

UTILIZATION OF BLONDOS STONE ON POROUS CONCRETE

Arusmalem Ginting ^[1], Suyono ^[2]

^[1] Lecturer, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Janabadra University, Indonesia

^[2] Alumnus, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Janabadra University, Indonesia

Email: aginting@janabadra.ac.id, suyonoprc@gmail.com

Received: 19 September 2021 / Accepted: 30 November 2021

DOI [10.28932/jts.v18i1.3983](https://doi.org/10.28932/jts.v18i1.3983)

How to cited this article:

Ginting, A., Suyono, (2022). Penggunaan Batu Blondos untuk Beton Porous. Jurnal Teknik Sipil, 18(1), 62–74. <https://doi.org/10.28932/jts.v18i1.3983>

ABSTRACT

Porous concrete can be used as a drainage system that allows rainfall to percolate into the ground, reduce stormwater runoff, and recharge groundwater. Porous concrete consists of coarse aggregate and cement paste. Stone mining waste in the river, namely medium-sized gravel which is often called blondos stone, has not been used optimally as a building material. Based on these reasons, it is tried to use blondos stone as coarse aggregate in porous concrete. Three variations of the gravel-cement ratio were used, that is: 4, 5, and 6, and 3 variations of the water-cement ratio, that is: 0.30, 0.35, and 0.40. There are 27 specimens of porous concrete cylinders, and each variation consists of 3 specimens. Permeability and compressive strength testing after 28 days of curing. The conclusions of this study are: increasing the water-cement ratio and gravel-cement weight ratio decreases the compressive strength and increases the permeability of the porous concrete. The water-cement ratio and gravel-cement weight ratio have no significant effect on the density of porous concrete. Blondos stone is adequate to be used for the manufacture of porous concrete.

Keywords: *Blondos Stone, Water-Cement Ratio, Gravel Cement Ratio, Permeability, Compressive Strength.*

PENGGUNAAN BATU BLONDOS UNTUK BETON POROUS

ABSTRAK

Beton *porous* dapat digunakan sebagai sistem drainase untuk meresapkan air ke dalam tanah, mengurangi aliran permukaan air hujan, dan mengisi kembali air dibawah permukaan tanah. Beton *porous* adalah beton yang terdiri dari agregat kasar dan pasta semen. Sisa penambangan batu di sungai berupa kerikil ukuran tanggung yang sering disebut batu blondos belum dimanfaatkan secara optimal sebagai bahan bangunan. Berdasarkan alasan tersebut maka dicoba untuk menggunakan batu blondos sebagai agregat kasar pada beton *porous*. Rasio berat kerikil terhadap semen digunakan 3 variasi yaitu: 4, 5, dan 6, dan faktor air semen digunakan 3 variasi yaitu: 0,30, 0,35, dan 0,40. Benda uji berupa silinder beton *porous* sebanyak 3 buah setiap variasi, dengan jumlah total 27 buah. Pengujian permeabilitas dan kuat tekan dilakukan setelah umur benda uji 28 hari. Kesimpulan dari penelitian ini adalah: peningkatan faktor air semen dan rasio berat kerikil terhadap semen mengakibatkan penurunan kuat tekan dan peningkatan permeabilitas beton *porous*. Pengaruh faktor air semen dan rasio berat kerikil terhadap semen tidak terlalu signifikan terhadap berat isi beton *porous*. Batu blondos memenuhi syarat untuk digunakan untuk pembuatan beton *porous*.

Kata kunci: Batu Blondos, Faktor Air Semen, Rasio Kerikil Semen, Permeabilitas, Kuat Tekan.

1. PENDAHULUAN

Beton *porous* telah memberikan kontribusi penting sebagai sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan dalam memperbaiki kondisi lingkungan. Manfaat penggunaan beton *porous* adalah untuk mengurangi masalah air hujan khususnya di perkotaan. Sebagian besar permukaan tanah di daerah perkotaan tertutup perkerasan beton atau aspal yang relatif kedap air sehingga terjadi peningkatan limpasan permukaan (Sonebi, Bassuoni, dan Yahia, 2016).

Beton lolos air (*pervious concrete*) atau beton non pasir (*no fines concrete*) atau beton *porous* (*porous concrete*) adalah beton yang tersusun dari pasta semen, agregat kasar bergradasi seragam, tanpa atau sedikit agregat halus (Kosmatka, Kerkhoff, dan Panarese, 2003). Beton *porous* memiliki porositas 15 - 35% dan kuat tekan 2,8 - 28 MPa (ACI Comitee 522, 2010). Porositas tinggi pada beton *porous* terjadi karena rongga yang saling berhubungan (NRMCA, 2004). Kuat tekan beton *porous* rendah dan bersifat ringan karena memiliki volume pori tinggi (Harber, 2005).

Penggunaan beton *porous* sebagai perkerasan memungkinkan air hujan untuk ditampung dan meresap ke tanah, mengurangi limpasan permukaan air hujan, mengisi ulang air tanah, mendukung konstruksi berkelanjutan, dan memberikan solusi untuk konstruksi yang peka terhadap masalah lingkungan (Tennis, Leming, dan Akers, 2004). Beton *porous* telah digunakan dalam berbagai aplikasi, antara lain: perkerasan tempat parkir, lapisan drainase, lantai untuk rumah kaca, dinding, lapis pondasi atas untuk jalan, lapisan permukaan untuk taman dan lapangan tenis, lantai untuk area kebun binatang, tanggul jembatan, dek kolam renang, pelapis dinding sumur bor, terumbu buatan, dan lain-lain (ACI Comitee 522, 2010).

Penggunaan agregat kasar alternatif yang tersedia cukup banyak pada suatu daerah perlu diteliti kemungkinan penggunaannya untuk menggantikan agregat kasar yang umum dipakai (Husada dan Luanmase, 2008). Penambangan batu yang terjadi secara terus menerus diberbagai tempat khususnya di sungai menimbulkan limbah yang berupa material ukuran tanggung yang sering disebut batu blondos atau limbah material golongan C. Limbah material golongan C ini tersedia dalam jumlah besar dan belum optimal dimanfaatkan sebagai bahan bangunan. Berdasarkan alasan ini maka perlu diteliti mengenai kemungkinan penggunaan batu blondos atau limbah material golongan C sebagai agregat kasar pada beton *porous*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Beton *porous* biasanya dibuat dengan perbandingan campuran yang meliputi: semen berkisar antara 270 kg – 415 kg dan agregat berkisar antara 1190 kg - 1480 kg, untuk 1 m³ beton *porous*. Rasio berat agregat terhadap semen (A/S) berkisar antara 4,0 sampai 4,5, serta faktor air semen berkisar antara 0,27 sampai 0,34. Berat satuan beton *porous* sekitar 70% dari beton konvensional, yaitu antara 1600 - 2000 kg/m³ yang berada pada kisaran berat beton ringan (Tennis, Leming, dan Akers., 2004).

Faktor air semen, kandungan semen, kandungan agregat kasar, dan interaksinya adalah parameter kunci yang secara signifikan mempengaruhi kinerja karakteristik beton *porous* (Sonebi dan Bassuoni, 2013).

Faktor air semen dengan kuat tekan beton *porous* tidak mempunyai hubungan yang signifikan (Obla, 2007). Faktor air semen bukan faktor utama untuk mengontrol kuat tekan beton *porous*. Pada faktor air semen yang optimal terjadi kuat tekan dan densitas maksimum. Jika terlalu tinggi faktor air semen yang digunakan maka pasta semen akan menjadi terlalu cair dan mengalir. Terlalu rendah faktor air semen yang digunakan mengakibatkan kekurangan pasta untuk melapisi agregat. Dengan kadar air semen yang optimal maka pasta semen dapat menutupi agregat secara merata (Abadjieva dan Sefhiri, 2000).

Kuat tekan beton *porous* tergantung pada perbandingan berat agregat dengan semen, kuat tekan akan menurun seiring meningkatnya perbandingan berat agregat dengan semen (Abadjieva dan Sefhiri, 2000; Ginting, 2015). Pada perbandingan berat agregat dengan semen rendah pasta lebih banyak, sedangkan pada perbandingan agregat dengan semen tinggi pasta lebih sedikit sehingga nilai perbandingan agregat dengan semen berbanding terbalik dengan kuat tekan beton (Hanafiah, Saloma, Ferdinand, Muliawan, dan Rachmah, 2020). Kuat tekan beton *porous* juga dipengaruhi oleh kepadatan beton (Obla, 2007). Kurangnya pemadatan mengakibatkan rongga sangat tinggi sehingga kuat tekan rendah (Meininger, 1988).

Permeabilitas dan porositas dari beton *porous* meningkat dengan meningkatnya nilai perbandingan agregat terhadap semen. Hal ini terjadi karena pasta semakin sedikit sehingga beton lebih *porous* (Hanafiah et al., 2020). Porositas dari beton *porous* adalah fungsi dari kepadatan beton (Obla, 2007). Tingkat pemadatan juga harus dipertimbangkan dalam desain campuran beton *porous*. Pemadatan yang berlebihan dapat mengurangi rongga udara dan menyumbat saluran aliran (Meininger, 1988).

Penelitian tentang beton *porous* menggunakan dua gradasi agregat yang berbeda, yaitu: 9,5 mm - 4,75 mm dan 12,5 - 9,5 mm. Perbandingan berat agregat terhadap semen yang digunakan 3, 4, 5, 6, dan 7, dengan faktor air semen tetap 0,33. Dari hasil penelitian didapat: kuat tekan, tarik, dan lentur beton *porous* menggunakan agregat berukuran 9,5 mm - 4,75 mm lebih tinggi dari beton *porous* yang menggunakan agregat berukuran 12,5 mm - 9,5 mm. Kuat tekan, tarik, dan lentur turun seiring dengan peningkatan perbandingan agregat semen. Permeabilitas dan porositas beton *porous* menggunakan agregat berukuran 9,5 mm - 4,75 mm lebih rendah dari beton *porous* yang menggunakan agregat berukuran agregat 12,5 mm - 9,5 mm. Permeabilitas dan porositas dari beton *porous* meningkat dengan meningkatnya perbandingan agregat terhadap semen (Mahalingam dan Mahalingam, 2016).

Penelitian tentang beton *porous* menggunakan dua jenis gradasi agregat kasar yaitu 12,5 mm – 10 mm dan 10 mm – 4,75 mm. Faktor air semen yang digunakan; 0,28, 0,30, 0,32, 0,33, dan 0,34. Perbandingan berat agregat dengan semen tetap yaitu 4. Kekuatan tekan dari beton *porous* meningkat ketika faktor air semen meningkat dari 0,28, 0,30, 0,32, 0,33 tetapi turun pada faktor air semen 0,34, sehingga faktor air optimum adalah 0,33. Kuat tekan beton *porous* yang menggunakan agregat berukuran 10 mm – 4,75 mm lebih rendah dibandingkan beton yang menggunakan agregat berukuran 12,5 mm – 10 mm pada semua faktor air semen. Permeabilitas turun seiring dengan meningkatnya faktor air semen. Pada faktor air semen rendah campuran sangat kering sehingga porositas dan permeabilitas tinggi, tetapi ketika faktor air semen tinggi pasta mengalir turun dan mengisi pori-pori yang menyebabkan turunnya permeabilitas. Campuran yang dibuat menggunakan agregat yang lebih besar menghasilkan pori-pori yang lebih besar sehingga permeabilitas lebih tinggi. Peningkatan kuat tekan beton diikuti dengan penurunan permeabilitas (Neamitha dan Supraja, 2017).

Penelitian tentang beton *porous* menggunakan agregat kasar berukuran 10 mm, 16 mm, dan 20 mm. Proporsi campuran semen, agregat kasar, dengan air adalah 1 : 4,3 : 0,4 dan 1 : 6 : 0,45. Semakin besar ukuran agregat mengakibatkan kekuatan tekan dan tarik semakin menurun baik dengan faktor air semen 0,40 dan juga 0,45. Kuat tekan dan tarik beton *porous* lebih kecil pada faktor air semen 0,40 daripada 0,45 pada semua ukuran agregat. Semakin besar ukuran agregat permeabilitas terus meningkat baik pada faktor air semen 0,40 dan juga 0,45. Permeabilitas beton *porous* lebih besar pada faktor air semen 0,40 daripada 0,45 pada semua ukuran agregat (Patil, Darshan, Pradeepgouda, Vidyashree, dan Chm, 2018).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan bahan utama semen dan kerikil. Semen *Portland* yang dipakai adalah semen Tiga Roda tipe I. Kerikil yang dipakai berupa batu blondos dari sungai Pabelan, Magelang, Jawa Tengah, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Pengujian pendahuluan yang dilakukan terhadap kerikil adalah pengujian: berat jenis, penyerapan, berat isi, kadar air, analisis saringan, dan keausan. Hasil pengujian pendahuluan kerikil seperti ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Batu Blondos

Tabel 1. Pengujian Kerikil

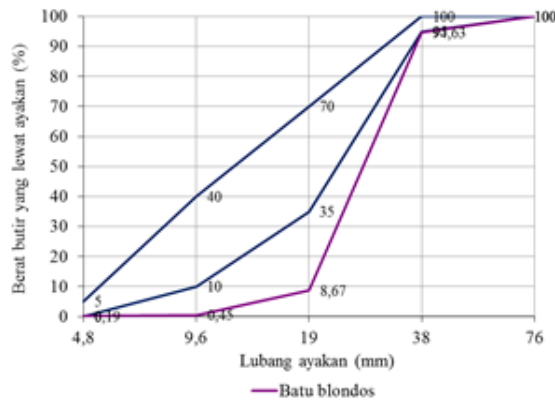
No.	Pengujian	Hasil	Satuan
1	Berat jenis	2,400	-
2	Barat isi	1,572	gr/cm ³
3	Kadar air	0,388	%
4	Penyerapan	3,545	%
5	MHB	7,955	-
6	Keausan	49,975	%

Gradasi kerikil yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan (SNI 03-2834-2000, 2000) untuk ukuran maksimum 40 mm adalah seperti Gambar 2.

Rasio berat kerikil dengan semen pada penelitian ini digunakan 3 variasi yaitu: 4, 5, dan 6, dan faktor air semen digunakan 3 variasi yaitu: 0,30, 0,35, dan 0,40, selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Benda uji yang digunakan berupa selinder beton *porous* sebanyak 3 buah setiap variasi, dengan jumlah total sebanyak 27 buah.

Alat utama penelitian ini adalah alat uji permeabilitas dan *compression machine* untuk pengujian kuat tekan.



Gambar 2. Gradasi Kerikil

Tabel 2. Benda uji

No.	Rasio Berat Kerikil/Semen	FAS	Jumlah Benda Uji
1	4,0	0,30	3
2	5,0	0,30	3
3	6,0	0,30	3
4	4,0	0,35	3
5	5,0	0,35	3
6	6,0	0,35	3
7	4,0	0,40	3
8	5,0	0,40	3
9	6,0	0,40	3

Pengujian permeabilitas dan kuat tekan setelah umur benda uji 28 hari dan diawali dengan uji permeabilitas. Pengujian kuat tekan beton berdasarkan (SNI 1974:2011, 2011). Pengujian permeabilitas dan kuat tekan ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Pengujian Permeabilitas



Gambar 4. Pengujian Kuat Tekan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Batu Blondos

Berat jenis batu blondos yang digunakan pada penelitian ini sebesar 2,4. Berat jenis ini sedikit lebih kecil dari berat jenis agregat normal pada umumnya yaitu 2,5 – 2,7 (Tjokrodimuljo, 1996).

Berat isi batu blondos yang digunakan pada penelitian ini sebesar 1,572 gr/cm³. Berat isi termasuk berat isi agregat normal karena berada antara 1,20 gr/cm³ – 1,60 gr/cm³ (Tjokrodimuljo, 1996).

Modulus halus butir (MHB) batu blondos yang dipakai pada penelitian ini sebesar 7,955. Nilai ini masuk pada modulus halus butir agregat kasar pada umumnya yaitu sebesar 5 – 8 (Tjokrodimuljo, 1996).

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa batu blondos bergradasi seragam sehingga cocok digunakan untuk pembuatan beton *porous*.

Keausan batu blondos sebesar 49,975 %, jika agregat ini digunakan untuk beton normal maka masih diijinkan untuk kekuatan beton sampai 10 MPa karena keausannya kurang dari 50 % (Tjokrodimuljo, 1996).

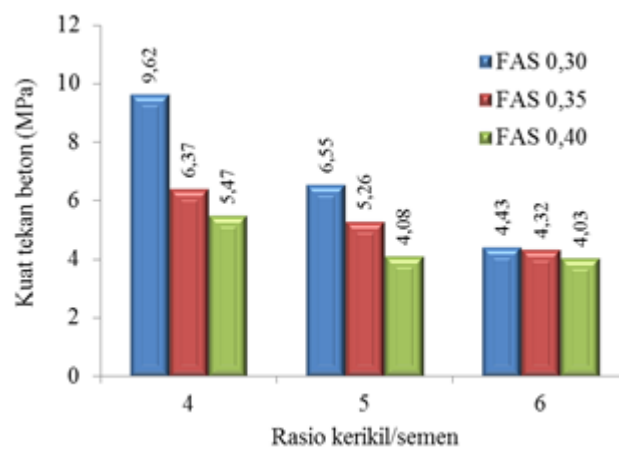
Kadar air batu blondos yang digunakan pada penelitian ini sebesar 0,388 %, dan penyerapannya sebesar 3,545 %. Untuk mempertahankan faktor air semen tetap maka harus dilakukan penambahan air pada campuran.

4.2. Kuat Tekan Beton *Porous*

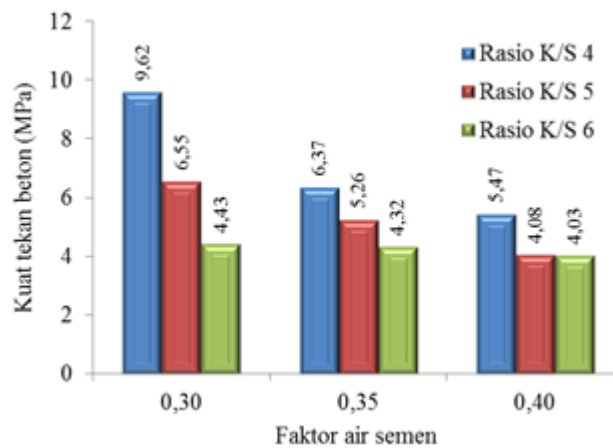
Kuat tekan beton *porous* seperti ditunjukkan pada Tabel 3, Gambar 5, dan Gambar 6.

Tabel 3. Kuat Tekan Beton *Porous*

No.	Rasio berat Kerikil / Semen	FAS	Kuat tekan rata-rata (MPa)
1	4,0	0,30	9,62
2	5,0	0,30	6,55
3	6,0	0,30	4,43
4	4,0	0,35	6,37
5	5,0	0,35	5,26
6	6,0	0,35	4,32
7	4,0	0,40	5,47
8	5,0	0,40	4,08
9	6,0	0,40	4,03



Gambar 5. Kuat Tekan Beton *Porous* Berdasarkan FAS



Gambar 6. Kuat Tekan Beton *Porous* Berdasarkan Rasio Kerikil Semen

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 5 diketahui bahwa pada rasio berat kerikil terhadap semen yang sama, peningkatan faktor air semen mengakibatkan penurunan kuat

tekan beton *porous*. Pada rasio berat kerikil terhadap semen yang sama banyaknya semen akan sama, sedangkan air semakin banyak dengan semakin meningkatnya faktor air semen. Semakin rendah faktor air semen maka kuat tekan akan semakin tinggi selama air yang tersedia masih mencukupi untuk proses hidrasi.

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 6 diketahui bahwa pada faktor air semen yang sama, peningkatan rasio berat kerikil terhadap semen mengakibatkan penurunan kuat tekan beton *porous*. Semakin besar rasio berat kerikil terhadap semen maka semen semakin sedikit, demikian juga sebaliknya semakin kecil rasio berat kerikil terhadap semen maka semennya semakin banyak. Pada faktor air semen yang sama, jumlah semen tertentu yaitu yang optimum akan menghasilkan kuat tekan tertinggi. Pada semen yang terlalu sedikit airnya juga sedikit, sehingga belum tentu mencukupi untuk proses hidrasi dan akibatnya kuat tekan menjadi rendah. Pada semen yang terlalu banyak airnya juga terlalu banyak, akibatnya pasta semen banyak pori sehingga kuat tekan juga turun.

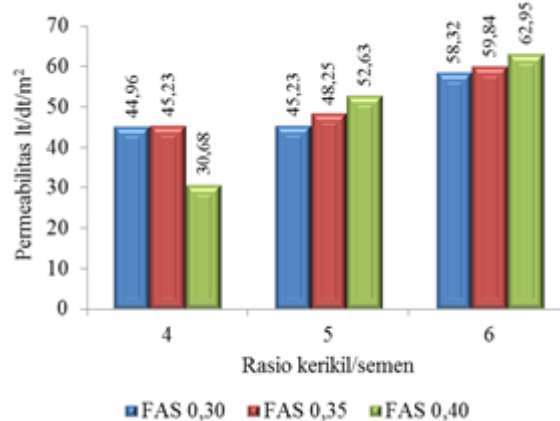
Kuat tekan paling tinggi pada rasio berat kerikil terhadap semen 4 dan faktor air semen 0,30 yaitu sebesar 9,62 MPa, dan kuat tekan paling rendah pada rasio berat kerikil terhadap semen 6 dan faktor air semen 0,40 yaitu sebesar 4,03 MPa. Kuat tekan beton *porous* pada penelitian ini masih masuk pada kisaran kuat tekan beton *porous* berdasarkan (ACI Comitee 522, 2010) yaitu 2,8 - 28 MPa.

4.3. Permeabilitas Beton *Porous*

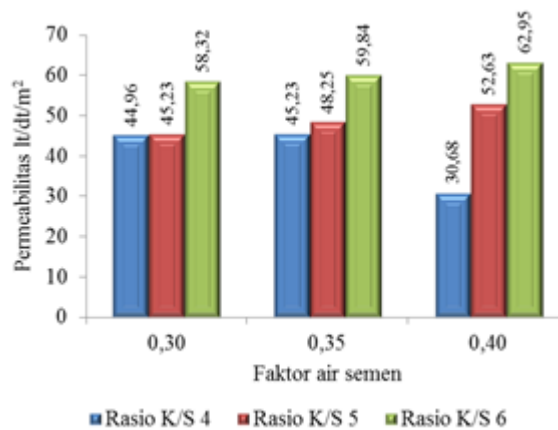
Permeabilitas beton *porous* seperti ditunjukkan pada Tabel 4, Gambar 7, dan Gambar 8.

Tabel 4. Permeabilitas Beton *Porous*

No.	Rasio berat Kerikil / Semen	FAS	Permeabilitas (ltr/dt/m ²)
1	4,0	0,30	44,96
2	5,0	0,30	45,23
3	6,0	0,30	58,32
4	4,0	0,35	45,23
5	5,0	0,35	48,25
6	6,0	0,35	59,84
7	4,0	0,40	30,68
8	5,0	0,40	52,63
9	6,0	0,40	62,95



Gambar 7. Permeabilitas Beton *Porous* Berdasarkan FAS



Gambar 8. Permeabilitas Beton *Porous* Berdasarkan Rasio Kerikil Semen

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 7 diketahui bahwa pada rasio berat kerikil terhadap semen yang sama, peningkatan faktor air semen mengakibatkan peningkatan permeabilitas beton *porous*. Pada rasio berat kerikil terhadap semen yang sama maka banyaknya semen juga sama, sedangkan air semakin banyak dengan semakin meningkatnya faktor air semen. Semakin banyak air maka pasta semakin encer dan semakin merata melapisi agregat sehingga permeabilitas meningkat selama pasta tidak mengalir.

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 8 diketahui bahwa pada faktor air semen yang sama, peningkatan rasio berat kerikil terhadap semen mengakibatkan peningkatan permeabilitas beton *porous*. Semakin kecil rasio berat kerikil terhadap semen maka semennya semakin banyak, demikian juga sebaliknya semakin besar rasio berat kerikil terhadap semen maka semen semakin sedikit. Menurut (Torres, Hu, dan Ramos, 2015),

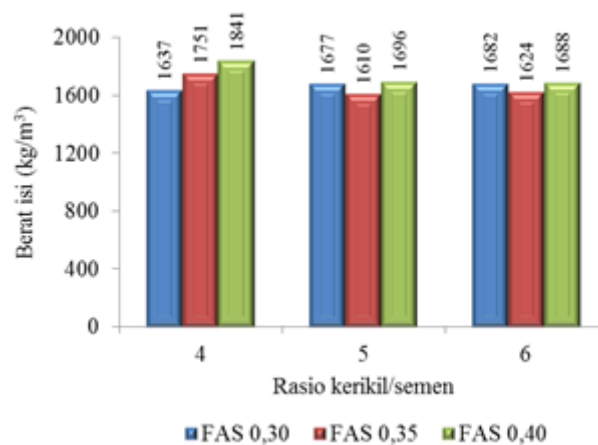
semakin banyak semen mengakibatkan semakin tebal pasta yang mengelilingi agregat. Permeabilitas beton *porous* menurun dengan peningkatan ketebalan pasta semen karena rongga semakin kecil.

4.4. Berat Isi Beton *Porous*

Berat isi beton *porous* seperti ditunjukkan pada Tabel 5, Gambar 9, dan Gambar 10.

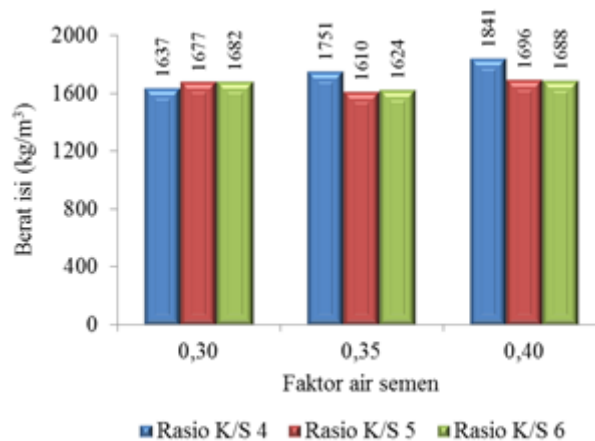
Tabel 5. Berat Isi Beton *Porous*

No.	Rasio berat Kerikil / Semen	FAS	Berat isi (kg/m ³)
1	4,0	0,30	1637,03
2	5,0	0,30	1677,30
3	6,0	0,30	1682,13
4	4,0	0,35	1751,02
5	5,0	0,35	1609,50
6	6,0	0,35	1623,60
7	4,0	0,40	1840,69
8	5,0	0,40	1695,72
9	6,0	0,40	1688,27



Gambar 9. Berat Isi Beton *Porous* Berdasarkan FAS

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 9 diketahui bahwa pada rasio berat kerikil terhadap semen yang sama, berat isi beton *porous* hampir sama pada semua faktor air semen.



Gambar 10. Berat Isi Beton *Porous* Berdasarkan Rasio Kerikil Semen

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 10 diketahui bahwa pada faktor air semen yang sama, berat isi beton *porous* hampir sama pada semua rasio berat kerikil terhadap semen.

Berat isi paling tinggi pada rasio berat kerikil terhadap semen 4 dan faktor air semen 0,40 yaitu sebesar 1841 kg/m³, dan berat isi paling rendah pada rasio berat kerikil terhadap semen 5 dan faktor air semen 0,35 yaitu sebesar 1610 kg/m³. Berat isi beton *porous* pada penelitian ini masih masuk pada kisaran berat isi beton *porous* pada umumnya yaitu antara 1600 - 2000 kg/m³ (Tennis, Leming, dan Akers., 2004).

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian penggunaan batu blondos untuk beton *porous* ini dapat disimpulkan:

- Peningkatan faktor air semen mengakibatkan penurunan kuat tekan.
- Peningkatan rasio berat kerikil terhadap semen mengakibatkan penurunan kuat tekan.
- Peningkatan faktor air semen mengakibatkan peningkatan permeabilitas.
- Peningkatan rasio berat kerikil terhadap semen mengakibatkan peningkatan permeabilitas.
- Pengaruh faktor air semen dan rasio berat kerikil terhadap semen tidak terlalu signifikan terhadap berat isi beton *porous*.
- Batu blondos memenuhi syarat untuk digunakan untuk pembuatan beton *porous*.

6. DAFTAR PUSTAKA

Abadjieva, T., & Sefhiri, P. (2000). *Investigations on Some Properties of no-Fines Concrete, Private Bag 0061* (pp. 1–6). Department of Civil Engineering, University of Botswana.

- ACI Comitee 522. (2010). *Report on Pervious Concrete, ACI 522R-10* (Vol. 10, Issue Reapproved). American Concrete Institute.
- Ginting, A. (2015). Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous dengan Bahan Pengisi Styrofoam. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 76–98.
- Hanafiah, Saloma, Ferdinand, N., Muliawan, S., & Rachmah, M. F. (2020). The Effect Of A / C Variation On Compressive Strength , Permeability And Porosity Of Pervious Concrete. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9(06), 866–871.
- Harber, P. J. (2005). *Application of No-fines concrete as a Road Pavement* (Issue October). University of Southern Queensland.
- Husada, G., & Luanmase, Y. (2008). Pengaruh Batu Api dari Daerah Masohi-Maluku Tengah Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 4(2), 135–149.
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., & Panarese, W. C. (2003). *Design and Control Design and Control of Concrete Mixtures* (14th Editi). Portland Cement Association. <http://www.cement.org/bookstore/supporting/cd100/EB001Frt.pdf>
- Mahalingam, R., & Mahalingam, S. V. (2016). Analysis of pervious concrete properties. *Gradjevinar Journal*, 68(6), 493–501. <https://doi.org/10.14256/JCE.1434.2015>
- Meininger, R. C. (1988). No-Fines Pervious Concrete for Paving. *Concrete International*, 10(8), 20–27.
- Neamitha, M., & Supraja, T. . (2017). Influence of Water Cement Ratio and The Size of Aggregate on The Properties Of Pervious Concrete. *International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES)*, 6(4), 9–16.
- NRMCA. (2004). *CIP 38 - Pervious Concrete*. National Ready Mixed Concrete Association.
- Obla, K. H. (2007). Pervious concrete for sustainable development. *Proceedings of the 1st International Conference on Recent Advances in Concrete Technology, RAC 2007*, 337–342. <https://doi.org/10.1201/b18613-12>
- Patil, A. R., Darshan, S. C., Pradeepgouda, P. P., Vidyashree, T., & Chm, G. (2018). Influence of Different Size of Aggregate and Water Cement Ratio on Pervious Concrete”. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 05(05), 1090–1093.
- SNI 03-1974-1990. (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*.
- SNI 03-2834-2000. (2000). *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Badan Standardisasi Nasional.
- Sonebi, M., & Bassuoni, M. T. (2013). Investigating the effect of mixture design parameters on pervious concrete by statistical modelling. *Construction and Building Materials*, 38, 147–154. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.07.044>
- Sonebi, M., Bassuoni, M. T., & Yahia, A. (2016). Pervious concrete: Mix design, properties and applications. *RILEM Technical Letters*, 1, 109–115. <https://doi.org/10.21809/rilemtechlett.2016.24>
- Tennis, P. D., Leming, M. L., & Akers, D. J. (2004). *Pervious Concrete Pavements* (Issue January 2004). Portland Cement Association.
- Tjokrodimuljo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Torres, A., Hu, J., & Ramos, A. (2015). The effect of the cementitious paste thickness on the performance of pervious concrete. *Construction and Building Materials*, 95, 850–859. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.07.187>