

Penggunaan Kulit Etok (*Corbiculacea*) Sebagai Bahan Gantian Agregat Kasar di dalam Konkrit Telap

Mohamad Farhan Mohd Pauzi¹, Abdul Halim Abdul Ghani^{1,2*}

¹Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Bina,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Johor, 86400, MALAYSIA

²Pusat Penyelidikan Jamilus, Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Bina,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Johor, 86400, MALAYSIA

*Corresponding Author Designation

DOI: <https://doi.org/10.30880/rtcebe.2023.04.03.011>

Received 06 January 2022; Accepted 15 May 2023; Available online 31 January 2023

Abstrak: Etok atau etak merupakan haiwan kerang-kerangan yang boleh didapati di dasar sungai di Malaysia. Etok atau nama saintifiknya *Corbiculacea* merupakan bahan sisa makanan terutama bagi masyarakat di Kelantan yang berpotensi dijadikan sebagai bahan gantian agregat kasar dalam campuran konkrit. Penggunaan kulit etok sebagai bahan ganti agregat kasar mampu mengurangkan sisa buangan kulit etok di samping dapat menjimatkan kos. Tujuan kajian ini dijalankan adalah untuk mengenal pasti keboleherjaan konkrit segar kulit etok disamping menentukan ketumpatan, kekuatan mampatan, dan kadar penyusupan konkrit telap kulit etok sebagai bahan gantian agregat kasar. Kajian ini juga adalah untuk menentukan peratus optimum kulit etok sebagai bahan gantian agregat kasar dalam konkrit telap. Peratusan kulit etok yang digunakan ialah sebanyak 10%, 20% dan 30% daripada berat agregat kasar yang digunakan untuk konkrit telap biasa. Sampel yang akan dihasilkan adalah sebanyak 48 sampel yang terdiri daripada dua bentuk iaitu yang pertama berbentuk kiub bersaiz (100mm x 100mm x 100mm) dan yang berikutnya berbentuk acuan bersaiz (40mm x 175mm x 250mm). Sampel yang dihasilkan akan diuji menggunakan ujian mampatan, ujian ketumpatan dan ujian penyusupan. Keboleherjaan yang paling tinggi adalah pada peratusan kulit etok 30%. Untuk ujian ketumpatan, nilai ketumpatan yang paling tinggi adalah pada peratusan kulit etok 0% diikuti peratusan kulit etok 30%, 20% dan 10%. Untuk ujian kekuatan mampatan konkrit telap normal adalah yang paling tinggi diikuti konkrit telap dengan peratusan kulit etok 10%, 20% dan 30%. Untuk ujian penurunan air pula menunjukkan kadar penyusupan air dengan peratusan kulit etok 30% adalah yang paling tinggi diikuti konkrit telap dengan peratusan kulit etok 20%, 10% dan 0%. Peratusan optimum kulit etok sebagai bahan ganti agregat kasar bagi konkrit telap adalah sebanyak 10%.

Kata kunci: Kulit Etok, Keboleherjaan, Ketumpatan, Kekuatan Mampatan, Kadar Penyusupan Air

Abstract: *Etok or etak is a shellfish that can be found at the bottom of rivers in Malaysia. Etok or its scientific name Corbiculacea is a food waste, especially for the community in Kelantan which has the potential to be used as a replacement for coarse aggregate in concrete mix. The use of etok shell as a coarse aggregate replacement can reduce etok shell waste as well as can save costs. The purpose of this study was to identify the workability of fresh etok crust concrete as well as to determining the density, compressive strength, and infiltration rate of etok shell pervious concrete as a replacement for coarse aggregate. This study was also to determine the optimum percentage of etok shell as a coarse aggregate replacement in pervious concrete. The percentage of etok shell used is as much as 10%, 20% and 30% of the coarse aggregate weight used for normal concrete. The sample that will be produced is a total of 48 samples consisting of two shapes, the first in the form of cubes sized (100mm x 100mm x 100mm) and the next in the form of mold sized (40mm x 175mm x 250mm). The resulting sample will be tested using compression test, density test and infiltration test. The highest workability is at a 30% etok shell percentage. For the density test, the highest density values were at 0% etok shell percentage followed by 30%, 20% and 10% etok shell percentages. For the compressive strength test of normal pervious concrete is the highest followed by pervious concrete with etok shell percentages of 10%, 20% and 30%. For the infiltration test, the water infiltration rate with 30% etok shell percentage is the highest followed by pervious concrete with 20%, 10% and 0% etok shell percentage. The optimum percentage of etok shell as a replacement for coarse aggregate for pervious concrete is 10%.*

Keywords: *Etok Shell, Workability, Density, Compressive Strength, Water Infiltration Rate*

1. Pengenalan

Etok merupakan mamalia jenis kerangan *corbiculacea* air tawar yang hidup di dasar sungai yang berukuran kecil. Kebiasaannya etok terdapat di kawasan sungai yang cetek dan berpasir. Kebanyakan rakyat Malaysia tidak mengenali spesis kerangan air tawar ini, namun etok sangat popular dalam kalangan masyarakat Kelantan. Etok boleh dijumpai di sungai yang mempunyai perairan segar kerana etok sangat peka terhadap kualiti air [1]. Namun etok juga boleh didapati kawasan yang berlumpur dimana ianya mempunyai warna yang lebih gelap dan bersaiz lebih besar. Sifat kulit etok hamper sama dengan kulit kerang, dimana kulit kerang mempunyai ciri-ciri struktur tulang dan lebih ringan berbanding agregat yang berukuran serupa [2] membolehkan kulit etok berpotensi untuk dijadikan bahan gantikan agregat kasar dalam penghasilan konkrit telap.

Konkrit telap merupakan konkrit yang menggunakan bahan yang sama dengan konkrit konvensional, dengan pengecualian bahan agregat halus. Ia memberikan sifat keras yang berguna, tetapi juga menghasilkan campuran yang memerlukan pertimbangan yang berbeza dalam pencampuran, penempatan, pemadatan, dan pengawetan. Kunci untuk menghasilkan konkrit yang kuat, tahan lama dan seragam terletak pada kawalan komponen asasnya dengan teliti [3]. Kawalan ketat diperlukan untuk memberikan hasil yang diinginkan. Konkrit telap biasanya dirancang untuk kandungan kosong dalam lingkungan 15% hingga 30% [4]. Konkrit telap mempunyai permukaan yang agak kasar dan ruang yang berongga bagi membolehkan air untuk meresap didalamnya [5]. Proses menghasilkan konkrit telap kulit etok adalah dengan mencampurkan air, simen dan agregat kasar mengikut nisbah 0.6:1:3.5. Nisbah ini digunakan setelah membuat penilaian dan perbincangan mengenai kajian terdahulu.

Peningkatan harga bahan binaan telah menyebabkan kos pembinaan menjadi semakin mahal. Oleh itu bahan-bahan gantikan seperti kulit etok dapat mengurangkan kos pembinaan jika dapat digunakan

didalam industri pembinaan. Kadar penyusupan air pada konkrit telap normal agak rendah menyebabkan air lambat meresap kedalam konkrit telap. Struktur dan saiz kulit etok dilihat berpotensi untuk dijadikan bahan ganti anegat kasar untuk menghasilkan konkrit telap. Selain itu, masalah pelupusan sisa pepejal telah menjadi perkara biasa kerana Malaysia terlibat secara langsung dengan industry makanan. Kulit etok menjadi salah satu daripada sisa pepejal yang dihasilkan oleh industri ini.

Tujuan kajian ini dijalankan adalah untuk mengenalpasti keboleherjaan konkrit segar kulit etok disamping menentukan ketumpatan, kekuatan mampatan, dan kadar penyusupan konkrit telap kulit etok sebagai bahan gantian agregat kasar. Kajian ini juga adalah untuk menentukan peratus optimum kulit etok sebagai bahan gantian agregat kasar dalam konkrit telap. Peratusan kulit etok yang digunakan ialah sebanyak 10%, 20% dan 30% daripada berat agregat kasar yang digunakan untuk konkrit telap biasa.

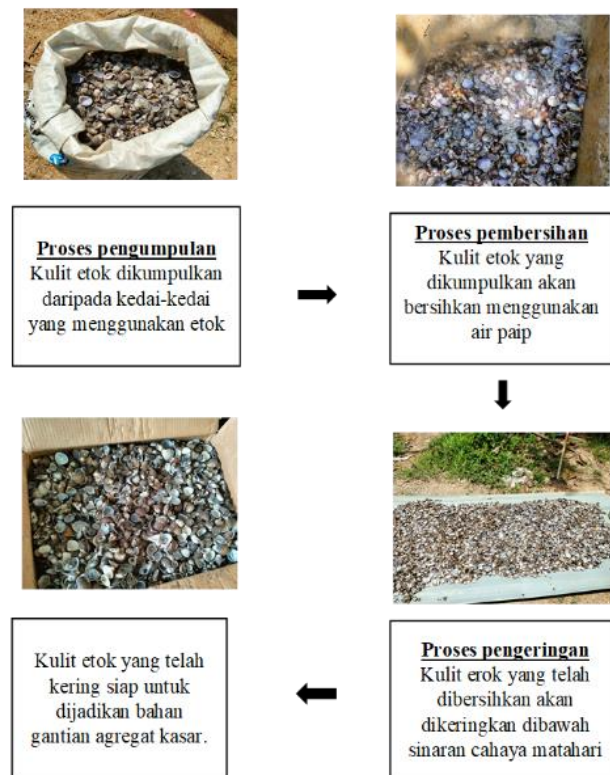
Kajian yang dilakukan untuk menentukan kesesuaian penggunaan kulit etok sebagai kaedah baru yang boleh digunakan dalam industri pembinaan di Malaysia. Hasil kajian ini dapat memberi manfaat bagi pihak-pihak yang terlibat dalam industri pembinaan di negara ini dari segi pengurangan kos pembinaan kerana menggunakan bahan buangan (kitar semula) kulit etok. Kajian ini juga dapat membantu meningkatkan kadar penyusupan air konkrit telap. Selain itu, melalui kajian ini pembuangan sisa pepejal khususnya, kulit etok dapat dikurangkan kerana digunakan dalam pembinaan. Kajian ini sejajar dengan konsep pembangunan hijau (*Green Building Index*) yang memberi perhatian pada aspek kecekapan tenaga, kualiti persekitaran dalaman, kelestarian perancangan dan pengurusan tapak binaan, bahan dan sumber, kecekapan air dan juga inovasi [6].

2. Bahan dan Kaedah

Penyediaan bahan dan kaedah kajian penting bagi memastikan kajian dapat dijalankan dengan sempurna. Bahan-bahan yang digunakan dalam kajian ini ialah simen, air, agregat kasar dan kulit etok. Kaedah yang digunakan dalam kajian ini ialah ujian penurunan, pengawetan sampel, ujian ketumpatan, ujian kekuatan mampatan dan ujian penyusupan air.

2.1 Penyediaan kulit etok

Penyediaan kulit etok merupakan langkah penting yang perlulah dilakukan bagi memastikan kulit etok yang diperlukan mencukupi dan siap untuk digunakan. Rajah 1 menunjukkan proses penyediaan kulit etok.



Rajah 1: Proses penyediaan kulit etok sebagai bahangantian agregat kasar

2.2 Reka bentuk campuran konkrit telap kulit etok

Reka bentuk campuran adalah proses yang dilakukan untuk memilih bahan konkrit yang paling sesuai dan menentukan kuantiti relatifnya untuk mencapai kekuatan yang diinginkan. Proses menghasilkan konkrit telap adalah dengan mencampurkan air, simen dan agregat kasar mengikut nisbah 0.6:1:3.5. Jadual 1 menunjukkan komposisi campuran konkrit telap bagi 48 sampel.

Jadual 1: Komposisi campuran konkrit telap bagi 48 sampel

Peratusan kulit etok (%)	Simen (kg)	Air (kg)	Agregat kasar(kg)	Kulit etok (kg)
0	5.82	3.50	20.38	0.00
10	5.82	3.50	18.35	1.10
20	5.82	3.50	16.30	2.21
30	5.82	3.50	14.27	3.31

2.3 Penyediaan campuran konkrit telap kulit etok

Pertama sekali, bahan-bahan disediakan bagi keseluruhan kumpulan specimen. Permukaan mesin bancuhan konkrit dibasahkan bagi menghasilkan campuran yang seragam. Agregat kasar dituang kedalam mesin bancuhan, kemudian sebahagian air dimasukkan kedalam mesin bancuhan bagi menghasilkan bancuhan yang sekata. Kemudian, simen ditambah kedalam bancuhan dan digaul seketika. Air yang selebihnya ditambahkan kedalam mesin bancuhan. Konkrit didalam mesin bancuhan dipindahkan setelah proses campuran selesai. Bagi konkrit telap kulit etok, agregat kasar digantikan dengan kulit etok mengikut peratusan daripada agregat kasar sebanyak 10%, 20% dan 30%.

2.4 Ujian penurunan

Ujian penurunan dijalankan untuk menyemak sama ada kandungan air yang betul dan mencukupi ditambah pada campuran konkrit telap. Ujikaji dijalankan mengikut BS EN 12350-2:2009, menguji

konkrit segar bahagian 2: ujian penurunan. Apabila peratusan kulit etok yang digunakan lebih tinggi, lebih banyak simen diperlukan untuk mendapatkan keboleherjaan yang diperlukan [7]. Ini kerana kulit etok mempunyai bentuk bersudut.

2.5 Pengawetan sampel

Konkrit telap perlu diawet supaya mencapai sifat kejuruteraanya dengan optima. Proses pengawetan yang dijalankan adalah mengikut BS EN12390-2:2009, Bahagian 2: pembuatan dan pengawetan spesimen bagi ujikaji kekuatan. Setelah spesimen keras, ia dikeluarkan daripada acuan dan dimasukkan kedalam tangki pengawetan selama 7 hari dan 28 hari.

2.6 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, menguji konkrit keras bahagian 7: ketumpatan konkrit keras. Konkrit telap yang menggunakan kulit etok sebagai separa gentian agregat kasar mempunyai ketumpatan yang hampir sama dengan konkrit telap biasa [8]. Ketumpatan sampel konkrit boleh dikira dengan menggunakan formula tersebut:

$$\text{Ketumpatan} = \frac{\text{berat}(kg)}{\text{isipadu}(m^3)} \text{ (Eq. 1)}$$

2.7 Ujian kekuatan mampatan

Ujian kekuatan mampatan bagi konkrit telap kulit etok yang diawet selama 7 hari dan 28 hari dijalankan mengikut BS EN 12390-3:2009, menguji konkrit keras bahagian 3: ujian kekuatan mampatan bagi spesimen. Ujian kekuatan mampatan dilakukan menggunakan mesin penguji mampatan. Bebanan mampatan yang bertambah dikenakan keatas spesimen sehingga berlakunya kegagalan untuk mendapatkan bacaan maksima kekuatan mampatan konkrit telap. Kekuatan mampatan konkrit telap yang mengandungi ruang kekosongan antara julat 15% hingga 35% boleh mencapai 28MPa [9]. Kekuatan mampatan boleh dikira dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kekuatan mampatan} = \frac{P}{A} \text{ (Eq. 2)}$$

Dimana:

P= beban mampatan konkrit tertinggi (kN)

A= permukaan bersentuhan dengan plat mampatan (mm²)

2.8 Ujian penyusupan air

Konkrit Ujian penyusupan air dijalankan untuk menentukan kadar penyusupan air konkrit telap kulit etok. Ujian penyusupan air dijalankan mengikut ASTM C1701. Acuan konkrit telap kulit etok berukuran 40 mm x 175 mm x 250 mm dibentuk dan ujian penyusupan air dijalankan pada hari ke 7 dan 28 pengawetan. Keliangan konkrit telap memainkan peranan penting kepada fungsi dan prestasi struktur konkrit telap [10]. Kadar penyusupan air boleh ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$I = \frac{KM}{D^2T} \text{ (Eq. 3)}$$

Dimana:

I= kadar penyusupan permukaan (m/hr)

K= 4.5835 m³s/kg hr

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)

3. Keputusan dan Perbincangan

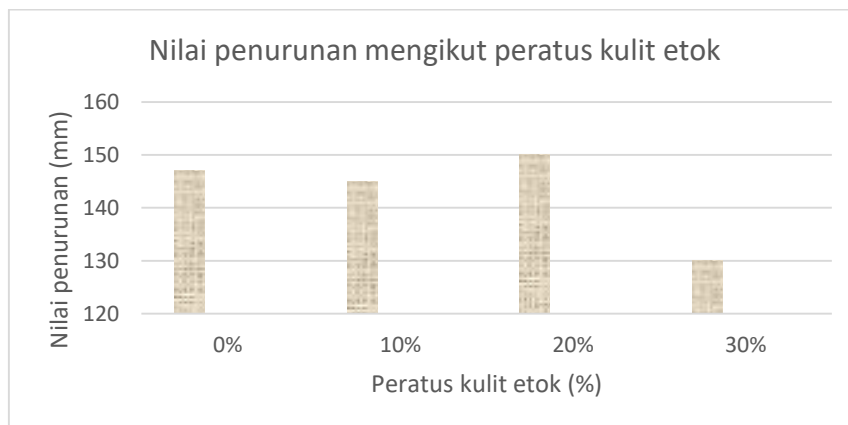
Keputusan yang diperoleh dari data yang dikumpulkan dari ujian makmal akan dibincangkan bagi memastikan objektif kajian dapat dicapai. Data dari ujian makmal dibentangkan dalam bentuk jadual dan grafik bagi memudahkan untuk difahami.

3.1 Ujian penurunan

Kebolehkerjaan konkrit segar ditentukan dengan melakukan ujian penurunan di mana konsistensi bancuhan konkrit diukur. Jadual 2 menunjukkan keputusan ujian penurunan bagi setiap bancuhan yang mengandungi peratusan kulit etok yang berbeza iaitu 10%, 20% dan 30%.

Jadual 2: Keputusan ujian penurunan

Peratusan kulit etok (%)	Nilai penurunan (mm)
0	147
10	145
20	150
30	130



Rajah 2: Graf keputusan ujian penurunan

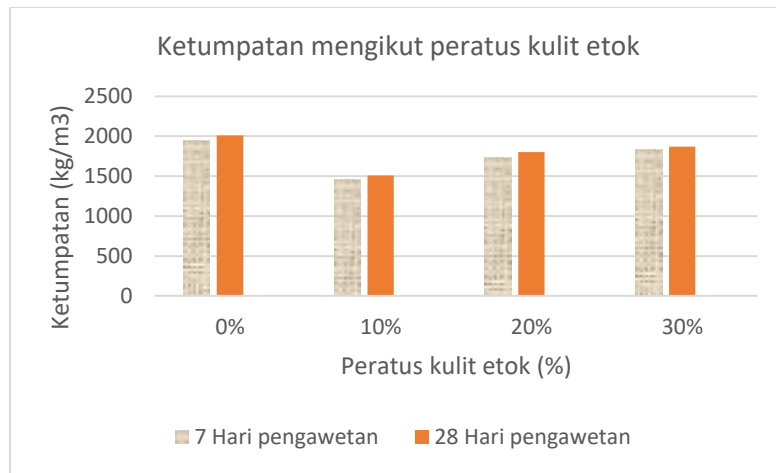
Berdasarkan Rajah 2 menunjukkan nilai penurunan yang paling rendah adalah pada peratusan kulit etok 30% iaitu sebanyak 130mm. Ini menunjukkan peratusan kulit etok 30% mempunyai nilai kebolehkerjaan yang paling tinggi. Jenis penurunan ini adalah penurunan ricih.

3.2 Ujian ketumpatan

Konkrit telap yang telah diawet pada tempoh 7 dan 28 hari akan menjalani ujian ketumpatan bagi menentukan kepadatan konkrit tersebut. Jadual 3 menunjukkan keputusan ujian ketumpatan bagi tempoh 7 dan 28 hari pengawetan.

Jadual 3: Keputusan ujian ketumpatan

Peratusan kulit etok (%)	Ketumpatan 7 Hari pengawetan (kg/m ³)	Ketumpatan 28 Hari pengawetan (kg/m ³)
0	1950	2010
10	1457	1510
20	1730	1800
30	1827	1870



Rajah 3: Graf keputusan ujian ketumpatan

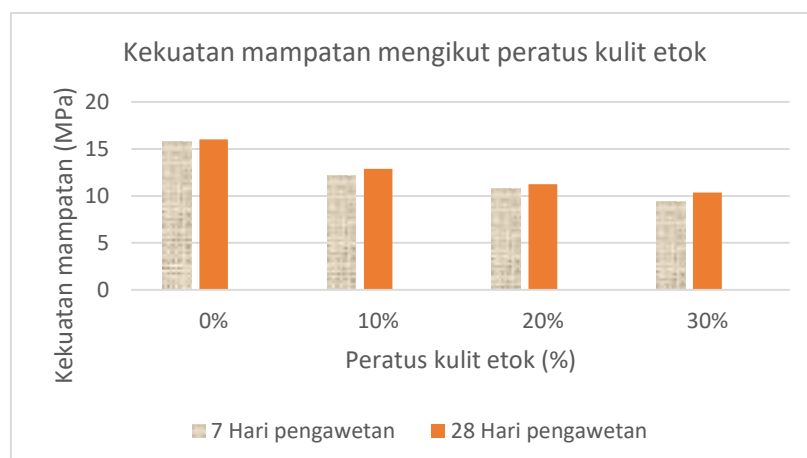
Rajah 3 menunjukkan terdapat sedikit peningkatan pada nilai ketumpatan apabila sampel diawet selama 28 hari berbanding 7 hari. Sampel kawalan menunjukkan nilai ketumpatan yang paling tinggi. Manakala untuk gantikan kulit etok menunjukkan peratusan 30% mempunyai nilai yang paling tinggi.

3.3 Ujian kekuatan mampatan

Kekuatan mampatan konkrit dapat ditunjukkan sebagai prestasi konkrit yang dikenakan beban tertinggi. Ujian dilakukan pada spesimen konkrit telap yang telah diawet pada tempoh 7 hari hingga 28 hari. Ujian kekuatan mampatan dilakukan untuk mengetahui kekuatan spesimen bagi menampung beban maksimum. Jadual 4 menunjukkan keputusan ujian mampatan yang telah dilakukan.

Jadual 4: Keputusan ujian mampatan

Peratusan kulit etok (%)	Kekuatan mampatan (MPa)	
	7 hari pengawetan	28 hari pengawetan
0	15.76	16.01
10	12.21	12.88
20	10.81	11.25
30	9.38	10.35



Rajah 4: Graf keputusan ujian mampatan

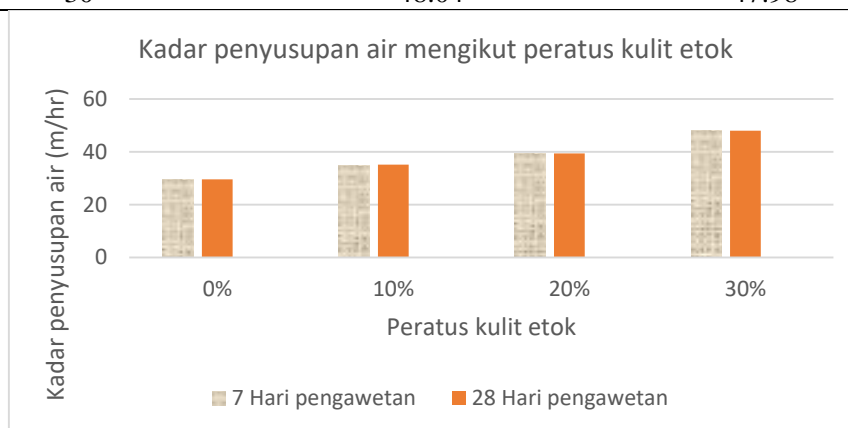
Rajah 4 menunjukkan graf kekuatan mampatan menurun mengikut peningkatan peratusan kulit etok. Dimana kekuatan mampatan yang paling tinggi adalah konkrit telap normal yang mempunyai peratusan kulit etok 0% diikuti konkrit telap dengan peratusan kulit etok 10%, 20% dan 30%. Graf juga menunjukkan terdapat peningkatan pada kekuatan mampatan konkrit telap yang diawet pada tempoh 28 hari berbanding 7 hari. Secara kesimpulan, kekuatan mampatan konkrit telap dengan peratusan kulit etok 10% adalah yang paling optimum berbanding 20% dan 30%.

3.4 Ujian penyusupan air

Kadar penyusupan kajian ini adalah halaju atau kelajuan air masuk ke dalam konkrit telap. Ujian dilakukan pada spesimen konkrit telap yang telah diawet pada tempoh 7 hari hingga 28 hari. Ujian penyusupan air dilakukan adalah untuk mengetahui kadar penyusupan air bagi konkrit telap yang menggunakan kulit etok sebagai bahan ganti agregat kasar. Jadual 5 menunjukkan keputusan ujian penyusupan air yang diperoleh.

Jadual 5: Keputusan ujian penyusupan air

Peratus kulit etok (%)	Kadar penyusupan air, I (m/hr)	
	7 hari pengawetan	28 hari pengawetan
0	29.68	29.57
10	34.96	35.12
20	39.50	39.43
30	48.04	47.98



Rajah 5: Graf keputusan ujian penyusupan air

Rajah 5 menunjukkan graf keputusan ujian penyusupan air dimana dapat dilihat bahawa perbezaan tempoh pengawetan antara 7 hari dan 28 hari pengawetan tidak mempengaruhi kadar penyusupan air konkrit telap. Ini kerana perbezaan kadar penyusupan air antara keduanya terlalu sedikit. Graf ini juga menunjukkan bahawa peningkatan peratus kulit etok sebagai bahan ganti agregat kasar menyebabkan peningkatan pada kadar penyusupan air. Kadar penyusupan yang paling optimum adalah pada peratus kulit etok 30% kerana nilai kadar penyusupan air adalah yang paling tinggi diikuti peratus kulit etok 20%, 10% dan 0%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan keputusan dan perbincangan daripada data yang diperoleh, kesimpulan yang dapat disimpulkan berdasarkan objektif kajian ini ialah dimana nilai penurunan yang paling tinggi adalah pada peratusan kulit etok 20% (150mm) diikuti peratusan kulit etok 0% (147mm), 10% (145mm) dan 30% (130mm). Kebolehkerjaan yang paling tinggi adalah pada peratusan kulit etok 30% kerana pengurangan nilai penurunan menyebabkan peningkatan pada kebolehkerjaan konkrit segar.

Selain itu, bagi ujian ketumpatan, nilai ketumpatan yang paling tinggi adalah pada peratusan kulit etok 0% diikuti peratusan kulit etok 30%, 20% dan 10%. Manakala untuk ujian mampatan menunjukkan

penurunan pada nilai kekuatan mampatan apabila peratusan kulit etok bertambah. Dimana kekuatan mampatan konkrit telap normal adalah yang paling tinggi diikuti konkrit telap dengan peratusan kulit etok 10%, 20% dan 30%. Untuk ujian penurunan air pula menunjukkan peningkatan pada kadar penyusupan air apabila peratusan kulit etok bertambah. Dimana kadar penyusupan air dengan peratusan kulit etok 30% adalah yang paling tinggi diikuti konkrit telap dengan peratusan kulit etok 20%, 10% dan 0%.

Seterusnya, peratusan optimum kulit etok sebagai bahan ganti agregat kasar bagi konkrit telap adalah sebanyak 10%. Hal ini kerana, peratusan kulit etok 10% mempunyai nilai kekuatan mampatan yang paling tinggi berbanding peratusan kulit etok 20% dan 30%. Ini menunjukkan konkrit telap kulit etok 10% mampu menanggung beban yang lebih tinggi berbanding peratusan kulit etok 20% dan 30%. Konkrit telap dengan peratusan kulit etok 10% juga mempunyai kadar penyusupan air yang lebih tinggi berbanding konkrit telap normal. Hal ini menunjukkan konkrit telap dengan peratusan kulit etok 10% mampu meresap air lebih cepat berbanding konkrit telap normal bagi mengurangkan air bertakung di permukaan konkrit.

Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Binaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas sokongan dan dorongan yang diberikan sepanjang kajian ini dijalankan.

Rujukan

- [1] Kelantan, K. P. S. (2012, September 20). ETOK: Kudapan Tradisional Kelantan. SejarahKelantan.<https://sejarahkelantan.wordpress.com/2012/09/19/etokkudapan-tradisional-kelantan/>
- [2] Bharatham, Hemabarathy & Abu Bakar, Md Zuki & Perimal, Enoch & Yusof, Loqman & Hamid, Mujahir. (2014). Mineral and Physiochemical Evaluation of Cockle Shell (*Andara granosa*) and Other Selected Molluscan Shell as Potential Biomaterials. *Sins Malaysiana*. 43. 1023-1029.
- [3] Somayaji, S. (2001). *Civil Engineering Materials* (2nd ed.). Pearson.
- [4] National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA). (2014). *Pervious concrete: Mixture proportioning*. <https://my.nrmca.org/Main/ItemDetail?iProductCode=2PE001>
- [5] Al Shareedah, O., & Nassiri, S. (2019). Pervious concrete mixture optimization, physical, and mechanical properties and pavement design: A review. *Journal of Cleaner Production*, 288(November). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125095>
- [6] Ghafar, S. L. M. A., Hussein, M. Z., & Zakaria, Z. A. B. (2016). Synthesis and characterization of cockle shell-based calcium carbonate aragonite polymorph nanoparticles with surface functionalization. *Journal of Nanomaterials*, 2017, 20–22. <https://doi.org/10.1155/2017/8196172>
- [7] Khankhaje, E., Rafieizonooz, M., Salim, M. R., Mirza, J., Salmiati, & Hussin, M. W. (2017). Comparing the effects of oil palm kernel shell and cockle shell on properties of pervious concrete pavement. In *International Journal of Pavement Research and Technology* (Vol. 10, Issue 5, pp. 383–392). <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.05.003>
- [8] Khankhaje, E., Salim, M. R., Mirza, J., Salmiati, Hussin, M. W., Khan, R., & Rafieizonooz, M. (2017). Properties of quiet pervious concrete containing oil palm kernel shell and cockleshell. In *Applied Acoustics* (Vol. 122, pp. 113–120). <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.02.014>

- [9] K.S. Elango, R. Gopi, R. Saravanakumar, V. Rajeshkumar, D. Vivek, S. Venkat Raman. (2020). Properties of pervious concrete - A state of the art review. *In Materials Today: Proceedings*
- [10] Fernanda B. Pereira da Costa, Liv M. Haselbach, Luiz Carlos P. da Silva Filho. (2020). Pervious concrete for desired porosity: Influence of w/c ratio and a rheology-modifying admixture. *In Construction and Building Materials*.