

Perbandingan Kuat Tekan Dan Porositas Beton Porous Menggunakan Agregat Kasar Bergradasi Seragam Dengan Gradasi Menerus

Arusmalem Ginting

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra, Yogyakarta
Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57 Yogyakarta 55231 Telp/Fax . (0274) 543676
Email: agintingm@yahoo.com

Abstrak

Beton porous adalah jenis beton khusus dengan porositas tinggi. Campuran beton porous terdiri dari semen, air, dan agregat kasar berukuran tunggal (bergradasi seragam). Agregat kasar bergradasi seragam sulit didapatkan di pasaran dan biasanya yang tersedia adalah agregat kasar bergradasi menerus. Kuat tekan dan porositas merupakan dua hal yang sangat penting pada beton porous. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui perbandingan kuat tekan dan porositas beton porous menggunakan agregat kasar bergradasi seragam dengan gradasi menerus.

Gradasi agregat kasar (kerikil) yang digunakan pada pembuatan beton porous pada penelitian ini ada dua jenis yaitu gradasi seragam dan gradasi menerus. Rasio berat agregat/semen yang digunakan adalah 4 dan 5, dan faktor air semen (FAS) adalah 0,27. Bahan kimia tambahan yang digunakan adalah *SicaCim Concrete Additive* dengan dosis 7,5 ml/kg semen. Benda uji berupa silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah benda uji untuk setiap variasi campuran sebanyak 3 buah dan total benda uji sebanyak 27 buah. Perawatan dilakukan dengan merendam benda uji dalam bak yang berisi air. Pengujian porositas dan kuat tekan beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari.

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar ukuran maksimum kerikil bergradasi seragam dan bergradasi menerus yang digunakan mengakibatkan semakin kecil kuat tekan dan semakin besar porositas. Kuat tekan beton porous menggunakan agregat gradasi seragam lebih rendah dari gradasi menerus. Kuat tekan beton porous menggunakan agregat gradasi seragam tertinggi sebesar 8,92 MPa dan gradasi menerus sebesar 14,04 MPa. Porositas beton porous menggunakan agregat gradasi seragam lebih tinggi dari gradasi menerus. Porositas beton porous menggunakan agregat gradasi seragam tertinggi sebesar 87,68 ltr/dt/m² dan gradasi menerus sebesar 37,86 ltr/dt/m². Berat volume beton porous menggunakan agregat gradasi seragam lebih rendah dari gradasi menerus.

Kata Kunci: Beton porous, kuat tekan, porositas.

1. Pendahuluan

Beton non pasir adalah campuran antara semen, air, dan agregat kasar berukuran tunggal, yang dikombinasikan untuk menghasilkan bahan struktural berpori. Beton non pasir memiliki volume pori tinggi, yang mengakibatkan kekuatannya rendah dan bersifat ringan. Beton non pasir memiliki banyak nama yang berbeda diantaranya adalah beton tanpa agregat halus (*zero-fines concrete*), beton yang dapat tembus (*pervious concrete*), dan beton berpori (*porous concrete*) (Harber, 2005).

Beton porous adalah jenis beton khusus dengan porositas tinggi yang diaplikasikan sebagai plat beton yang memungkinkan air hujan dan air dari sumber-sumber lain untuk dapat melewatinya, sehingga mengurangi limpasan permukaan dan meningkatkan muka air tanah (NRMCA, 2004).

Aplikasi umum untuk beton porous adalah untuk lapangan parkir, trotoar, jalan setapak, lapangan tenis, taman, stabilisasi lereng, teras kolam renang, lantai rumah kaca, area kebun

binatang, bahu jalan, drainase, peredam kebisingan, lapisan permukaan untuk perkerasan jalan raya, lapisan permeabel di bawah perkerasan beton, dan jalan dengan volume lalu lintas rendah. Beton yang dapat tembus umumnya tidak digunakan untuk perkerasan dengan lalu lintas padat dan beban roda berat (Obla, 2007).

Beton porous diperoleh dengan menghilangkan agregat halus dari campuran sehingga didapat aglomerasi nominal partikel agregat kasar satu ukuran, yang masing-masing diselimuti oleh lapisan pasta semen sampai sekitar 1,3 mm (0,05 inci) tebalnya (Neville dan Brooks, 2010).

Berdasarkan ACI 522R-10 *mix design* untuk 1 m³ *pervious concrete* terdiri dari: semen (270 - 415 kg), agregat (1190 - 1480 kg), faktor air semen (0,27 - 0,34), dan menggunakan *chemical admixtures*.

Abadjieva dan Sephiri (2000) melakukan penelitian beton non pasir dengan perbandingan berat agregat dengan semen dari 6 : 1 sampai 10 :

1. Kuat tekan beton non pasir pada umur 28 hari bervariasi antara 1,1 sampai 8,3 MPa, tergantung pada perbandingan agregat dengan semen, dan penurunan terjadi dengan meningkatnya perbandingan agregat dengan semen. Campuran dengan perbandingan agregat dengan semen 6 : 1 merupakan yang terkuat. Kuat tekan beton non pasir lebih rendah dari kuat tekan beton normal konvensional disebabkan oleh peningkatan porositas.

Gradasi adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Jika butir agregat memiliki ukuran yang sama (seragam) maka volume pori besar. Jika butir agregat memiliki ukuran bervariasi maka volume pori kecil, karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar sehingga porinya sedikit dan kepadatannya tinggi. Gradasi seragam adalah gradasi yang memiliki ukuran sama atau seragam, sedangkan gradasi menerus adalah gradasi yang memiliki semua ukuran butir dan terdistribusi dengan baik (Tjokrodinuljo, 1996).

Pada pembuatan beton porous biasanya disarankan untuk menggunakan agregat kasar bergradasi seragam. Agregat kasar bergradasi seragam sulit didapatkan di pasaran dan biasanya yang tersedia adalah agregat kasar bergradasi menerus.

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian mengenai perbandingan kuat tekan dan porositas beton porous menggunakan agregat kasar bergradasi seragam dengan gradasi menerus.

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif yaitu dengan melakukan eksperimen di laboratorium.

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari semen dan agregat kasar (kerikil) yang berasal dari Merapi, Sleman, Yogyakarta. Gradasi agregat kasar (kerikil) yang digunakan ada dua jenis yaitu gradasi seragam dan gradasi menerus. Ukuran maksimum kerikil dengan gradasi seragam ada tiga jenis yaitu 10 mm, 20 mm, dan 40 mm. Ukuran maksimum kerikil dengan gradasi menerus ada dua jenis yaitu 20 mm dan 40 mm.

Rasio berat agregat/semen yang digunakan ada dua jenis yaitu 4 dan 5, dan faktor air semen (FAS) yang digunakan adalah 0,27. Bahan kimia tambahan yang digunakan adalah *SicaCim Concrete Additive*, dengan dosis 7,5 ml/kg semen.

Jumlah benda uji setiap variasi adalah 3 buah, dan dengan jumlah total benda uji sebanyak 27 buah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada penelitian ini dilakukan beberapa jenis pengujian, diantaranya adalah: pengujian

pendahuluan agregat kasar (kerikil), pengujian kuat tekan, pengujian porositas, dan pengujian berat volume beton porous. Hasil pengujian pendahuluan agregat kasar (kerikil) dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Gambar 1 sampai Gambar 5.

Tabel 1. Benda uji

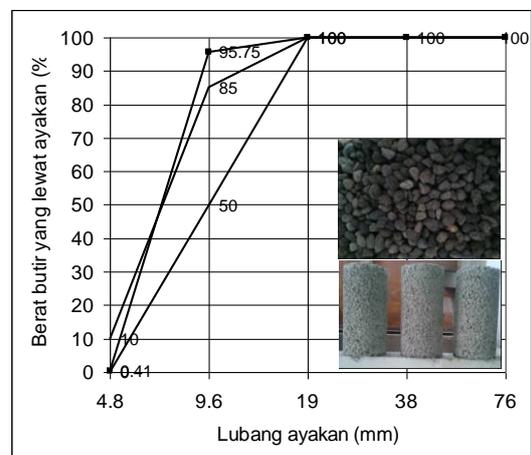
No.	Ukuran maks. kerikil (mm)	Jenis Gradasi	Rasio Kerikil/Semen	Benda uji silinder (buah)
1	10	Seragam	4	3
2	20	Seragam	4	3
3	40	Seragam	4	3
4	20	Seragam	5	3
5	40	Seragam	5	3
6	20	Menerus	4	3
7	40	Menerus	4	3
8	20	Menerus	5	3
9	40	Menerus	5	3
				27

Tabel 2. Hasil pengujian kerikil gradasi seragam

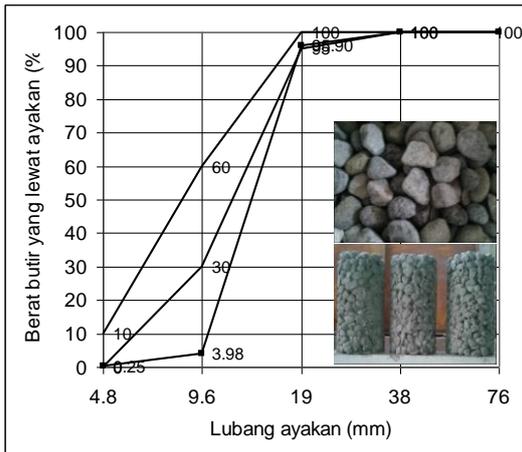
No.	Jenis Pemeriksaan	Ukuran maks. kerikil (mm)			Satuan
		10	20	40	
1	Berat jenis (SSD)	2,274	2,341	2,338	-
2	Penyerapan	3,407	2,596	2,556	%
3	Berat isi	1,498	1,523	1,536	gr/cm ³
4	Kadar air	0,523	0,624	0,543	%
5	MHB	6,018	6,986	7,979	-

Tabel 3. Hasil pengujian kerikil gradasi menerus

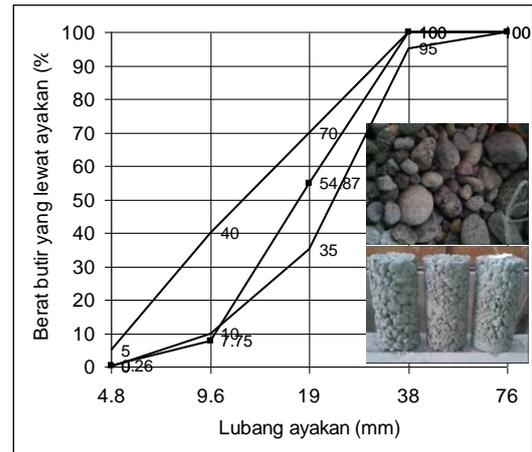
No.	Jenis Pemeriksaan	Ukuran maks. kerikil (mm)		Satuan
		20	40	
1	Berat jenis (SSD)	2,365	2,409	-
2	Penyerapan	2,504	2,601	%
3	Berat isi	1,528	1,618	gr/cm ³
4	Kadar air	0,482	0,563	%
5	MHB	6,958	7,358	-



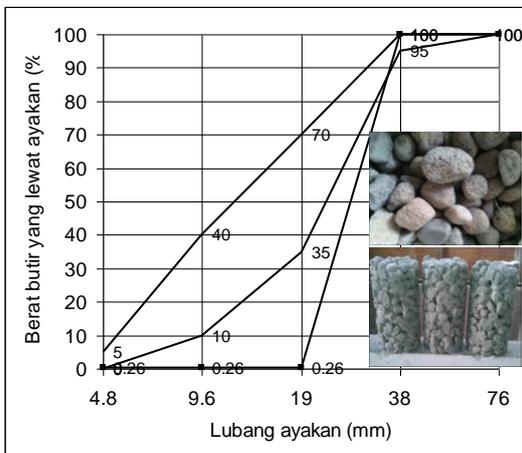
Gambar 1. Gradasi seragam kerikil ukuran maksimum 10 mm



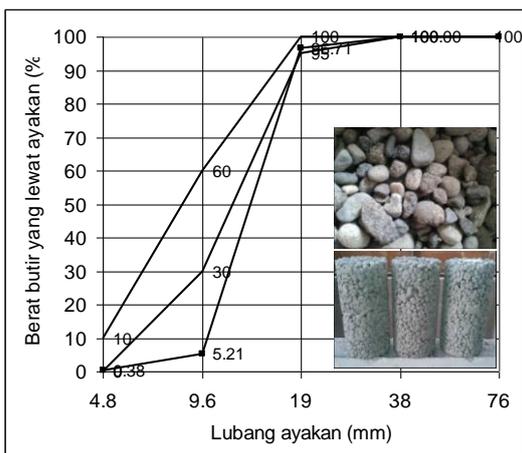
Gambar 2. Gradasi seragam kerikil ukuran maksimum 20 mm



Gambar 5. Gradasi menerus kerikil ukuran maksimum 40 mm



Gambar 3. Gradasi seragam kerikil ukuran maksimum 40 mm



Gambar 4. Gradasi menerus kerikil ukuran maksimum 20 mm

Penelitian ini menggunakan alat-alat utama sebagai berikut: beton molen digunakan untuk mencampur dan mengaduk beton, *compression machine* digunakan untuk menguji kuat tekan beton, dan alat *falling head* untuk pengujian porositas.

Banda uji pada penelitian mengacu pada SNI 03-1974-1990. Cetakan benda uji berupa silinder dengan diameter 152 mm dan tinggi 305 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. Setelah 24 jam cetakan dibuka dan benda uji dikeluarkan lalu direndam dalam bak perendam berisi air pada temperatur 25° C. Untuk lebih jelasnya benda uji yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8.

Pengujian kuat tekan beton mengacu pada SNI 03-1974-1990. Prosedur pengujian melalui tahapan sebagai berikut:

- Benda uji ditetakkan sentris pada mesin tekan.
- Mesin tekan dijalankan dengan penambahan beban antara 2 sampai 4 kg/cm² per detik.
- Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur.
- Beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji dicatat.
- Kuat tekan beton dihitung dari besarnya beban persatuan luas.



Gambar 6. Benda uji



Gambar 7. Benda uji dicapung mortar



Gambar 8. Benda uji dicapung belerang

Pengujian porositas beton melalui tahapan sebagai berikut:

- Benda uji diletakkan di bagian bawah alat uji porositas yang berdiameter 15 cm.
- Ujung atasnya dimasukan pipa berdiameter 15 cm dengan panjang 1 meter, pada sambungan diberi plester agar tidak bocor.
- Pipa diisi air setinggi benda uji, pipa penghubung yang satunya berdiameter 8 cm ditutup.
- Pipa diisi air setinggi 1 meter penuh, kemudian penutup pipa diameter 8 cm dilepas, sehingga air mengalir dari dalam pipa menembus beton.
- Waktu yang diperlukan air untuk menembus beton sampai air berkurang 50 cm yang telah diberi tanda dicatat.
- Debit dihitung dari besarnya air yang berkurang dibagi waktu.

Untuk lebih jelasnya pengujian porositas beton dapat dilihat pada Gambar 9.



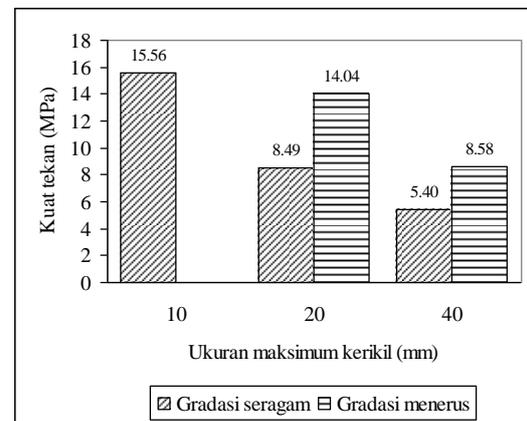
Gambar 9. Pengujian porositas

3. Hasil dan Pembahasan

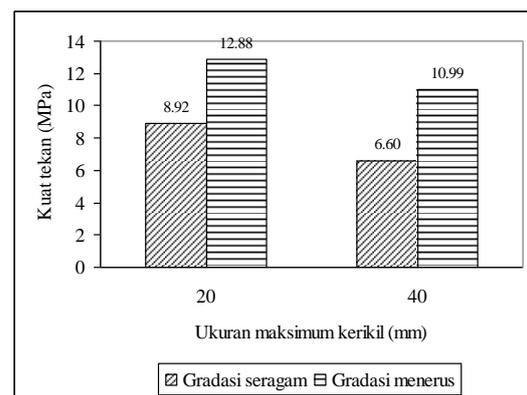
Kuat tekan beton porous pada berbagai rasio agregat semen, jenis gradasi, dan ukuran maksimum kerikil adalah seperti Tabel 4, Gambar 10, dan Gambar 11 berikut ini.

Tabel 4. Kuat tekan beton porous

No.	Ukuran maks. kerikil (mm)	Jenis Gradasi	Rasio Kerikil/Semen	Kuat tekan rata-rata (MPa)
1	10	Seragam	4	15,56
2	20	Seragam	4	8,49
3	40	Seragam	4	5,40
4	20	Seragam	5	8,92
5	40	Seragam	5	6,60
6	20	Menerus	4	14,04
7	40	Menerus	4	8,58
8	20	Menerus	5	12,88
9	40	Menerus	5	10,99



Gambar 10. Kuat tekan beton porous dengan rasio kerikil/semen = 4



Gambar 11. Kuat tekan beton porous dengan rasio kerikil/semen = 5

Dari Tabel 4 dan Gambar 10 dapat dilihat bahwa kuat tekan beton porous menggunakan agregat gradasi seragam berukuran maksimum 10 mm, 20 mm, dan 40 mm, rasio kerikil/semen 4, dan dengan faktor air semen (fas) 0,27, berturut-turut sebesar 15,56 MPa, 8,49 MPa, dan

5,40 MPa. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran maksimum kerikil gradasi seragam yang digunakan semakin kecil kuat tekan beton porous yang dihasilkan.

Dari Tabel 4 dan Gambar 10 juga dapat dilihat bahwa kuat tekan beton porous menggunakan agregat gradasi menerus berukuran maksimum 20 mm dan 40 mm, rasio kerikil/semen 4, dan dengan faktor air semen (fas) 0,27, berturut-turut sebesar 14,04 MPa dan 8,58 MPa. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran maksimum kerikil gradasi menerus yang digunakan semakin kecil kuat tekan beton porous yang dihasilkan.

Dari Tabel 4 dan Gambar 11 dapat dilihat bahwa kuat tekan beton porous menggunakan agregat gradasi seragam berukuran maksimum 20 mm dan 40 mm, rasio kerikil/semen 5, dan dengan faktor air semen (fas) 0,27, berturut-turut sebesar 8,92 MPa dan 6,60 MPa. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran maksimum kerikil gradasi seragam yang digunakan semakin kecil kuat tekan beton porous yang dihasilkan.

Dari Tabel 4 dan Gambar 11 juga dapat dilihat bahwa kuat tekan beton porous menggunakan agregat gradasi menerus berukuran maksimum 20 mm dan 40 mm, rasio kerikil/semen 5, dan dengan faktor air semen (fas) 0,27, berturut-turut sebesar 12,88 MPa dan 10,99 MPa. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran maksimum kerikil gradasi menerus yang digunakan semakin kecil kuat tekan beton porous yang dihasilkan.

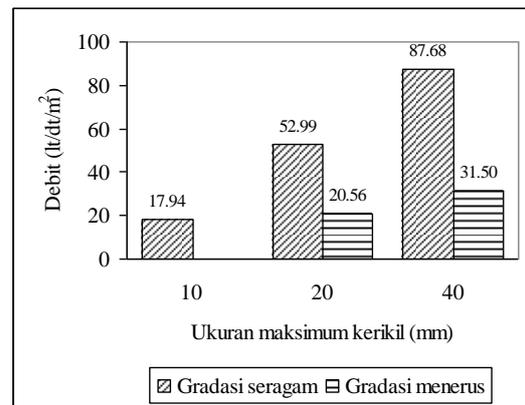
Kuat tekan beton porous menggunakan gradasi seragam dan gradasi menerus mengalami penurunan seiring dengan semakin besarnya ukuran maksimum kerikil yang digunakan. Hal ini terjadi karena semakin besar ukuran maksimum kerikil yang digunakan mengakibatkan luas total permukaannya semakin kecil, sehingga lekatan antar permukaan agregat dan pastinya semakin kurang kuat dan menurunkan kuat tekan beton.

Kuat tekan beton porous menggunakan agregat gradasi seragam lebih rendah dari gradasi menerus pada ukuran maksimum yang sama, rasio agregat yang sama, dan dengan faktor air semen yang sama. Hal ini terjadi karena pada agregat gradasi seragam luas total permukaannya lebih kecil sehingga lekatan antar permukaan agregat dan pastinya kurang kuat dan *interlocking* juga kurang baik sehingga menurunkan kuat tekan beton.

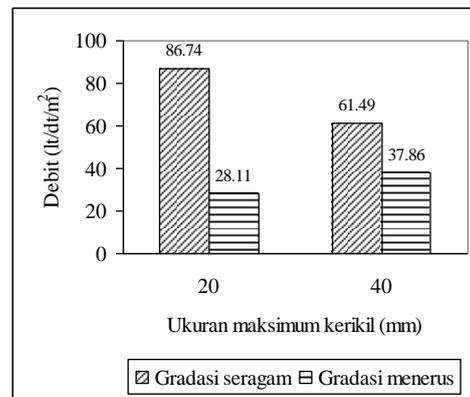
Porositas beton porous pada berbagai rasio agregat semen, jenis gradasi, dan ukuran maksimum kerikil adalah seperti Tabel 5, Gambar 12, dan Gambar 13 berikut ini.

Tabel 5. Porositas beton porous

No.	Ukuran maks. kerikil (mm)	Jenis Gradasi	Rasio Kerikil/ Semen	Debit rata-rata (ltr/dt/m ²)
1	10	Seragam	4	17,94
2	20	Seragam	4	52,99
3	40	Seragam	4	87,68
4	20	Seragam	5	86,74
5	40	Seragam	5	61,49
6	20	Menerus	4	20,56
7	40	Menerus	4	31,50
8	20	Menerus	5	28,11
9	40	Menerus	5	37,86



Gambar 12. Porositas beton porous dengan rasio kerikil/semen = 4



Gambar 13. Porositas beton porous dengan rasio kerikil/semen = 5

Dari Tabel 5 dan Gambar 12 dapat dilihat bahwa porositas beton porous menggunakan agregat gradasi seragam berukuran maksimum 10 mm, 20 mm, dan 40 mm, rasio agregat semen 4, dan dengan faktor air semen (fas) 0,27, berturut-turut sebesar 17,94 ltr/dt/m², 52,99 ltr/dt/m², dan 87,68 ltr/dt/m². Dari hasil ini dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran maksimum kerikil gradasi seragam yang digunakan semakin besar porositas beton porous yang dihasilkan.

Dari Tabel 5 dan Gambar 12 juga dapat dilihat bahwa porositas beton porous menggunakan agregat gradasi menerus berukuran maksimum 20 mm dan 40 mm, rasio agregat semen 4, dan dengan faktor air semen (fas) 0,27, berturut-turut sebesar 20,56 ltr/dt/m² dan 31,50 ltr/dt/m². Dari hasil ini dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran maksimum kerikil gradasi menerus yang digunakan semakin besar porositas beton porous yang dihasilkan.

Dari Tabel 5 dan Gambar 13 dapat dilihat bahwa porositas beton porous menggunakan agregat gradasi seragam berukuran maksimum 20 mm dan 40 mm, rasio agregat semen 5, dan dengan faktor air semen (fas) 0,27, berturut-turut sebesar 86,74 ltr/dt/m² dan 61,49 ltr/dt/m². Dari hasil ini dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran maksimum kerikil gradasi seragam yang digunakan semakin kecil porositas beton porous yang dihasilkan.

Dari Tabel 5 dan Gambar 13 juga dapat dilihat bahwa porositas beton porous menggunakan agregat gradasi menerus berukuran maksimum 20 mm dan 40 mm, rasio agregat semen 5, dan dengan faktor air semen (fas) 0,27, berturut-turut sebesar 28,11 ltr/dt/m² dan 37,86 ltr/dt/m². Dari hasil ini dapat dilihat bahwa semakin besar ukuran maksimum kerikil yang digunakan semakin besar porositas beton porous yang dihasilkan.

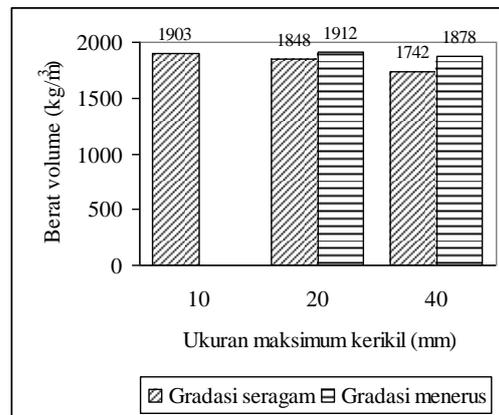
Porositas beton porous menggunakan gradasi seragam dan gradasi menerus mengalami peningkatan seiring dengan semakin besarnya ukuran maksimum kerikil yang digunakan. Hal ini terjadi karena semakin besar ukuran maksimum kerikil yang digunakan mengakibatkan semakin besar angka porinya sehingga meningkatkan porositas. Pengecualian terjadi pada gradasi seragam dan rasio agregat semen 5 karena bagian bawah silinder tertutup.

Porositas beton porous menggunakan agregat gradasi seragam lebih tinggi dari gradasi menerus pada ukuran maksimum yang sama, rasio agregat semen yang sama, dan dengan faktor air semen yang sama. Hal ini terjadi karena pada agregat gradasi seragam angka porinya lebih besar karena memiliki ukuran yang hampir sama sedangkan pada agregat gradasi menerus angka porinya lebih kecil karena memiliki semua ukuran butir dan terdistribusi dengan baik.

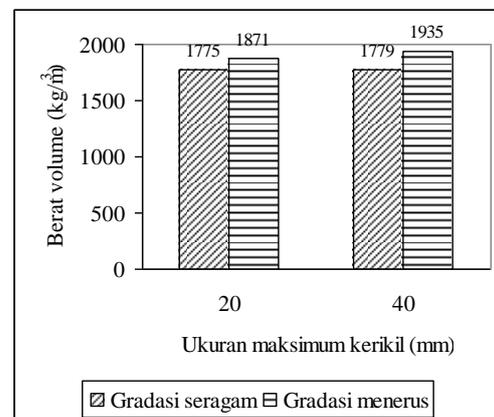
Berat volume beton porous pada berbagai rasio agregat semen, jenis gradasi, dan ukuran maksimum kerikil adalah seperti Tabel 6, Gambar 14, dan Gambar 15 berikut ini.

Tabel 6. Berat volume beton porous

No.	Ukuran maks. kerikil (mm)	Jenis Gradasi	Rasio Kerikil/ Semen	Berat volume rata-rata (kg/m ³)
1	10	Seragam	4	1903
2	20	Seragam	4	1848
3	40	Seragam	4	1742
4	20	Seragam	5	1775
5	40	Seragam	5	1779
6	20	Menerus	4	1912
7	40	Menerus	4	1878
8	20	Menerus	5	1871
9	40	Menerus	5	1935



Gambar 14. Porositas beton porous dengan rasio kerikil/semen = 4



Gambar 15. Porositas beton porous dengan rasio kerikil/semen = 5

Dari Tabel 6, Gambar 14, dan Gambar 15 dapat dilihat bahwa berat volume beton porous menggunakan agregat gradasi seragam lebih rendah dari gradasi menerus pada ukuran maksimum yang sama, rasio agregat semen yang sama, dan dengan faktor air semen yang sama. Hal ini terjadi karena pada agregat gradasi seragam kemampuannya lebih kecil karena memiliki ukuran yang hampir sama sedangkan pada agregat gradasi menerus kemampuannya

lebih lebih besar karena memiliki semua ukuran butir dan terdistribusi dengan baik.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian perbandingan kuat tekan dan porositas beton porous menggunakan agregat kasar bergradasi seragam dengan gradasi menerus ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Semakin besar ukuran maksimum kerikil bergradasi seragam dan bergradasi menerus yang digunakan mengakibatkan semakin kecil kuat tekan beton porous yang dihasilkan.
- b. Kuat tekan beton porous menggunakan agregat gradasi seragam lebih rendah dari gradasi menerus.
- c. Semakin besar ukuran maksimum kerikil bergradasi seragam dan bergradasi menerus yang digunakan mengakibatkan semakin besar porositas beton porous yang dihasilkan.
- d. Porositas beton porous menggunakan agregat gradasi seragam lebih tinggi dari gradasi menerus.
- e. Berat volume beton porous menggunakan agregat gradasi seragam lebih rendah dari gradasi menerus.

Daftar Pustaka

Abadjieva, T., Sefhiri, P., (2000), *Investigations on Some Properties of No-Fines Concrete*, University of Botswana, Botswana.

<http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB8837.pdf>

ACI Committee 522, 2010, *Report on Pervious Concrete* (ACI 522R-10), American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.

Concrete in Practice, 2004, *CIP-38 Pervious Concrete*, NRMCA (National Ready Mixed Concrete Association), Silver Spring, Maryland.

<http://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/38p.pdf>

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.
<https://eprints.usq.edu.au/472/1/PaulHARBER-2005.pdf>

Neville, A.M., Brooks, J.J., 2010, *Concrete Technology*, Second Edition, Pearson Education Limited, Essex, England.

Obla, K.H., 2007, *Pervious Concrete for Sustainable Development*, Recent Advances in Concrete Technology, Washington DC.
<http://www.nrmca.org/research/pervious%20recent%20advances%20in%20concrete%20technology0707.pdf>

SNI 03-1974-1990, *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Puslitbang Perumahan, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Tjokrodinuljo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Buku Ajar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.