

## PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG TELUR SEBAGAI PEREDUKSI SEMEN DALAM CAMPURAN BETON BERPORI RAMAH LINGKUNGAN (GREEN PERVIOUS CONCRETE)

**Frieda**

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya  
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya, E-mail: sch.frieda@gmail.com

**Okta Meilawaty**

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya  
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya, E-mail: okta-meilawaty@jts.upr.ac.id

**Fadia Aqila H.A.B.**

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya  
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya, E-mail: fadiaqila@yahoo.co.id

**Abstract:** The development of development in Indonesia is increasing rapidly not least result in negative impact on the environment, one of which is the reduction of green land and water catchment areas. One way or idea that can be done in the field of civil engineering to solve this problem is to develop the application of waterproof concrete or pervious concrete in various construction such as urban drainage, sidewalk, parking area, and pavement. Pervious concrete or porous concrete is a simple form of lightweight concrete, which in its manufacture uses little or no fine aggregate (sand). The research method applied is experimental study by making cube 15x15x5 cm<sup>3</sup> for permeability test, with variation of cement reduction percentage by 0%, 2.5% and 5%. Each variation was divided based on aggregate group of aggregate combinations passed saringan 19mm and 9.5 mm, size 9,5 mm and 19 mm. The result of permeability test showed that the optimum value was found in 2.5% C group reducing variation (using aggregate gradation pass sieve 19 mm) with an average percentage of the cavity of 51.420%, the average water velocity speed of 4.98 cm / sec, and the percentage of water escapes averaged 98.461%. The value of eggshell waste reduction to optimum cement is 2.5% with the value of price difference to the price of porous concrete without reduction is Rp 9.717.59,- / m<sup>3</sup>.

**Keywords:** pervious concrete, agregate, egg shell, cost, permeability

**Abstrak:** Perkembangan pembangunan di Indonesia yang kian pesat tidak sedikit mengakibatkan dampak negatif pada lingkungan, salah satunya yaitu berkurangnya lahan hijau dan daerah resapan air. Salah satu cara atau gagasan yang dapat dilakukan dalam bidang teknik sipil untuk menyelesaikan masalah ini yaitu mengembangkan penerapan beton lolos air atau beton berpori (pervious concrete) pada berbagai konstruksi seperti drainase perkotaan, sidewalk, area parkir, dan perkerasan jalan. Pervious concrete atau beton berpori merupakan bentuk sederhana dari jenis beton ringan, yang dalam pembuatannya menggunakan sedikit atau bahkan tidak menggunakan agregat halus (pasir). Metode penelitian yang diterapkan adalah studi eksperimental dengan membuat benda kubus 15x15x5 cm<sup>3</sup> untuk pengujian permeabilitas, dengan variasi persentase reduksi semen sebesar 0 %, 2,5 % dan 5 %. Masing-masing variasi dibagi berdasarkan kelompok gradasi agregat kombinasi lolos saringan 19mm dan 9,5 mm, ukuran 9,5 mm dan 19 mm. Hasil uji permeabilitas menunjukkan bahwa nilai optimum terdapat pada variasi pereduksi 2,5% kelompok C (menggunakan gradasi agregat lolos saringan 19 mm) dengan persentase rongga rata-rata sebesar 51,420 %, kecepatan lolos air rata-rata sebesar 4,98 cm/detik, dan persentase lolos air rata-rata sebesar 98,461 % . Nilai reduksi limbah cangkang telur terhadap semen optimum adalah 2,5% dengan nilai selisih harga terhadap harga beton berpori tanpa reduksi adalah Rp 9.717,59,- / m<sup>3</sup>.

**Kata kunci:** pervious concrete, agregat, cangkang telur, biaya dan permeabilitas.

### PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan di Indonesia yang kian pesat tidak sedikit mengakibatkan dampak negatif pada lingkungan, salah satunya yaitu

berkurangnya lahan hijau dan daerah resapan air. Perubahan fungsi lahan tersebut telah memperluas lapisan kedap air, sehingga membuat berkurangnya kesempatan air untuk

berinfiltrasi ke dalam tanah dan memperbesar limpasan permukaan air hujan.

Salah satu cara atau gagasan yang dapat dilakukan dalam bidang teknik sipil untuk menyelesaikan masalah ini dari segi konstruksi yakni menerapkan pembangunan dengan metode yang ramah lingkungan. Teknologi yang dapat dikembangkan yaitu penerapan beton lolos air atau beton berpori (pervious concrete) pada berbagai konstruksi seperti drainase perkotaan, sidewalk, area parkir, dan perkerasan jalan.

Penelitian ini mencoba menggagaskan inovasi kulit telur ayam ras sebagai bahan substitusi semen dalam beton berpori.

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Berapa besar nilai permeabilitas dari beton berpori yang diuji?
- b. Berapa besar efisiensi biaya bahan beton berpori dengan menggunakan limbah cangkang telur ayam ras sebagai bahan substitusi semen?

Tujuan Penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui besar nilai permeabilitas dari beton berpori yang diuji.
- b. Mengetahui efisiensi biaya bahan beton berpori dengan menggunakan limbah cangkang telur ayam ras sebagai bahan substitusi semen.

Batasan Masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Penelitian ini tidak membahas reaksi kimia antara unsur cangkang telur ayam ras dengan unsur beton pada saat pengecoran dan perawatan.
- b. Agregat kasar diambil dari sampel daerah Kalimantan Selatan, ex. Pelaihari.
- c. Agregat halus tidak digunakan karena yang diteliti merupakan beton non pasir atau beton berpori.
- d. Semen yang akan direduksi penggunaannya adalah Semen Tipe I merek dagang Tiga Roda.
- e. Limbah cangkang telur ayam ras sebagai pereduksi sebagian semen diolah dengan treatment manual dan dengan ketentuan pengolahan berdasarkan metode penelitian.
- f. Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15 x 15 x 5 cm dan pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari berjumlah 90 sampel.

- g. Air yang digunakan berasal dari sumur bor di Laboratorium Konstruksi Beton Universitas Palangka Raya.
- h. Perawatan benda uji yang dilakukan adalah dengan perendaman benda uji di dalam bak penampung air.
- i. Metode perencanaan campuran menggunakan perbandingan agregat kasar dengan semen.
- j. Agregat kasar yang digunakan adalah agregat dengan ukuran saringan 9,5 mm dan 19 mm.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Beton Berpori (Pervious Concrete)

Pervious concrete atau beton berpori merupakan bentuk sederhana dari jenis beton ringan, yang dalam pembuatannya menggunakan sedikit atau bahkan tidak menggunakan agregat halus (pasir), sehingga menghasilkan beton dengan pori kira-kira 20 %. Tidak adanya agregat halus dalam campuran menghasilkan beton yang berpori sehingga beratnya berkurang (Tjokrodimulyo, 2009).

### Cangkang Telur Ayam Ras

Konsumsi masyarakat Indonesia terhadap telur ayam ras yang besar menghasilkan limbah yang besar pula. Kandungan cangkang telur yang sama pada semen menjadi alternatif bahan substitusi dalam pervious concrete yang baru dan dapat diperbarui.

**Tabel 1.** Kandungan Cangkang Telur

Mineral	% dari berat total	g/berat total
Kalsium (Ca)	37,30	2,30
Magnesium (Mg)	0,38	0,02
Fosfor (P)	0,35	0,02
Karbonat (CO <sub>3</sub> )	58,00	3,50
Mangan (Mn)	7	ppm

Sumber : Yuwanta (2010)

Beberapa jenis mineral penting yang menyusun cangkang telur seperti pada tabel di atas.

### Proporsi Campuran

Beton berpori non-pasir terbuat dari air, semen, dan agregat kasar. Perbandingan volume antara agregat-semen berkisar antara 6 sampai 10 dan faktor air semen berkisar antara 0,35 sampai

0,45. (Tjokrodimuljo, K. 1996). Faktor air semen (fas) untuk beton berpori non-pasir ditunjukkan pada tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Faktor Air Semen Beton Non Pasir

Perbandingan volume semen-agregat	Faktor air-semen optimal
1 : 6	0,38
1 : 7	0,40
1 : 8	0,38
1 : 9	0,42
1 : 10	0,44

Sumber: Tjokrodimulyo (1996)

### Penelitian Terdahulu

Sukri Nur pada tahun 2013 : “Studi Eksperimen Kekuatan Dan Porositas Beton Lulus Air (Porous Concrete) Untuk Pemanfaatan Jalan Semen Beton”. Pada penelitian ini dilakukan studi eksperimental dengan membuat benda uji pelat 15 x 15 x 5 cm pada umur 28 hari untuk pengujian permeabilitas. Hasil penelitian menunjukkan pengujian permeabilitas untuk persentase rongga udara tertinggi pada benda uji 0% pasir sebesar 85,77%.

### METODE PENELITIAN

#### Persiapan Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Konstruksi Beton Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya dengan beberapa tahap metode penelitian.

Persiapan bahan meliputi: Semen Portland tipe I; Air, berasal dari sumur bor Laboratorium Beton; Agregat kasar berupa batu berasal dari Kalsel ex. Pelaihari; dan bubuk cangkang telur ayam ras.

Peralatan meliputi: Neraca OHAUS atau Timbangan Listrik; Satu set saringan; Oven; Pan Bahan; Mesin Uji Abrasi Los Angles; Blender; Penumbuk Besi; mollen; Cetakan benda uji (bekisting) berbentuk kubus ukuran 15 x 15 x 5 cm<sup>3</sup>; stopwatch; alat uji aliran air; dan bak perendaman.

#### Pemeriksaan dan Pengolahan Bahan

Pemeriksaan pendahuluan berupa: Pemeriksaan berat volume agregat (SNI 03-4804-1998);

Pemeriksaan analisa saringan agregat (SNI.M-08-1989-F); Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat (SNI.M-09-1989-F); Pemeriksaan kadar air agregat (SNI 03-1971-1990); Pemeriksaan kadar lumpur agregat (SNI 03 – 2461 – 2002); Pemeriksaan nilai abrasi agregat kasar (SNI.M-02-1990-F).

Limbah cangkang telur yang telah dikumpulkan dari berbagai sumber dicuci hingga bersih. Kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama 24 jam dan ditumbuk menggunakan alat penumbuk. Lalu dihaluskan menggunakan alat blender atau sejenisnya dan dioven hingga suhu 110 derajat celcius. Setelah itu bahan disaring menggunakan saringan No. 200 dan ditimbang sesuai perhitungan perencanaan.

#### Pembuatan Benda Uji

Ukuran agregat yang digunakan adalah agregat kasar yang lolos saringan 19 mm serta agregat kasar yang lolos saringan 9,5 mm. Semen yang digunakan adalah Portland Cement type I merk dagang Tiga Roda. Perbandingan semen dan agregat yang direncanakan adalah 1 : 8 berdasarkan volume nya dengan nilai nilai faktor air semen 0,38.

Benda uji dibuat berbentuk kubus dengan ukuran 15 x 15 x 5 cm, sebanyak 90 sampel benda uji selama 28 hari. Variasi pereduksi semen yang diteliti yaitu 0%, 2,5 % dan 5 %. Masing-masing variasi berjumlah 30 sampel yang terbagi menjadi 3 kelompok gradasi agregat yaitu lolos saringan campuran No. 19 mm dan 9,5 mm, No. 9,5 mm serta No. 19 mm (Kelompok A, B dan C).

Tahapan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut: Persiapan material penyusun sampel beton berupa agregat kasar , semen, air dan bahan pereduksi semen; Memasukkan dan mencampurkan material penyusun, semen dan bahan pereduksi semen terlebih dahulu kedalam mesin pengaduk (mollen); Setelah pengadukan dirasa cukup, maka bahan segar dikeluarkan ke dalam talam besar. Selanjutnya beton segar dimasukkan ke dalam cetakan (bekisting) dan setelah 24 jam dilakukan proses *curing* yaitu direndam di bak air.

#### Pengujian Permeabilitas

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini

adalah ukuran 15 x 15 x 5 cm. Langkah-langkah dalam pengujian ini adalah mempersiapkan air sebanyak 1000 ml, timbang berat sampel (kg), kemudian pegang benda uji sampai dengan jarak ± 25 cm dari wadah air, menyirami air di atas permukaan benda uji sampai air keluar dari permukaan bawah sampel ke wadah, kemudian dicatat waktunya (detik), dan menghitung jumlah air yang keluar dari benda uji (ml), (Sukri Nur, 2013).

a. Analisa Persentase Rongga

$$V_p = \frac{V_{bu} - V_{po}}{V_{bu}} \times 100 \%$$

$$\text{Dimana } V_{po} = \frac{W_u - W_w}{w}$$

dimana

$V_p$  = persentase volume rongga (%)

$V_{bu}$  = volume benda uji (liter)

$V_{po}$  = volume rongga (liter)

$W_u$  = berat benda uji di udara (kg)

$W_w$  = berat benda uji di air (kg)

$w$  = berat jenis air (1 kg/liter) =

b. Analisa Kecepatan Air

Rumus kecepatan air dapat dilihat dibawah ini:

$$V = \frac{H}{T}$$

Dimana :

$V$  = kecepatan air (cm/det)

$H$  = tinggi benda uji (cm)

$T$  = waktu air mengalir sampai dibawah permukaan (detik)

c. Analisa Persentase Lolos Air

Rumus perhitungan persentase lolos air dapat dilihat dibawah ini:

$$\% \text{ Lolos air} = \frac{\text{Jumlah air yang lolos (ml)}}{1000} \times 100\%$$

## HASIL PENELITIAN

### Pemeriksaan Bahan

Bahan baku reduksi dari pembuatan beton berpori ini yaitu bubuk limbah cangkang telur ayam ras. Sifat fisik abu bakaran tersebut adalah berwarna putih kemerah-merahan dengan bau yang khas.

Hasil dari analisis saringan agregat kasar yang berasal dari daerah Pelaihari, Kalimantan Selatan termasuk agregat kasar dengan gradasi menerus dengan butiran maksimum 19 mm.

Hasil pengujian kadar air didapat kadar air rata-rata agregat kasar Pelaihari Kalsel, dari hasil pengujian diperoleh sebesar 0,755 %.

Adapun hasil pengujian kadar lumpur didapat kadar lumpur rata-rata agregat kasar Pelaihari Kalsel adalah sebesar 1,417 % dan tidak memenuhi standar, sehingga harus dicuci terlebih dahulu.

Hasil pengujian berat volume didapat berat volume rata-rata agregat kasar Pelaihari Kalsel adalah sebesar 1,462 kg/lit dan agregat kasar termasuk dalam agregat normal.

Dari hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air didapat berat jenis dan penyerapan air rata-rata agregat kasar sumber Pelaihari, Kalsel adalah 2,61 dan nilai penyerapan air adalah 0,832 % termasuk kategori agregat normal.

Dari hasil pemeriksaan keausan agregat kasar tersebut didapat angka keausan rata-rata 22,792 %, berdasarkan tabel syarat SII agregat tersebut memenuhi syarat sebagai pembentuk beton kelas III, dengan persentase <27 persen.

### Hasil Pengujian

Berikut hasil pengujian berat isi beton.

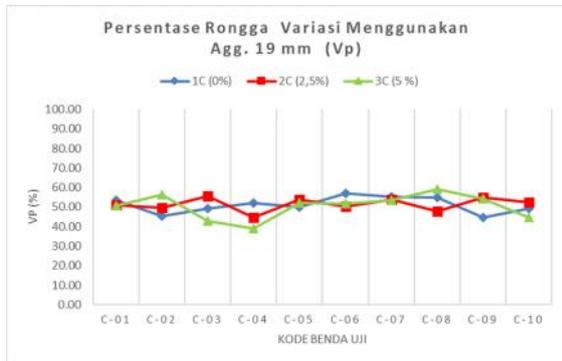
**Tabel 3.** Berat Isi Beton

Benda Uji	D (Kg/m <sup>3</sup> )
1A	1506,7
1B	1498,5
1C	1514,1
2A	1516,0
2B	1490,0
2C	1524,4
3A	1505,3
3B	1484,2
3C	1506,1

Sumber: Perhitungan (Penulis, 2017)

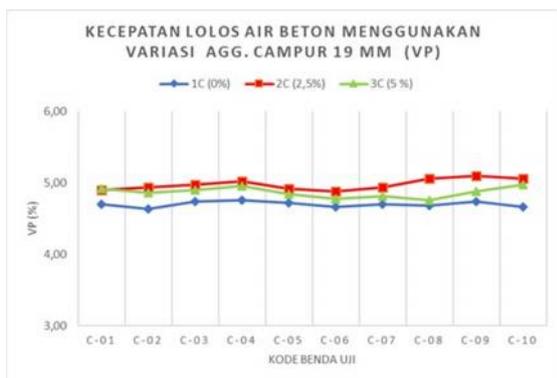
Hasil pengujian persentase rongga menunjukkan bahwa persentase volume rongga udara rata-rata terbesar pada benda uji beton berpori reduksi semen 0 % dengan menggunakan agregat kasar lolos saringan 19 mm yaitu sebesar 51,079 %. Pada benda uji

beton berpori reduksi semen 2,5 % dengan menggunakan agregat kasar lolos saringan 19 mm yaitu sebesar 51,420 %. Pada benda uji beton berpori reduksi semen 5 % dengan menggunakan agregat kasar lolos saringan 19 mm (3C) yaitu sebesar 50,428 %.



Gambar 1. Grafik Persentase Rongga

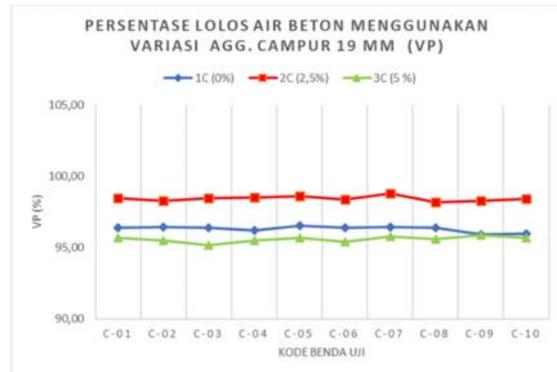
Hasil uji kecepatan lolos air terbesar pada benda uji beton berpori reduksi 0 % dengan menggunakan agregat kasar lolos saringan 19 mm (3C) yaitu sebesar 4,7 cm/detik. Perhitungan didapat dengan menghitung tinggi benda uji dibagi dengan lama waktu lolos air yang dialirkan. Pada benda uji beton berpori reduksi 2,5 % dengan menggunakan agregat kasar lolos saringan 19 mm (3C) yaitu sebesar 4,98 cm/detik. Pada benda uji beton berpori reduksi 5 % dengan menggunakan agregat kasar tertahan saringan 19 mm (3C) yaitu sebesar 4,87 cm/detik.



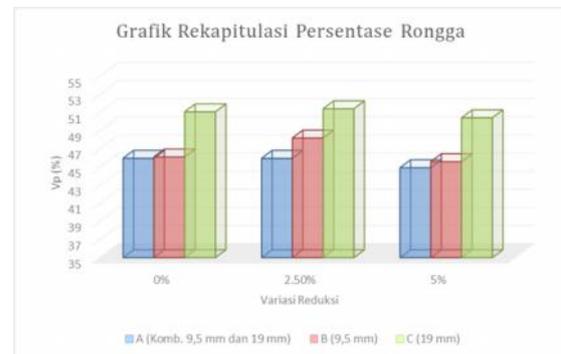
Gambar 2. Grafik Kecepatan Lolos Air

Hasil uji persentase lolos air terbesar pada benda uji beton berpori reduksi 0 % dengan menggunakan agregat kasar tertahan saringan 19 mm (3C) yaitu 96,3 %. Pada benda uji beton berpori reduksi 2,5 % dengan menggunakan agregat kasar lolos saringan 19

mm (3C) yaitu 98,5 %. Pada benda uji beton berpori reduksi 5 % dengan menggunakan agregat kasar lolos saringan 19 mm (3C) yaitu 95,6 %.



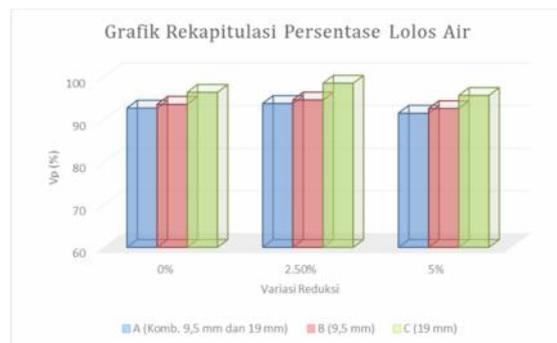
Gambar 3. Grafik Persentase Lolos Air



Gambar 4. Grafik Rekap. Persentase Rongga



Gambar 5. Grafik Rekap. Kecepatan Lolos Air



Gambar 6. Grafik Rekap. Persentase Lolos Air

Dari hasil uji permeabilitas tersebut dapat dikatakan bahwa nilai optimum terdapat pada variasi pereduksi 2,5% kelompok C (menggunakan gradasi agregat lolos saringan 19 mm) dengan persentase rongga rata-rata sebesar 51,420 %, kecepatan lolos air rata-rata sebesar 4,98 cm/detik, dan persentase lolos air rata-rata sebesar 98,461 % .

Berdasarkan tujuan penelitian maka dilakukan analisa terhadap perubahan biaya akibat pengurangan penggunaan semen tersebut. Nilai harga material menggunakan harga bahan bangunan Kota Palangka Raya Tahun 2017.



**Gambar 7.** Grafik Perubahan Biaya

Hasil perhitungan harga dan ditunjukkan dengan grafik perubahan harga dapat diketahui akibat mereduksi pemakaian semen dengan cangkang telur ayam ras dapat menurunkan harga kebutuhan semen dalam campuran beton berpori secara linear. Penurunan harga yang optimal adalah pada nilai reduksi 5%.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Nilai permeabilitas beton berpori dengan agregat kombinasi ukuran 9,5 mm dan 19 mm (1A, 2A, dan 3A) berturut-turut yaitu: 0%, persentase rongga udara = 45,959 %, kecepatan lolos air = 4,574 cm/detik, persentase lolos air = 93,5 % ; 2,5% = persentase rongga udara = 45,953 %, kecepatan lolos air = 4,88 cm/detik, persentase lolos air = 94,5 % ; 5% = persentase rongga udara = 44,919 %, kecepatan lolos air = 4,63 cm/detik, persentase lolos air = 92,5 % .
2. Nilai permeabilitas beton berpori dengan agregat kombinasi ukuran 9,5 mm (1B, 2B,

dan 3B) berturut-turut yaitu: 0%, persentase rongga udara = 46,105 %, kecepatan lolos air = 4,306 cm/detik, persentase lolos air = 92,6 % ; 2,5% = persentase rongga udara = 48,189 %, kecepatan lolos air = 4,72 cm/detik, persentase lolos air = 93,7 % ; 5% = persentase rongga udara = 45,581 %, kecepatan lolos air = 4,47 cm/detik, persentase lolos air = 91,4 % .

3. Nilai permeabilitas beton berpori dengan agregat kombinasi ukuran 19 mm (1C, 2C, dan 3C) berturut-turut yaitu: 0%, persentase rongga udara = 51,079 %, kecepatan lolos air = 4,70 cm/detik, persentase lolos air = 96,3 % ; 2,5% = persentase rongga udara = 51,420 %, kecepatan lolos air = 4,98 cm/detik, persentase lolos air = 98,5 % ; 5% = persentase rongga udara = 50,428 %, kecepatan lolos air = 4,87 cm/detik, persentase lolos air = 95,6 % .
4. Bubuk cangkang telur ayam ras pada campuran beton berpori menghasilkan peningkatan nilai permeabilitas pada reduksi 2,5 % . Hal ini mengindikasikan bahwa cangkang telur ayam ras dapat meningkatkan nilai permeabilitas beton berpori terhadap semen.
5. Nilai reduksi cangkang telur ayam ras terhadap semen optimum adalah 5% dengan nilai selisih harga terhadap harga beton tanpa reduksi adalah Rp 9.717,59,- / m<sup>3</sup>.

### Saran

1. Perlu adanya sistem pabrikasi dan metode pengolahan bubuk cangkang telur ayam ras yang lebih baik agar dapat dimanfaatkan sebagai pereduksi bahan semen secara optimal.
2. Perlu adanya perhatian serta partisipasi dari masyarakat maupun pemerintah, untuk pengelolaan limbah cangkang telur ayam ras yang dapat dimanfaatkan lagi. Khususnya pemanfaatan limbah cangkang telur ayam ras untuk bidang konstruksi yang ramah lingkungan.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh reduksi cangkang telur ayam ras pada campuran beton berpori khususnya meninjau perbandingan variasi pereduksi yang lebih khusus serta aplikasi beton berpori di lapangan.

4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap ikatan kimia dari pengaruh reduksi semen oleh bubuk cangkang telur ayam ras pada campuran beton berpori.
5. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kuat tekan beton berpori akibat pengaruh reduksi semen oleh bubuk cangkang telur ayam ras.

#### DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials, (1985). *Standard Specification for Portland Cement*. Amerika: ASTM International.
- Anonimous, (2002). SNI – 03 2847.2002 : *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Anonimous, (2010). 522R-10, ACI: *Report on Pervious Concrete*. Amerika: American Concrete Institute.
- British Standard Institution, (2001). *Testing for Water for Making Concrete*. Inggris: BSI England.
- Deny Wijaya , Joko Sumiyanto, (2013). *Kajian Kuat Tekan Beton Dengan Kalsium Karbonat Sebagai Substitusi Sebagian Portland Cement*. Yogyakarta: Tugas Akhir Jurusan Pendidikan Teknik Sipil Universitas Negeri Yogyakarta.
- Frieda, (1997). *Bahan-bahan Bangunan (Buku Ajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya)*. Palangka Raya: Teknik Sipil Universitas PalangkaRaya.
- Lewis, J., (2006). *Variasi Ukuran Agregat Terhadap Pada Campuran Beton Non Pasir (No Fines Concrete) Terhadap Kuat Tekan Beton*. Palangka Raya: Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
- L.J. Murdock, K.M. Brook, (1999). *Concrete Materials and Practice*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Mulyono, T., (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Sirait, C.H., (1986). *Telur dan Pengolahannya*. Bogor: Puslitbang Peternakan.
- Sukri, N., (2013). *Studi Eksperimen Kekuatan Dan Porositas Beton Lolos Air (Porous Concrete) Untuk Pemanfaatan Jalan Semen Beton*. Universitas Pakuan Bogor.
- Tegar, T., (2015). *Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Untuk Mereduksi Pemakaian Semen Pada Campuran Beton*. Palangka Raya: Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
- Tjokrodimuljo, K. (2009). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.
- Yuwanta, T., (2010). *Telur dan Kualitas Telur*. Yogyakarta: UGM-Press.