

Kajian Ulasan Berkenaan Bahan Yang Menyumbang Dalam Penghasilan Komponen Pasang Siap Ringan Bagi Industri Pembinaan

Nik Muhammad Akif Nik Mazlan¹, Sushilawati Ismail^{2*},

^{1,2}Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Bina,
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Batu Pahat, 86400, MALAYSIA

*Corresponding Author Designation

DOI: <https://doi.org/10.30880/rtcebe.2023.04.01.044>

Received 06 January 2022; Accepted 15 January 2023; Available online 01 May 2023

Abstrak: Komponen pasang siap ringan adalah salah satu jenis struktur yang digunakan dalam kaedah pembinaan berindustri bagi sesuatu projek pembinaan. Terdapat pelbagai jenis bahan yang digunakan dalam penghasilan komponen pasang siap ringan. Kajian ini bertujuan untuk mengenalpasti jenis-jenis bahan yang digunakan dan seterusnya membincangkan sifat-sifat bahan dan kesesuaian penggunaannya sebagai komponen dalam projek pembinaan. Kajian kualitatif ini dimulai dengan kajian literatur secara sistematik dengan menggunakan pengkalan data *Scopus* dan *Science Direct*. 25 artikel yang relevan telah dikumpulkan dan dianalisis kandungannya secara sistematik. Bahan seperti *Styrofoam*, gentian kaca, abu terbang dan sekam padi adalah antara bahan yang popular yang digunakan dalam komponen pasang siap ringan kerana sifatnya yang tinggi dari segi kekuatan, ketumpatan, lenturan, penebat haba, mampatan serta kekonduksian haba yang rendah. Diharapkan kajian ini dapat memberi pendedahan kepada pengamal pembinaan tentang kepelbagaian bahan yang menyumbang kepada penghasilan komponen ringan. Sekaligus dapat menjadi sumber rujukan dalam pemilihan dan penentuan jenis bahan yang sesuai untuk komponen pasang siap bagi struktur tertentu secara khususnya mahupun bagi jenis binaan tertentu secara amnya.

Abstract: Lightweight prefabricated components are one of the types of structures that used in industrial construction methods for a construction project. There are various types of materials used in the production of lightweight prefabricated components. This study aims to identify the types of materials used and further discuss about the properties of the material and the suitability of materials use as a component in a construction project. This qualitative study began with a systematic literature review using the *Scopus* and *Science Direct* databases. 25 relevant articles were collected and their contents were systematically analyzed. Materials such as *Styrofoam*, fiberglass, fly ash, and rice husk are among the popular materials used in lightweight prefabricated components due to their high properties in terms of strength, density, bending, thermal insulation, compression as well as low thermal conductivity. It is hoped that this study can provide exposure to the construction

*Corresponding author: sushila@uthm.edu.my

2023 UTHM Publisher. All rights reserved.

publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/rtcebe

practitioners about the diversity of materials that contribute to the production of lightweight components. At the same time, it can be a source of reference in the selection and determination of the appropriate type of material for prefabricated components for certain structures in particular as well as for certain types of construction in general.

Kata kunci: Komponen Pasang Siap, Komponen Ringan

1. Pengenalan

Pelaksanaan pembinaan menggunakan sistem pembinaan berindustri (IBS) semakin mendapat tempat di dalam industri pembinaan terutamanya bagi projek pembinaan perumahan dan bangunan komersial. IBS adalah satu kaedah penghasilan sesebuah struktur pembinaan rumah atau bangunan yang menggunakan komponen pasang siap. Komponen-komponen binaan seperti dinding, rasuk dan juga papak dihasilkan di kilang dalam bentuk panel mengikut saiz dan rekabentuk yang telah ditetapkan [1]. Selepas itu, panel yang siap dihasilkan dipasang secara terus di tapak pembinaan dan kaedah ini adalah lagi mudah dan efektif jika dibandingkan dengan kaedah tradisional yang memerlukan kerja-kerja membuat komponen pembinaan dilakukan secara langsung di tapak pembinaan. Pelbagai kajian telah dijalankan untuk menambahbaik pelaksanaan sistem ini terutamanya dari segi pemilihan bahan yang sesuai. Antara usaha yang telah dijalankan adalah penghasilan komponen pasang siap ringan untuk meningkatkan kualiti produktiviti dan meningkatkan kebolehkeraan komponen struktur-struktur bangunan.

Walaupun bagaimanapun, setiap jenis bahan yang digunakan mempunyai sifat yang berbeza-beza dan unik. Oleh itu, tujuan kajian ini dilaksanakan adalah untuk mengkaji sifat-sifat setiap bahan tersebut dan kegunaan setiapnya bagi jenis-jenis struktur, binaan atau tujuan yang tertentu. Kajian ini penting dalam menyumbang kepada penambahan pengetahuan berkenaan komponen pasang siap ringan di dalam sistem bangunan perindustrian. Pada akhir kajian ini, pelbagai jenis bahan-bahan yang digunakan di dalam komponen pasang siap ringan telah dapat dikumpulkan. Selain itu, kajian sifat-sifat bagi setiap bahan juga dapat dikenalpasti untuk penggunaan yang sesuai mengikut kriteria struktur pembinaan bangunan. Selain itu, kajian ini diharap menjadi rujukan pada pelaksana pembinaan dalam pemilihan bahan yang sesuai untuk komponen siap agar aplikasi IBS dalam industri pembinaan tempatan semakin meluas.

2. Bahan Popular dalam Penghasilan Komponen Pasang Siap Ringan

Antara bahan yang dikenalpasti digunakan dalam komponen pasang siap ringan adalah seperti *Styrofoam*, serpihan kayu, abu terbang (*fly ash*), gentian kaca (*fibre glass*) dan sekam padi (*rice husk*) yang terbukti dapat mengurangkan jisim sesuatu komponen tersebut.

2.1 *Styrofoam*

Styrofoam (rujuk Rajah 1) digunakan secara meluas sebagai peralatan pengeluaran makanan dan juga sebagai pembungkus untuk menyerap getaran semasa proses pengendalian dan pengangkutan. Selain itu, *Styrofoam* juga biasa digunakan sebagai bahan yang berfungsi melindungi peralatan dan dianggarkan sejumlah sisa *Styrofoam* dibuang selepas digunakan begitu banyak di pasaran. Dibandingkan dengan batu baur semulajadi yang merupakan bahan berpori dan mampu memberi ruang kepada air yang banyak, *Styrofoam* adalah bahan ringan yang sesuai untuk menghasilkan konkrit ringan dan *Styrofoam* dengan *pulverized fly ash* (PFA) dapat digunakan sebagai pengganti simen. Dalam artikel ini menunjukkan bahawa siri konkrit yang menggunakan *Styrofoam* bersaiz 10mm dengan tahap penggantian 10% dapat memberikan kekuatan mampat yang tinggi dalam jangka masa panjang sehingga 180 hari [2].



Rajah 1: Styrofoam

2.2 Abu terbang

Abu terbang adalah serbuk halus yang merupakan hasil daripada pembakaran arang batu di loji janakuasa elektrik dan ianya juga adalah bahan yang mengandungi bahan aluminous dan siliceous yang membentuk simen apabila dicampurkan dengan air. Selain itu, apabila dicampurkan juga dengan kapur dan air bahan ini membentuk sebatian yang serupa dengan simen Portland [3]. Kita juga dapat lihat banyak penyelidikan telah dilakukan di bidang penggunaan abu terbang pada masa lalu dan ianya tertumpu lebih kepada penggantian simen dengan abu terbang akan tetapi pengeluaran batu baur dengan abu terbang dapat membantu sebahagian besar dalam kerja konkrit. Hal ini kerana penggunaan ini dapat mengurangkan pencemaran alam sekitar dan pengurangan sumber semula jadi.

Di samping itu, pengeluaran konkrit memerlukan batu baur yang berfungsi sebagai bahan pengisi untuk memberikan isipadu yang padat pada konkrit. Kita juga dapat lihat bahawa batu baur yang biasa digunakan dalam konkrit dapat menghabiskan sumber semula jadi dan ini memaksa penyelidik untuk mewujudkan alternatif baru dalam menggantikan bahan binaan ini. Oleh itu, abu terbang (rujuk Rajah 2) adalah salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan tambah pada simen atau untuk menghasilkan batu baur ringan. Hal ini kerana sifat abu terbang ini telah diuji dan hasilnya menunjukkan bahawa bahan ini dapat digunakan secara efektif sebagai bahan ganti batu baur dalam konkrit [4].



Rajah 2: Abu Terbang

2.3 Gentian Kaca

Gentian kaca (rujuk Rajah 3) dapat didefinisikan sebagai bahan yang terdiri daripada filamen kaca yang sangat halus yang juga digabungkan dalam benang dan digunakan bahan tambah dalam konkrit. Di samping itu, gentian kaca adalah salah satu jenis gentian konkrit bertetulang dan aplikasi utama yang digunakan pada bangunan luar dan juga digunakan sebagai konkrit pra-tuang. Selain itu, gentian kaca adalah kurang padat jika dibandingkan dengan keluli walaupun dapat digunakan sebagai bahan campuran [5]. Akan tetapi gentian kaca mampu meningkatkan kekuatan bahan

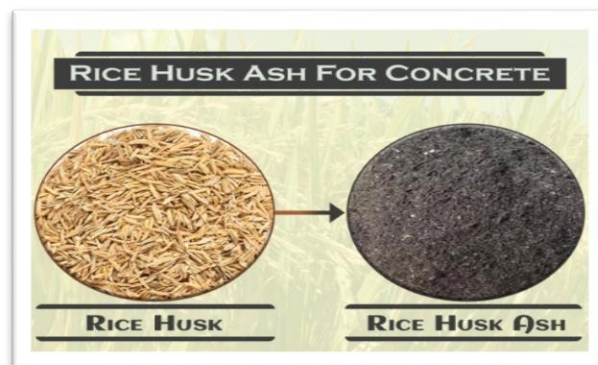
dengan meningkatkan daya yang diperlukan untuk mengubah bentuk dan meningkatkan daya tahan supaya tenaga yang diperlukan cukup untuk penyebaran retakan.



Rajah 3: Gentian Kaca

2.4 Sekam Padi

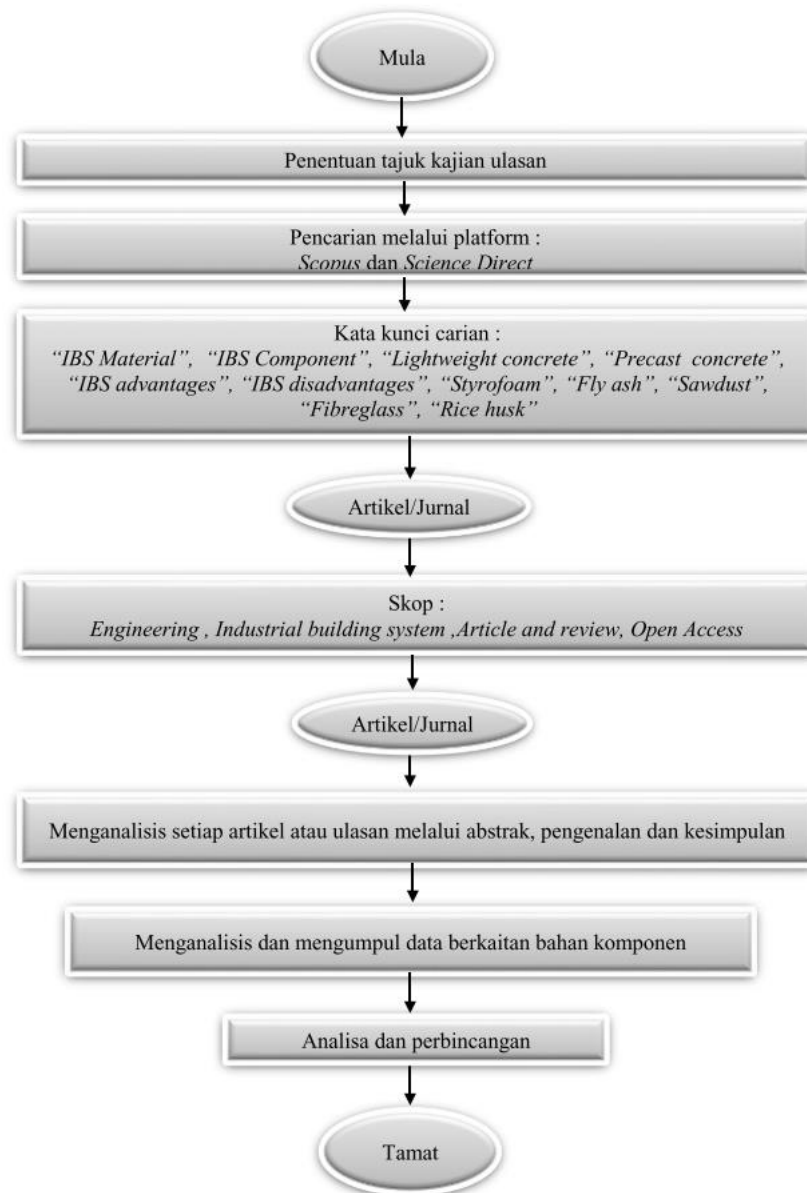
Sekam padi (rujuk Rajah 4) adalah satu tanaman bijirin makanan utama di dunia. Pada tahun 2013, pengeluaran beras yang tidak digiling secara global berjumlah 741 juta tan metrik sementara beras yang digiling adalah sekitar 470.2 juta tan metrik dan pengeluaran padi tersebut meninggalkan sekam padi sebagai bahan buangan yang tidak digunakan [6]. Melihat pada statistik tersebut dapat disimpulkan bahawa sejumlah besar sekam padi biasanya dihasilkan dari pengeluaran padi dan sebilangan sekam padi dibuang sebagai sampah. Kajian yang telah dibuat berkenaan dengan sekam padi mengatakan penggunaan sekam padi dan bentuk asalnya sebelum bertukar menjadi abu berfungsi sebagai bahan campuran khas yang digunakan dalam menghasilkan konkrit biasa jarang berlaku. Akan tetapi, [7] mengatakan kemungkinan campuran menggunakan simen dan sekam padi dapat menghasilkan konkrit ringan.



Rajah 4: Sekam Padi

3. Metodologi Kajian

Instrumen kajian yang digunakan untuk menjalankan kajian ulasan ini adalah secara kajian literatur dan bersistematik dan analisis kandungan kualitatif. Kajian kualitatif sering digunakan untuk mengkaji corak pemikiran dan pendapat serta menggali masalah berkaitan kajian itu dengan lebih mendalam. Turutan metodologi yang telah dijalankan untuk kajian ini adalah seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 5.



Rajah 5: Metodologi Kajian

Pengkalan data utama *Science Direct* dan *Scopus* merupakan sumber rujukan dalam pencarian artikel berkenaan skop kajian ini. Dengan menggunakan carian kata kunci seperti "*IBS Material*", "*IBS Component*", "*Lightweight concrete*", "*Precast concrete*", "*IBS advantages*", "*IBS disadvantages*", "*Styrofoam*", "*Fly ash*", "*Sawdust*", "*Fibreglass*", "*Rice husk*", dengan itu data yang diperlukan lebih mudah dicari kerana sistem telah menapis kata kunci yang telah dimasukkan untuk dikaitkan dengan artikel yang berkaitan. Selain itu, pengumpulan data secara kualitatif ini adalah secara berulang mengikut kategori pencarian kerana penemuan data yang berterusan menerangkan bagaimana data-data itu diperoleh semasa fasa penyelidikan menganalisis dan membentuk teori awal pada sesuatu kajian. Setelah artikel disaring berdasarkan skop dan melalui pembacaan abstrak, ianya dikategorikan mengikut jenis-jenis bahan. Seterusnya, proses analisis diteruskan dengan mengekstrak kandungan artikel berkenaan sifat-sifat setiap jenis bahan tersebut. Maklumat kesesuaian penggunaannya untuk jenis-jenis komponen seperti komponen rasuk, papak dan dinding juga telah dikenalpasti. Dengan analisis data yang teliti dan sistematik dari kajian-kajian lepas, keberkesanan objektif yang ditetapkan untuk kajian ini telah dicapai.

4. Kaedah Kajian

Instrumen kajian yang digunakan untuk menjalankan kajian ulasan ini adalah secara kajian literatur dan analisis kandungan kualitatif. Penyelidikan secara kualitatif adalah penyelidikan berdasarkan pencarian fakta. Kaedah ini digunakan untuk mendapatkan pemahaman tentang motif, kepercayaan, dan motivasi yang penting. Kajian kualitatif sering digunakan untuk mengkaji corak pemikiran dan pendapat serta menggali masalah berkaitan kajian itu dengan lebih mendalam. Pengumpulan data kualitatif melalui penggunaan teknik tidak berstruktur atau separa struktur akan menghasilkan keputusan yang berbeza [8].

Akan tetapi, analisis kandungan kualitatif itu sendiri harus difahami sebagai data teknik dalam proses penyelidikan berpandukan peraturan proses penyelidikan ini [9]. Hal ini kerana kaedah kualitatif dilihat berkesan mencapai objektif yang telah ditetapkan seperti mengenalpasti dan juga membuat analisis berkenaan kandungan kajian literatur yang bersesuaian dengan tajuk ulasan ini. Selain itu, Kajian kualitatif adalah kaedah yang digunakan dalam mengumpul, menilai dan mentafsirkan data dan kandungan yang ada dalam kajian-kajian lepas yang berkait dengan tajuk ulasan ini.

5. Keputusan Kajian

Berdasarkan kaedah analisis data, sebanyak 506 artikel yang telah dikenalpasti daripada pengkalan data platform *Science Direct* dan *Scopus* yang tersedia dalam teks penuh untuk dimuat turun bagi pemilihan yang selanjutnya secara manual di Mendaley. Selain itu, setiap artikel yang tersedia diteliti dan dibaca untuk proses pemilihan berdasarkan bahan-bahan yang telah dipilih.

Seterusnya, hasil keputusan mendapati beberapa artikel sahaja yang dapat dipilih berdasarkan bahan yang berkaitan dengan ulasan projek ini. Jumlah artikel sebanyak 25 berdasarkan 2 platform telah dipilih untuk proses penelitian data dan kajian sifat berkaitan dengan bahan-bahan yang ditetapkan. Sebanyak 481 artikel dikecualikan dengan alasan tidak mempunyai kandungan yang berkaitan dengan skop kajian.

4.1 *Styrofoam* sebagai bahan dalam komponen pasang siap ringan

Melalui kajian sifat yang dilakukan berkaitan dengan *Styrofoam* berdasarkan setiap artikel yang berkaitan, setiap pengarang memberikan pelbagai sifat-sifat yang berbeza mengenai bahan yang dikaji. [10] berkata berdasarkan kajian yang dilakukan *Styrofoam* dilihat dapat menghasilkan tindakan komposit yang lebih tinggi kerana permukaannya yang lebih kasar dan [11] juga berpendapat bahawa komposit simen dengan gentian polietilena mempunyai tindakan yang lebih baik berdasarkan rintangan hentaman yang lebih baik daripada campuran konkrit biasa. Selain itu, [14,15] berpendapat bahawa dengan menggunakan *Styrofoam* ianya akan dapat menjadi komponen yang ringan dan kos efektif. Malah, dengan menggunakan bahan ini ianya dapat mengurangkan penggunaan bahan api dan mencapai kos pengangkutan bahan yang lebih rendah [14] dan pengarang juga menggalakkan pelabur untuk memilih dan menggunakan konkrit ringan pratuang secara meluas walaupun harganya lebih tinggi. Walaubagaimapun [11] mencadangkan penambahbaikan pembuatan baru untuk menghasilkan komposit bersimen dengan gentian polietilena menggunakan nisbah lompang yang rendah dan akan disiasat untuk masa hadapan. Malah kekurangan pada *Styrofoam* juga wujud di mana ianya mempunyai kapasiti ricih yang lebih rendah [10].

Dengan menggunakan *Styrofoam* juga ianya menambahkan jisim kepada bangunan dan juga dapat mengubah kekakuannya [15]. [17,13] mengatakan bahawa berdasarkan bahan yang digunakan di dalam kajian keputusan menunjukkan bahawa ianya dapat menambah haba secara praktikal dan menunjukkan prestasi haba serta ketahanan yang baik. Akan tetapi, [13] mengatakan bahawa dengan menggunakan bahan *Styrofoam* ianya hanya mengendalikan beberapa fungsi atau sifat seperti kekuatan yang tinggi dan tidak mendalam dari segi prestasi atau tahap kebolehhidmatan. Berbeza pula dengan [16] yang berpendapat bahawa bahan ini dapat membantu untuk meningkatkan keboleherjaan dan juga mengurangkan penyerapan lembapan. Berdasarkan

artikel yang dikarang oleh [16] polietilena juga mampu menambah kekuatan mampatan dan rintangan lelasan malah dapat mengisi lompong dalam agregat menyebabkan agregat menjadi lebih tumpat dan kurang serap air. Seterusnya, berdasarkan data analisis artikel yang dikarang oleh [17], pengarang mengatakan bahawa dengan penambahan gentian karbon polimer kitar semula boleh meningkatkan kekuatan lenturan konkrit dan kekuatan lenturan dengan penambahan serat gentian karbon polimer sebanyak 1.5% meningkat sebanyak 32.7%.

Styrofoam mempunyai sifat tegangan yang sangat baik, tingkah laku pengerasan terikan yang baik dan penyerapan tenaga yang baik berbanding campuran konkrit biasa [11]. Seterusnya, berdasarkan artikel yang dikarang oleh [14] pengarang mengatakan masa pemasangan di tapak dapat dipercepatkan kerana cara pemasangan yang cepat. Pelepasan gas karbon dioksida dapat dikurangkan dalam proses pembuatan elemen pasang siap di samping mengurangkan pencemaran alam sekitar [18].

4.2 Gentian kaca sebagai bahan dalam komponen pasang siap ringan.

Melalui kajian sifat artikel yang dilakukan berkaitan dengan gentian kaca berdasarkan setiap artikel yang berkaitan, setiap pengarang memberikan pelbagai sifat-sifat yang berbeza mengenai bahan yang dikaji. Berdasarkan artikel yang telah dianalisis [19] menyatakan bahawa dengan penggunaan gentian kaca kekuatan dan kekuatan panel dapat ditingkatkan. Sama juga apa yang telah dinyatakan dalam artikel yang dikarang oleh [20] yang menunjukkan nilai kekuatan lentur meningkat begitu juga dengan ketumpatan pada rasuk konkrit yang diuji. Malah dalam ujiannya untuk ketumpatan 800 kg/m³ penambahan gentian polimer dapat menghasilkan kekuatan lenturan sebanyak 31% secara purata. [20] juga menyatakan dalam ujikajinya bahawa nilai kekuatan yang lebih tinggi boleh diperolehi dengan ketumpatan yang agak rendah dan berat struktur yang lebih rendah secara keseluruhan. Seterusnya, pendapat pengarang dalam artikel L juga menyatakan perkara yang sama iaitu dengan penggunaan bahan dari gentian kaca ianya akan dapat meningkatkan lenturan gentian kaca bertetulang berdasarkan ujikaji yang dijalankan [21].

Selain itu, berdasarkan ujikaji yang dijalankan oleh [22] menyatakan bahawa dengan penggunaan gentian kaca kekuatan mampatan meningkat sehingga 30% dengan penggantian gentian kaca. Malah, [23] menyatakan perkara yang sama apabila dalam ujian yang dilakukan dalam artikelnya gabungan gentian kaca dapat meningkatkan sedikit kekuatan mampatan disebabkan oleh penambahan bahan tersebut. Seterusnya, berdasarkan kekonduksian haba, 3 pengarang memberikan pendapat yang sama apabila [22,26] mengatakan bahawa apabila menggunakan campuran gentian kaca prestasi kekonduksian atau penebat haba menjadi lebih baik. Begitu juga dengan pendapat pengarang yang mengatakan kekonduksian haba berkurangan dan tahan terhadap kakisan kerana sifat gentian kaca yang dapat memberi tindakbalas yang baik terhadap kekonduksian haba.

Akan tetapi terdapat beberapa kelemahan yang dinyatakan dalam artikel yang telah dianalisis. Berdasarkan artikel spesimen yang diawetkan dalam air dengan ketumpatan lebih tinggi menunjukkan kegagalan pramatang kerana pemisahan daripada substrat konkrit. Malah, Berdasarkan pendapat [24], pengarang mengatakan bahawa penambahan gentian sisa tidak memberi kesan positif kepada sifat mekanikal komposit dan pengaruh kehadiran gentian pada kekonduksian terma adalah minimum. Berdasarkan artikel yang dikaji oleh [25], pengarang juga mengatakan berdasarkan kajian yang dijalankan pada dinding pasang siap pengisi granit tidak sesuai untuk digunakan dengan konkrit gentian kaca kerana pemisahan simen dengan air yang teruk dan kebolehterapan yang sangat lemah. Akan tetapi, penyelesaian yang diambil adalah dengan penambahan aditif seperti pozzolanik halus harus dimasukkan apabila granit digunakan sebagai pengisi konkrit gentian kaca.

4.3 Abu terbang sebagai bahan dalam komponen pasang siap ringan

Melalui kajian sifat yang dilakukan berkaitan dengan abu terbang berdasarkan setiap artikel yang berkaitan, setiap pengarang memberikan pelbagai sifat-sifat yang berbeza mengenai bahan yang dikaji. Berdasarkan artikel, abu terbang adalah bahan yang berpotensi untuk membuat konkrit lebih ringan daripada konkrit agregat konvensional [26]. Pengarang artikel [27] mengatakan bahawa dengan campuran abu terbang beban konkrit dapat dikurangkan tanpa mengambil kira kekuatan untuk meningkatkan kecekapan struktur konkrit. Berdasarkan artikel, penggunaan agregat abu terbang pada nisbah air yang lebih rendah menghasilkan konkrit yang berkualiti. Seterusnya, berdasarkan artikel yang mengkaji penggunaan agregat abu terbang pada struktur konkrit pengarang [28] mengatakan abu terbang boleh menyebabkan pencemaran air dan tanah jika tidak dilupuskan dengan betul. Akan tetapi, kehalusan abu terbang dapat mempengaruhi sifat fizikal struktur konkrit yang dihasilkan.

Berdasarkan produk sangan relau dan abu terbang pada konkrit pratuhan dapat dijadikan sebagai penebat akustik dan juga haba malah membawa faedah ekonomi dan alam sekitar yang baik jika dibandingkan dengan fabrikasi tradisional [29]. Selain itu, Berdasarkan artikel yang mengkaji perkadaran bagi agregat abu terbang tersinter pengarang [30] berkata abu terbang menyebabkan kadar penyerapan air yang tinggi, kos tinggi, kekurangan standard spesifikasi dan kelompok yang kurang konsisten dari segi sifat mekanikal. Malah, pemadatan abu terbang tersinter berkurangan kerana campuran semakin keras dan menyebabkan pengisian lompong besar dengan agregat saiz kecil. [30] juga berkata kekuatan tegangan dan pecahan semakin meningkat tetapi kenaikan tidak berada dalam nisbah yang sama seperti kekuatan mampatan.

Abu terbang yang digunakan dapat mempamerkan prestasi mekanikal yang sangat baik dan kapasiti galas yang melebihi nilai yang direka malah dengan ujian yang konsisten prestasi lenturan sebenar membuktikan ketepatan analisis [30]. Selain itu, dengan menggunakan konkrit papak komposit yang dicampurkan dengan abu terbang pengarang juga mengatakan bahawa berat papak yang dikaji berlebihan dan ujian tidak sempurna untuk kualiti dan prestasi lantai pratuhan yang membawa kepada halangan dalam pembangunan bangunan pasang siap [30].

4.4 Sekam padi sebagai bahan komponen pasang siap ringan

Melalui kajian sifat yang dilakukan berkaitan dengan sekam padi berdasarkan setiap artikel yang berkaitan, setiap pengarang memberikan pelbagai sifat-sifat yang berbeza mengenai bahan yang dikaji. Berdasarkan artikel-artikel yang telah dianalisis kebanyakan pengarang memberikan pendapat yang sama berkaitan dengan kekuatan mampatan sekam padi. [31] menjelaskan bahawa artikel yang ditulis sekam padi mempunyai kekuatan mampatan yang tinggi dan kekuatan lenturan yang baik. Begitu juga dengan [32] yang mengatakan dalam artikelnya peningkatan dalam kekuatan mampatan dengan penggantian daripada pasir dengan abu sekam padi yang menunjukkan prestasi yang lebih baik dari segi kekuatan mampatan. Penggantian optimum tahap abu sekam padi didapati 40% memberikan mampatan kekuatan hampir 48.34% lebih dari konkrit kawalan [33]. Berdasarkan artikel juga menunjukkan keputusan ujikaji menunjukkan kekuatan mampatan pada 7 hari meningkat 3.70%, 6.00% dan 12% untuk 50%, 10% dan 15% gantian abu sekam padi dengan konkrit [34]. Begitu juga dengan [35] yang mengatakan kekuatan mampatan meningkat dengan penggunaan abu sekam padi. Sekam padi jugak mempunyai kereaktifan yang tinggi dan luas [36].

Selain itu, berdasarkan kajian yang dibuat untuk menggantikan sekam padi dengan simen [34] mengatakan keliangan dan penyerapan air dapat dikurangkan dengan kemasukan abu sekam padi malah peningkatan kos juga sesuai dengan kemasukan abu sekam padi, habuk sisa marmar dan gentian keluli menggantikan simen. [37] berpendapat bahawa abu sekam padi perlu diperkenalkan kerana proses pembakaran dan pengisaran adalah sumber utama pencemaran. Malah gabungan bahan sekam padi dapat juga meningkatkan sifat-sifat simen dengan 30% penggantian yang memberikan nilai kekuatan yang baik [35].

Akan tetapi terdapat beberapa kelemahan yang dapat dianalisis dalam artikel sekam padi mempunyai nilai komersial yang rendah dan masalah dari segi pengendalian dan pengangkutan kerana ketumpatannya yang rendah [31]. Malah terdapat dua pandangan yang berbeza berkenaan dengan pengendalian sekam padi, [31] mengatakan bahawa sekam padi yang dibakar di tempat yang terbuka menyebabkan masalah alam sekitar dan kesihatan di sekitar kawasan perumahan. Berbeza dengan [34] yang mengatakan penggunaan sekam padi dapat meminimumkan pencemaran alam sekitar yang menghasilkan alam sekitar yang bersih dan mampan. Akan tetapi, ketersediaan pasir dan pelupusan abu sekam padi pada masa hadapan menjadi sukar di samping peningkatan kos dan perlombongan pasir berhampiran tebing sungai yang tidak stabil [34]. Berdasarkan artikel yang ditulis oleh [37], pengarang berpendapat bahan yang dihasilkan menggunakan sekam padi perlu memenuhi keperluan, ketahanan, penebat haba dan akustik, dan kos rendah walaupun tidak memenuhi standard kualiti tinggi dalam rintangan tetapi mungkin untuk spesifikasi bangunan yang lebih kecil. Malah penambahbaikan yang relevan perlu dilakukan apabila sekam padi digabungkan dan menunjukkan prestasi yang baik berbanding apabila digunakan secara individu [35].

Berdasarkan analisis data terhadap sifat kajian setiap bahan yang boleh diguna dalam komponen pasang siap ringan kajian mendapati kesemua bahan-bahan yang dicadangkan adalah sesuai digunakan. Hal ini kerana melalui analisis data juga dapat dilihat kajian sifat terhadap penggunaan bahan-bahan adalah lebih sesuai kerana bahan-bahan yang dianalisis menunjukkan sifat yang sesuai dengan penggunaan komponen pasang siap ringan untuk pembinaan.

6. Kesimpulan

Hasil daripada analisis data dapat dilihat kajian sifat terhadap penggunaan bahan-bahan adalah lebih sesuai kerana bahan-bahan yang dianalisis menunjukkan sifat dari segi kekuatan, ketumpatan, lenturan, penebat haba, mampatan malah banyak menunjukkan kesan yang positif. Walaubagaimanapun, kajian ini di hadkan hanya untuk bahan yang paling banyak dijalankan ujian dalam setiap artikel. Berdasarkan kajian ulasan ini terdapat beberapa limitasi yang telah dihadapi iaitu tidak semua artikel dapat diakses kerana ada sebahagian artikel adalah artikel berbayar. Selain itu, kajian ini juga dijalankan dengan hanya menggunakan kata kunci tertentu sahaja dan bukan secara meluas.

Penghargaan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada penyelia projek dan pihak pensyarah Universiti Tun Hussein Onn Malaysia kerana memberikan sokongan yang diperlukan sepanjang menyiapkan kajian ulasan ini.

Rujukan

- [1] M. . Mohd Nawawi, F. A. Abdul Nifa, S. Abdullah, and F. M. Yasin, "A Preliminary Survey of the Application of IBS in Malaysian Construction Industry: Barriers to implement in Kedah and Perli," *Proceeding Conf. ITB*, no. November, pp. 5–7, 2007.
- [2] M. Hilton Ahmad, L. Yee Loon, N. Mohd Noor, and S. Hani Adnan, "Strength Development of Lightweight Styrofoam Concrete," 2008.
- [3] Minnick LJ, "Lightweight Concrete Aggregate From Sintered Fly Ash," *Highw Rec s Rec*, no. 30, pp. 21–32, 1970.
- [4] M. V. S. Reddy, M. C. Nataraja, and K. Sindhu, "Performance of Light Weight Concrete using Fly Ash Pellets as Coarse Aggregate Replacement," *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 95–104, 2016.

- [5] E. K. Jallo and M. M. Abdullah, "Abdulla: Mechanical Properties of Glass Fiber Reinforced Concrete Mechanical Properties of Glass Fiber Reinforced Concrete Introduction," vol. 17, no. 600, pp. 2–9, 2012.
- [6] I. I. Akinwumi, P. O. Awoyera, O. M. Olofinnade, A. A. Busari, and M. Okotie, "Rice Husk as A Concrete Constituent: Workability, Water Absorption And Strength of The Concrete," vol. 17, no. 7, pp. 887–898, 2016.
- [7] C. B. Sisman, E. Gezer, and H. C. Kurc, "Effects of Rice Husk on the Lightweight Concrete Properties Produced by Natural Zeolite for Agricultural Buildings," *Asian J. Appl. Sci.*, vol. 02, no. 02, pp. 158–166, 2014.
- [8] E. Fossey, C. Harvey, F. Mcdermott, and L. Davidson, "Understanding and Evaluating Qualitative Research," 2002.
- [9] M. Schreier, "Qualitative Content Analysis," *SAGE Handb. Qual. Data Anal.*, pp. 170–183, 2014, doi: 10.4135/9781446282243.n12.
- [10] B. Egbon and D. Tomlinson, "Experimental investigation of longitudinal shear transfer in insulated concrete wall panels with notched insulation," *J. Build. Eng.*, vol. 43, no. May, p. 103173, 2021, doi: 10.1016/j.jobe.2021.103173.
- [11] S. Zhou, L. Xie, Y. Jia, and C. Wang, "Review review of cementitious composites containing polyethylene fibers as repairing materials," *Polymers (Basel)*, vol. 12, no. 11, pp. 1–22, 2020, doi: 10.3390/polym12112624.
- [12] Arthur Ki-Kit Leung, "Structural Design and Analysis of Concrete Sandwich Panels and Their Practical Applications," 2008.
- [13] Y. H. Mugahed Amran, R. Alyousef, R. S. M. Rashid, H. Alabduljabbar, and C. C. Hung, "Properties and applications of FRP in strengthening RC structures: A review," *Structures*, vol. 16, no. July, pp. 208–238, 2018, doi: 10.1016/j.istruc.2018.09.008.
- [14] M. Kurpinska, B. Grzyl, and A. Kristowski, "Cost analysis of prefabricated elements of the ordinary and lightweight concrete walls in residential construction," *Materials (Basel)*, vol. 12, no. 21, 2019, doi: 10.3390/ma12213629.
- [15] K. Kuzniar and M. Zajac, "Numerical evaluation of natural vibration frequencies of thermo-modernized apartment buildings subjected to mining tremors," *Procedia Eng.*, vol. 199, pp. 296–301, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.09.039.
- [16] P. Sukontasukkul *et al.*, "Thermal storage properties of lightweight concrete incorporating phase change materials with different fusion points in hybrid form for high temperature applications," *Heliyon*, vol. 6, no. 9, p. e04863, 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04863.
- [17] C. Xiong, T. Lan, Q. Li, H. Li, and W. Long, "Study of mechanical properties of an eco-friendly concrete containing recycled carbon fiber reinforced polymer and recycled aggregate," *Materials (Basel)*, vol. 13, no. 20, pp. 1–16, 2020, doi: 10.3390/ma13204592.
- [18] B. Grzyl, E. Miszewska-Urbańska, and M. Apollo, "The life cycle cost of a building from the point of view of environmental criteria of selecting the most beneficial offer in the area of competitive tendering," *E3S Web Conf.*, vol. 17, pp. 1–8, 2017, doi: 10.1051/e3sconf/20171700028.
- [19] S. Yu, Y. Liu, D. Wang, A. B. S. Bahaj, Y. Wu, and J. Liu, "Review of thermal and environmental performance of prefabricated buildings: Implications to emission reductions in China," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 137, no. 13, p. 110472, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2020.110472.
- [20] D. Falliano, D. De Domenico, G. Ricciardi, and E. Gugliandolo, "Improving the flexural

- capacity of extrudable foamed concrete with glass-fiber bi-directional grid reinforcement: An experimental study,” *Compos. Struct.*, vol. 209, no. July 2018, pp. 45–59, 2019, doi: 10.1016/j.compstruct.2018.10.092.
- [21] D. Chen, J. Deng, B. Cheng, Q. Wang, and B. Zhao, “New Anticracking Glass-Fiber-Reinforced Cement Material and Integrated Composite Technology with Lightweight Concrete Panels,” *Adv. Civ. Eng.*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/7447066.
- [22] D. C. Kumar Jagarapu and A. Eluru, “Experimental Studies on Portal Frames made with Palm oil Shell Light Weight Fiber Reinforced Concrete,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1979, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1979/1/012002.
- [23] M. Ghanbari, O. Kohnehpooshi, and M. Tohidi, “Experimental study of the combined use of fiber and nano silica particles on the properties of lightweight self compacting concrete,” *Int. J. Eng. Trans. B Appl.*, vol. 33, no. 8, pp. 1499–1511, 2020, doi: 10.5829/ije.2020.33.08b.08.
- [24] J. Zach, M. Sedlmajer, J. Bubenik, and M. Drdlova, “Development of lightweight composites based on foam glass aggregate,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 583, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/583/1/012016.
- [25] R. Moceikis, A. Kičaitė, and E. Keturakis, “Workability of glass reinforced concrete (GRC) with granite and silica sand aggregates,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 251, no. 1, 2017, doi: 10.1088/1757-899X/251/1/012028.
- [26] M. N. Haque, H. Al-Khaiat, and O. Kayali, “Strength and durability of lightweight concrete,” *Cem. Concr. Compos.*, vol. 26, no. 4, pp. 307–314, May 2004, doi: 10.1016/S0958-9465(02)00141-5.
- [27] M. S. Nadesan and P. Dinakar, “Influence of type of binder on high-performance sintered fly ash lightweight aggregate concrete,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 176, pp. 665–675, 2018, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.05.057.
- [28] M. S. Nadesan and P. Dinakar, “Mix design and properties of fly ash waste lightweight aggregates in structural lightweight concrete,” *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 7, no. September, pp. 336–347, 2017, doi: 10.1016/j.cscm.2017.09.005.
- [29] A. Fernández-Jimenez, I. García-Lodeiro, and A. Palomo, “Development of new cementitious materials by alkaline activating industrial by-products,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 96, no. 1, 2015, doi: 10.1088/1757-899X/96/1/012005.
- [30] P. Dhemia, B. L. Swami, and P. Somani, “Experimental Investigation of Light Weight Concrete Using Sintered Fly Ash Aggregates,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 795, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/795/1/012032.
- [31] E. Mohseni, M. J. Kazemi, M. Koushkbaghi, B. Zehtab, and B. Behforouz, “Evaluation of mechanical and durability properties of fiber-reinforced lightweight geopolymer composites based on rice husk ash and nano-alumina,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 209, pp. 532–540, 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.03.067.
- [32] S. N. Chinnu, S. N. Minnu, A. Bahurudeen, and R. Senthilkumar, “Reuse of industrial and agricultural by-products as pozzolan and aggregates in lightweight concrete,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 302, no. February, p. 124172, 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.124172.
- [33] R. H. M. Rum, Z. M. Jaini, K. H. Boon, S. A. A. Khairaddin, and N. A. Rahman, “Foamed concrete containing rice husk ash as sand replacement: An experimental study on compressive strength,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 271, no. 1, 2017, doi: 10.1088/1757-899X/271/1/012012.
- [34] S. Varadharajan, A. Jaiswal, and S. Verma, “Assessment of mechanical properties and environmental benefits of using rice husk ash and marble dust in concrete,” *Structures*, vol. 28,

- no. July, pp. 389–406, 2020, doi: 10.1016/j.istruc.2020.09.005.
- [35] F. Baeza-Brotons, J. Payá, O. Galao, M. G. Alberti, and P. Garcés, “Concrete for precast blocks: Binary and ternary combination of sewage sludge ash with diverse mineral residue,” *Materials (Basel)*, vol. 13, no. 20, pp. 1–19, 2020, doi: 10.3390/ma13204634.
- [36] P. Sturm, G. J. G. Gluth, H. J. H. Brouwers, and H. C. Kühne, “Synthesizing one-part geopolymers from rice husk ash,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 124, pp. 961–966, 2016, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.08.017.
- [37] A. M. Portillo-Rodríguez, “Characterization of materials formed by rice husk for construction,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 466, no. 1, pp. 8–12, 2013, doi: 10.1088/1742-6596/466/1/012038.