

## Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Gantian Simen dalam Menghasilkan Precast Slab Panel

### *The Use of Rice Husk Ash as a Substitute for Cement in Producing Precast Slab Panels*

Amirul Hakimi Ahmad<sup>1</sup>, Sharifah Meryam Shareh Musa<sup>1,2\*</sup>, Mohd Hilmi Izwan<sup>1,2</sup> dan Narimah Kasim<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Jabatan Pengurusan Pembinaan, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Johor, 86400 MALAYSIA

<sup>2</sup> Centre of Excellent Project & Facilities Management (ProFMs), Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia

\*Pengarang Utama: [meryam@uthm.edu.my](mailto:meryam@uthm.edu.my)

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2024.05.02.045>

#### Maklumat Artikel

Diserah: 30 September 2024

Diterima: 1 November 2024

Diterbitkan: 1 Disember 2024

#### Kata Kunci

Precast Slab Panel, Abu Sekam Padi, Ujian Mampatan Konkrit

#### Abstrak

Struktur konkrit pratuang (precast concrete), seperti slab, digunakan secara meluas dalam kejuruteraan praktikal hasil daripada pembangunan struktur kejuruteraan awam kontemporari. Masalah utama kajian ini adalah masalah kenaikan harga simen yang mendadak pada masa kini. Peningkatan harga bahan ini memberikan masalah besar terhadap masyarakat Malaysia yang memerlukan rumah yang berharga berpatutan terutamanya golongan B40. Selain itu, masalah penggunaan simen dalam kuantiti yang banyak memberikan kesan negatif terhadap penduduk setempat dan juga pencemaran kepada alam sekitar. Objektif kajian ini adalah mengenal pasti peratusan optimum abu sekam padi yang diperlukan sebagai pertambahan bahan bancuhan precast slab panel, menguji kekuatan penggunaan konkrit yang menggunakan abu sekam padi untuk precast slab panel dan menilai penggunaan abu sekam padi dalam precast slab panel dalam kalangan kontraktor. Kajian ini dijalankan dengan penggantian separa abu sekam padi dengan simen. Kajian ini juga menggunakan abu sekam padi dalam kadar 0%, 3%, 5%, 7%, 10%, 12%, 20% dan 30% sebagai bahan tambahan untuk pengurangan simen. Kaedah pengumpulan data yang digunakan adalah kaedah kualitatif iaitu temu bual dan kerja makmal melibatkan ujian mampatan konkrit. Berdasarkan kajian makmal tersebut, jumlah penggunaan abu sekam padi dalam bancuhan precast slab panel adalah 3% dengan kekuatan mampatan sebanyak 37.6 Mpa. Kajian ini mendapatkan penilaian daripada tiga orang responden untuk ditemu bual tentang kesesuaian precast slab panel dengan penambahan abu sekam padi. Berdasarkan kajian ini, penghasilan precast slab panel ini sekurang-kurangnya dapat mengurangkan masalah pencemaran dan kenaikan harga simen.

#### Keywords

Precast Slab Panel, Rice Husk Ash,

#### Abstract

Precast concrete structures, such as slabs, are widely used in practical

### Concrete Compression Test

*engineering as a result of the development of contemporary civil engineering structures. The main problem of this study is the problem of the cement prices increasing rapidly nowadays. The increase in the price of this material presents a major problem for the Malaysian community who need houses that are less expensive, especially for the B40 group. In addition, the problem of using cement in large quantities has a negative impact on local residents and also pollution to the environment. The use of cement releases dust and dust to cause air pollution to occur. The objective of this study was to identify the optimal percentage of rice husk ash needed as an addition of precast slab panel mixing material, test the strength of the use of concrete using rice husk ash for precast slab panel and evaluate the use of rice husk ash in precast slab panel among contractors. The study was conducted with partial replacement of rice husk ash with cement. The study also used the use of the rice husk ash in 0%, 3%, 5%, 7%, 10%, 12%, 20% and 30% as additives for cement reduction. The method of data collection used is a qualitative method, which is interviews and laboratory work involving concrete compression tests. This study sought assessment from three respondents to be interviewed on the suitability of precast slab panel with the addition of rice husk ash. Based on this study, the results of this study become a new building material for a stronger and durability of precast slab panel.*

## 1. Pengenalan

Konkrit adalah salah satu bahan binaan yang paling penting dan digunakan dalam banyak projek pembinaan. Untuk membuat konkrit yang baik, teknik yang digunakan untuk menghasilkannya mestilah difahami dan diberi perhatian yang teliti. Kualiti konkrit yang dihasilkan bergantung kepada kualiti bahan mentah yang digunakan, seperti simen, agregat, dan air. Sekiranya bahan mentah yang digunakan tidak berkualiti, maka konkrit yang dihasilkan akan mempunyai kualiti yang rendah dan tidak akan kuat atau memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Oleh itu, setiap bahan yang digunakan untuk projek pembinaan mesti diuji dan diluluskan terlebih dahulu mengikut piawaian yang ditetapkan untuk teknologi konkrit. Courland (2011) berkata konkrit adalah bahan yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan moden.

Struktur konkrit pratuang (precast concrete), seperti slab, digunakan secara meluas dalam kejuruteraan praktikal hasil daripada pembangunan struktur kejuruteraan awam kontemporari. Penggunaan komponen pratuang secara mendadak meningkatkan produktiviti buruh berbanding komponen tuangan di tempat dan mengurangkan masa pembinaan dan kos pemrosesan yang berkaitan. Struktur dan komponen kejuruteraan mungkin tertakluk kepada beban dinamik yang tidak dijangka, seperti letupan gas bahan api, kenderaan (seperti kereta, kapal dan pesawat), dan hentaman letupan (serangan pengganas), dan mungkin musnah atau runtuh, menimbulkan ancaman serius kepada keselamatan komponen dan kakitangan lapangan ini (Tian *et al*, 2023).

Masalah utama kajian ini adalah masalah kenaikan harga simen yang mendadak pada masa kini. Menurut berita Kosmo, Syafawati (2022), kenaikan harga simen ketika ini didorong oleh peningkatan harga bahan mentah yang digunakan dalam proses pembuatan bahan tersebut. Kenyataan ini telah membuktikan bahawa harga simen untuk projek pembinaan semakin meningkat. Peningkatan harga bahan ini memberikan masalah besar terhadap masyarakat Malaysia yang memerlukan rumah yang berharga berpatutan terutamanya golongan B40. Tambahan pula, konkrit yang digunakan merupakan skala yang besar dan memerlukan bahan-bahan binaan dalam kuantiti yang banyak. Perkara ini sememangnya akan memerlukan modal yang tinggi untuk memulakan projek.

Masalah penggunaan simen dalam kuantiti yang banyak memberikan kesan negatif terhadap penduduk setempat dan juga pencemaran. Penggunaan simen akan membebaskan habuk dan debu hingga menyebabkan pencemaran udara berlaku. YTL Corporation menafikan dakwaan tapak simen di Sentul menjejaskan kawasan sekitar serta mengakibatkan debu (Nantha, 2023). Pengeluaran simen juga memberikan kesan yang buruk terhadap alam sekitar iaitu pembebasan karbon dioksida hingga menyebabkan perubahan iklim. Industri simen menyumbang sehingga 5% daripada pelepasan CO<sub>2</sub> iaitu kegiatan manusia, 50% daripada tindak balas kimia dan 40% daripada bahan api pembakaran, menjadikannya salah satu daripada dua pengeluar gas iklim teratas dunia (Amaechi, 2022).

Kajian ini menggunakan abu sekam padi dalam bancuhan konkrit kerana penghasilan sekam padi yang terlalu banyak di kawasan Utara Semenanjung Malaysia menyebabkan pembuangan sekam padi tersebut di merata-rata tempat. Abu sekam padi menjadi bahan yang sesuai untuk gantian simen kerana bahan tersebut mempunyai silika amorf sama seperti simen iaitu berfungsi bertindak balas dengan air dalam membentuk konkrit. Kajian ini juga menggunakan precast kerana penggunaannya dapat mengurangkan risiko kelewatan projek yang

mengambil masa lebih lama untuk suatu projek pembinaan. Slab juga digunakan untuk kajian ini kerana kebanyakan setiap projek pembinaan mengalami masalah keretakan slab yang mengundang kepada risiko hazard dan bahaya kepada pengguna. Oleh itu, objektif kajian ini adalah untuk (i) Mengenal pasti peratusan optimum abu sekam padi yang diperlukan sebagai pertambahan bahan bancuhan *precast slab panel*, (ii) Menguji kekuatan penggunaan konkrit yang menggunakan abu sekam padi untuk kegunaan *precast slab panel* dan (iii) Menilai penggunaan abu sekam padi dengan bancuhan *precast slab panel* dalam kalangan kontraktor.

Skop kajian ini dengan penggunaan kajian kes terdahulu yang menggunakan abu sekam padi untuk *precast slab panel*. Kajian ini melakukan aktiviti makmal *precast slab panel* dengan nisbah campuran yang optimum dan telah ditentukan iaitu menggantikan separa simen dengan penggunaan abu sekam padi. Kerja makmal ini perlu teliti dengan kesan penggunaan abu sekam padi mengikut nisbah air-ke- pengikat, dan bahan tambahan lain terhadap keboleherjaan, masa penetapan, ketumpatan, pengecutan, dan ketahanan konkrit segar serta mengeras.

Melalui penggunaan abu sekam padi ini, pengkaji mengkaji ketahanan dan kekuatan *precast slab panel* untuk dibandingkan dengan konkrit biasa. Di samping itu, kajian ini juga membandingkan konkrit yang lebih sesuai untuk digunakan dalam industri pembinaan. Selain itu, penilaian kontraktor juga merupakan salah satu objektif kajian ini bagi mendapatkan pendapat terhadap kesesuaian produk akhir ini dalam sektor pembinaan. Responden yang ditemu bual merupakan orang yang berpengalaman berkenaan *precast slab panel* untuk mendapatkan maklumat yang lebih mendalam bagi melaksanakan kajian ini.

## 2. Kajian Literatur

Bahagian ini menjelaskan dan menghuraikan tentang hasil kajian tentang hasil kajian terdahulu mengenai campuran abu sekam padi terhadap pelaksanaan *precast slab panel*. Kajian ini memberi pendedahan tentang *precast slab panel*, bahan-bahan bancuhan konkrit, abu sekam padi, dan lain-lain lagi. Konsep asas kajian ini menjadi keutamaan dalam bahagian ini.

### 2.1 Abu Sekam Padi Sebagai Gantian Simen

Kandungan kalsium silikat (C-S-H) terhidrat yang terhasil daripada aktiviti abu sekam padi yang digunakan sebagai pengganti separa untuk simen. Pertukaran ini menjejaskan sifat konkrit, mengubah kekuatan mampatannya, keliangan, ketahanan, dan lain-lain lagi. Beberapa bahan yang terlibat, seperti memproses sekam padi menjadi abu sekam padi, mengurangkan kadar keretakan konkrit. Selain itu, bahan ini juga boleh membantu konkrit mencapai kekuatan konkrit tersebut. Hal ini disebabkan oleh kandungan silika yang tinggi dan proses penghidratan yang cepat kerana kehalusan bahan abu sekam padi (Ridzuan, 2006).

Penggunaan abu sekam padi dalam nisbah bancuhan yang betul semasa membuat simen menghasilkan simen yang lebih baik dan berkualiti. Kelebihan abu sekam padi terhadap pembuatan *precast slab panel* ini merangkumi kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, kurangkan kos bahan, dan kurangkan kesan sisa bahan. Penggantian separa 40% pengeluaran simen oleh abu sekam padi menghasilkan kekuatan yang baik dan toleransi sulfat dan mengurangkan pelepasan gas karbon dioksida (Fadhli, Fadzil dan Khairunnisa, 2019).

### 2.2 Peratusan Optimum Bahan Campuran Simen

Menurut Mishra (2011), dengan pengecualian kandungan simen minimum, yang boleh ditetapkan, pengeluaran konkrit menentukan perkadaran campuran manakala pereka bentuk konkrit menentukan prestasi konkrit dalam campuran ini. Kaedah ini adalah yang paling logik untuk memilih perkadaran campuran apabila mempertimbangkan bahan tertentu yang mempunyai sifat yang lebih atau kurang khas. Kaedah ini menghasilkan konkrit dengan kualiti yang betul dengan cara yang paling berkesan. Walau bagaimanapun, campuran yang dimaksudkan bukanlah peraturan praktikal kerana bahan tersebut tidak dapat memberikan perkadaran campuran yang tepat untuk prestasi yang diperlukan.

### 2.3 Kekuatan *Precast Slab Panel*

Menurut Arkin (2022), jumlah beban yang dapat ditampung oleh konkrit bergantung kepada kekuatan mampatannya. Perkara ini adalah pendekatan yang paling berkesan untuk menentukan kekuatan struktur konkrit. *Precast concrete* dengan penggunaan keluli mempunyai kekuatan mampatan sekitar 7,000 psi (48 MPa). Konkrit ini mempunyai kapasiti beban yang luar biasa tinggi lebih daripada 100,000 paun. Hasilnya, konkrit tersebut sangat sesuai untuk semua jenis pembinaan, termasuk struktur bertingkat tinggi. Konkrit konvensional mempunyai kekuatan mampatan konkrit minimum sekitar 4,500 psi (31 MPa).

### 2.4 Kekuatan *Precast Slab Panel* Campuran Abu Sekam Padi

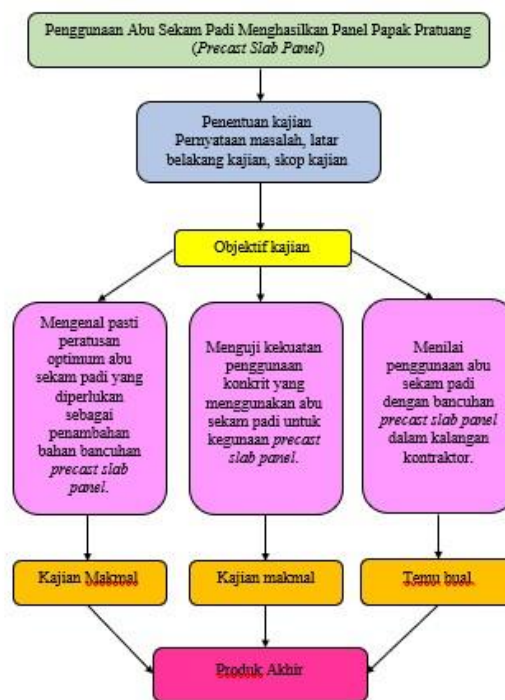
Menurut Ridzuan (2006), nilai data kekuatan mampatan relatif konkrit campuran abu sekam padi kepada nilai kekuatan mampatan konkrit berat normal bergred 30 (PC30). Penambahan abu sekam padi meningkatkan kekuatan mampatan relatif konkrit yang terbentuk dalam nisbah bancuhan dengan abu sekam padi semasa penghidratan. Zarah abu sekam padi yang kecil memekatkan campuran simen dan mengecilkan liang besar antara konkrit untuk membentuk struktur mikro yang lebih homogen. Campuran konkrit yang dibuat dengan simen PC40 mempunyai kekuatan yang lebih tinggi berbanding simen PC30. Sebagai contoh, konkrit PC30 dengan kandungan simen 500 kg/m<sup>3</sup> dan nisbah air-simen 0.32 boleh menghasilkan kekuatan 59.6 MPa. Walau bagaimanapun, dalam kes konkrit PC40, ia meningkat kepada 85.7 MPa. Mencampurkan abu sekam padi dengan simen PC40 menghasilkan julat saiz zarah yang lebih sempit dan oleh itu kekuatan mampatan zarah yang lebih rendah. Simen PC40 yang lebih halus membuatkan bancuhan konkrit yang menggunakan simen ini akan mempunyai nilai kekuatan mampatan yang lebih tinggi.

### 3. Metodologi Kajian

Kajian ini dijalankan dengan menggunakan kaedah eksperimen di mana pemerhatian dan eksperimen dijalankan di tempat yang telah ditetapkan. Kajian ini bertujuan untuk mencapai objektif yang dinyatakan dalam bab satu.

#### 3.1 Carta Aliran Metodologi

Rajah 1 menunjukkan carya alir metodologi kajian ini.



Rajah 1 Carta alir metodologi kajian

##### 3.1.1 Kajian Makmal

Kerja makmal untuk kajian ini dilaksanakan di makmal pembinaan blok E-17 Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM). Makmal pembinaan tersebut menyediakan bahan-bahan bancuhan konkrit yang diperlukan seperti simen, agregat, air, kiub konkrit dan mampatan konkrit. Penyediaan bahan ini boleh didapatkan mengikut kuantiti yang diperlukan untuk kajian masing-masing.

##### 3.1.2 Kualitatif

Kaedah kualitatif ini dilakukan untuk mendapatkan maklumat yang dapat membantu pelaksanaan kajian ini. Berdasarkan kaedah ini, proses temu bual akan dilaksanakan terhadap tiga orang responden mengenai kajian

penggunaan abu sekam padi dalam menghasilkan *precast slab panel*. Temu bual ini bertujuan untuk mendapatkan pandangan atau pendapat responden tentang kesesuaian kajian abu sekam padi dalam bancuhan konkrit precast slab panel untuk projek pembinaan.

### 3.1.2.1 Temu Bual

Menurut Bhat (2018), Temu bual adalah mendapatkan maklumat daripada seseorang dengan mengemukakan soalan dan mendengar jawapan mereka. Sesi soal dan jawab melibatkan satu orang yang bertanya soalan dan orang lain menjawab.

Temu bual untuk kajian ini merupakan kaedah yang digunakan oleh pengkaji untuk mendapatkan maklumat yang melibatkan pengkaji dengan kontraktor. Berdasarkan temu bual ini, pengkaji akan lebih mudah untuk mendapatkan maklumat untuk penambahbaikan kajian ini pada masa akan datang. Temu bual ini melibatkan sebanyak tiga orang responden untuk bertanyakan soalan berkaitan dengan kajian ini. Jenis-jenis temu bual terbahagi kepada tiga iaitu temu bual berstruktur, temu bual separa struktur dan temu bual tidak berstruktur (Faizal, 2019). digunakan

## 3.2 Rangka Kerja Kajian

Rajah 2 menunjukkan rangka kerja kajian yang telah dijalankan bagi kajian ini.

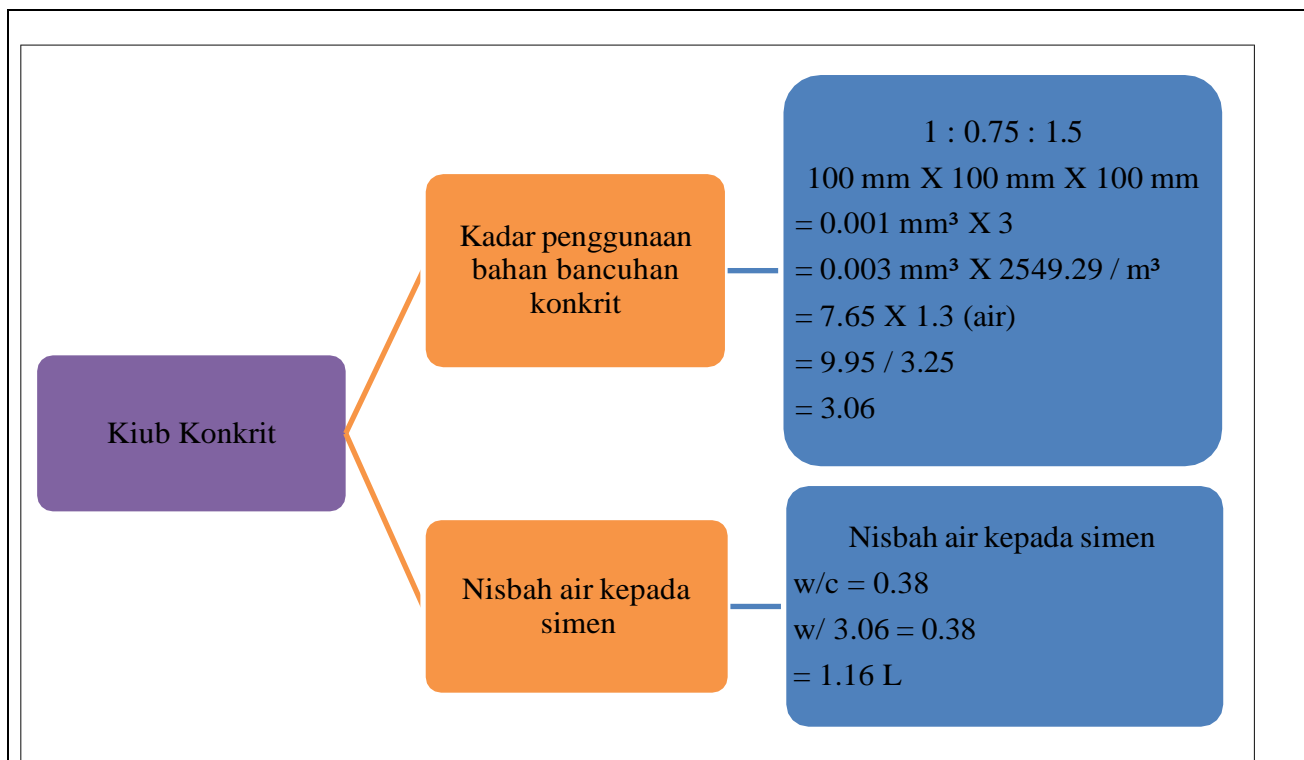


Rajah 2 Rangka Kerja Kajian

## 3.3 Reka Bentuk dan Nisbah Bancuhan Konkrit

Nisbah yang digunakan untuk menghasilkan precast slab panel ini adalah 1 : 0.75 : 1.5. Saiz kiub konkrit yang dihasilkan pula adalah 100mm X 100mm X 100mm. Setiap satu sampel menghasilkan 3 kiub konkrit. Ketumpatan yang digunakan untuk konkrit slab ini adalah 2549.29 / m<sup>3</sup>. Kemudian, air juga terlibat dalam penghasilan konkrit ini. Nisbah air kepada simen yang digunakan adalah 0.38 kerana nisbah ini sangat sesuai untuk produk precast slab panel ini. Pengiraan untuk mengetahui kadar penggunaan abu sekam padi bagi peratus 0%, 3%, 5%, 7%, 10%, 12%, 20% dan 30% adalah sama kecuali produk akhir. Pengiraan untuk kadar penggunaan bahan dalam bancuhan precast slab panel boleh dirujuk Rajah 3 dan Jadual 1 di bawah. Jumlah penggunaan simen untuk bancuhan kiub konkrit adalah 21.82 kg,

agregat halus sebanyak 18.6 kg, agregat kasar sebanyak 27.6 kg, abu sekam padi sebanyak 2.66 kg dan nisbah air kepada simen sebanyak 9.28 L.



Rajah 3 Nisbah Bancuhan Konkrit

Jadual 1 Analisis Data Jumlah Penggunaan Bahan Bancuhan Kiub Konkrit

Kadar Abu Sekam Padi (%)	Simen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Abu Sekam Padi	Nisbah Air Kepada Simen (L)
Standard (0)	3.06	2.3	3.45	-	1.16
3	2.97	2.3	3.45	0.09	1.16
5	2.91	2.3	3.45	0.15	1.16
7	2.85	2.3	3.45	0.21	1.16
10	2.75	2.3	3.45	0.31	1.16
12	2.69	2.3	3.45	0.37	1.16
20	2.45	2.3	3.45	0.61	1.16
30	2.14	2.3	3.45	0.92	1.16
Jumlah	21.82	18.4	27.6	2.66	9.28

### 3.4 Hasil Dapatan Kajian

Setiap kaedah pengumpulan ini digunakan bagi mengumpul data atau maklumat dengan lebih tepat. Pengumpulan data ini pula akan digunakan untuk menerangkan setiap objektif kajian ini. Penerangan ini akan melibatkan persembahan data yang lebih kemas dan teratur bagi kajian ini.

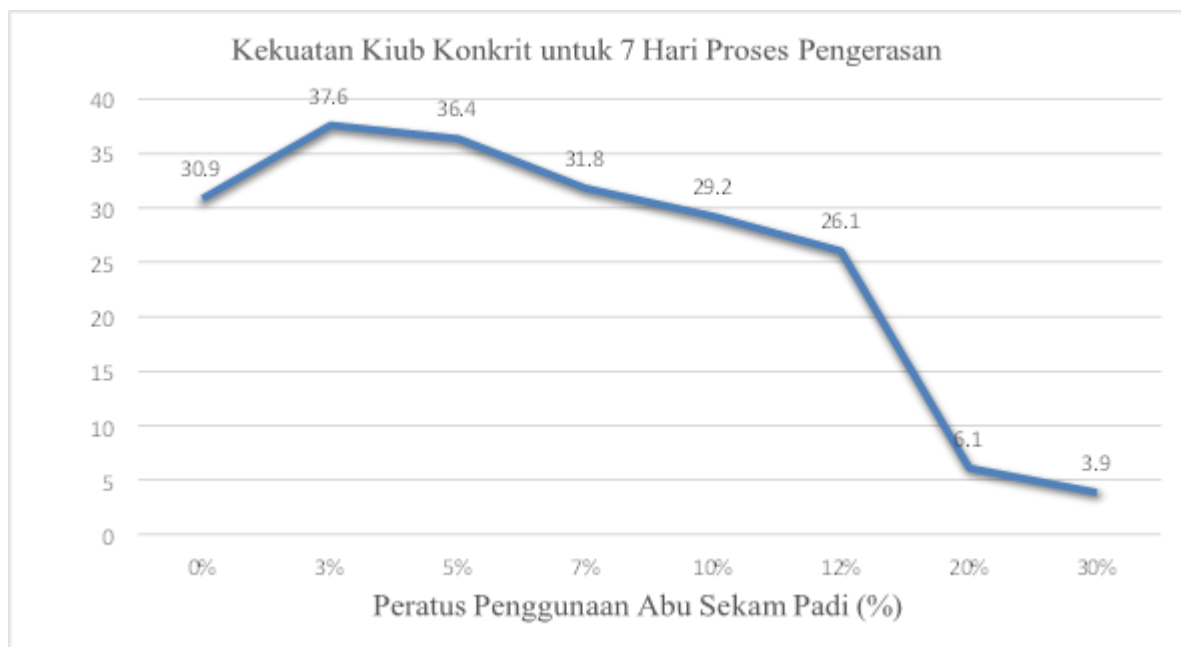
### 4. Hasil Dan Perbincangan Kajian

Kajian membincangkan tentang data yang telah dikumpul oleh pengkaji berkenaan kajian ini dan proses pembuatan produk akhir. Proses pembuatan produk akhir kajian ini dihasilkan untuk mengkaji kekuatan

konkrit dengan penambahan bahan lain iaitu abu sekam padi. Proses ini menggunakan pelbagai jenis bahan dan alatan seperti penimbang berat, kiub konkrit, simen dan sebagainya. Konkrit yang telah siap dinilai kekuatan dengan penggunaan *concrete compression test* dan *rebound hammer*.

#### 4.1 Kekuatan Kiub Konkrit untuk 7 Hari Proses Pengerasan

Pada permulaan kerja makmal kajian ini, kajian ini menggunakan peratusan yang bersesuaian terlebih dahulu. Perkara ini dilakukan untuk memudahkan bagi mengetahui peratus yang tepat dan sesuai untuk kajian ini. Oleh itu, kajian ini menggunakan abu sekam padi sebanyak 0%, 3%, 5%, 7%, 10%, 12%, 20%, dan 30% untuk kadar penggunaan abu sekam padi dalam campuran konkrit. Setiap peratusan ini akan mempunyai 3 sampel dan data tersebut akan dicatatkan purata kekuatannya. Setiap data yang dicatatkan ini adalah kekuatan kiub konkrit selama 7 hari proses pengerasan. Rajah 4 di bawah menunjukkan kekuatan setiap kiub konkrit yangdiperoleh.



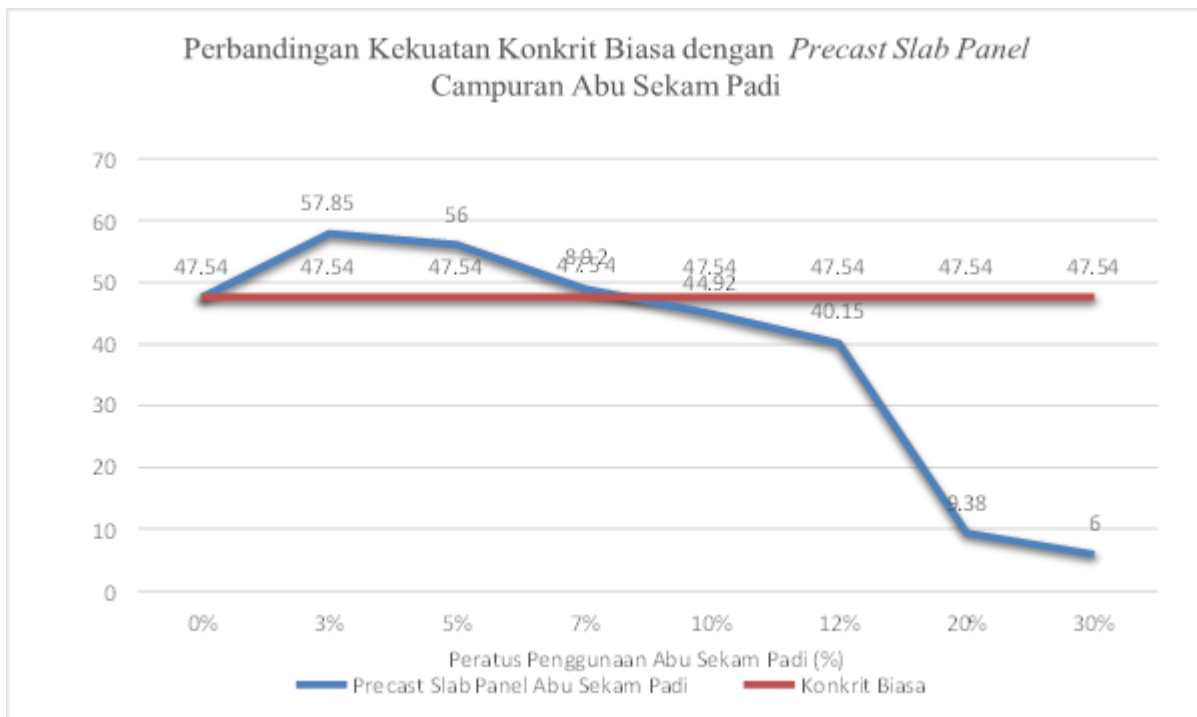
Rajah 4 Kekuatan Kiub Konkrit untuk 7 Hari Proses Pengerasan

Rajah 4 menunjukkan kekuatan kiub konkrit bagi setiap spesimen untuk 7 hari proses pengerasan. Kekuatan kiub konkrit untuk 0% penggunaan abu sekam padi iaitu konkrit biasa mencapai kekuatan mampatan 30.9 Mpa. Kemudian, kekuatan mampatan bagi kiub konkrit dengan penggunaan abu sekam padi sebanyak 3%, 5% dan 7% melebihi kekuatan mampatan konkrit biasa iaitu 37.6 Mpa, 36.4 Mpa dan 31.8 Mpa. Kekuatan mampatan bagi kiub konkrit dengan penggunaan abu sekam padi sebanyak 10%, 12%, 20% dan 30% adalah kurang berbanding konkrit biasa iaitu 29.2 Mpa, 26.1 Mpa, 6.1 Mpa dan 3.9 Mpa.

Secara amnya, semakin tinggi peratus penggunaan abu sekam padi, semakin berkurang kekuatan mampatan yang boleh ditampung oleh kiub konkrit. Berdasarkan kajian yang dibuat, penggunaan abu sekam padi yang terlalu banyak akan menyebabkan kekurangan penggunaan simen. Perkara ini sekali gus menyebabkan kekurangan bahan yang boleh mengeras iaitu simen manakala abu sekam padi tidak berfungsi sedemikian. Simen yang bercampur dengan air akan mengaktifkan tindak balas kimia untuk merangsang simen tersebut menjadi hablur-hablur yang saling bercantum (Frederick dan Thomas, 2023). Abu sekam padi pula tidak bersifat sedemikian yang menyebabkan struktur konkrit tersebut mudah pecah dan retak. Menurut Rizqi dan Resti (2023), kuat tekan mortar semakin menurun mengikut kenaikan penggunaan abu sekam padi.

#### 4.2 Perbandingan Kekuatan Mampatan Konkrit Biasa Dengan *Precast Slab Panel* Campuran Abu Sekam Padi

Perbandingan kekuatan mampatan konkrit biasa dengan *precast slab panel* dengan campuran abu sekam padi adalah penting untuk mengetahui konkrit yang dapat menampung beban yang lebih tinggi. Perbandingan kekuatan mampatan konkrit ini dapat disemak melalui Rajah 5 di bawah.



**Rajah 5** Perbandingan Kekuatan Mampatan Konkrit Biasa Dengan Precast Slab Panel

Berdasarkan Rajah 5 di atas, kekuatan *precast slab panel* dengan campuran abu sekam padi sebanyak 3%, 5% dan 7% adalah lebih tinggi berbanding konkrit biasa iaitu 57.85 Mpa, 56 Mpa dan 48.92 Mpa. Perkara ini menunjukkan kekuatan *precast slab panel* campuran abu sekam padi ini hanya boleh digunakan sebanyak 3%, 5%, dan 7% untuk mengelakkan penurunan kekuatan konkrit tersebut. Namun begitu, kekuatan *precast slab panel* ini masih menunjukkan prestasi yang baik untuk menampung beban yang lebih tinggi berbanding konkrit biasa. Jadi, *precast slab panel* ini berkemungkinan boleh digunakan dan dipromosikan pada industri pembinaan untuk kegunaan projek pembinaan. Menurut Anil *et al.* (2023), kajian potensi penggunaan abu sekam padi dalam bancuhan konkrit lebih tinggi berbanding konkrit biasa dalam industri pembinaan.

### 4.3 Kekuatan Produk Akhir untuk 28 Hari Proses Pengerasan Melalui Ujian *Rebound Hammer*

Kekuatan *precast slab panel* dicatatkan setelah ujian *rebound hammer* dilaksanakan sebanyak 9 kali tekanan. Kekuatan *precast slab panel* ini dicatatkan pada Jadual 2 di bawah.

**Jadual 2** Kekuatan Produk Akhir melalui Ujian *Rebound Hammer*

Permukaan yang Dikenakan	Catatan Nilai R			Min Nilai R	Min R (Psi)	Kekuatan Konkrit (MPa)
<i>Precast Slab Panel</i>	35	37	36	37	4918	33.91
	36	43	36			
	40	38	34			

Jadual 2 di atas menunjukkan kekuatan *precast slab panel* dengan campuran abu sekam padi melalui ujian *rebound hammer*. Purata nilai R yang didapatkan melalui ujian *rebound hammer* adalah 37. Purata bagi nilai R (Psi) pula adalah 4918. Kekuatan konkrit *precast slab panel* ini adalah 33.91 Mpa. Kekuatan ini sangat sesuai digunakan untuk projek perumahan yang kecil-kecilan dengan mengurangkan penggunaan simen.

### 4.4 Produk Akhir

Produk akhir yang dihasilkan bagi kajian ini adalah *precast slab panel* dengan campuran abu sekam padi. Produk ini dibuat berbentuk segi empat tepat dengan saiz berukuran 390mm X 190mm X 100mm. Saiz ini digunakan kerana sesuai dengan pembinaan *precast slab panel*. Kajian ini melaksanakan dua sampel produk akhir untuk tujuan menguji kekuatannya. Produk yang dihasilkan boleh dirujuk melalui Rajah 6 di bawah.



Rajah 6 Precast Slab Panel Campuran Abu Sekam Padi

#### 4.5 Dapatan dari Temu Bual

1. Adakah penggunaan abu sekam padi dalam menghasilkan konkrit membantu untuk projek perumahan sebuah?

*"Penggunaan abu sekam padi ini kurang sesuai digunakan untuk projek perumahan sesebuah kerana pemaju yang selalu menggunakan bahan tersebut berbanding pemilik sesebuah rumah tersebut."* (Responden 1)  
*"Kurang membantu, perumahan sebuah biasanya memerlukan masa yang singkat, biasanya kontraktor tidak mahu membuang masa membuat campuran pada konkrit kerana melambatkan proses projek pembinaan."* (Responden 2)  
*"Ya, penggunaan abu sekam padi dalam campuran konkrit boleh memberikan beberapa faedah yang positif terhadap konkrit tersebut. Namun begitu, keberkesanan produk ini kurang menjadi tarikan kerana faktor-faktor tertentu iaitu proses bancuhan konkrit dan peratusan abu sekam padi yang digunakan."* (Responden 3)

Ketiga-tiga responden memberikan jawapan yang berbeza tetapi pendapat yang hampir sama iaitu kontraktor kurang tertarik dengan produk ini kerana proses penyediaan bahan mengambil masa yang lebih lama berbanding pelaksanaan konkrit biasa. Produk precast slab panel campuran abu sekam padi ini memerlukan penyediaan bahan tambahan iaitu abu sekam padi yang perlu dibakar, dihancurkan, dan diayak untuk penggunaan bahan tersebut. Jadi, produk ini berkemungkinan boleh menyebabkan suatu projek pembinaan menjadi lambat siap.

2. Apakah pendapat anda tentang prestasi jangka panjang *precast slab panel* dengan abu sekam padi berbanding konkrit biasa?

*"Ya, penggunaan abu sekam padi dalam menghasilkan precast slab panel ini sememangnya mempunyai prestasi jangka masa yang kerana kebiasaannya setiap penggunaan bahan tambahan yang digunakan dapat menguatkan struktur konkrit tersebut."* (Responden 1)  
*"Campuran abu sekam padi boleh meningkatkan kekuatan konkrit jika proses bancuhan konkrit tersebut betul. Jadi, dijangkakan konkrit akan lebih berkualiti dan lebih tahan."* (Responden 2)  
*"Ya, konkrit dengan campuran abu sekam padi boleh mencapai prestasi dalam jangka masa yang panjang dari segi kekuatan dan ketahanan."* (Responden 3)

Ketiga-tiga responden bersetuju mengatakan bahawa produk *precast slab panel* campuran abu sekam padi ini berprestasi tinggi untuk jangka masa panjang pada masa akan datang. Campuran ini dapat menguatkan struktur konkrit tersebut kerana saling dapat mencengkam dan mengeras bersama bahan-bahan konkrit yang lain.

3. Adakah produk *precast slab panel* dengan campuran abu sekam padi ini boleh diterima di pasaran?

*"Sekiranya produk precast slab panel campuran abu sekam padi ini dapat menjimatkan kos, produk ini semestinya diterima di pasaran."* (Responden 1)  
*"Bergantung pada kos dan proses penyediaan bahan, kalau pengilang ingin melaksanakan kerja tambahan, tapi perlu fikirkan masa kerja dan kos pembuatan serta kos operasi."* (Responden 2)  
*"Produk ini boleh diterima di pasaran sekiranya boleh menjimatkan kos, namun begitu produk ini mungkin kurang menjadi tarikan industri perkilangan kerana proses pelaksanaannya yang memerlukan masa yang lebih panjang."* (Responden 3)

Produk *precast slab panel* campuran abu sekam padi ini boleh diterima di pasaran sekiranya produk tersebut dapat mengurangkan kos dari segi bahan-bahan pelaksanaan konkrit. Sekiranya produk baru ingin dipamerkan di pasaran, kos perbelanjaan menjadi isu utama sama ada produk tersebut boleh diterima atau sebaliknya.

4. Adakah terdapat peraturan atau piawaian industri tertentu yang anda ikuti apabila menggunakan abu sekam padi dalam pengeluaran *precast slab panel*? Bagaimanakah anda memastikan pematuhan dengan piawaian ini?

*"Bergantung kepada campuran gred konkrit yang terhasil melalui produk precast slab panel tersebut. Sekiranya gred campuran konkrit tersebut adalah tepat, produk ini masih menepati piawaian dan peraturan bagi setiap industri pembinaan."* (Responden 1)

*"Bergantung kepada kerja penyelidikan dan makmal yang dilaksanakan untuk mengetahui sama ada produk ini boleh diterima mengikut piawaian yang ditetapkan."* (Responden 2)

*"Gred konkrit yang terhasil melalui campuran abu sekam padi terhadap konkrit memainkan peranan penting untuk menepati piawaian yang ditetapkan."* (Responden 3)

Pendapat daripada ketiga-tiga responden mengatakan bahawa piawaian ini bergantung kepada gred konkrit yang terhasil dan hasil kerja makmal dan penyelidikan yang dilaksanakan. Gred konkrit menjadi isu yang penting untuk setiap pelaksanaan bancuhan konkrit bagi projek pembinaan. Kajian penyelidikan dan kerja makmal juga penting untuk mengetahui proses pelaksanaan bancuhan konkrit untuk diterima piawaian yang ditetapkan.

5. Apakah pendapat dan cara untuk penambahbaikan dalam penghasilan produk ini?

*"Tentukan kadar peratusan yang tepat untuk digunakan dalam bancuhan konkrit dan proses penggunaan abu sekam padi ini dilaksanakan dengan lebih baik."* (Responden 1)

*"Proses bancuhan konkrit tersebut boleh digaulkan sekali simen semasa pembungkusan atau campurkan terus simen sewaktu proses mengisar abu sekam padi."* (Responden 2)

*"Menggunakan abu sekam padi yang berkualiti untuk menjamin kekuatan konkrit tersebut."* (Responden 3)

Responden pertama memberi cadangan agar tentukan kadar peratusan yang lebih sesuai untuk campuran abu sekam padi dalam penghasilan *precast slab panel* ini. Hal ini boleh mengetahui kadar peratusan penggunaan abu sekam padi yang lebih sesuai digunakan untuk produk ini. Responden kedua memberi cadangan supaya menggaulkan sekali simen dengan abu sekam padi semasa pembungkusan. Perkara ini memudahkan campuran bahan konkrit tersebut lebih teratur dan mudah digaulkan. Responden ketiga memberi cadangan untuk menggunakan abu sekam padi yang lebih berkualiti untuk mengelakkan bahan-bahan kimia pada abu sekam padi tidak terjejas. Perkara ini dapat mengukuhkan lagi struktur konkrit dengan campuran abu sekam padi yang lebih berkualiti.

## 5. Kesimpulan dan Cadangan

Kajian membincangkan berkenaan keseluruhan hasil kajian yang telah dilengkapkan berdasarkan data yang telah kita catatkan. Bahagian ini juga menerangkan tentang cadangan untuk penambahbaikan kajian ini ke arah yang lebih baik juga dikemukakan untuk tujuan mengetahui kelemahan dan kesilapan dalam pelaksanaan kajian ini.

### 5.1 Pencapaian Setiap Objektif

Berdasarkan hasil kajian yang dikumpulkan, setiap objektif kajian berjaya dicapai dengan sebaiknya. Pencapaian ini dicapai mengikut kaedah metodologi yang digunakan dalam menjayakan kajian ini.

#### 5.1.1 Pencapaian Objektif 1: Mengetahui pasti peratusan optimum abu sekam padi yang diperlukan sebagai pertambahan bahan bancuhan *precast slab panel*.

Pengenalpastian peratusan optimum abu sekam padi ini dimulakan dengan pelaksanaan kiub konkrit mengikut peratus yang ditetapkan iaitu 0%, 10%, 20%, dan 30%. Kiub konkrit ini seterusnya dikenakan ujian mampatan konkrit untuk mendapatkan data berkenaan kekuatan konkrit tersebut. Setiap ujian mampatan konkrit yang dilaksanakan dicatat untuk mengetahui puncak peratusan optimum yang sesuai untuk kajian ini.

Kemudian, pelaksanaan kiub konkrit kedua yang lebih kecil peratus penggunaan abu sekam padi iaitu 3%, 5%, 7% dan 12%. Seterusnya, kiub konkrit ini juga dikenakan ujian mampatan konkrit. Setelah mendapatkan data yang lebih tepat, peratusan optimum boleh dicatatkan dengan kekuatan konkrit yang tertinggi dengan penggunaan abu sekam padi dalam bancuhan *precast slab panel* adalah sebanyak 3%.

Penggunaan abu sekam padi sebanyak 3% ini adalah disebabkan oleh kekuatan konkrit yang mampu ditampung adalah paling tertinggi antara peratus abu sekam padi yang lain termasuk konkrit biasa. Konkrit dengan campuran abu sekam padi ini menjadi peratus yang sesuai kerana konkrit tersebut mampu menampung

kekuatan mampatan yang paling tinggi, lebih tahan dan lenturan kekuatan yang tertinggi (Guguloth dan Saravanan, 2022).

### 5.1.2 Pencapaian Objektif 2: Menguji kekuatan penggunaan konkrit yang menggunakan abu sekam padi untuk kegunaan *precast slab panel*.

Objektif kajian kedua bagi kajian ini adalah menguji kekuatan penggunaan konkrit yang menggunakan abu sekam padi untuk kegunaan *precast slab panel*. Matlamat kajian ini dicapai melalui kaedah pengiraan dan kajian makmal iaitu pelaksanaan konkrit *precast slab panel* sama seperti objektif kajian pertama. Kedua-dua objektif kajian ini saling berkait rapat untuk mencapai matlamat objektif kajian masing-masing.

Kekuatan konkrit ini dibahagikan kepada dua bahagian iaitu kiub konkrit dan produk akhir. Kaedah untuk menguji kekuatan kiub konkrit adalah menggunakan *concrete compression test* manakala kekuatan produk akhir diuji kekuatan dengan menggunakan *rebound hammer*. Kiub konkrit ini akan dilaksanakan mengikut nisbah yang ditetapkan dan kadar penggunaan bahan yang telah ditentukan. Kiub konkrit ini juga dikenakan proses pengerasan iaitu direndam di dalam air selama 7 hari. Setelah itu, kiub konkrit dikeluarkan untuk keringkan dan boleh diuji kekuatan dengan penggunaan *concrete compression test*.

Produk akhir pula akan diuji dengan penggunaan *rebound hammer*. *Rebound hammer* digunakan untuk produk akhir kerana saiz produk akhir terlalu besar untuk diuji dengan penggunaan *concrete compression test*. Kekuatan produk akhir tersebut dicatat untuk mengetahui kekuatan konkrit tersebut dengan penggunaan abu sekam padi sebanyak 3%.

Menurut Guguloth dan Saravanan (2022), penggunaan abu sekam padi dalam bancuhan konkrit dapat mengurangkan keretakan pada konkrit tersebut kerana bahan tersebut salajing berpaut untuk mengeras menjadi konkrit yang lebih kukuh.

### 5.1.3 Pencapaian Objektif 3: Menilai penggunaan abu sekam padi dengan bancuhan *precast slab panel* dalam kalangan kontraktor.

Ketiga-tiga responden memberikan pendapat atau cadangan yang positif terhadap setiap soalan yang ditanyakan. Persoalan bagi mengetahui sama ada produk *precast slab panel* campuran abu sekam padi ini boleh digunakan untuk projek perumahan sebuah adalah kurang sesuai. Perkara ini berkait rapat dengan proses penyediaan bahan dan bancuhan yang memerlukan masa yang lebih lama berbanding konkrit biasa.

Produk *precast slab panel* ini juga berprestasi tinggi untuk jangka masa yang Panjang dari segi kekuatan. Menurut Karim dan Irwan (2020), penggunaan abu sekam padi mampu untuk memberikan kekuatan yang lebih baik kerana bahan tersebut mengandungi silika yang sesuai untuk kegunaan konkrit.

Produk *precast slab panel* ini boleh diterima di pasaran sekiranya penggunaan produk tersebut dapat menjimatkan kos perbelanjaan sesebuah projek pembinaan. Kos perbelanjaan menjadi isu yang sangat penting untuk diterima di pasaran. Perbelanjaan projek pembinaan dapat mengurus pembiayaan dan merancang keuntungan yang boleh didapatkan melalui projek pembinaan tersebut (Rea, 2022).

Piawaian untuk penggunaan produk *precast slab panel* campuran abu sekam padi melibatkan gred konkrit yang terhasil melalui campuran tersebut. Menurut Natalia (2017), gred konkrit menentukan kekuatan dan kesesuaian konkrit tersebut mengikut projek pembinaan yang dijalankan.

Maklumat atau data yang diberikan oleh setiap responden tersebut digunakan untuk kajian ini sebagai rujukan. Cadangan untuk penambahbaikan akan diterapkan dalam kajian ini untuk mengurangkan kesalahan atau kesilapan yang dibuat.

## 5.2 Kesimpulan

Kesimpulannya, kajian ini telah berjaya melaksanakan ketiga-tiga objektif dan mencapai setiap matlamat objektif kajian tersebut. Maklumat dan data masih dapat dikumpulkan bagi mencapai setiap matlamat objektif kajian meskipun menghadapi masalah-masalah yang tidak dapat dihalang.

Satu langkah yang menggalakkan ke arah penggunaan teknik pembinaan yang mampan adalah penambahan abu sekam padi dalam pengeluaran *precast slab panel*. Abu sekam padi yang diperbuat daripada sisa pertanian, mempunyai beberapa kelebihan yang berpotensi iaitu meningkatkan kekuatan bahan, mengurangkan kesannya terhadap alam sekitar dengan mengitar semula sisa, dan boleh menyediakan pilihan bangunan yang berpatutan. Namun begitu, penyelidikan yang lebih lanjut diperlukan untuk menyesuaikan ciri inovasi ini, keberkesanan struktur, dan ketahanan jangka panjang.

Bagi membuktikan bahawa abu sekam padi berfungsi dalam konteks yang berbeza, kajian yang luas dalam pelbagai keadaan iklim dan aplikasi struktur adalah penting. Kerjasama antara penyelidik, profesional industri, dan agensi pengawalseliaan adalah penting untuk mendapatkan persetujuan dalam pengeluaran produk penggunaan abu sekam padi dalam menghasilkan *precast slab panel* ini. *Precast slab panel* berasaskan abu sekam padi berpotensi untuk mengubah sepenuhnya sektor pembinaan jika digunakan dengan betul. Abu sekam padi memiliki bahan-bahan yang tidak berbahaya kepada alam sekitar sambil memenuhi integriti struktur dan keperluan kecekapan kos untuk amalan bangunan yang lebih mesra alam pada masa akan datang.

## Perhargaan

Dengan penerbitan artikel ini, seribu kata merakamkan ribuan terima kasih diucapkan kepada pihak Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Univesiti Tun Hussein Onn Malaysia yang membenarkan artikel diterbitkan. Tidak dilupakan, kerjasama oleh pihak staf dari Makmal Kejuruteraan Bahan Termaju blok E-17 UTHM yang sudi menyediakan maklumat berkaitan dalam menjayakan kajian ini.

## Konflik Kepentingan

Penulis mengumumkan bahawa tidak ada konflik kepentingan yang berkaitan dengan penerbitan makalah ini.

## Sumbangan Pengarang

**Konsep dan reka bentuk kajian:** Amirul Hakimi Bin Ahmad, Sharifah Meryam Shareh Musa; **pengumpulan data:** Amirul Hakimi Bin Ahmad; **analisis dan tafsiran keputusan:** Amirul Hakimi Bin Ahmad, Sharifah Meryam Shareh Musa, **penyediaan draf manuskrip** Abdul Mukmin Che Jantan, Sharifah Meryam Shareh Musa. **Kelulusan dan Semakan dalam penerbitan;** Amirul Hakimi Ahmad, Sharifah Meryam Shareh Musa, Mohd Hilmi Izwardan Narimah Kasim.

## Rujukan

- Amaechi P. (2022, Disember 13). 9 Kesan Alam Sekitar Pengeluaran Simen - Alam Sekitar Go! Environment Go! <https://ms.environmentgo.com/kesan-alam-sekitar-pengeluaran-simen/>
- Anil S. *et al.* (2023). Experimental study on high performance concrete using rice husk ash. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.11.004>
- Arkin, D. (2022, November 23). Premier Stoneworks. Premier Precast. <https://premierprecast.com/precast-concrete-durability-and-strength/#:~:text=The%20compressive%20strength%20of%20precast%20concrete%20with%20steel%20strands%20is,%2C%20including%20high%2Drise%20buildings.>
- Courland R. (2011), *Concrete Planet: The Strange and Fascinating Story of the World's Most Common Man-Made Material*. Prometheus Books.
- Fadhli A. Fadzil S. dan Khairunnisa S. (2019). Kesan Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanikal Batu Bata <file:///C:/Users/USER/Downloads/psm%20sesi%201/7411-529-24505-1-10-20191204.pdf>
- Frederick M. dan Thomas O. (2023). Definition, Composition, Manufacture, History, & Facts | Britannica. (2023). In *Encyclopædia Britannica*. <https://www.britannica.com/technology/cement-building-material>
- Guguloth B. & Saravanan M. (2022). Strength and durability of concrete using Rice Husk ash as a partial replacement of cement. *Materials Today: Proceedings*, 52, 1606–1610. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.267>
- Izzatul M. (2021, November 15). Harga bahan binaan naik, rumah semakin mahal. *Sinar Harian*; *Sinar Harian*. <https://www.sinarharian.com.my/article/172393/suara-sinar/analisis-sinar/harga-bahan-binaan-naik-rumah-semakin-mahal>
- Karim A. & Irwan M. (2020). Kesan Penggunaan RHA Terhadap Kekuatan dan Kebolehtelapan Gunit. <file:///C:/Users/USER/Downloads/15623-Article%20Text-45009-47548-10-20180219.pdf>
- Mishra G. (2011, November 15) Types of Concrete Mix Ratio Design and their Strengths. *The Constructor*. <https://theconstructor.org/concrete/types-of-concrete-mix-design/5984/>
- Nantha K. (2019, Februari 23). YTL nafi tapak simen di Sentul jejas kawasan sekitar. *Malaysiakini*; *Malaysiakini*. <https://www.malaysiakini.com/news/465331>
- Norhana A, *et al.* (2012). Lateral Thinking through Black Box Experiment among Engineering Students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 60, 14–20. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.340>
- Ridzuan H. (2006). Sifat-Sifat Konkrit Berkekuatan Tinggi Yang Mengandungi Abu Sekam Padi. [file:///C:/Users/USER/Downloads/Documents/Sifat-Sifat%20Konkrit%20Berkekuatan%20Tinggi%20Yang%20Mengandungi%20Abu%20Sekam%20Padi\\_Hannan%20Ridzuan%20Ramli.pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Documents/Sifat-Sifat%20Konkrit%20Berkekuatan%20Tinggi%20Yang%20Mengandungi%20Abu%20Sekam%20Padi_Hannan%20Ridzuan%20Ramli.pdf)
- Rizqi F. dan Resti N. (2023, Januari 1). Pengaruh Abu Sekam Padi Dan High Density Polyethylene Sebagai Substitusi Semen Dan Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Mortar. <file:///C:/Users/USER/Downloads/psm%20sesi%201/90716-445-330519-2-10-20230131.pdf>
- Tian S. *et al* (2023). Experimental and numerical studies on the dynamic response of precast concrete slabs under blast load. 106425–106425. <https://doi.org/10.1016/j.jobte.2023.106425>