Bentuk kerusakan benda uji yang telah diberi pembebanan secara umum terdiri dari tiga yaitu pola kerusakan kerucut, pola kerusakan kerucut dan belah, serta pola kerusakan sejajar dengan sumbu tegak. Hasil kuat tekan beton dihitung menggunakan Persamaan 1 (SNI 1974:2011, 2011).

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dimana f_c adalah kuat tekan beton (MPa), P adalah beban maksimum (N), dan A adalah luas penampang melintang benda uji (mm^2). Alat pengujian kuat tekan yang digunakan yaitu *ADR Touch SOLO 2000 Semi-Automatic Compression Machine with Digital Readout*. Metode pengujian mengacu pada SNI 1974:2011 mengenai cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder.

Kuat tekan beton berpori tergolong lebih rendah apabila dibandingkan dengan kuat tekan beton konvensional. Kuat tekan beton berpori dipengaruhi oleh proporsi campuran dan pemadatan selama pengecoran.

Penggunaan perkerasan beton berpori hanya cocok untuk diaplikasikan pada jalur pejalan kaki, tempat parkir, dan jalan-jalan perumahan maupun pada jalan taman. Pada penelitian ini adapun kuat tekan beton berpori yang direncanakan sebesar 16 MPa pada umur 28 hari. Penentuan kuat tekan berdasarkan standar bata beton mutu C yang digunakan untuk pejalan kaki (SNI 03-0691-1996, 1996).

Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan berdiameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Pengujian beton berpori dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan menggunakan alat uji kuat tekan yang terdapat pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kristen Krida Wacana (UKRIDA).

Sebelum pengujian, benda uji dilapisi oleh belerang ataupun *gypsum* secara merata pada bagian atas dan bawah. Pengujian kuat tekan pada benda uji dilakukan dengan cara memberi pembebanan hingga benda uji hancur, kemudian mencatat beban maksimum yang diterima selama pembebanan.

Pengujian permeabilitas

Pengujian permeabilitas beton berpori dilakukan untuk mengetahui besarnya debit air yang mengalir pada pori. Permeabilitas tidak hanya ditentukan oleh porositasnya saja, akan tetapi dipengaruhi oleh kapiler yang saling menghubungkan. Kapiler terbagi dalam ruas-ruas memiliki pengaruh besar terhadap nilai permeabilitas beton. Nilai permeabilitas beton berpori berkisar dari 81 – 730 Liter/min/m² atau sekitar 0,14 – 1,22 cm/detik (ACI Committee 522, 2010).

Pengujian permeabilitas dimaksudkan untuk mengetahui mix desain beton berpori yang dibuat dapat mengalirkan air dengan baik. Pada penelitian ini yang diperhitungkan yaitu hanya arah vertikal saja. Metode pengujian permeabilitas yang digunakan pada penelitian ini yaitu *falling head water permeability test (FHP)*. Metode ini untuk mengukur koefisien permeabilitas beton berpori, dimana air di dalam pipa jatuh bebas pada ketinggian tertentu sampai melewati rongga-rongga beton berpori berdasarkan model Neithalath yang disebutkan dalam ACI 522R-10. Alat pengujian peremabilitas yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Alat permeabilitas beton berpori

Untuk mengetahui nilai permeabilitas dilakukan pengujian kecepatan penurunan muka air pada beton, dengan menghitung debit air yang turun. Koefisien permeabilitas dapat dihitung menggunakan Persamaan 2 (Neithalath *et al.*, 2006).

$$k = \frac{A_1 \times l}{A_2 \times t} \times \left[\log \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \right] \quad (2)$$

dimana k adalah koefisien permeabilitas (cm/s), A_1 adalah luas alas benda uji (mm), A_2 adalah luas alas pipa (mm), l adalah tinggi benda uji (mm), t adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari h_1 ke h_2 (s), h_1 adalah tinggi muka air awal (mm), dan h_2 adalah tinggi muka air akhir (mm).

Tahap-tahap pengujian permeabilitas ini yaitu mempersiapkan alat uji permeabilitas dan pemasangan benda uji beton berpori pada bagian bawah alat tersebut. Untuk mencegah adanya kebocoran pada pipa perlu dikencangkan menggunakan klem untuk permeabilitas vertikal. Pengisian air pada kedua sisi pipa hingga sama rata dengan tinggi permukaan bak air. Kemudian katup pada pipa ditutup. Pada sisi beton dilakukan pengisian air kembali sampai mencapai ketinggian yang telah ditentukan. Sebelum membuka katup pada pipa perlu mempersiapkan alat tulis dan *stopwatch*. Katup pada pipa alat uji permeabilitas dibuka bersamaan dengan *stopwatch* dimulai. Waktu yang dihitung yaitu hingga pada kedua sisi pipa mencapai elevasi yang sama rata.

Hasil dan Pembahasan

Benda uji yang dibuat menunjukkan secara visual seperti beton berpori pada umumnya, hanya saja beton berpori dengan penambahan variasi kadar serat *polypropylene* memiliki serat di permukaan beton. Penambahan zat tambahan kimia dan serat *polypropylene* pada campuran beton berpori memiliki pengaruh yang baik. Pada saat pengeluaran benda uji dari cetakan silinder, daya lekat masih lemah antara batu pecah dengan semen. Namun setelah dilakukan proses *curing* dengan cara perendaman sesuai waktu yang ditentukan pada bak air benda uji menjadi kokoh dan dilakukan pengujian kuat tekan dan permeabilitas.

Hasil pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan beton berpori dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari. Pengujian kuat tekan sebanyak 3 benda uji pada setiap variasi kadar serat *polypropylene* sesuai dengan umur pengujian. Sebelum pengujian setiap benda uji terlebih dahulu ditimbang beratnya untuk mengetahui kerapatannya. Pengujian benda uji berdasarkan komposisi campuran beton berpori yang diperoleh dari *trial and error*, hanya menggunakan zat tambahan kimia sebesar 25 liter/m³. Hasil pengujian kuat tekan yang diperoleh mengalami peningkatan pada umur 7 hari diperoleh sebesar 11,17 MPa, umur 14 hari sebesar 14,20 MPa, dan pada umur 28 hari sebesar 16,0 MPa.

Pemilihan campuran dari *trial and error* yang akan digunakan sebagai komposisi beton berpori normal diperlukan beberapa pertimbangan. Hasil pengujian

menunjukkan kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari sebesar 16,0 MPa. Hasil yang diperoleh mencapai kuat tekan yang direncanakan. Berdasarkan analisis tersebut, maka komposisi campuran tersebut yang dipilih sebagai komposisi campuran beton berpori normal dan digunakan sebagai komposisi dasar dalam penambahan serat *polypropylene*. Campuran beton berpori dengan zat tambahan kimia dan variasi kadar serat *polypropylene* diperoleh hasil yang ditunjukkan dalam Tabel 2. Data yang ditampilkan pada Tabel 2 merupakan nilai rata-rata yang diperoleh dari ketiga benda uji pada setiap variasi kadar serat *polypropylene* sesuai dengan waktu pengujian.

Tabel 2. Hasil rata-rata pengujian kuat tekan dalam satuan MPa

Umur (hari)	Kadar serat <i>polypropylene</i> (%)				
	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
7	12,23	12,30	12,55	13,00	13,30
14	13,45	13,50	14,23	14,55	14,87
28	16,15	16,20	16,65	16,75	16,90

Kuat tekan beton berpori dengan lima variasi penambahan kadar serat *polypropylene* mengalami peningkatan dengan pola peningkatan yang hampir sama (Tabel 2). Pada umur 28 hari semua variasi kadar serat *polypropylene* cenderung stabil. Penambahan serat *polypropylene* sebesar 25% dari berat semen yang digunakan menghasilkan kuat tekan paling tinggi di semua umur pengujian, yaitu sebesar 16,90 MPa. Kemudian disusul secara berturut-turut penambahan kadar serat *polypropylene* 0,2% dari berat semen sebesar 16,75 MPa, kadar serat *polypropylene* 0,15% dari berat semen sebesar 16,65 MPa, kadar serat *polypropylene* 0,1% dari berat semen sebesar 16,20 MPa, dan kadar serat *polypropylene* 0,05% dari berat semen sebesar 16,15 MPa.

Tampak bahwa penambahan kadar serat *polypropylene* dengan beberapa variasi dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton berpori (Tabel 2). Peningkatan kekuatan beton berpori signifikan terjadi pada saat beton berpori berumur 28 hari ke bawah. Kuat tekan beton berpori masih berada pada rentang angka yang diisyaratkan ACI 522R-10 berkisar dari 2,8 – 28 MPa, dan mutu kuat tekan beton memenuhi perencanaan, yaitu sebesar 16 MPa.

Hasil pengujian permeabilitas

Pengujian permeabilitas beton berpori dilakukan pada umur 28 hari. Pengujian permeabilitas sebanyak dua benda uji pada setiap variasi kadar serat *polypropylene*. Pada komposisi awal campuran beton berpori dengan menggunakan zat tambahan kimia sebesar 25 l/m³, hasil pengujian

permeabilitas diperoleh waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir pada pori beton sebesar 240,25 detik. Berdasarkan hasil tersebut nilai koefisien permeabilitas yang diperoleh sebesar 0,30 cm/detik. Hasil pengujian permeabilitas beton berpori dengan menggunakan zat tambahan kimia dan variasi bahan campuran yaitu serat *polypropylene* ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian permeabilitas

Kadar serat <i>polypropylene</i> (%)	k (cm/detik)
0,00	0,30
0,05	0,28
0,10	0,26
0,15	0,24
0,20	0,23
0,25	0,21

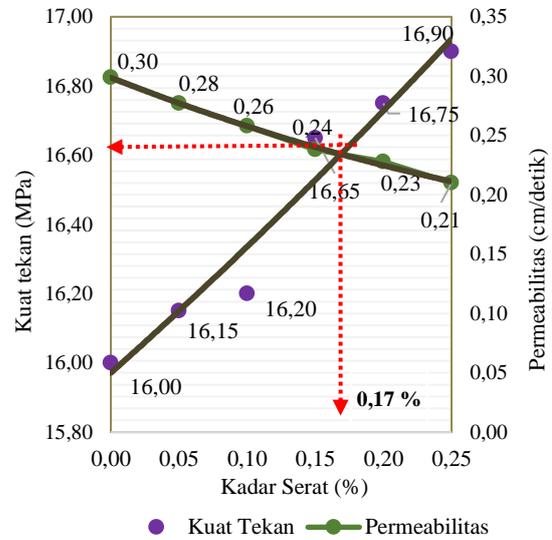
Tabel 3 memperlihatkan bahwa hasil pengujian permeabilitas beton berpori untuk keseluruhan tipe sesuai dengan rancangan pembuatan benda uji. Pada campuran beton berpori tanpa menggunakan bahan tambahan serat *polypropylene* diperoleh nilai koefisien permeabilitas sebesar 0,30 cm/detik. Namun dengan penambahan variasi kadar serat *polypropylene* diperoleh hasil yang cenderung mengalami penurunan. Penurunan permeabilitas dipengaruhi oleh semakin banyaknya serat *polypropylene* yang digunakan pada campuran beton berpori. Penambahan serat *polypropylene* 0,05% terhadap berat semen diperoleh nilai koefisien permeabilitas sebesar 0,28 cm/detik, disusul secara berturut-turut pada kadar serat *polypropylene* 0,10% nilai koefisien permeabilitas sebesar 0,26 cm/detik, kadar serat *polypropylene* 0,15% nilai koefisien permeabilitas sebesar 0,24 cm/detik, kadar serat *polypropylene* 0,20% nilai koefisien permeabilitas sebesar 0,23 cm/detik, dan kadar serat *polypropylene* 0,25% diperoleh nilai koefisien permeabilitas sebesar 0,21 cm/detik.

Berdasarkan hasil pengujian permeabilitas pada Tabel 3 menunjukkan bahwa beton berpori tanpa penggunaan serat *polypropylene* lebih mudah mengalirkan air masuk kedalam tanah. Nilai koefisien permeabilitas beton yang diperoleh masih dalam rentang angka yang diisyaratkan ACI 522R-10 yaitu berkisar dari 0,14 – 1,22 cm/detik.

Hubungan hasil kuat tekan dengan permeabilitas beton berpori

Pengujian kuat tekan dan permeabilitas beton berpori untuk mengetahui variasi kadar yang paling optimum yang dapat diaplikasikan pada jalur pejalan kaki. Hasil pengujian kuat tekan dan permeabilitas beton berpori dengan penambahan variasi kadar serat *polypropylene* berpengaruh

terhadap nilai kuat tekan dan permeabilitas. Hubungan kuat tekan dengan permeabilitas yang diperoleh dari campuran beton berpori dengan menggunakan zat tambahan kimia dan variasi bahan campuran yaitu serat *polypropylene* ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hubungan nilai kuat tekan dan permeabilitas beton berpori

Pada Gambar 5 diketahui bahwa beton berpori tanpa penambahan serat *polypropylene*, mempunyai nilai koefisien permeabilitas yang lebih baik dari beton berpori yang menggunakan serat *polypropylene*. Namun hasil kuat tekan yang diperoleh semakin meningkat dengan semakin tingginya penambahan serat *polypropylene*.

Hasil pengujian kuat tekan tertinggi diperoleh pada campuran beton berpori dengan penambahan serat *polypropylene* 0,25% terhadap berat semen yang digunakan sebesar 16,90 MPa pada umur 28 hari, akan tetapi nilai koefisien permeabilitas mengalami penurunan diperoleh 0,21 cm/detik. Sedangkan untuk campuran beton berpori tanpa penggunaan serat *polypropylene* diperoleh nilai koefisien permeabilitas yang lebih tinggi sebesar 0,30 cm/detik, tetapi kuat tekan yang diperoleh lebih rendah pada umur 28 hari.

Garis lurus pada grafik Gambar 5 menunjukkan peningkatan yang stabil pada nilai kuat tekan dan permeabilitas beton berpori. Dua garis lurus saling memotong sehingga dapat diperkirakan bahwa kadar optimal penggunaan serat *polypropylene* pada campuran beton berpori 0,17% terhadap berat semen. Penggunaan kadar optimal penggunaan serat *polypropylene* sebesar 0,17% terhadap berat semen, jika dihubungkan dengan ACI 522R-10 rentang nilai kuat tekan berkisar 16,60 MPa dan koefisien permeabilitas berkisar 0,23 cm/detik.

Kesimpulan

Beton berpori dengan penggunaan zat tambahan kimia dan tanpa penambahan serat *polypropylene* diperoleh nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan beton berpori dengan penambahan serat *polypropylene*, tetapi nilai koefisien permeabilitas yang lebih tinggi. Beton berpori dengan penambahan zat tambahan kimia dan variasi kadar serat *polypropylene* memberikan pengaruh terhadap peningkatan kuat tekan. Semakin banyaknya penambahan serat *polypropylene* akan berpotensi meningkatkan nilai kuat tekan campuran beton berpori. Adapun serat *polypropylene* sebanyak 0,25% akan meningkatkan nilai kuat tekan sebesar 5,63%.

Penggunaan serat *polypropylene* pada campuran beton berpori juga memberikan pengaruh terhadap penurunan nilai permeabilitas, semakin banyaknya penambahan serat *polypropylene* akan berpotensi menurunkan nilai permeabilitas. Penurunan nilai permeabilitas sebesar 30%.

Berdasarkan hasil grafik kuat tekan dan permeabilitas yang diperoleh, didapatkan kadar optimal penggunaan serat *polypropylene* pada campuran beton berpori sebesar 0,17% terhadap berat semen yang digunakan. Jadi dengan adanya penambahan serat *polypropylene* yang optimal tersebut akan mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 16,60 MPa dan permeabilitas sebesar 0,23 cm/detik. Hal ini sudah sesuai dengan standar beton berpori pada ACI 522R-10.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT. Sika Indonesia yang memberikan dukungan sehingga penelitian ini terlaksana dan dapat berjalan dengan baik.

Daftar Pustaka

American Concrete Institute 522R-10. (2010). *Report on pervious concrete*. Michigan, United States: ACI Committee 522.

ASTM Standard C33. (2003). *Standard specification for concrete aggregates*. United State: ASTM International.

Aulia, A.N. (2018). Karakteristik Beton Berpori (Pervious Concrete) Dengan Penambahan Admixture Terhadap Laju Alir, Kuat Tekan, dan Kuat Tarik Belah. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.

Badan Standarisasi Nasional. (1996). *SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (paving block)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. (2004). *SNI 15-2049-2004 tentang semen portland*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. (2016). *SNI 1969:2016 tentang metode uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. (2011). *SNI 1971:2011 tentang cara uji kadar air total dengan pengeringan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. (1989). *SK SNI S 04-1989-F tentang spesifikasi bahan bangunan bagian a (bahan bangunan bukan logam)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. (2011). *SNI 1974:2011 tentang cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder*. Jakarta, Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.

Hanta, L., & Makmur, A. (2015). *Studi Eksperimental Pengaruh Bentuk Agregat terhadap Nilai Porositas dalam Campuran Beton Berpori pada Aplikasi Jalur Pejalan Kaki*. In FSTPT Internasional Symposium.

Makmur, A., Rachmansyah, Budirahardjo, E.K., Parsono, T., Tedjasukmana, N., Nainggolan, R., Sukarno, P.O., Paganggi, W.R. (2017). *Experimental Study on Porous Concrete Regarding to Its Aggregates Variations of Compositions, Shapes, and Types for Sidewalk Application*. Ico-ASCNITECH, pp. 121-126. Padang: Politeknik Negeri Padang and Politeknik Ibrahim Sultan.

Neithalath, N., Weiss, J., & Olek, J. (2006). *Predicting the Permeability of Pervious Concrete (Enhanced Porosity Concrete) from Non-Destructive Electrical Measurements*.

Pratomo, E.P., Setyawan, A., & Djumari. (2016). Pengaruh gradasi terhadap porositas dan kuat tekan beton berpori. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 723-730.

Putra, B.H. (2011). Studi Analisa Campuran Beton Berpori sebagai Material Ramah Lingkungan Berdasarkan Nilai Kuat Tekan dan Tingkat Peresapan Air. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Bina Nusantara.