

CAMPURAN ABU KULIT KUPANG (PERNA VERIDIS) SEBAGAI BAHAN  
GANTIAN SEPARA SIMEN DI DALAM KONKRIT

WAN AHMAD SOFFIAN BIN WAN MOHAMMAD

Laporan ini dikemukakan sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat  
penganugerahan Ijazah Sarjana Kejuruteraan Awam



PTTA UTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH  
Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar  
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia

JULAI 2018

Khas untuk ibu dan ayah yang tercinta



**PTTA UTHM**  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

## PENGHARGAAN

Alhamdulillah, memanjatkan kesyukuran ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah dan kurniaNya, dapat juga penulis menyiapkan tesis sarjana ini.

Sebagai tanda penghargaan daripada penulis kepada pihak-pihak yang terlibat secara langsung dan tidak langsung, jutaan terima kasih diucapkan di atas sokongan dan tunjuk ajar dalam menyiapkan kajian sarjana ini.

Di sini saya ingin merakamkan jutaan terima kasih dan penghargaan yang tidak terhingga kepada Dr. Nor Hazurina Binti Othman selaku penyelia kajian sarjana yang telah banyak membantu saya dalam memberi tunjuk ajar, nasihat dan kerjasama serta memberi idea-idea yang bernas dalam menjayakan kajian ini,

Saya juga ingin mengucapkan jutaan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua ibu dan bapa saya yang tersayang di atas dorongan dan nasihat yang telah diberikan. Tidak lupa juga rakan istimewa saya Khairiyah Binti Mohd Noor di atas kerjasama dan pertolongan yang diberikan sepanjang proses menyiapkan kajian ini.

Akhir sekali, ucapan terima kasih kepada pensyarah UTHM dan rakan seperjuangan yang telah banyak membantu dan memberi dorongan kepada saya dalam menyiapkan kajian ini. Jasa kalian tetap dikenangkan untuk selamanya.



PERPUSTAKAAN TUNKU TUNJUK AMINAH

## ABSTRAK

Abu kulit kupang (*Perna veridis*) merupakan bahan buangan yang berpotensi untuk di gunakan di dalam sektor pembinaan misalnya sebagai bahan gantian separa simen seperti di dalam kajian ini. Di peringkat awal kajian, ujian pencirian abu kulit kupang seperti *X-Ray fluorescene* (XRF), ujian masa pengerasan, taburan saiz partikel (PSD), graviti tentu, *scanning electron microscope* (SEM) dan analisis ayakan telah dilakukan. Kemudian, konkrit telah dibancuh dengan kadar penggantian abu kulit kupang sebagai bahan gantian separa simen sebanyak 0%, 3%, 5% dan 7% dengan gred sasaran 35 MPa pada usia 28 hari dan di awet di dalam air selama 7, 28 dan 60 hari. Hasil kajian ini, didapati nilai graviti tentu bagi abu kulit kupang ialah  $2.82 \text{ g/cm}^3$  dan ujian XRF menunjukkan kandungan kalsium oksida (CaO) di dalam abu kulit kupang (71.5%) adalah lebih tinggi berbanding simen Portland biasa (57.2%). Masa pengerasan awal dan akhir bagi campuran pes menjadi semakin singkat apabila peratus campuran abu kulit kupang bertambah. Berdasarkan pemerhatian dari analisis mikrostruktur, ujian SEM mendapati bahawa terdapat pertambahan kandungan CH yang ketara seiring dengan pertambahan peratusan gantian. Seterusnya, ujikaji kekuatan (kekuatan mampatan dan kekuatan tegangan) dan ketahanlasakan (serapan air, keliangan dan serapan kapilari) dilakukan kepada semua sampel konkrit campuran dan telah dianalisis dari segi korelasi. Didapati, abu kulit kupang amat mempengaruhi kekuatan dan ketahanlasakan konkrit terutamanya bagi campuran konkrit dengan 3% abu kulit kupang (S3) sebagai gantian separa simen.



## ABSTRACT

Mussel shell ash (*Perna veridis*) is a potential waste material which can be used in the construction industry as a partial cement replacement. In the initial stage of this study, the properties of mussel shell ash were identified through tests including X-Ray Fluorescence (XRF), setting time, particle size distribution (PSD), specific gravity, scanning electron microscopy (SEM) and sieve analysis. Then, the concrete was mixed with different proportions of mussel shell ash namely, 0%, 3%, 5% and 7% with a target strength of 35 MPa at the age of 28 days. The samples were cured in water for 7, 28 and 60 days. The results of this study revealed that the specific gravity of mussel shell ash was  $2.82 \text{ g/cm}^3$  while the XRF test showed that the content of calcium oxide (CaO) in mussel shell ash (71.5%) was higher than that of Portland cement (57.2%). The initial and final setting time for the cement paste became shorter when the percentage of mussel shell ash increased. From the observation of the microstructure analysis, the SEM test showed that there was a significant increase in CH content along with the increment in mussel shell ash content in concrete. Next, strength tests (compressive strength and tensile strength) and durability tests (water absorption, porosity and capillary absorption) were carried out and analysed in terms of correlation. It was found that mussel shell ash influenced the strength and durability of concrete especially for concrete containing 3% mussel shell ash as a partial cement replacement (S3).



## ISI KANDUNGAN

|              |                             |             |
|--------------|-----------------------------|-------------|
|              | <b>TAJUK</b>                | <b>ii</b>   |
|              | <b>DEKLARASI</b>            | <b>iii</b>  |
|              | <b>DEDIKASI</b>             | <b>iv</b>   |
|              | <b>PENGHARGAAN</b>          | <b>v</b>    |
|              | <b>ABSTRAK</b>              | <b>vi</b>   |
|              | <b>ABSTRACT</b>             | <b>viii</b> |
|              | <b>ISI KANDUNGAN</b>        | <b>viii</b> |
|              | <b>SENARAI JADUAL</b>       | <b>xii</b>  |
|              | <b>SENARAI RAJAH</b>        | <b>xiv</b>  |
|              | <b>SENARAI SINGKATAN</b>    | <b>xvi</b>  |
|              | <b>SENARAI LAMPIRAN</b>     | <b>xvii</b> |
| <b>BAB 1</b> | <b>Pengenalan</b>           | <b>1</b>    |
|              | 1.1 Latar belakang kajian   | 1           |
|              | 1.2 Penyataan masalah       | 2           |
|              | 1.3 Objektif kajian         | 4           |
|              | 1.4 Skop kajian             | 4           |
|              | 1.5 Signifikan penyelidikan | 5           |
| <b>BAB 2</b> | <b>Sorotan Kajian</b>       | <b>6</b>    |
|              | 2.1 Pengenalan              | 6           |
|              | 2.2 Simen Portland biasa    | 7           |



|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| 2.3          | Proses penghidratan simen                     | 9         |
| 2.4          | Pelbagai penggunaan bahan gantian dalam simen | 11        |
| 2.5          | Kulit kupang                                  | 13        |
| 2.6          | Komposisi kimia kulit kupang                  | 16        |
| 2.7          | Mikrostruktur konkrit                         | 16        |
| 2.8          | Rumusan                                       | 18        |
| <b>BAB 3</b> | <b>METODOLOGI PENYELIDIKAN</b>                | <b>19</b> |
| 3.1          | Pengenalan                                    | 19        |
| 3.2          | Bahan mentah konkrit                          | 21        |
| 3.2.1        | Simen Portland biasa                          | 21        |
| 3.2.2        | Agregat kasar                                 | 22        |
| 3.2.3        | Agregat halus                                 | 23        |
| 3.2.4        | Kulit kupang                                  | 25        |
| 3.2.5        | Air   | 28        |
| 3.3          | Ciri-ciri fizikal dan kimia                   | 28        |
| 3.3.1        | Analisis serakan saiz partikel                | 28        |
| 3.3.2        | Morfologi partikel                            | 29        |
| 3.3.3        | Graviti tentu                                 | 30        |
| 3.3.4        | Komposisi kimia dengan kaedah XRF             | 31        |
| 3.3.5        | Masa pengerasan                               | 33        |
| 3.4          | Rekabentuk dan bancuhan konkrit               | 34        |
| 3.5          | Proses bancuhan konkrit                       | 35        |
| 3.6          | Proses pengawetan                             | 36        |
| 3.7          | Ujikaji sifat-sifat kejuruteraan konkrit      | 37        |
| 3.7.1        | Ujikaji keboleherjaan konkrit                 | 37        |
| 3.7.2        | Ujikaji kekuatan mampatan                     | 38        |
| 3.7.3        | Ujikaji serapan air                           | 39        |
| 3.7.4        | Ujikaji kekuatan tegangan                     | 40        |
| 3.7.5        | Serapan kapilari                              | 41        |
| 3.8          | Ujian korelasi                                | 42        |
| 3.9          | Rumusan                                       | 43        |
| <b>BAB 4</b> | <b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>             | <b>45</b> |
| 4.1          | Pendahuluan                                   | 45        |
| 4.2          | Analisa sifat fizikal bahan mentah            | 45        |



|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| 4.3          | Ciri-ciri fizikal                                     | 46        |
| 4.3.1        | Komposisi kimia                                       | 46        |
| 4.3.2        | Graviti tentu   | 47        |
| 4.3.3        | Masa pengerasan                                       | 47        |
| 4.3.4        | Analisis serakan saiz partikel                        | 49        |
| 4.3.5        | Analisis ayakan agregat halus dan kasar               | 50        |
| 4.4          | Keboleherjaan   | 52        |
| 4.5          | Morfologi partikel campuran konkrit                   | 53        |
| 4.6          | Sifat konkrit terkeras                                | 61        |
| 4.6.1        | Kekuatan mampatan                                     | 61        |
| 4.6.2        | Kekuatan tegangan                                     | 64        |
| 4.6.3        | Keliangan konkrit                                     | 66        |
| 4.6.4        | Serapan air konkrit                                   | 67        |
| 4.6.5        | Serapan kapilari                                      | 69        |
| 4.7          | Rumusan   | 71        |
| <b>BAB 5</b> | <b>KORELASI KONKRIT ABU KULIT KUPANG</b>              | <b>72</b> |
| 5.1          | Pengenalan  | 72        |
| 5.2          | Ujian korelasi  | 72        |
| 5.2.1        | Mampatan melawan tegangan                             | 73        |
| 5.2.2        | Mampatan melawan keliangan                            | 74        |
| 5.2.3        | Mampatan melawan serapan air                          | 76        |
| 5.2.4        | Mampatan melawan serapan kapilari                     | 77        |
| 5.3          | Rumusan   | 79        |
| <b>BAB 6</b> | <b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>                        | <b>80</b> |
| 6.1          | Sifat-sifat fizikal dan kimia abu kulit kupang        | 80        |
| 6.2          | Sifat sifat mekanikal konkrit dengan abu kulit kupang | 80        |
| 6.3          | Korelasi konkrit campuran abu kulit kupang            | 81        |
| 6.4          | Cadangan bagi penyelidikan lanjutan                   | 82        |
|              | <b>RUJUKAN</b>  | <b>84</b> |
|              | <b>LAMPIRAN</b>                                       | <b>94</b> |



PTTA UTHM  
PERPUSTAKAAN TUN AMINAH





# PTTA UTHM

PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

## SENARAI JADUAL

|      |   |    |
|------|---|----|
| 2.1  | Jenis-jenis simen   | 7  |
| 2.2  | Unsur-unsur di dalam simen dan kegunaannya  | 8  |
| 2.3  | Kajian yang menggunakan pelbagai sisa buangan dan sumber semulajadi sebagai bahan gantian simen | 12 |
| 2.4  | Penggunaan pelbagai kerang-kerangan sebagai bahan gantian di dalam konkrit                      | 14 |
| 2.5  | Peratus kandungan komposisi kimia kulit kupang  | 16 |
| 2.6  | Tindakbalas kimia daripada proses penghidratan didalam konkrit                                  | 17 |
| 2.7  | Mikrostruktur konkrit   | 17 |
| 3.1  | Ciri-ciri simen Portland biasa  | 21 |
| 3.2  | Pengkelasan agregat halus   | 23 |
| 3.3  | Kuantiti bahan mentah bagi bancuhan konkrit   | 35 |
| 3.4  | Kekuatan nilai pekali korelasi  | 43 |
| 3.5  | Jumlah sampel bagi setiap ujikaji   | 44 |
| 4.1  | Komposisi kimia   | 46 |
| 4.2  | Graviti tentu   | 47 |
| 4.3  | Masa pengerasan   | 48 |
| 4.4  | Peratus nilai kumulatif serakan dan diameter partikel   | 50 |
| 4.5  | Keputusan ujian analisa ayakan agregat halus  | 51 |
| 4.6  | Keputusan ujian analisis ayakan agregat kasar   | 52 |
| 4.7  | Hasil ujikaji keboleherjaan   | 53 |
| 4.8  | Analisis morfologi partikel bagi konkrit 28 hari  | 58 |
| 4.9  | Analisis morfologi partikel bagi konkrit 60 hari  | 61 |
| 4.10 | Nilai kekuatan mampatan   | 62 |
| 4.11 | Peratus perbezaan kekuatan mampatan konkrit   | 63 |
| 4.12 | Nilai kekuatan tegangan   | 64 |



|      |  |    |
|------|--|----|
| 4.13 | Nilai peratus keliangan                              | 66 |
| 4.14 | Nilai peratus serapan air                            | 68 |
| 4.15 | Nilai serapan kapilari                               | 70 |
| 5.1  | Kekuatan nilai pekali korelasi                       | 73 |
| 5.2  | Pekali korelasi antara mampatan dan tegangan         | 74 |
| 5.3  | Pekali korelasi antara mampatan dan keliangan        | 75 |
| 5.4  | Pekali korelasi antara mampatan dan serapan air      | 77 |
| 5.5  | Pekali korelasi antara mampatan dan serapan kapilari | 78 |



**PTTA UTHM**  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

## SENARAI RAJAH

|      |  |    |
|------|--|----|
| 2.1  | Kulit kupang                                 | 13 |
| 2.2  | Mikrostruktur di dalam konkrit               | 17 |
| 3.1  | Kerangka metodologi kajian                   | 20 |
| 3.2  | Simen Portland biasa                         | 22 |
| 3.3  | Agregat kasar                                | 23 |
| 3.4  | Agregat halus                                | 24 |
| 3.5  | Mesin ayakan yang digunakan                  | 24 |
| 3.6  | Sisa kulit kupang yang dibuang               | 25 |
| 3.7  | Mesin pengisar                               | 26 |
| 3.8  | Relau bagas                                  | 26 |
| 3.9  | Proses penghasilan abu kulit kupang          | 27 |
| 3.10 | Mesin analisis serakan saiz partikel         | 29 |
| 3.11 | Scanning Electron Microscope (SEM)           | 30 |
| 3.12 | Penimbang                                    | 31 |
| 3.13 | Bekas dessicator                             | 31 |
| 3.14 | Alatan pycnometer                            | 32 |
| 3.15 | Mesin x-ray Fluorescence (XRF)               | 33 |
| 3.16 | Alatan vicat                                 | 34 |
| 3.17 | Agregat halus dan kasar yang telah dibungkus | 36 |
| 3.18 | Acuan kiub bersaiz 100 mm x 100 mm x 100 mm  | 36 |
| 3.19 | Sampel yang diawet di dalam air              | 37 |
| 3.20 | Alatan untuk membuat ujian keboleherjaan     | 38 |
| 3.21 | Mesin kekuatan mampatan                      | 39 |
| 3.22 | Ketuhar yang digunakan di dalam ujikaji      | 40 |
| 3.23 | Ujian kekuatan tegangan                      | 41 |
| 3.24 | Ujikaji penyerapan kapilari                  | 42 |
| 4.1  | Graf serakan saiz partikel                   | 49 |



|      |  |    |
|------|--|----|
| 4.2  | Graf ayakan agregat halus dan kasar                                | 52 |
| 4.3  | Imej morfologi abu kulit kupang                                    | 54 |
| 4.4  | Imej morfologi simen Portland biasa                                | 54 |
| 4.5  | Rekabentuk morfologi konkrit S0 pada 28 hari                       | 56 |
| 4.6  | Rekabentuk morfologi konkrit S3 pada 28 hari                       | 57 |
| 4.7  | Rekabentuk morfologi konkrit S5 pada 28 hari                       | 57 |
| 4.8  | Rekabentuk morfologi konkrit S7 pada 28 hari                       | 58 |
| 4.9  | Rekabentuk morfologi konkrit S0 pada 60 hari                       | 59 |
| 4.10 | Rekabentuk morfologi konkrit S3 pada 60 hari                       | 59 |
| 4.11 | Rekabentuk morfologi konkrit S5 pada 60 hari                       | 60 |
| 4.12 | Rekabentuk morfologi konkrit S7 pada 60 hari                       | 60 |
| 4.13 | Kekuatan mampatan pada usia 7, 28 dan 60 hari                      | 62 |
| 4.14 | Kekuatan tegangan pada usia 7, 28 dan 60 hari                      | 64 |
| 4.15 | Indeks kekuatan aktiviti bagi usia pengawetan 7,<br>28 dan 60 hari | 65 |
| 4.16 | Peratus keliangan pada usia 7, 28 dan 60 hari                      | 67 |
| 4.17 | Peratus serapan air pada usia 7, 28 dan 60 hari                    | 68 |
| 4.18 | Nilai serapan kapilari   | 69 |
| 5.1  | Hubungan antara kekuatan mampatan dan tegangan                     | 73 |
| 5.2  | Hubungan antara kekuatan mampatan dan keliangan                    | 75 |
| 5.3  | Hubungan antara kekuatan mampatan dan serapan air                  | 76 |
| 5.4  | Hubungan antara mampatan dan serapan kapilari                      | 78 |



**SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN**

|                |   |                                     |
|----------------|---|-------------------------------------|
| ASTM           | - | American Standard Testing Method    |
| DOE            | - | Design of Engineering               |
| kg             | - | Kilogram                            |
| m <sup>3</sup> | - | Metre cube                          |
| mm             | - | Millimeter                          |
| UTHM           | - | Universiti Tun Hussein Onn Malaysia |
| v              | - | Volume                              |
| μ              | - | Micron                              |



**PTTA UTHM**  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

**SENARAI LAMPIRAN**

| <b>LAMPIRAN</b> | <b>TAJUK</b>                          | <b>HALAMAN</b> |
|-----------------|---------------------------------------|----------------|
| A               | Pengiraan rekabentuk campuran konkrit | 94             |
| B               | Graviti tentu                         | 96             |
| C               | Data-data ujikaji                     | 97             |



**PTTA UTHM**  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Latar belakang kajian**

Konkrit merupakan antara bahan yang paling banyak digunakan di dalam sektor pembinaan dan sifat-sifatnya telah melalui banyak perubahan melalui kemajuan teknologi. Kepentingan konkrit tidak boleh di pandang ringan kerana konkrit memainkan peranan utama di dalam pembinaan infrastruktur sesebuah negara di mana kebanyakan struktur tersebut di bina dengan menggunakan konkrit. Konkrit merupakan satu bahan yang dihasilkan daripada campuran air, simen, agregat kasar dan agregat halus. Konkrit hendaklah mempunyai kebolehkerjaan yang tinggi, kalis kepada tindakbalas kimia dan rendah kebolehtelapan. Kekuatan dan ciri-ciri konkrit yang lain bergantung kepada nisbah dan kaedah campuran air, simen, agregat kasar dan agregat halus.

Pada awalnya, kaedah terpanas untuk mencapai kekuatan konkrit yang tinggi adalah dengan merendahkan nisbah air-simen. Namun, seiring dengan konsep pembangunan yang mampan serta kecanggihan pembangunan teknologi konkrit, penggunaan bahan sisa dan kitar semula di dalam konkrit telah diperkenalkan. Penggunaan bahan sisa dan kitar semula boleh menghasilkan konkrit berkekuatan tinggi, tahan lasak, menjimatkan kos pada peringkat penghasilan dan mengurangkan pencemaran alam sekitar. Salah satu daripada bahan sisa yang boleh di gunakan di



PTTA ALTHM  
PERPUSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH



dalam penghasilan konkrit ialah dengan menggunakan abu kulit kupang sebagai bahan gantian separa simen.

Kulit kupang merupakan satu bahan yang berpotensi untuk menjadi bahan ganti separa simen. Kandungan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang terdapat dalam kulit kupang adalah melebihi 90% dan menyerupai kandungan kalsium karbonat yang terdapat dalam serbuk batu kapur yang di gunakan dalam penghasilan simen Portland biasa (Mosher et al., 2010). Lebih menarik lagi, struktur kristal daripada kulit kupang ini akan menghasilkan kalsit dan aragonit dengan kuantiti yang banyak untuk memberikan lebih kekuatan dan ketumpatan berbanding serbuk batu kapur (Nor Hazurina et al., 2014). Ini menjadikan kulit kupang sebagai bahan yang sesuai dijadikan sebagai bahan gantian separa simen.

Menurut laporan daripada Jabatan Perikanan Malaysia (2016), jumlah pengeluaran kupang pada tahun 2014 adalah sebanyak 43 ribu tan metrik dan meningkat kepada 45 ribu tan metrik pada tahun 2015. Peningkatan kepada pengeluaran kupang ini menyumbang kepada peningkatan pencemaran alam sekitar di mana kilang-kilang pemprosesan kupang ini akan membuang kulit kupang di kawasan sekitar kilang. Justeru itu, adalah wajar sisa kulit kupang ini diketengahkan sebagai satu bahan alternatif untuk menghasilkan simen dan mengurangkan pencemaran alam sekitar. Oleh itu, fokus utama kajian ini adalah untuk membuktikan kebolehpayaan penggunaan sisa kulit kupang sebagai bahan gantian separa simen di dalam konkrit.

## 1.2 Penyataan masalah

Industri konkrit adalah penyumbang utama gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), merangkumi pemprosesan kimia sebanyak 50% dan sebanyak 40% daripada pembakaran bahan api (*The Cement Sustainability Initiative*, 2002). Dianggarkan sebanyak  $410 \text{ kg/m}^3$  karbon dioksida dihasilkan untuk mengeluarkan satu tan konkrit struktur (Samarin, 1999). Pengeluaran simen menyumbang kepada gas rumah hijau secara langsung melalui pengeluaran karbon dioksida apabila kalsium karbonat terurai setelah dipanaskan bagi menghasilkan kapur dan karbon dioksida, dan juga melalui penggunaan tenaga terutamanya daripada pembakaran fosil bahan api (*U.S. Energy Information Administration*, 2006). Salah satu sebab mengapa pelepasan karbon yang begitu tinggi



adalah kerana simen perlu dipanaskan kepada suhu yang sangat tinggi ( $1450\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) untuk membentuk batu hangus.

Oleh itu, dalam usaha untuk mengurangkan pelepasan gas karbon dioksida dan mengurangkan pencemaran alam, maka adalah wajar untuk mengaplikasikan bahan yang mesra alam iaitu dengan menukarkan sisa-sisa bahan buangan kepada produk yang bernilai tinggi khususnya dalam industri pembinaan.

Terdapat banyak kajian yang berkaitan dengan penggunaan bahan-bahan semulajadi sebagai bahan gantian simen misalnya penggunaan abu kulit kerang (Nor Hazurina, 2014) dan abu sekam padi (Abu Bakar, 2011). Selain itu, kajian daripada Sadiqul Islam (2017) menggunakan sisa serbuk kaca dan Yongjae Kim (2017) pula menggunakan sanga (*slag*) sebagai bahan gantian simen. Antara kajian lain yang menggunakan bahan gantian separa simen ialah sisa serbuk seramik (Dima, 2017) dan abu gunung berapi (Loredana Contrafatto, 2017). Ini membuktikan bahawa penggunaan bahan-bahan semulajadi sebagai bahan gantian simen semakin meluas di praktikkan.

Antara bahan yang boleh diketengahkan sebagai bahan gantian separa simen ialah kulit kupang disebabkan oleh kandungan  $\text{CaCO}_3$  yang terdapat dalam kulit kupang adalah sangat tinggi dan melebihi kandungan  $\text{CaCO}_3$  yang terdapat di dalam batu kapur (Lertwattanaruk, 2012). Kandungan kalsium karbonat yang tinggi yang terdapat di dalam kulit kupang akan memberikan tambahan kandungan kalsium oksida untuk membentuk kalsium hidroksida (CH) tambahan di dalam campuran konkrit. Kehadiran kalsium hidroksida tambahan ini berfungsi untuk menambahbaik dari segi ketahanan lasakan konkrit iaitu dengan mengisi rongga-rongga yang terdapat di dalam konkrit dan sekaligus mengurangkan keliangan yang terdapat di dalam konkrit dan seterusnya akan menghasilkan konkrit yang berkekuatan tinggi berbanding konkrit biasa (Nor Hazurina, 2014). Secara teorinya, kekuatan konkrit seperti kekuatan mampatan dan tegangan akan meningkat apabila kadar serapan air dan keliangan konkrit berkurangan. Oleh itu, kajian yang mendalam perlu di lakukan untuk mengetahui dan membuktikan keupayaan abu kulit kupang sebagai bahan pengganti simen di dalam konkrit dan dalam masa yang sama, mengurangkan masalah pencemaran alam sekitar.



### 1.3 Objektif kajian

Berdasarkan pernyataan masalah di atas, maka kajian ini dilakukan berpandukan objektif berikut:

1. Mengenalpasti sifat-sifat fizikal dan kimia abu kulit kupang sebagai bahan gantian separa simen.
2. Mengkaji dari segi kekuatan dan ketahananlasakan bagi konkrit campuran abu kulit kupang sebagai bahan gantian separa simen.
3. Menentukan kolerasi hubungan bagi setiap ujikaji yang dijalankan terhadap konkrit normal dan konkrit campuran abu kulit kupang.

### 1.4 Skop kajian

Kajian ini telah dilakukan untuk mengkaji potensi kulit kupang sebagai bahan gantian separa simen. Rekabentuk campuran konkrit normal telah dilakukan dengan kekuatan gred 35 MPa pada usia 28 hari dan nisbah air-simen yang digunakan ialah 0.51. Rekabentuk campuran konkrit ini telah dikira berdasarkan kaedah *Design of Engineering* (DOE). Kadar peratus gantian abu kulit kupang yang digunakan ialah 0% (S0), 3% (S3), 5% (S5) dan 7% (S7) daripada kuantiti berat simen dengan kadar peratus gantian 0% sebagai sampel kawalan. Antara proses untuk menghasilkan abu kulit kupang ialah proses pengeringan, pengisaran dan pembakaran dengan menggunakan relau bagas pada suhu 1000°C. Ujikaji yang terlibat di dalam kajian ini ialah penentuan sifat-sifat fizikal (serakan saiz partikel, masa pengerasan dan graviti tentu) dan komposisi kimia abu kulit kupang untuk dibandingkan dengan simen serta analisis ayakan bagi agregat kasar dan agregat halus. Kandungan kimia ditentukan menggunakan analisis *X-ray Fluorescence* (XRF). Antara ujikaji mekanikal yang dilakukan ialah ujikaji kekuatan mampatan, serapan air, keliangan, kekuatan tegangan dan serapan kapilari untuk dibandingkan dengan konkrit kawalan. Ini bagi menentukan konkrit yang lebih baik dari segi kekuatan dan ketahananlasakan serta seterusnya menentukan peratusan optimum kadar gantian separa simen. Kesemua sampel konkrit telah di awet selama 7, 28 dan 60 hari sebelum ujian-ujian mekanikal tersebut dijalankan. Selanjutnya, ujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) turut dijalankan

bagi melihat mikrostruktur di antara konkrit kawalan dan konkrit campuran abu kulit kupang. Akhir sekali, analisis korelasi akan dilakukan untuk mengkaji hubungan korelasi di antara konkrit biasa dan konkrit dengan campuran abu kulit kupang dengan menggunakan kesemua data yang diperolehi.

### **1.5 Signifikan penyelidikan**

Di dalam sejarah pembinaan, konkrit sentiasa menjadi bahan yang terpenting di dalam struktur bangunan dan tidak dapat dinafikan memberi banyak kelebihan dari segi keboleherjaan, ketahanan kepada cuaca panas atau sejuk, ketahanan kepada tindakbalas kimia, kebolehtelapan dan berkost rendah berbanding dengan bahan lain seperti besi atau kayu. Kajian ini bertujuan untuk menghasilkan konkrit berkekuatan tinggi dan mempunyai ketahananlasakan yang tinggi.

Oleh itu, kajian abu kulit kupang sebagai bahan gantian separa simen perlu dilakukan dimana abu kulit kupang sebagai bahan sisa yang dikitar semula akan dapat mengurangkan pencemaran alam sekitar. Di dalam aplikasi kejuruteraan, kemampuan bukan hanya sekadar pembangunan bahan pembinaan yang baharu dan mesra alam, tetapi juga turut meliputi penggunaan semula bahan sisa daripada proses industri. Oleh itu, dengan menggunakan abu kulit kupang sebagai bahan gantian separa simen boleh menjadi salah satu solusi alternatif untuk menyelesaikan masalah pencemaran alam sekitar dengan menjadikan abu kulit kupang sebagai bahan gantian separa simen di dalam konkrit.

Justeru itu, adalah sangat penting untuk mengkaji kesan penggunaan abu kulit kupang sebagai bahan gantian separa simen di dalam konkrit untuk mengenalpasti kesesuaian penggunaannya di dalam konkrit serta menentukan peratusan optimum yang paling sesuai untuk di gunakan di dalam konkrit.

## BAB 2

### SOROTAN KAJIAN

#### 2.1 Pengenalan

Saban tahun, bilangan penduduk di Malaysia semakin meningkat. Pada tahun 2017, direkodkan penduduk di Malaysia adalah sebanyak 32.3 juta orang (Jabatan Perangkaan Malaysia, 2018). Peningkatan populasi penduduk ini secara langsung akan meningkatkan permintaan dalam sektor pembinaan terutamanya dalam sektor perumahan. Dianggarkan, terdapat 7.35 juta rumah kediaman di Malaysia pada tahun 2010 dan semakin meningkat setiap tahun (Statistik Pembinaan Suku Tahunan, Malaysia, 2015). Ianya secara langsung meningkatkan penggunaan simen di dalam industri pembinaan.

Pengeluaran simen memberi impak kepada alam sekitar pada setiap peringkat pemprosesan. Ini termasuk pelepasan pencemaran udara dalam bentuk debu, gas, bunyi dan getaran semasa letupan di kuari dan semasa mengendalikan jentera. Penggunaan simen sentiasa meningkat lebih daripada  $1\text{m}^3$  setahun bagi setiap orang dan mendorong kepada peningkatan sehingga 8 % penguraian gas  $\text{CO}_2$  atmosfera (Scrivener dan Kirkpatrick, 2008). Di dalam proses pembuatan simen, kalsium karbonat akan dipanaskan untuk menghasilkan kapur dan menyebabkan gas karbon dioksida dilepaskan secara terus ke dalam atmosfera (U.S Energy Information Administration, 2006). Dianggarkan, hampir 900 kg gas  $\text{CO}_2$  dilepaskan oleh industri simen untuk setiap 1000 kg penghasilan simen (Ba-Shammakh et al., 2008). Justeru itu, pengurangan penghasilan simen Portland akan mengurangkan pelepasan gas  $\text{CO}_2$  ke atmosfera. Menurut Altwair dan Kabir (2010), sedikit pengurangan penggunaan

simen Portland di dalam konkrit memberi impak yang sangat besar kepada alam sekitar disebabkan penggunaannya yang terlalu banyak di seluruh dunia. Oleh itu, pelbagai bahan alternatif hendaklah dikaji untuk mengganti atau meminimumkan penggunaan simen Portland dan seterusnya, mewujudkan alam sekitar yang bebas pencemaran.

## 2.2 Simen Portland biasa

Simen Portland atau simen biasa boleh didefinisikan sebagai simen hidraulik yang dihasilkan dengan mendebukan batu hangus yang mengandungi kalsium silikat hidraulik dan kalsium karbonat (Mehta, 2004). Simen biasa tidak boleh menjadi ejen pengikat agregat kasar dan agregat halus secara terus. Sebaliknya, ia boleh menjadi ejen pengikat terhadap agregat kasar dan agregat halus sekiranya di campur dengan air. Ini kerana tindakbalas kimia antara air dengan simen biasa (tindakbalas penghidratan simen), menghasilkan bahan yang mempunyai ciri-ciri melekat dan boleh mengeras (Monteiro, 2006). Jika adunan simen, agregat kasar, agregat halus dan air adalah kurang berliang, maka konkrit akan menjadi lebih kuat.

Di tapak pembinaan, simen Portland biasa merupakan simen yang paling banyak digunakan. Namun begitu, terdapat pelbagai jenis simen yang dikeluarkan oleh kilang bagi memenuhi keperluan tertentu seperti yang ditunjukkan di dalam Jadual 2.1.

Jadual 2.1: Jenis-jenis simen (Mat Lazim, 2001)

| Jenis simen          | Pencerangan  |
|----------------------|--|
| Simen Portland biasa | Jenis simen yang banyak digunakan dalam pembinaan konkrit umum, di kawasan yang keadaan tanah tidak mengandungi sulfat   |
| Simen diubahsuai     | Simen jenis ini mengeluarkan haba yang kurang daripada biasa, tetapi kadar peningkatan kekuatan adalah sama. Simen ini juga tahan terhadap serangan sulfat yang sederhana. |
| Simen cepat mengeras | Simen ini adalah sama dengan simen portland biasa tetapi mampu menambah kekuatan konkrit dengan pantas.  |

Jadual 2.1 (sambungan)

|                      |   |
|----------------------|---|
| Simen haba rendah    | Simen jenis ini digunakan untuk pembinaan struktur yang besar seperti empangan. Simen ini mempunyai kadar pertambahan kekuatan yang perlahan tetapi kekuatan maksimumnya tidak berubah. |
| Simen penahan sulfat | Simen jenis ini mempunyai kandungan $C_3A$ yang rendah dan sesuai digunakan untuk pembinaan berhampiran laut.   |

Terdapat empat unsur utama yang terkandung di dalam simen biasa iaitu trikalsium silikat, dikalsium silikat, trikalsium alumnat dan tetrakalsium aluminoferrat (Mindess et al., 2003). Unsur-unsur ini terhasil daripada tindakbalas kimia setelah proses penghasilan simen selesai dilakukan. Jadual 2.2 menunjukkan unsur-unsur yang terdapat di dalam simen dan penggunaannya.

Jadual 2.2: Unsur-unsur di dalam simen dan kegunaannya (Mindess et al., 2003)

| Komposisi simen  | Formula   | Kegunaan   |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trikalsium aluminat</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>Ca_3Al_2O_6</math></li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Membebaskan banyak haba semasa peringkat awal penghidratan tetapi memberi kesan yang sedikit terhadap kekuatan</li> </ul>             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tetrakalsium aluminoferrat</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>Ca_4Al_2Fe_2O_{10}</math></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menghidrat secara pesat tetapi memberi kesan yang sedikit terhadap kekuatan pes simen.</li> </ul>                                     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dikalsium silikat</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>Ca_2SiO_5</math></li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menghidrat dan mengeras secara perlahan tetapi memberi kesan yang banyak terhadap peningkatan kekuatan selepas tujuh hari.</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trikalsium Silikat</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>Ca_3SiO_4</math></li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menghidrat dan mengeras secara pesat dan memberi kesan yang banyak terhadap kekuatan awal konkrit.</li> </ul>                         |

Kekuatan konkrit bergantung kepada lekatan dan had kekuatan agregat (keupayaan untuk menahan tekanan yang dikenakan padanya) di dalam sebatian simen

dengan agregat kasar dan agregat halus. Terdapat beberapa bentuk ujian untuk menentukan kekuatan konkrit iaitu ujian kekuatan mampatan, lenturan dan tegangan. Adunan simen terhidrat adalah lebih kuat yang dapat dilihat di dalam ujian mampatan berbanding tegangan. Secara umumnya, kualiti konkrit adalah bergantung kepada kekuatan konkrit tersebut. Di dalam merekabentuk pembinaan struktur, kekuatan konkrit merupakan elemen yang paling penting untuk memastikan pembinaan kukuh dan selamat untuk digunakan.

### 2.3 Proses penghidratan simen

Perkadaran bahan mentah dan proses pembuatan boleh dipelbagaikan untuk menghasilkan simen dengan pelbagai sifat yang berbeza. Menurut Neville (2012), simen Portland mengandungi empat sebatian utama iaitu trikalsium aluminat ( $C_3A$ ), tetrakalsium aluminoferrat ( $C_4AF$ ), dikalsium silikat ( $C_2S$ ) dan trikalsium silikat ( $C_3S$ ). Sebatian trikalsium silikat ( $C_3S$ ) atau lebih dikenali sebagai *alite*, akan bertindak balas secara pesat dengan air dan akan menghasilkan kuantiti haba yang banyak untuk membentuk kalsium silikat terhidrat. Ianya mempunyai kekuatan yang tinggi dan merupakan penyumbang utama kepada kekuatan awal simen terhidrat.

Sebatian dikalsium silikat ( $C_2S$ ), juga turut dikenali sebagai *belite* pula yang bertindak balas secara perlahan dengan air untuk membentuk bahan yang sama seperti  $C_3S$ . Disebabkan oleh tindakbalas yang perlahan, pengembangan haba akan hilang sebelum kenaikan suhu yang signifikan berlaku. Ianya akan menyumbang kepada kekuatan pada usia akhir. Seterusnya ialah trikalsium aluminat ( $C_3A$ ) dimana merupakan sebatian yang bertindak balas dengan sangat pesat dengan air dan menghasilkan haba yang sangat besar. Tindakbalas ini disebabkan oleh tambahan gipsium semasa peringkat pengisaran. Yang terakhir ialah sebatian tetracalcium aluminoferrat ( $C_4AF$ ) yang bertindak balas dengan pesat dengan air tetapi tidak menghasilkan banyak haba atau kekuatan.  $C_4AF$  tidak boleh dimasukkan di dalam penghasilan simen putih kerana ianya akan menghasilkan warna. Tindakbalas diantara dikalsium silikat dan trikalsium silikat dengan air akan menghasilkan kalsium silikat terhidrat (C-S-H) dan kalsium hidroksida (CH). Menurut Joseph, (1998) tindakbalas penghidratan  $C_3S$  dan  $C_2S$  adalah seperti pada persamaan 2.1 dan 2.2.



## RUJUKAN

- Abdullahi, A., Abubakar, M., & Afolayan, A. (2013). Partial replacement of sand with sawdust in concrete production. In *3rd Biennial Engineering Conference, FUT Minna*.
- Abu Bakar, B., Ramadhansyah, P. J., & Azmi, M. M. (2011). Effect of rice husk ash fineness on the chemical and physical properties of concrete. *Mag Concr Res*, 63(5), 313-320.
- ACI 207R (2002). *Effect of Restraint, Volume Change, and Reinforcement on Cracking of Mass Concrete*. American concrete institute.
- Adam D. N. (2004). Supplementary Cementitious Materials (SCM). National Precast Concrete Association – USA.
- Aggarwal, Y., & Siddique, R. (2014). Microstructure and properties of concrete using bottom ash and waste foundry sand as partial replacement of fine aggregates. *Construction and Building Materials*, 54, 210-223.
- Alex, J., Dhanalakshmi, J., & Ambedkar, B. (2016). Experimental investigation on rice husk ash as cement replacement on concrete production. *Construction and Building Materials*, 127, 353-362.
- Aligizaki, K. K. (2006). Pore structure of cement-based materials: testing, interpretation and requirements. CRC Press.
- Almesfer, N., Haigh, C., & Ingham, J. (2012). Waste paint as an admixture in concrete. *Cement and Concrete Composites*, 34(5), 627-633.
- Altman, D. G. (1990). *Practical statistics for medical research*. CRC press.
- Altwair, N. M., & Kabir, S. (2010). Green concrete structures by replacing cement with pozzolanic materials to reduce greenhouse gas emissions for sustainable environment. In *Proceedings of 6th International Engineering and Construction Conference (IECC'6), Cairo, Egypt* (pp. 28-30).
- Andrzej, M. B. (2009). Cement-based composites. Materials, mechanical properties and performance. Second Edition. CRC Press.



- Arıoğlu, N., Girgin, Z. C., & Arıoğlu, E. (2006). Evaluation of ratio between splitting tensile strength and compressive strength for concretes up to 120 MPa and its application in strength criterion. *ACI Materials Journal*, 103(1), 18-24.
- ASTM C494/C494M-99a (2001). American Society for Testing and Materials. Standard specification for chemical admixtures for concrete, Annual book of ASTM standards, Philadelphia.
- ASTM E1621-13 (2013). Standard guide for elemental analysis by wavelength dispersive x-ray fluorescence spectrometry, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM E2090-12 (2012). Standard test method for size differentiated counting of particles and fibers released from cleanroom wipers using optical and scanning electron microscopy, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Babu, D. S., Babu, K. G., & Wee, T. H. (2005). Properties of lightweight expanded polystyrene aggregate concretes containing fly ash. *Cement and Concrete Research*, 35(6), 1218-1223.
- Ba-Shammakh, M., Elkamel, A., Douglas, P., & Croiset, E. (2008). An optimization approach for integrating planning and CO<sub>2</sub> emission reduction in the petroleum refining industry. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 47(3), 760-776.
- Binag, N. D. (2016). Powdered Shell Wastes as Partial Substitute for Masonry Cement Mortar in Binder, Tiles and Bricks Production, 5(7), 70–77.
- Bonavetti, V., Donza, H., Menendez, G., Cabrera, O., & Irassar, E. F. (2003). Limestone filler cement in low w/c concrete: a rational use of energy. *Cement and Concrete Research*, 33(6), 865-871.
- Brooks, J. J., Johari, M. M., & Mazloom, M. (2000). Effect of admixtures on the setting times of high-strength concrete. *Cement and Concrete Composites*, 22(4), 293-301.
- BS EN 12350-2 (2000). *Testing fresh concrete-Part-2: Slump test*. British Standards Institution.
- BS EN 12390-13: (2013). *Testing hardened concrete. Determination of secant modulus of elasticity in compression*” British Standard Institution, London.
- BS EN 12390-2: (2009). *Testing hardened concrete-Part 2*. British Standards Institution.



- BS EN 12390-3: (2009). *Testing hardened concrete–Part 3: Compressive strength of test specimens*. British Standards Institution.
- BS EN 12390-6: (2009). *Testing Hardened Concrete. Tensile Splitting Strength of Test Specimens*." British Standard Institution, London.
- BS EN 12390-7: (2009). *Testing hardened concrete–density of hardened concrete* British Standards Institution.
- BS EN 12390-8: (2009). *Testing hardened concrete–Part 8: Depth of penetration of water under pressure*. British Standards Institution.
- BS EN 12620 (2013). *Aggregates for concrete*. British Standards Institution.
- BS EN 196-3: (2005). *Methods of testing cement. Determination of setting times and soundness*. London: British Standards Institution.
- BS EN 197-1: (2000). *Cement composition, specifications and conformity criteria for common cements*.
- Chan, W. W. J., & Wu, C. M. L. (2000). Durability of concrete with high cement replacement. *Cement and concrete research*, 30(6), 865-879.
- Chowdhury, S., Mishra, M., & Suganya, O. M. (2015). The incorporation of wood waste ash as a partial cement replacement material for making structural grade concrete: An overview. *Ain Shams Engineering Journal*, 6(2), 429-437.
- Duggal, S. K. (2012) *Building Materials*, 4<sup>th</sup> Edition. Delhi: New Age International.
- Elliott-Richardson, A., & Fuller, T. (2013). Sea shells used as partial aggregate replacement in concrete. *Structural Survey*, 31(5), 347-354.
- Ephraim, M. E., Akeke, G. A., & Ukpata, J. O. (2012). Compressive strength of concrete with rice husk ash as partial replacement of ordinary Portland cement. *Scholarly Journal of Engineering Research*, 1(2), 32-36.
- Feeder, S. (2002). Asian green mussel *Perna viridis*, 2013–2016.
- Ferrari, G., Miyamoto, M., & Ferrari, A. (2014). New sustainable technology for recycling returned concrete. *Construction and Building Materials*, 67, 353-359.
- Gambhir, M. L. (2013). *Concrete Technology: Theory and Practice*. Tata McGraw-Hill Education.
- Ganesan, K., Rajagopal, K., & Thangavel, K. (2008). Rice husk ash blended cement: assessment of optimal level of replacement for strength and permeability properties of concrete. *Construction and building materials*, 22(8), 1675-1683.



- Ganiron Jr, T. U. (2013). Influence of polymer fiber on strength of concrete. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 55, 53-66.
- Ganiron Jr, T. U. (2013). Sustainable Management of Waste Coconut Shells as Aggregates in Concrete Mixture. *Journal of Engineering Science & Technology Review*, 6(5).
- Genying-Li, Xu, X., Chen, E., Fan, J., & Xiong, G. (2015). Properties of cement-based bricks with oyster-shells ash. *Journal of Cleaner Production*, 91, 279-287.
- Hamester, M. R. R., Balzer, P. S., & Becker, D. (2012). Characterization of calcium carbonate obtained from oyster and mussel shells and incorporation in polypropylene. *Materials Research*, 15(2), 204-208.
- Hargis, C. W., Telesca, A., & Monteiro, P. J. (2014). Calcium sulfoaluminate (Ye'elimite) hydration in the presence of gypsum, calcite, and vaterite. *Cement and Concrete Research*, 65, 15-20.
- Harrison, J. (2003). New cements based on the addition of reactive magnesia to Portland cement with or without added pozzolan. In *Proc., CIA Conference: Concrete in the Third Millenium, CIA: Brisbane, Australia*.
- Hawkins, P., Tennis, P. D., & Detwiler, R. J. (1996). *The use of limestone in Portland cement: a state-of-the-art review*. Portland Cement Association.
- Hewlett, C.P. (1998). *Lea's chemistry of cement and concrete*. 4<sup>th</sup> Edition.
- Hinkle, D. E., Wiersma, W., & Jurs, S. G. (2003). *Applied statistics for the behavioral sciences* (Vol. 663). Houghton Mifflin College Division.
- Hirapara, A., Ramani, B. J., Kathiriya, K. P., Patel, J. B., Hirapara, A. C., Ramani, B. J. & Patel, J. B. (2016). Use of Micro Silica in Concrete. *International Journal*, 2, 658-661.
- Islam, G. S., Rahman, M. H., & Kazi, N. (2017). Waste glass powder as partial replacement of cement for sustainable concrete practice. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(1), 37-44.
- Jabatan Perangkaan Malaysia. (2018) Anggaran Penduduk Malaysia [internet]. [Diakses pada 11 Mei 2018]. Laman sesawang: <https://www.dosm.gov.my/v1/index.php>
- Jabatan Perikanan Malaysia. (2016) Data Statistik Tahunan [internet]. [Diakses pada 16 Januari 2017]. Laman sesawang:



[http://www.dof.gov.my/dof2/resources/user\\_29/Documents/Perangkaan%20Perikanan/2015/2.Perikanan\\_Tangkapan\\_.pdf](http://www.dof.gov.my/dof2/resources/user_29/Documents/Perangkaan%20Perikanan/2015/2.Perikanan_Tangkapan_.pdf)

Jabatan Perikanan Malaysia. (2016) Sejarah Awal [internet]. [Diakses pada 12 Januari 2017]. Laman sesawang : <http://www.dof.gov.my/index.php/pages/view/319>

Jabatan Perikanan Malaysia. (2016) Senario Industri Perikanan Malaysia\_[internet]. [Diakses pada 16 Januari 2017] <http://www.dof.gov.my/index.php/pages/view/42>

Joseph A. D. (1998). 'Concrete construction Handbook. London'. Fourth edition. McGraw-Hill Publishing Company.

Kahle, L. R., & Gurel-Atay, E. (Eds.). (2013). *Communicating sustainability for the green economy*. ME Sharpe.

Kamarudin, M. Y. (1995). *Pengenalan kekuatan dan ketahanan lasakan konkrit*. Pencetakan Dewan Bahasa dan Pustaka.

Kementerian Kesejahteraan Bandar, Perumahan Dan Kerajaan Tempatan. (2016) Ringkasan Perangkaan Utama Tempat Kediaman Mengikut Negeri [internet]. [Diakses pada 11 Mac 2017]. Laman sesawang: [http://www.kpkt.gov.my/resources/index/user\\_1/GALERI/PDF\\_PENERBITAN/PERANGKAAAN%20TERPILIH/Buku\\_Perangkaan\\_31Mac2016.pdf](http://www.kpkt.gov.my/resources/index/user_1/GALERI/PDF_PENERBITAN/PERANGKAAAN%20TERPILIH/Buku_Perangkaan_31Mac2016.pdf)

Ken W. D. (2013). *Concrete Mix Design, Quality Control and Specification*. CRC Press.

Kim, S. W., Park, W. S., Jang, Y. I., Yun, S. H., Yun, H. D., & Kim, D. G. (2015). The effect of mineral admixture on the compressive strength development of concrete. *Contemporary Engineering Sciences*, 8(13), 541-547.

Kumar, P. S., kumar, C. S., Yuvaraj, P., kumar, B. M., & mohan, E. K. J. ((2016). A Partial Replacement for Coarse Aggregate by Sea Shell and Cement by Lime in Concrete. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 2(5).

Kumar, V., & Jain, D. (2015). Use of Sea Shells as Aggregate in Concrete. *IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development*, 3(3), 959-961.

Lavanya, G., & Jegan, J. (2015). Evaluation of relationship between split tensile strength and compressive strength for geopolymer concrete of varying grades and molarity. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(15), 35523-35527.

Leong, C. T. (2009). "MS 1525: 2007 ACMV system energy management system." In *PAM CPD 2009 Seminar on Green Building Index Malaysia*. Malaysia.



PERPUSTAKAAN UNIVERSITI MELAKA

- Lertwattanakul, P., Makul, N., & Siripattarapivat, C. (2012). Utilization of ground waste seashells in cement mortars for masonry and plastering. *Journal of Environmental Management*, *111*, 133–141.
- Loredana C. (2017). Recycled Etna volcanic ash for cement, mortar and concrete manufacturing. *Construction and Building Materials*, *151*, 704-713.
- Lothenbach, B., Le Saout, G., Gallucci, E., & Scrivener, K. (2008). Influence of limestone on the hydration of Portland cements. *Cement and Concrete Research*, *38*(6), 848-860.
- Mageswari, M., Manoj, C. R., Siddharthan, M., Saravanan, T. P., & Princepatwa, G. (2016). To Increase The Strength Of Concrete By Adding Seashell As Admixture, *2*(2), 165–174.
- Martínez-García, C., González-Fonteboa, B., Martínez-Abella, F., & Carro-López, D. (2017). Performance of mussel shell as aggregate in plain concrete. *Construction and Building Materials*, *139*, 570-583.
- Mat L. Z. (2001). Bahan dan binaan. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka
- Matschei, T., Lothenbach, B., & Glasser, F. P. (2007). The role of calcium carbonate in cement hydration. *Cement and Concrete Research*, *37*(4), 551-558.
- Mehta P.K. & Monteiro P.J.M. (2006). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*, McGraw-Hill, fourth edition.
- Mehta, P.K. (2004, May). High-performance, high-volume fly ash concrete for sustainable development. In *Proceedings of the international workshop on sustainable development and concrete technology* (pp. 3-14). Ames, IA, USA: Iowa State University.
- Meyer, C. (2009). The greening of the concrete industry. *Cement and concrete composites*, *31*(8), 601-605.
- Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). *Concrete*. 2nd.
- Monteiro, P. (2006). *Concrete: microstructure, properties, and materials*. McGraw-Hill Publishing.
- Mosher, S., Cope, W. G., Weber, F. X., Shea, D., & Kwak, T. J. (2012). Effects of lead on Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase and hemolymph ion concentrations in the freshwater mussel *Elliptio complanata*. *Environmental toxicology*, *27*(5), 268-276.
- Mukaka, M. M. (2012). A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal*, *24*(3), 69-71.



- Muthusamy, K., & Sabri, N. A. (2012). Cockle shell: a potential partial coarse aggregate replacement in concrete. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 1(4), 260-267.
- Muti A. A., Odeyemi, S. O., Olafusi, O. S., & Muhammed, F. Z. (2017). Evaluation of splitting tensile and compressive strength relationship of self-compacting concrete. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*.
- Nahushananda, C. H. G & Mutusva, T. (2015). Investigation of properties of concrete with seashells as a coarse aggregate replacement in concrete. *Matter: International Journal of Science and Technology*, 1(1).
- Naik, T. R. (2008). Sustainability of concrete construction. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 13(2), 98-103.
- Neville, A. M & Brooks, J. J. (2002) concrete technology second edition Prentice-Hall
- Neville, A. M. (1996). Properties of concrete. Fourth and final edition standards.
- Neville, A. M. (2011) Properties of Concrete 5<sup>th</sup> edition.
- Neville, A. M., & Brooks J. J. (2001) Concrete Technology Revised Edition.
- Nor Hazurina, O., Hisham, B., Bakar, A., Don, M. M., Azmi, M., & Johari, M. (2013). Cockle Shell Ash Replacement for Cement and Filler in Concrete. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 25(2), 201–211.
- Olivia, M., & Oktaviani, R. (2017). Properties of Concrete Containing Ground Waste Cockle and Clam Seashells. *Procedia engineering*, 171, 658-663.
- Olivia, M., Mifshella, A. A., & Darmayanti, L. (2015). Mechanical properties of seashell concrete. *Procedia Engineering*, 125, 760–764.
- Pedersen, B. (2004). Alkali-reactive and inert fillers in concrete. *Rheology of fresh mixtures and expansive reactions. Doctoral Theses at the Norwegian University of Science and Technology. 2004a*.
- Powers, T. C. (1969). The properties of fresh concrete.
- Raheem, A. A., Soyngbe, A. A., & Emenike, A. J. (2013). Effect of Curing Methods on Density and Compressive Strength of Concrete. *Cement and Concrete Composites*, 3(4), 55–64.
- Rajagopal, S. V. P. V., Venugopalan, V. P., Van der Velde, G., & Jenner, H. A. (2006). Greening of the coasts: a review of the *Perna viridis* success story. *Aquatic Ecology*, 40(3), 273-297.



PTTA UTHM  
PUSAT PENYELIDIKAN DAN PENKAJI TUN AMINAH

- Raju, R., Paul, M. M., & Aboobacker, K. A. (2014). Strength performance of concrete using bottom ash as fine aggregate. *International Journal of Research in Engineering & Technology*, 2(9), 111-122.
- Ramirez, A., Barker, S. D., Love, T. J., Milazzo, E. J., & McGillicuddy, L. P. (2014). Waste Shell Cement Composites, 1–81.
- Ramli, M., & Saufi, M. (2005). *Kajian Beberapa Aspek Pengkulturan Kupang (Perna Viridis L., 1758) Di Perairan Sebatu, Melaka* (Doctoral dissertation, Universiti Putra Malaysia)
- Ransinchung, G. D., Kumar, B., & Kumar, V. (2009). Assessment of water absorption and chloride ion penetration of pavement quality concrete admixed with wollastonite and microsilica. *Construction and Building Materials*, 23(2), 1168-1177.
- Reddy, M. V. S., & Reddy, I. R. (2012). Studies on durability characteristics Of high performance concrete. *International journal of advanced scientific and technical research*, (2).
- Saikia, N., & de Brito, J. (2012). Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: A review. *Construction and Building Materials*, 34, 385-401.
- Samarin, A. (1999, May). Wastes in concrete: converting liabilities into assets. In *Creating with Concrete: Opening and Leader Papers of the Proceedings of the International Congress Held at the University of Dundee, Scotland, UK on 6-10 September 1999* (p. 131). Thomas Telford.
- Sant, G., Dehadrai, M., Bentz, D., Lura, P., Ferraris, C. F., Bullard, J. W., & Weiss, J. (2009). Detecting the fluid-to-solid transition in cement pastes. *Concrete international*, 31(06), 53-58.
- Saribiyik, M., Piskin, A., & Saribiyik, A. (2013). The effects of waste glass powder usage on polymer concrete properties. *Construction and building materials*, 47, 840-844.
- Scrivener, K. L., & Kirkpatrick, R. J. (2008). Innovation in use and research on cementitious material. *Cement and concrete research*, 38(2), 128-136.
- Sicakova, A., Draganovska, M., & Kovac, M. (2017). Water Absorption Coefficient as a Performance Characteristic of Building Mixes Containing Fine Particles of Selected Recycled Materials. *Procedia Engineering*, 180, 1256-1265.



PTTA UTHM  
PERPUSTAKAAN TUN AMINAH



- Singh, D., Khan, M. A., & Kumar, A. (2016). Review on the study of compressive strength of concrete using marble dust as partial replacement of cement.
- Singh, P., Khan, A., & Kumar, A. (2016). The Effect on Concrete by Partial Replacement of Cement by Silica Fume: A Review. *International Research Journal of Engineering and Technology*.
- Sugiyama, M. (2004). The compressive strength of concrete containing tile chips, crushed scallop shells, or crushed roofing tiles. In *Proc of the International Conference on Sustainable Waste Management and Recycling: Construction Demolition Waste* (pp. 165-172).
- Swinscow, T. D. V., & Campbell, M. J. (1997). Study design and choosing a statistical test. *Statistics at Square One*. London: BMJ Publishing Group.
- Taylor, H. F. (1997). *Cement chemistry*. Thomas Telford.
- Taylor, H. F., Chen, J. J., Thomas, J. J., & Jennings, H. M. (2004). Solubility and structure of calcium silicate hydrate. *Cement and concrete research*, 34(9), 1499-1519.
- The Cement Sustainability Initiative: Progress report, World Business Council for Sustainable Development (2002)
- The Manufacture of Portland Cement (1989). The Cement and Concrete Association of New Zealand.
- The U.S Energy Information Administration (2006). Emissions of Greenhouse Gases in the U.S: Carbon Dioxide Emissions.
- Topcu, I.B., Avcular, N. (1997). Analysis of rubberized concrete as a composite material. *Cement and Concrete research*, 27(8), 1135-1139.
- Tsivilis, S., Tsantilas, J., Kakali, G., Chaniotakis, E., & Sakellariou, A. (2003). The permeability of Portland limestone cement concrete. *Cement and Concrete Research*, 33(9), 1465-1471.
- U.S. Geological Survey, Minerals Yearbook – Cement; Regional: ASIA AND THE PACIFIC, (2012). [internet]. [Diakses pada 11 Mac 2017]. Laman sesawang: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/asia.html>
- Ulil U. (2016). Preparation And Characterization Of Green Mussel Shells (*Perna Viridis*) Biomaterial Waste From The Beach Labuhan Maringgai (East Lampung) As The Base Materials Of Bioceramics.
- US Geological Survey & Orienteering S (Ed.). (2007). *Mineral Commodity Summaries*. Government Printing Office.



PTTA UTHM  
PEPUSSTAKAAN TUNKU TUN AMINAH

- Vignesh, S. (2015). A Partial Replacement for Coarse Aggregate by Seashell and Cement By Flyash In Concrete. National Conference on Research Advances in Communication, Computation, Electrical Science and Structures, 28–33.
- Wen-Ten K., Wang, H. Y., Shu, C. Y., & Su, D. S. (2013). Engineering properties of controlled low-strength materials containing waste oyster shells. *Construction and Building Materials*, 46, 128-133.
- Wong, R. C. K., & Chau, K. T. (2005). Estimation of air void and aggregate spatial distributions in concrete under uniaxial compression using computer tomography scanning. *Cement and concrete research*, 35(8), 1566-1576.
- Yeonung J, Hargis, C. W., Chun, S., & Moon, J. (2017). Effect of Calcium Carbonate Fineness on Calcium Sulfoaluminate-Belite Cement. *Materials*, 10(8), 900.
- Yilmaz, A., & Degirmenci, N. (2009). Possibility of using waste tire rubber and fly ash with Portland cement as construction materials. *Waste Management*, 29(5), 1541-1546.
- Yusof, M., Ujai, S. J., Sahari, F., Taib, S. N. L., & Mohamed, N. N. (2011). Application of Clam (lokan) Shell as Beach Retaining Wall. *Proceeding of EnCon, 2011*, 4th.

