

Keupayaan Konkrit Campuran Serbuk Kulit Kupang di Dalam Pengawetan Sodium Sulfat

**Maccy Grace Anak Robert Assan¹, Nor Hazurina Othman^{1,2*},
Muhammad Shabery Sainudin¹**

¹Department of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Built Environment,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Johor, 86400, MALAYSIA

²Advanced 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.2022.03.01.147>

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

Abstrak: Kulit kupang merupakan salah satu bahan buangan yang menyumbang kepada pencemaran alam sekitar di Malaysia. Komposisi kimia utama bagi kupang serupa dengan batu kapur, terutama terdiri daripada kalsium oksida (CaO), dengan pecahan kecil oksida. Komposisi kimia serbuk kulit kupang serupa dengan simen dan ini membolehkan serbuk kulit kupang membantu dalam mengikat komponen konkrit lebih kuat. Di dalam kajian ini menumpukan serbuk kulit kupang sebagai bahan tambah dalam konkrit. Tiga peratus serbuk kulit kupang yang berbeza digabungkan dalam konkrit sebagai campuran 0%, 1% dan 2% (KN, SKK1 dan SKK2) berdasarkan nisbah air/simen 0.5 mengikut rekabentuk bancuhan konkrit dengan 36 jumlah sampel. Sampel kemudian diawetkan dalam larutan sodium sulfat selama 7 dan 28 hari. Data dianalisis mengikut sifat fizikal serbuk kulit kupang dan sifat mekanikal konkrit campuran serbuk kulit kupang. Analisis keboleherjaan menunjukkan perbezaan penurunan dan konkrit campuran peratusan serbuk kulit kupang yang tinggi mempunyai nilai penurunan paling rendah. Sifat mekanikal konkrit campuran serbuk kulit kupang dianalisis melalui ujian ketumpatan, ujian mampatan dan ujian ketegangan. Hasilnya menunjukkan pertambahan serbuk kulit kupang boleh mempengaruhi kekuatan mampatan dan tegangan. Konkrit campuran 2% serbuk kulit kupang dalam larutan sodium sulfat menunjukkan nilai yang optimum kerana nilai keupayaan keboleherjaan, mampatan dan tegangan konkrit yang baik. Justeru, hasil dapatan kajian menunjukkan bahawa penggunaan serbuk kulit kupang sebagai bahan tambah yang diawetkan dalam larutan sodium sulfat dapat menghasilkan konkrit berkuatan awal.

Kata kunci: Kupang, Kulit Kupang, Bahan Tambah, Sodium Sulfat, Kekuatan

Abstract: Mussel shell is one of the waste materials that contribute to environmental pollution in Malaysia. The main chemical composition of mussels is similar of limestone, mainly composed of calcium oxide (CaO), with a small fraction of the oxide. The chemical composition of mussel shell powder is similar with cement, and this allows the mussel shell powder to assist in binding concrete components more strongly. In this study focused on mussel shell powder as an additive in concrete. Three percent of different mussel shell powders were combined in concrete as a mixture of 0%, 1% and 2% (KN, SKK1 and SKK2) based on water/cement ratio of 0.5 according to the concrete mix design with 36 total samples. Samples were then preserved in sodium sulphate solution for 7 and 28 days. Data were analysed according to the physical properties of the mussel shell powder and the mechanical properties of the concrete of the mussel shell powder mixture. Workability shows difference in reduction and high percentage of mussel shell powder concrete mix has the lowest reduction value. The mechanical properties of mussel shell powder mixture were analysed through density test, compression test and tensile test. The results showed that the addition of mussel shell powder could affect the compressive strength and tensile strength. Concrete mixed with 2% mussel shell powder in sodium sulphate solution showed optimal values due to the good workability, compression, and tensile ability values of concrete. Thus, the results of the study show that the use of mussel shell powder as an additive preserved in sodium sulphate solution can produce early-strength concrete.

Keywords: Mussel, Mussel Shell, Admixture, Sodium Sulphate, Strength

1. Pengenalan

Konkrit merupakan bahan binaan yang sangat penting digunakan dalam pembinaan yang kian maju selaras dengan peredaran masa. Menurut Mustafa [1] ini kerana ciri-ciri yang terdapat dalam konkrit mempunyai kriteria yang sesuai digunakan di dalam pelbagai sektor pembinaan. Kemajuan teknologi konkrit mengikut peredaran semasa yang mampu dilihat dalam reka bentuk bangunan dan pembinaan infrastruktur yang semakin moden. Konkrit ialah produk yang dihasilkan oleh manusia dengan menggunakan simen sebagai bahan utama iaitu tindakbalas antara simen hidraulik dengan air [2]. Seterusnya, konkrit yang berkualiti tinggi dapat dihasilkan melalui nisbah konkrit dan air yang digunakan boleh dikurangkan mengikut kuantiti yang ditetapkan tanpa memberi kesan terhadap keboleherjaan konkrit tersebut [3]. Penghasilan konkrit bermula dari kadar campuran bahan, cara bancuhan, cara mengangkut, cara menempatkan, pemadatan dan kaedah pengawetan konkrit memberi kesan terhadap kualiti konkrit.

Menurut Jack [4], pengawetan konkrit ialah proses apabila konkrit matang dan mengembangkan sifat mekanik dan ketahanannya dari masa ke masa sebagai hasil penghidratan simen yang berterusan. Pengawetan konkrit dipengaruhi oleh ketersediaan air untuk penghidratan dan suhu. Tujuan pengawetan ialah bagi memastikan pembentukan kekuatan mampatan yang dihendaki, mengelakkan terjadinya kehilangan lembapan yang mengejut atas konkrit serta mengelakkan permukaan konkrit berlaku keretakan. Proses pengawetan juga membolehkan tindak balas air terhadap simen berlaku dengan sempurna.

Sehubungan dengan itu, penggunaan teknologi konkrit menggunakan bahan buangan semakin diaplikasikan. Ini kerana terdapat beberapa penyelidikan dan produk yang dihasilkan menggunakan bahan buangan. Antara contoh bahan buangan pepejal seperti kulit kupang yang dibuang oleh peternak kupang ke tempat pelupusan sampah menjadi longgokan yang banyak dan menjadi salah satu punca pencemaran alam sekitar. Dengan penyelidikan yang dijalankan oleh pihak universiti mampu mengatasi masalah pembuangan bahan di negara ini dan juga kepentingan penjagaan alam sekitar. Di samping itu, kitar semula bahan buangan menjadi produk kepada bentuk lain atau bahan lain boleh dimanfaatkan dalam penggunaan berbeza. Kitar semula membantu dalam pembinaan dengan menerapkan konsep teknologi hijau seperti kajian penambahbaikan konkrit atau menggunakan bahan buangan dalam campuran

konkrit. Selain itu, bagi penggunaan tertentu bahan konkrit boleh dicampurkan dengan bahan tambahan seperti serbuk kulit kupang.

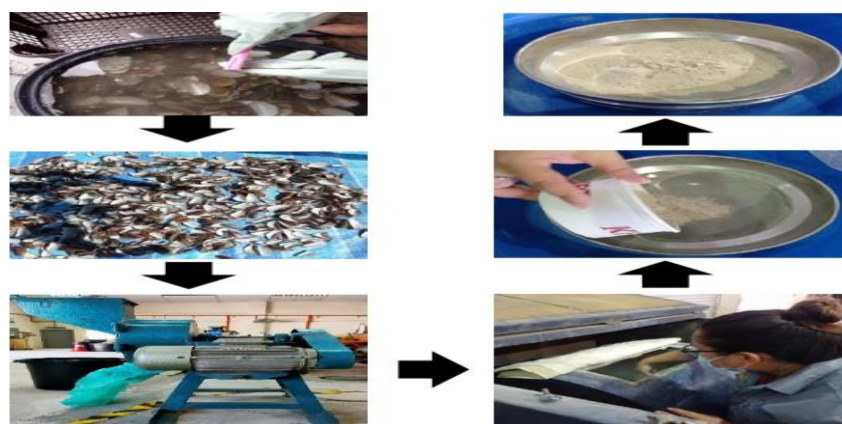
Bahan tambah digunakan untuk mengubah atau mengawal ciri-ciri khas dalam konkrit. Malahan, campuran bahan tambahan boleh membantu dalam meningkatkan keboleherjaan konkrit. Penggunaan bahan tambahan dalam konkrit adalah untuk membantu mencapai hasil kerja dengan cepat, berkualiti tinggi, menambahkan kekuatan dan ketahanan lasakan konkrit. Kupang memiliki pelbagai komposisi kimia yang baik dalam mempengaruhi kekuatan konkrit. Antara komposisi kimia kupang mengandungi 95% kalsium karbonat (CaCO_3) yang dapat menjadi komponen dalam pembuatan simen [5]. Jenis dan kandungan (CaO) dari kerang laut mempunyai kemungkinan menentukan perkembangan kekuatan fizikal dan mekanikal dalam konkrit [6]. Selain itu, fungsi kalsium oksida (CaO) dari kupang ialah sebagai bahan pengisi dalam konkrit. Secara tidak langsung dapat membantu dalam proses pengeluaran simen dan menghasilkan sampel konkrit yang lebih kuat. Justeru, dapat mengurangkan masalah pembuangan sisa kulit kupang dan kesan persekitaran alam sekitar. Teknologi konkrit yang menggunakan konsep lestari dalam penerapan penggunaan kulit kupang dalam pencampuran konkrit.

Tujuan penyelidikan ini adalah untuk menilai kesan penggunaan kulit kupang sebagai campuran konkrit. Oleh itu, serbuk kulit kupang dijadikan sebagai bahan tambah campuran konkrit kemudian diawetkan dalam larutan natrium sulfat. Keupayaan mekanikal konkrit campuran serbuk kulit kupang terhadap pengawetan natrium sulfat dikaji bagi menilai perbezaan melalui pemerhatian eksperimen. Di samping itu, pengaruh peratusan perbezaan dan pengawetan pada kekuatan mampatan dan tegangan dianalisis untuk menentukan peratus optimum serbuk kulit kupang dalam konkrit berdasarkan sifat mekanik dan ketahanannya bagi setiap sampel.

2. Sifat-sifat fizikal bahan

2.1 Penyediaan bahan

Pembuatan konkrit campuran serbuk kulit kupang dalam pengawetan natrium sulfat melibatkan bahan seperti simen, agregat kasar, agregat halus, bahan tambah iaitu kulit kupang, air dan bahan kimia seperti natrium sulfat untuk pengawetan konkrit. Namun penggunaan kulit kupang sebagai bahan tambahan konkrit adalah dalam bentuk serbuk dan bahan kimia seperti natrium sulfat. Serbuk kulit kupang dihasilkan dengan proses pembersihan dan pengeringan di bawah cahaya matahari. Kulit kupang yang telah kering akan dikisarkan menggunakan mesin pengisar jenis *Jaw Crusher*. Kulit kupang yang dikisar akan dihancurkan melalui kaedah *ball mill* selama 5 jam dan diayak sehingga melepasi saiz ayakkan $75 \mu\text{m}$. Proses penyediaan serbuk kulit kupang seperti di Rajah 1. Ujian fizikal yang dijalankan ialah ujian penurunan seperti dalam Jadual 1.



Rajah 1: Proses penyediaan serbuk kulit kupang

Jadual 1: Ujian Penurunan

Jenis sampel konkrit	Peratusan serbuk kulit kupang (%)	Nilai keruntuhan (mm)
KN		60
SKK1	1	41
SKK2	2	34

Selain itu, ujian penurunan ini dilaksana berdasarkan piawai BS EN 12350-2:2019 [7]. Analisis bagi rekabentuk konkrit campuran bahan tambah serbuk kulit kupang menunjukkan jumlah penurunan semakin menurun apabila jumlah serbuk kulit kupang bertambah dalam campuran konkrit. Nilai runtuh kon yang ditetapkan dalam kajian ini adalah 30 mm sehingga 60 mm bagi menentukan keboleherjaan konkrit campuran serbuk kulit kupang. Semakin tinggi peratusan serbuk kulit kupang ditambahkan dalam campuran konkrit, semakin cepat penyerapan air berlaku semasa proses bancuhan. Hal ini disebabkan serbuk kulit kupang mengandungi komposisi kimia kalsium karbonat yang tinggi.

2.2 Rekabentuk bancuhan konkrit

Dalam kajian ini, reka bentuk bancuhan merupakan proses dalam menentukan perkadaran bahan seperti simen, air, agregat kasar, agregat halus/ pasir dan bahan tambah iaitu serbuk kulit kupang dengan 0.50 (nisbah air-simen). Bancuhan campuran konkrit adalah tambahan 0%, 1%, dan 2% serbuk kulit kupang dan bergred 30 MPa serta mengalami pengawetan air campuran sodium sulfat selama 7 dan 28 hari. Proses pencampuran konkrit dilakukan dengan menggunakan kaedah mekanikal (pengadun). Perincian bahan yang digunakan untuk setiap spesimen air, pasir dan agregat didefinisikan seperti dalam Jadual 2 dan Jadual 3.

Jadual 2: Komposisi Bancuhan Konkrit Bagi Kiub (100 x 100 x 100 mm)

Jenis Sampel	Peratusan Kandungan Serbuk Kulit Kupang (%)	Serbuk Kulit Kupang (kg/m ³)	Simen (kg/m ³)	Air (kg/m ³)	Agregat Kasar (kg/m ³)	Agregat Halus (kg/m ³)
KN	0	0	0.38	0.19	1.135	0.695
SKK1	1	0.024	0.38	0.19	1.135	0.695
SKK2	2	0.048	0.38	0.19	1.135	0.695

Jadual 3: Komposisi Bancuhan Konkrit Bagi Silinder (100 mm x Ø 200 mm)

Jenis Sampel	Peratusan Kandungan Serbuk Kulit Kupang (%)	Serbuk Kulit Kupang (kg/m ³)	Simen (kg/m ³)	Air (kg/m ³)	Agregat Kasar (kg/m ³)	Agregat Halus (kg/m ³)
KN	0	0	0.76	0.38	2.27	1.39
SKK1	1	0.048	0.76	0.38	2.27	1.39
SKK2	2	0.096	0.76	0.38	2.27	1.39

2.3 Penyediaan larutan sodium sulfat

Dalam kajian ini, sampel kajian konkrit campuran serbuk kulit kupang akan diawetkan selama 7 hari dan 28 hari menggunakan air larutan 5% sodium sulfat. Sodium sulfat mempunyai sifat larutan yang cepat terlarut apabila dicampurkan dengan air. Jenis NaSO₄ yang digunakan ialah C0797 Sodium Sulfate Anhydrous Bendosen. Kaedah pengukuran untuk kuantiti penggunaan NaSO₄ berdasarkan jumlahnya berat air yang telah digunakan untuk tujuan pengawetan.

2.4 Ujian ketumpatan

Dalam kajian ini, ujian ketumpatan dijalankan dengan menguji sebanyak 36-unit sampel konkrit. Nilai ketumpatan diperolehi selepas sampel melalui proses pengawetan. Data yang diperolehi akan menentukan nilai ketumpatan untuk konkrit campuran serbuk kulit kupang. Piawaian yang digunakan untuk ujikaji ini ialah BS EN 12390-7:2019 [8].

2.5 Ujian mampatan

Ujian mampatan dilakukan bagi menguji kekuatan mampatan yang mampu ditanggung oleh konkrit apabila dikenakan beban ke atasnya. Selain itu, kekuatan mampatan berbeza bergantung kepada bancuhan konkrit yang telah dicampurkan dengan bahan tambah serbuk kulit kupang. Faktor lain yang mempengaruhi kekuatan mampatan konkrit ialah sampel yang diawetkan menggunakan air biasa campuran 5% sodium sulfat. Saiz sampel konkrit yang digunakan untuk ujian mampatan adalah 100 mm x 100 mm x 100 mm. Piawaian yang digunakan untuk ujikaji ini ialah BS EN 123920-3:2019 [9].

2.6 Ujian tegangan

Ujian ini menggunakan kaedah tegangan pecahan untuk mendapatkan ketahanan maksimum terhadap had mampatan apabila terkena beban. Ujian tegangan menggunakan sampel silinder bersaiz 100 mm x 200 mm diperolehi menggunakan mesin pemampatan di mana setiap sampel diletakkan di antara piring di selari dengan paksi mendatar dan kemudian beban dikenakan sehingga pelanggaran sampel membentuk pemisah sepanjang garis pusat sampel paksi menegak. Analisis tegangan dalam ujikaji ini mengikut piawaian BS EN 12390-6: 2009 [10].

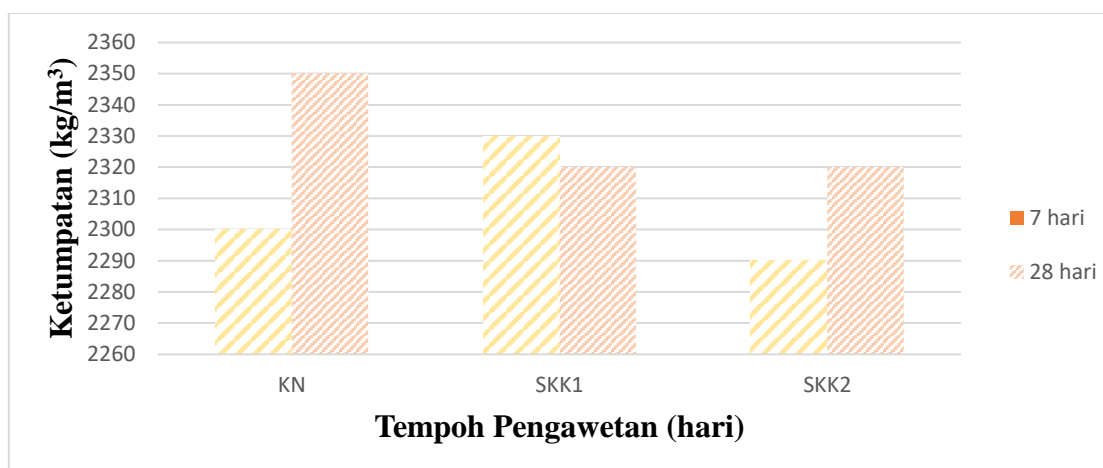
3. Sifat mekanikal konkrit

3.1 Ujian ketumpatan

Ujian ketumpatan ini dilakukan bagi mengetahui dan kepadatan bagi konkrit. Nilai ketumpatan bagi setiap sampel kiub konkrit dikira pada 7 dan 28 hari melalui jumlah jisim konkrit terhadap isipadu. Jadual 4 dan Rajah 2 menunjukkan keputusan ujian ketumpatan konkrit campuran serbuk kulit kupang.

Jadual 4: Analisis data ujian ketumpatan

Jenis sampel	Isipadu sampel (m ³)	Ketumpatan (kg/m ³)	
		7 hari	28 hari
KN	0.001	2300	2350
SKK1	0.001	2330	2320
SKK2	0.001	2290	2320



Rajah 2: Graf ketumpatan melawan tempoh pengawetan

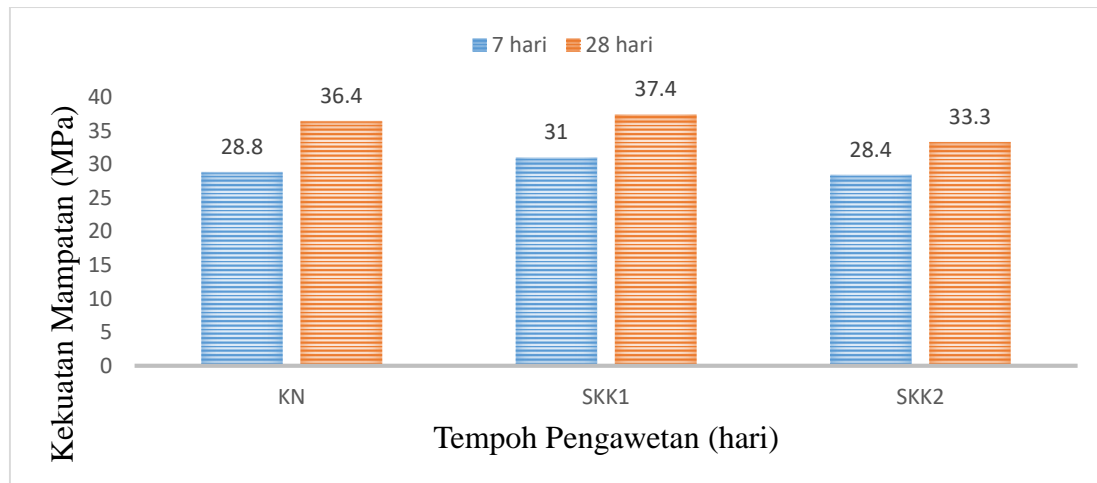
Sampel konkrit mempunyai nilai ketumpatan yang berbeza bergantung kepada bahan yang digunakan dalam bancuhan konkrit. Merujuk pada Rajah 2 menunjukkan bacaan ketumpatan yang tinggi pada hari ke 28 berbanding dengan hari ke 7 pengawetan konkrit. Hal ini disebabkan kekuatan konkrit yang tinggi telah mencapai kematangan selepas 28 hari. Hasil kajian mendapati sampel konkrit normal di dalam pengawetan larutan sodium sulfat mempunyai ketumpatan sebanyak 2350 kg/m³. Manakala sampel yang mengandungi bahan tambah serbuk kulit kupang sebanyak 1% pada hari ketujuh menunjukkan ketumpatan yang tinggi iaitu 2330 kg/m³. Namun, pada hari ke 28 sampel konkrit campuran serbuk kulit kupang untuk 1% dan 2% menunjukkan bacaan nilai ketumpatan yang sama iaitu 2320 kg/m³. Justeru, corak ketumpatan bagi sampel konkrit campuran serbuk kulit kupang menurun pada hari ke 7 tetapi pada hari ke 28 corak ketumpatan mendatar.

3.2 Ujian mampatan

Merujuk Jadual 5 menunjukkan data analisis bagi ujian kekuatan mampatan pada tempoh pengawetan masa 7 hari dan 28 hari mengikut sampel peratusan bahan tambah serbuk kulit kupang. Kekuatan mampatan konkrit diukur dengan menggunakan mesin ujian jenis “Universal Testing Machine” dan data dihasilkan secara langsung melalui perisian program komputer yang telah ditetapkan. Kekuatan mampatan telah ditetapkan melalui rekabentuk campuran konkrit iaitu 30 MPa. Selain itu, hasil kajian mampatan didapati nilai kekuatan yang diperoleh adalah berbeza mengikut peratusan bahan tambah serbuk kulit kupang dalam konkrit. Di samping itu, kekuatan mampatan bagi sampel konkrit normal dan konkrit campuran 1% bahan tambah serbuk kulit kupang meningkat namun konkrit campuran 2% bahan tambah serbuk kulit kupang kekuatan mampatan menurun. Sampel konkrit campuran 1% serbuk kulit kupang menunjukkan nilai kekuatan mampatan paling tinggi iaitu 28 hari (37.4 Mpa). Pembentukan gipsium menyebabkan tekanan pada konkrit, yang seterusnya mengurangkan kekuatan konkrit. Pembentukan kalsium hidroksida dikurangkan ketika membentuk gipsium, sehingga mengurangkan pembentukan kalsium silikat hidrat sekunder, melemahkan konkrit dan bergabung dengan tekanan dalaman. Konkrit yang terdedah sulfat akan mengalami pengembangan, keretakan, kehilangan kekuatan dan kerosakan konkrit dari luar dan dalam.

Jadual 5: Nilai kekuatan mampatan

Sampel	Peratusan bahan tambah serbuk kulit kupang (%)	Kekuatan mampatan 7 hari (MPa)	Kekuatan mampatan 28 hari (MPa)
KN	0	28.8	36.4
SKK1	1	31.0	37.4
SKK2	2	28.4	33.3

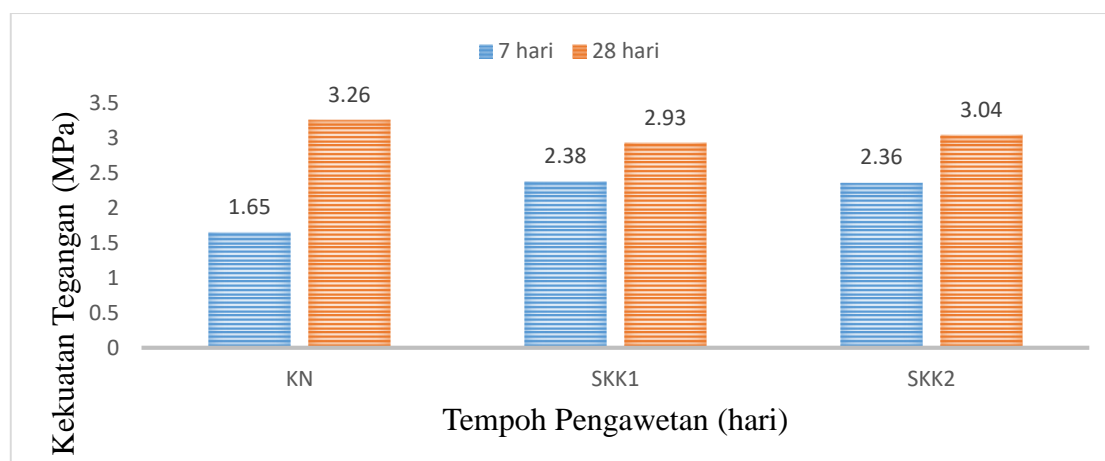
**Rajah 3: Graf kekuatan mampatan melawan tempoh pengawetan**

3.3 Ujian tegangan

Merujuk Jadual 6 kekuatan mampatan menurun apabila peratusan serbuk kulit kupang bertambah maka dapatan kekuatan tegangan juga menurun. Berdasarkan Rajah 4 memaparkan analisis data ujian ketegangan mengikut tempoh pengawetan 7 hari dan 28 hari. Hasil kajian ujian tegangan menunjukkan kekuatan tegangan 7 dan 28 hari untuk konkrit campuran meningkat berbanding konkrit kawalan iaitu 1.65 MPa dan 3.26 MPa. Tempoh pengawetan 7 dan 28 hari bagi campuran serbuk kulit kupang 1% (SKK1) menunjukkan kekuatan tegangan tinggi berbanding campuran serbuk kulit kupang 2% (SKK2) iaitu 2.38 MPa dan 2.93 MPa.

Jadual 6: Nilai kekuatan tegangan

Sampel	Peratusan bahan tambah serbuk kulit kupang (%)	Kekuatan tegangan 7 hari (MPa)	Kekuatan tegangan 28 hari (MPa)
KN	0	1.65	3.26
SKK1	1	2.38	2.93
SKK2	2	2.36	3.04



Rajah 4: Graf kekuatan tegangan melawan tempoh pengawetan

4. Kesimpulan

Dalam kajian ini, penggunaan serbuk kulit kupang yang dihasilkan dari sisa buangan iaitu kulit kupang sebagai campuran bahan tambah dalam konkrit telah dikaji. Sampel konkrit campuran dianalisis mengikut data dikumpulkan di atas. Berdasarkan hasil kajian ini mengenai keupayaan konkrit campuran serbuk kulit kupang di dalam pengawetan sodium sulfat. Mengikut analisis keboleherjaan, menunjukkan perbezaan penurunan dan konkrit campuran peratusan serbuk kulit kupang yang tinggi mempunyai nilai penurunan paling rendah. Keboleherjaan konkrit dilihat berbeza penurunan kerana berlaku tindak balas bahan campuran serbuk kulit kupang dalam konkrit. Di samping itu, sampel konkrit normal memberi bacaan tertinggi 60 mm berbanding konkrit campuran SKK1 (41 mm) dan SKK2 (34 mm) bagi ujian penurunan. Hal ini membuktikan semakin tinggi peratusan serbuk kulit kupang yang halus akan menyerap kandungan air dalam konkrit kerana serbuk kulit kupang mengandungi kalsium oksida yang tinggi.

Penambahan peratusan serbuk kulit kupang ke dalam konkrit menyumbang dalam mengurangkan sifat mekanikalnya. Hasil dari kajian menunjukkan yang mana kenaikan peratusan serbuk kulit kupang ke dalam konkrit telah mengurangkan kekuatan mampatan dan kekuatan tegangan. Selain itu, nilai ujian ketumpatan dan kekuatan mampatan bagi sampel konkrit campuran 1% serbuk kulit kupang dalam pengawetan larutan sulfat mempunyai nilai kekuatan mampatan maksimum pada 28 hari iaitu 37.4 MPa kerana nilai ketumpatan konkrit pada tempoh 28 hari juga meningkat sehingga 2320 kg/m³. Kekuatan mampatan konkrit normal dalam pengawetan larutan sulfat rendah iaitu 36.4 MPa berbanding konkrit normal dalam pengawetan air biasa tinggi 51.8 MPa.

Hal ini disebabkan tindak balas sulfat dari luar dan pembentukan gipsium dalam konkrit yang menghasilkan konkrit tekanan dalaman. Impak konkrit tekanan dalaman konkrit memberi kesan kepada kekuatan mampatan menurun. Kesimpulannya, kesemua sampel konkrit campuran serbuk kulit kupang mencapai kekuatan sasaran 30 MPa pada usia 7 dan 28 hari kecuali konkrit normal dan konkrit campuran 2% pada usia 7 hari memberi bacaan data kekuatan sebanyak 28.8 MPa dan 28.4 MPa. Walau bagaimanapun, serbuk kulit kupang masih boleh diterapkan dalam campuran konkrit tetapi dalam penggunaan kuantiti minimum.

Peratusan bahan campuran serbuk kulit kupang yang optimum sebagai bahan tambah dalam konkrit ialah sebanyak 2% dengan nilai ketumpatan (2320 kg/m³), nilai kekuatan mampatan (33.3 Mpa) dan nilai tegangan (3.04 Mpa) pada tempoh 28 hari terhadap pengawetan sodium sulfat. Walaupun kekuatan mampatan SKK2 lebih rendah sedikit dari SKK1 iaitu 37.4 Mpa terdapat beberapa sebab yang menjadikan SKK2 sebagai pilihan optimum. Kekuatan konkrit bergantung kepada keboleherjaan dan ketumpatan konkrit tersebut kerana konkrit yang mampat mampu berfungsi dengan baik sebagai *filler* menutupi rongga-rongga konkrit. Penambahan serbuk kulit kupang dalam konkrit dilakukan bagi peningkatan kekuatan awal konkrit.

Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Binaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas sokongan dan bantuan mereka dalam membuat perjalanan yang lancar untuk penyelidikan ini hingga akhir.

Rujukan

- [1] Mustafa, M., Tarmizi, M., Asri, M., Kassim, U. (2009). *Bahan Binaan Asas Konkrit*. Perlis, Penerbit Universiti Malaysia Perlis Kangar, pp. 1-10.
- [2] Neville, A., & Brooks, J. (2012). *Teknologi Konkrit* (1st ed). Pearson Education Limited.
- [3] Shetty, M.S. (2008). *Concrete Technology: Theory and Practice*. S. Chand.
- [4] Jack Moehle (2015). *Seismic Design of Reinforced Concrete Buildings*. McGraw-Hill Education.
- [5] de Alvarenga, R. A. F., Galindro, B. M., de Fátima Helpa, C., & Soares, S. R. (2012). The recycling of oyster shells: An environmental analysis using Life Cycle Assessment. *Journal of environmental management*, 106, 102-109.
- [6] Olivia, M., & Oktaviani, R. (2017). Properties of concrete containing ground waste cockle and clam seashells. *Procedia engineering*, 171, 658-663.
- [7] British Standard Institution. (2019). Testing fresh concrete. Slump-test. United Kingdom: BS EN 12350-2:2019.
- [8] British Standard Institution. (2019). Testing hardened concrete. Density of hardened concrete. United Kingdom: BS EN 12390-7:2019.
- [9] British Standard Institution. (2019). Testing hardened concrete. Compressive strength of test specimens. United Kingdom: BS EN 12390-3:2019.
- [10] British Standard Institution. (2009). Testing hardened concrete. Tensile splitting strength of test specimens. United Kingdom: BS EN 12390-6:2009.