

## **Penggunaan Kulit Kerang (*Anadara Granosa*) Sebagai Bahan Gantian Agregat Kasar di Dalam Konkrit Telap**

**Abdul Muiz Zainudin<sup>1</sup>, Nor Hazurina Othman<sup>1,2\*</sup>**

<sup>1</sup>Department of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Built Environment,  
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Batu Pahat, Johor, 86400, MALAYSIA

<sup>2</sup>Advanced Concrete Material Focus Group, Faculty of Civil Engineering and Built Environment,  
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Batu Pahat, Johor, 86400, MALAYSIA

\*Corresponding Author Designation

DOI: <https://doi.org/10.30880/rtcebe.2022.03.01.119>

Received 4 July 2021; Accepted 13 December 2021; Available online 15 July 2022

**Abstrak:** Kulit kerang dari spesies (*Anadara granosa*) merupakan bahan sisa makanan yang boleh dijadikan sebagai bahan gantian agregat kasar dalam campuran konkrit di dalam kerja-kerja pembinaan. Objektif kajian ini adalah untuk menentukan sifat-sifat fizikal kulit kerang sebagai bahan gantian agregat kasar sekaligus menentukan kekuatan mampatan dan kadar ketelapan konkrit telap diperbuat daripada campuran bahan yang dinyatakan dan mengenalpasti nisbah campuran peratus optimum kulit kerang yang diperlukan. Peratusan kulit kerang yang digunakan adalah 10%, 30% dan 50% berdasarkan berat agregat kasar manakala nisbah campuran air:simen:pasir adalah 0.6: 1:3.5. terdapat dua bentuk sampel disediakan iaitu sampel kiub bersaiz (100mm x 100mm x 100mm) dan sampel acuan (40mm x 175mm x 250mm) dimana jumlah sampel yang disediakan ialah sebanyak 48 sampel. Keputusan ujikaji menunjukkan kekuatan mampatan konkrit telap meningkat apabila 10% dan 30% kulit kerang digunakan. Kadar ketelapan konkrit telap juga meningkat apabila peratusan kulit kerang yang digunakan meningkat. Nilai peratus optimum kulit kerang sebagai bahan gantian agregat kasar adalah sebanyak 30%.

**Kata kunci:** Konkrit Telap, Kulit Kerang, Ujian Mampatan, Ujian Penyusupan Air

**Abstract:** Cockle shell from (*Anadara granosa*) is waste material from food industry that can be used as replacement material for coarse aggregate in concrete mix for construction works. The objectives of this study are to determine the physical properties of cockle shell as replacement material for coarse aggregate while study the compressive strength and infiltration rate of pervious concrete made with the stated materials and to identify optimum percentage ratio of cockle shell needed. Percentage of cockle shell used are 10%, 30% and 50% by the weight of coarse

aggregate while the ratio of water: cement: aggregate is 0.6: 1: 3.5. There are two shape of mould samples need to be prepared which are cube sample with dimension of (100 mm X 100 mm X 100 mm) and box sample with dimension of (40 mm X 175 mm X 250 mm) whereby the amounts of samples prepared is 48 samples. Specimen testing needed to be carried out in this research are slump test, compressive strength test, density test and infiltration test. The result from tests shows that compressive strength of permeable concrete increases when 10% and 30% cockle shells are used. The permeability rate of permeable concrete also increases as the percentage of cockle shells used increases. The optimum percentage value of cockle shells as a replacement material for coarse aggregate is 30%.

**Keywords:** Pervious Concrete, Cockle Shell, Compressive Test, Infiltration Test

## 1. Pengenalan

Konkrit telap diperbuat daripada campuran simen, air dan agregat kasar. Agregat halus jarang atau tidak digunakan dalam pembuatan konkrit telap bagi membolehkan kewujudan rongga-rongga pada struktur konkrit telap. Bahan tambahan seperti kapur, gipsum dan lain-lain didalam campuran konkrit telap boleh meningkatkan keboleherjaan konkrit supaya mudah dikerjakan. Ciri istimewa konkrit telap adalah ia boleh membenarkan air menembusi lapisan permukaannya dan meresap ke lapisan dasar. Terdapat juga bahan gantian yang sesuai digunakan dalam penghasilan konkrit telap yang boleh meningkatkan ciri istimewa konkrit tersebut. Konkrit telap sedia ada mempunyai kadar keterlapan yang rendah selain mudah tersumbat. Kekuatan mampatan konkrit telap sedia ada juga adalah sederhana. Ciri-ciri istimewa konkrit telap boleh dipertingkatkan lagi dengan penggunaan bahan gantian agregat kasar yang sesuai. Kulit kerang boleh digunakan bagi menggantikan agregat kasar didalam konkrit telap. Konkrit telap yang diperbuat menggunakan kulit kerang akan mempunyai kadar ketelapan yang lebih tinggi walaupun dengan kekuatan mampatan yang sama.

Konkrit telap adalah alternatif kepada penggunaan asfalt tradisional dan permukaan konkrit. Konkrit telap adalah bahan yang digred berjurang dan memiliki sifat struktur berongga, saling berhubung dan mempunyai liang kapilari [1]. Penggredan agregat bagi konkrit telap lazimnya mengandungi agregat kasar bersaiz serupa atau campuran binari agregat kasar dengan jumlah optima simen yang diperlukan untuk menyalut dan mengikat agregat. Keliangan konkrit telap adalah berbeza antar julat 15-25% dimana 15% keliangan adalah nilai minima yang dinyatakan oleh *National Ready Mix Concrete Association* (NRMCA) [2]. Nisbah campuran konkrit telap bagi kajian ini adalah berdasarkan kajian terdahulu yang dilakukan oleh Dev Pratap dengan memanipulasikan julat air. Nisbah air kepada simen juga adalah pemboleh ubah yang dikurangkan penggunaannya berbanding yang digunakan dalam pemprosesan konkrit konvensional. Nisbah air kepada simen yang sering digunakan sepanjang penghasilan konkrit telap adalah ber julat 0.28-0.40 dengan fungsi utama untuk memberikan salutan simen yang mencukupi kepada agregat [1]. Selain itu, nisbah agregat kepada simen juga berbeza mengikut julat 4:1 hingga setinggi 6:1. Kebiasaannya, isipadu agregat dalam konkrit telap adalah 50-65% berbanding konkrit konvensional ber julat 60-75%.

Konkrit telap semakin mendapat sambutan dan diklasifikasikan sebagai infrastruktur teknologi hijau digunakan dikawasan bandar. Konkrit telap digunakan sebagai sistem turapan telap pada jalan raya, laluan pejalan kaki, tempat parkir, jalan masuk dan lain-lain aplikasi kerja ringan pembinaan. Walaupun mempunyai kekuatan yang mencukupi untuk menampung beban trafik ringan, konkrit telap kebanyakannya digunakan sebagai sistem pengurusan air banjir kilat. Hal ini kerana, konkrit telap membolehkan air takungan meresap ke lapisan dasar untuk menakung air buat sementara dan air akan meresap ke tanah atau sistem perparitan secara berterusan. Sahdeo *et al.*, juga berpendapat konkrit telap boleh digunakan sebagai sistem perparitan dan menyasarkan haba dikawasan bandar [3].

Kajian ini dilakukan bagi mendalami pemahaman tentang penghasilan produk baru iaitu konkrit telap yang menggunakan kulit kerang sebagai bahan gantian agregat kasar. Antara objektif kajian ini

adalah untuk menentukan kekuatan dan kadar ketelapan bagi konkrit telap kulit kerang dan juga bagi mengenalpasti peratus optimum kulit kerang sebagai bahan gantikan agregat kasar dalam konkrit telap. Ujian kekuatan mampatan, ujian ketumpatan dan ujian penyusupan air dijalankan bagi mencapai objektif kajian. Hal ini juga termasuklah perancangan kajian, penerangan mengenai bahan yang digunakan, kadar campuran, peralatan, kaedah penyediaan campuran konkrit dan langkah-langkah ujikaji untuk menentukan sifat kejuruteraan konkrit telap kulit kerang. Pada peringkat awal, segala bahan yang diperlukan dan peralatan mestilah dikumpulkan dan disemak kebolehgunaannya. Segala ujikaji dan kerja makmal yang dijalankan adalah mengikut piawai *British Standard Eurocode* (BS EN) dan *American Standard for Testing Method* (ASTM).

## 2. Bahan dan kaedah

### 2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam kajian ini adalah kulit kerang, agregat kasar, simen dan air. Acuan kiub yang digunakan adalah bersaiz (100mm X 100mm X 100mm) bagi tujuan menguji kekuatan mampatan dan kotak acuan (40mm X 175mm X 250mm) bagi tujuan menguji kadar ketelapan. Jumlah keseluruhan spesimen yang perlu disediakan adalah 48 dimana 24 daripadanya adalah spesimen berbentuk kiub bagi menguji kekuatan mampatan dan 24 selebihnya berbentuk kuboid bagi menguji kadar ketelapan. Dalam kajian ini, terdapat 4 jenis campuran yang perlu disediakan. Pertama sekali adalah spesimen kawalan yang tidak menggunakan kulit kerang sebagai bahan gantikan agregat kasar diikuti dengan peratusan kulit kerang sebagai gantikan agregat kasar sebanyak 10%, 30% dan 50%. Jadual 1 menunjukkan rekaan campuran konkrit telap bagi 48 sampel.

**Jadual 1: Rekaan campuran konkrit telap bagi 48 sampel**

Bahan	Simen (kg)	Air (kg)	Agregat kasar (kg)	Kulit kerang, (kg)
Peratus kulit kerang (%)				
0	5.8	3.5	20.4	0
10	5.8	3.5	18.3	0.93
30	5.8	3.5	14.3	2.8
50	5.8	3.5	10.2	4.66

### 2.2 Penyediaan kulit kerang

Kulit kerang digunakan dalam kajian ini dikumpulkan dari Sungai Lurus, Batu Pahat. Kulit kerang dibersihkan daripada kekotoran, dicuci, dikeringkan dan diayak sebelum digunakan dalam bancuhan konkrit telap. Saiz kulit kerang yang digunakan adalah berjulat antara 19mm – 4.75mm berdasarkan BS EN 933-1:2012, *Tests for geometrical properties of aggregates part 1: Determination of particle size distribution – Sieving method* [4].

### 2.3 Ujian penurunan konkrit

Ujian penurunan dijalankan bagi menyemak kandungan air yang digunakan dalam bancuhan konkrit telap adalah bersesuaian. Ujikaji dijalankan mengikut BS EN 12350-2:2009, *fresh concrete test part 2: slump test* [5]. Kon besi penurunan diletakkan diatas lapisan pejal tidak telap dan diisi dengan konkrit segar dalam 3 lapisan yang serupa. Setiap lapisan perlu ditekan menggunakan rod besi sebanyak 25 kali untuk tujuan pemadatan. Lapisan ketiga disudahi sekata dengan bahagian atas kon besi penurunan. Kemudian, naikan kon degan berhati-hati dan meninggalkan timbunan konkrit yang akan merosot atau berlakunya penurunan. Kon besi penurunan diletakkan secara terbalik bersebelahan dengan timbunan konkrit sebagai rujukan. Perbezaan ketinggian antara konkrit dan kon besi diukur dan dicatatkan.

## 2.4 Kaedah pengawetan

Konkrit perlu diawet supaya mencapai sifat kejuruteraanya dengan optima. Proses pengawetan yang dijalankan adalah mengikut BS EN12390-2:2000, Bahagian 2: pembuatan dan pengawetan specimen bagi ujikaji ketahanan[6]. Spesimen ditutup dengan guni basah selepas dimasukkan kedalam acuan supaya dapat mengelakkan penyejatan air. Setelah spesimen keras, ia dikeluarkan daripada acuan dan dimasukkan kedalam tangki pengawetan selama 7 hari dan 28 hari.

## 2.5 Ujian kekuatan mampatan

Ujian kekuatan mampatan bagi konkrit telap kulit kerang yang diawet selama 7 hari dan 28 hari dijalankan mengikut BS EN 12390-3:2009, menguji konkrit keras bahagian 3: kekuatan mampatan spesimen ujikaji[7]. Ujian kekuatan mampatan dilakukan menggunakan mesin penguji mampatan di Makmal Bahan Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Bina (FKAAB) UTHM. Bebanan mampatan yang bertambah dikenakan keatas spesimen sehingga berlakunya kegagalan untuk mendapatkan bacaan maksima kekuatan mampatan konkrit telap. Dimensi spesimen diambil terlebih dahulu sebelum melakukan ujian. Kekuatan mampatan boleh dikira menggunakan persamaan 1 berikut:

$$\text{Kekuatan mampatan} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Iaitu;

P = beban mampatan konkrit tertinggi (kN)

A = permukaan bersentuhan dengan plat mampatan (mm<sup>2</sup>)

## 2.6 Ujian penyusupan air

Ujian penyusupan air dijalankan untuk menganggarkan ketelapan konkrit telap. Ketelapan merujuk kepada kadar air boleh menembusi konkrit telap. Ujian penyusupan air dijalankan mengikut ASTM C1701. Acuan konkrit telap kulit kerang berukuran 40 mm X 175 mm X 250 mm dibentuk dan ujian penyusupan air dijalankan pada hari ke 7 dan 28. Kadar penyusupan air boleh dianggarkan menggunakan persamaan (2) seperti yang dinyatakan ASTM C-1701-09[19-21][8].

$$\text{Kadar penyusupan, } I = \frac{KM}{D^2T} \quad (2)$$

Iaitu;

I = kadar penyusupan (m/s)

K = 4.5835 m<sup>3</sup>/kgh

M = berat air yang menyusup masuk (kg)

D = diameter dalam bulatan penyusupan (m)

T = masa diperlukan bagi jumlah air yang dikira untuk menyusup kedalam konkrit (s)

## 2.7 Ujian ketumpatan

Setelah sampel konkrit keras, konkrit tersebut dibiarkan mengalami proses pengawetan selama 7 hari dan 28 hari. Bagi mengetahui ketumpatan sampel konkrit, berat sampel perlulah ditimbang dua kali iaitu sebelum menjalani proses pengawetan dan selepas diawet. Ketumpatan sampel konkrit boleh diketahui dengan berdasarkan BS EN 12390-7:2009, ujikaji konkrit keras bahagian 7: ketumpatan konkrit keras[9]. Ketumpatan sampel konkrit boleh dikira dengan menggunakan persamaan (3):

$$\text{Ketumpatan} = \frac{\text{berat (kg)}}{\text{isipadu (m}^3\text{)}} \quad (3)$$

### 3. Keputusan dan perbincangan

#### 3.1 Ujian penurunan

Jadual 2 menunjukkan keputusan ujian penurunan yang dijalankan keatas setiap jenis bancuhan konkrit mengikut peratusan kulit kerang. Nilai penurunan konkrit telap meningkat apabila nilai peratusan kulit kerang yang digunakan bertambah.

**Jadual 2: Nilai penurunan konkrit telap**

Sampel	Peratusan kulit kerang (%)	Nilai penurunan (mm)
Normal	0	147
A	10	157
B	30	162
C	50	167

Berdasarkan Jadual 2, nilai penurunan konkrit telap normal adalah sebanyak 147mm. Apabila kulit kerang digunakan sebagai bahan gantian dalam konkrit telap, nilai penurunan meningkat apabila peningkatan peratusan kulit kerang yang digunakan iaitu 157mm penurunan pada 10% kulit kerang, 162mm penurunan pada 30% kulit kerang dan 167mm penurunan pada 50% kulit kerang.

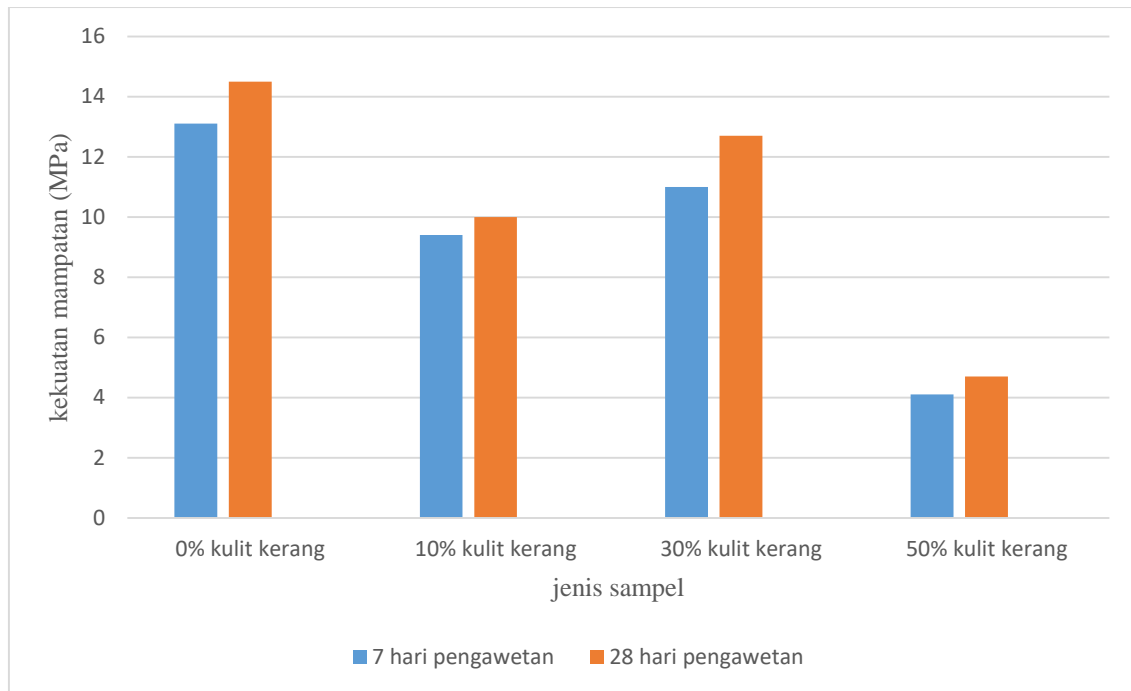
Secara keseluruhannya, peningkatan peratusan kulit kerang yang digunakan sebagai bahan gantian agregat kasar meningkatkan keboleherjaan konkrit telap. Justeru, peratusan kulit kerang yang sesuai adalah 50% kerana keboleherjaannya adalah yang paling tinggi. Jenis penurunan bagi bancuhan konkrit telap ini adalah penurunan runtuh yang menunjukkan bahawa nisbah air-simen yang tinggi, nilai penurunan yang tinggi, keboleherjaan yang rendah dan mudah dikerjakan.

#### 3.2 Ujian mampatan

Ujian mampatan dilakukan terhadap 24 sampel kiub konkrit telap yang telah diawet selama 7 hari dan 28 hari. Setiap bancuhan konkrit telap berbeza peratusan kulit kerang yang dihasilkan mempunyai kekuatan mampatan yang berlainan setelah dikenakan beban maksimum. Jadual 3 menunjukkan keputusan ujian mampatan konkrit telap bagi tempoh pengawetan 7 dan 28 hari.

**Jadual 3: Keputusan kekuatan mampatan konkrit telap pada umur 7 dan 28 hari**

Peratusan kulit kerang (%)	Kekuatan mampatan (MPa)	
	7 hari	28 hari
0	13.1	14.5
10	9.4	10.0
30	11.0	12.7
50	4.1	4.7



**Rajah 1: Graf kekuatan mampatan tempoh pengawetan 7 dan 28 hari**

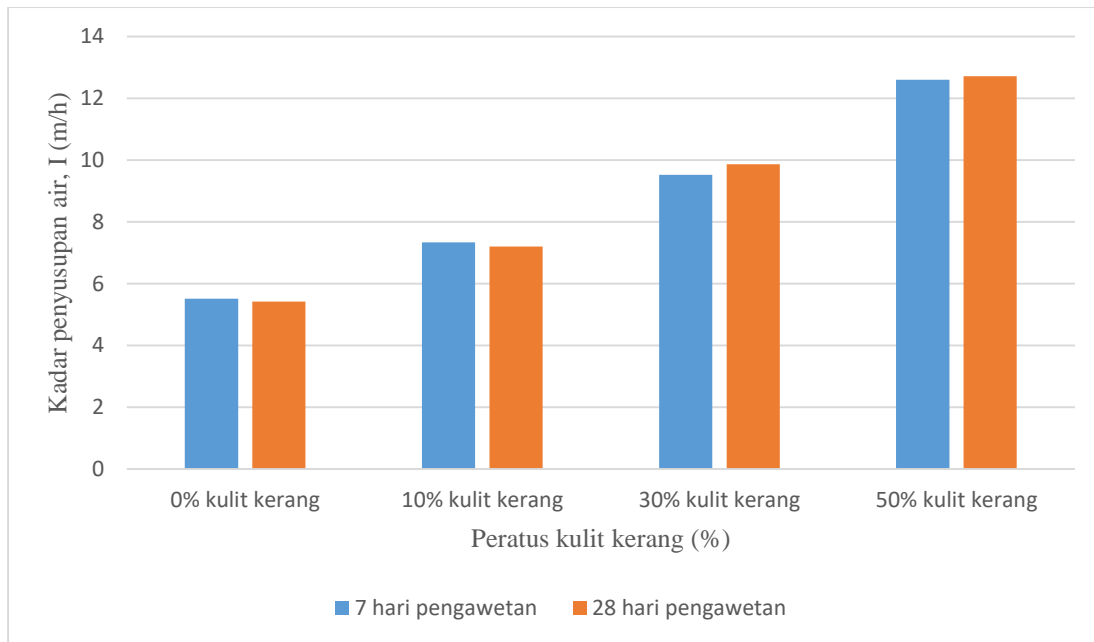
Berdasarkan Jadual 3 dan Rajah 1, konkrit telap normal mencapai kekuatan mampatan tertinggi iaitu 13.1 MPa dan 14.5 MPa bagi tempoh pengawetan 7 dan 28 hari. Manakala kekuatan mampatan konkrit telap yang menggunakan kulit kerang meningkat dari 10% kulit kerang ke 30% kulit kerang. Kekuatan mampatan konkrit telap kulit kerang menurun secara mendadak apabila peratusan kandungan kulit kerang digunakan adalah 50%. Nilai kekuatan mampatan juga meningkat apabila tempoh pengawetan bertambah. Secara keseluruhannya, konkrit telap yang menggunakan 30% kulit kerang (KTKK30) sebagai gantian agregat kasar mencapai nilai kekuatan mampatan optimum berbanding konkrit telap 10% kulit kerang (KTKK10) dan konkrit telap 50% kulit kerang (KTKK50). Ini kerana peratus perbezaan kekuatan mampatan konkrit telap dengan 30% kulit kerang berbanding konkrit telap normal adalah hanya 12% pada usia 28 hari.

### 3.3 Ujian penyusupan air

Ujian penyusupan air ini dilakukan untuk menentukan kadar penyusupan air bagi konkrit telap. Bagi tujuan ini, konkrit telap telah diawet selama 7 hari dan 28 hari. Keputusan ujian penyusupan air direkodkan seperti Jadual 4.

**Jadual 4: Keputusan ujian penyusupan air**

Peratus kulit kerang (%)	Kadar penyusupan air, I (m/h)	
	7 hari	28 hari
0	5.51	5.42
10	7.34	7.20
30	9.52	9.86
50	12.60	12.71



**Rajah 2: Graf kadar penyusupan air, I pada tempoh 7 dan 28 hari pengawetan**

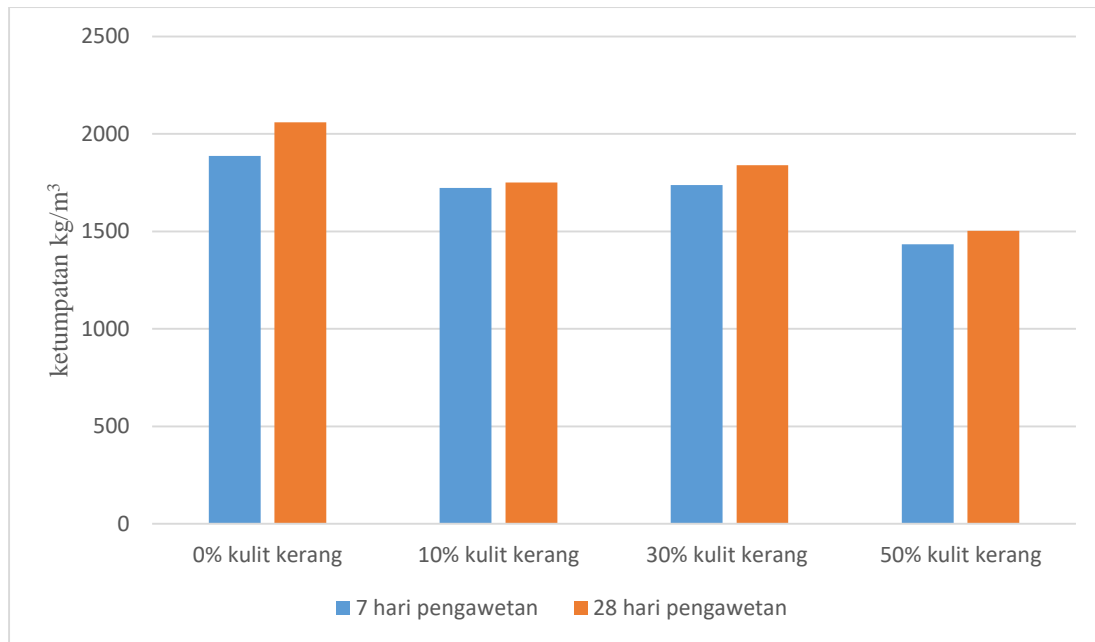
Jadual 4 menunjukkan keputusan ujian penyusupan air bagi konkrit telap yang diawet selama 7 hari dan 28 hari. Berdasarkan Jadual 4., kadar penyusupan air meningkat apabila peratus kulit kerang yang digunakan sebagai gantian agregat kasar meningkat. Kadar penyusupan air optimum diperoleh apabila peratus kulit kerang yang digunakan adalah sebanyak 50%. Rajah 2 menunjukkan perbandingan kadar penyusupan air konkrit telap setelah diawet selama 7 hari dan 28 hari. Perbandingan kadar penyusupan air adalah sangat minimum. Kadar penyusupan air bertambah apabila peratus gantian kulit kerang sebagai agregat kasar bertambah. Hal ini kerana, pertambahan peratusan kulit kerang sebagai bahan gantian agregat kasar dalam konkrit telap akan meningkatkan rongga-rongga konkrit telap.

### 3.4 Ujian ketumpatan

Ujian ketumpatan ini dilakukan untuk menentukan kepadatan sampel kajian. Konkrit telap telah diawet selama 7 hari dan 28 hari bagi ujian ini. Keputusan ujian ketumpatan yang merangkumi ketumpatan kering dan ketumpatan basah sampel konkrit telap direkodkan seperti Jadual 5.

**Jadual 5: Keputusan ujian ketumpatan tempoh pengawetan 7 dan 28 hari**

Peratusan kulit kerang (%)	7 Hari pengawetan	28 Hari pengawetan
	Ketumpatan ( $\text{kg/m}^3$ )	Ketumpatan ( $\text{kg/m}^3$ )
0	1887	2060
10	1723	1750
30	1737	1840
50	1433	1503



**Rajah 3: Graf ketumpatan ( $\text{kg/m}^3$ ) bagi pengawetan 7 dan 28 hari**

Jadual 5 dan Rajah 3 menunjukkan ketumpatan konkrit telap pada umur 7 hari pengawetan dan 28 hari pengawetan meningkat setelah diawet. Ketumpatan konkrit telap yang tidak menggunakan kulit kerang adalah paling tinggi. Ketumpatan konkrit telap mencapai nilai yang tinggi apabila 30% kulit kerang digunakan sebagai gantian agregat kasar. Justeru, nilai peratusan kulit kerang paling optimum bagi ketumpatan konkrit telap adalah sebanyak 30%

#### 4. Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan yang diperoleh daripada hasil kajian ini setelah melakukan ujikaji, pengumpulan data dan maklumat bagi mencapai objektif kajian.

Bagi menentukan kekuatan mampatan konkrit telap diperbuat daripada kulit kerang sebagai bahan gantian agregat kasar, ujian mampatan telah dilakukan dan keputusannya direkodkan. Konkrit telap yang menggunakan kulit kerang sebagai bahan gantian agregat kasar mempunyai kekuatan mampatan yang lebih rendah berbanding konkrit telap normal. Kekuatan mampatan konkrit telap kulit kerang meningkat daripada 10% kulit kerang kepada 30% kulit kerang dan kemudiannya menurun secara mendadak apabila 50% kulit kerang digunakan. Konkrit telap kulit kerang yang mempunyai kekuatan mampatan yang paling tinggi adalah apabila menggunakan 30% kulit kerang sebagai bahan gantian agregat kasar. Kekuatan mampatan konkrit telap juga berkait dengan ketumpatan konkrit telap. Semakin tinggi ketumpatan konkrit telap, maka kekuatan mampatan konkrit telap semakin tinggi. Konkrit telap yang menggunakan 30% kulit kerang sebagai gantian agregat mempunyai ketumpatan yang lebih tinggi berbanding konkrit telap 10% kulit kerang dan konkrit telap 50% kulit kerang.

Ujian penyusupan air telah dilakukan bagi menentukan kadar ketelapan konkrit telap kulit kerang. Hasil kajian menunjukkan konkrit telap normal mempunyai kadar ketelapan paling rendah. Manakala, kadar penyusupan air konkrit telap kulit kerang meningkat apabila peratus kulit kerang yang digunakan meningkat. Konkrit telap 50% kulit kerang (KTKK50) mempunyai kadar ketelapan tertinggi kerana rongga-rongga KTKK50 adalah lebih banyak berbanding konkrit telap yang lain.

Secara keseluruhannya, nisbah campuran peratus optimum kulit kerang sebagai bahan gantian agregat kasar adalah sebanyak 30%. Hal ini kerana, konkrit telap kulit kerang yang menggunakan 30% kulit kerang (KTKK30) mempunyai ketumpatan dan kekuatan mampatan yang lebih tinggi berbanding konkrit telap 10% kulit kerang (KTKK10) dan konkrit telap 50% kulit kerang (KTKK50). KTKK30 juga mempunyai kadar ketelapan yang tinggi berbanding konkrit telap normal dan KTKK10.



## Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada Fakuliti Kejuruteraan Awam dan Alam Bina, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia diatas sokongan yang diberikan sepanjang melakukan kajian ini.

## Rujukan

- [1] Anush K. Chandrappa, Krishna Prapoorna Biligiri. (2016). Pervious concrete as a sustainable pavement material - research prospects: A state of the art review. *In Construction and Building Materials* 111 (2016) 262-27
- [2] National Ready Mixed Concrete Association (NMRCA). (2014). *Pervious concrete: Mixture proportioning*.
- [3] Kant Sahdeo, S., Ransinchung, G. D., Rahul, K. L., & Debbarma, S. (2020). Effect of mix proportion on the structural and functional properties of pervious concrete paving mixtures. *In Construction and Building Materials* (Vol. 255).
- [4] British Standard Institution (2012). Tests for geometrical properties of aggregates part 1: Determination of particle size distribution – Sieving method. London: BS EN 933-1:2012
- [5] British Standard Institution (2009). Testing fresh concrete: Slump test. London. BS EN 12350-2:2009
- [6] British Standard Institution (2000). Testing hardened concrete: Making and curing specimens for strength tests. London. BS EN 12390-2:2000
- [7] British Standard Institution (2009). Testing hardened concrete: Compressive strength of test specimens. London. BS EN 12390-3:2009
- [8] American Society for Testing and Materials ASTM C1701. “Standard Test Method for Infiltration Rate of In Place Pervious Concrete”, ASTM Int., West Conshohocken, PA, 2017.
- [9] British Standard Institute. (2009). Testing hardened concrete Part 7: Density of hardened concrete. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.