

Kajian Penggunaan Buluh sebagai Bahan Tambah dalam Campuran Tanah Liat Pembuatan Atap Genting dalam Industri Pembinaan

A Study on the Use of Bamboo as an Additive in Clay Mixtures for Roofing in the Construction Industry

Muhammad Ikram Hamka Mustafa¹, Sharifah Meryam Shareh Musa^{1,2*},
Narimah Kasim^{1,2} dan Mohd Hilmi Izwan Abd Rahim^{1,2}

¹ *Jabatan Pengurusan Pembinaan, Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Parit Raja, Johor, 86400 MALAYSIA*

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

*Pengarang Utama: meryam@uthm.edu.my

DOI: <https://doi.org/10.30880/rmtb.2024.05.02.049>

Maklumat Artikel

Diserah: 30 September 2024

Diterima: 1 November 2024

Diterbitkan: 1 Disember 2024

Kata Kunci

Atap, Atap genting, Tanah liat, Buluh

Abstrak

Atap adalah komponen penting bagi sesebuah bangunan, dan ia telah digunakan selama berabad-abad untuk menutupi bahagian atas bangunan. Permintaan terhadap penggunaan atap ini sangat tinggi kerana ia adalah sebuah keperluan dalam aktiviti pembinaan. Walau bagaimanapun, atap genting tanah liat boleh menjadi rapuh dan tidak tahan lama. Hal ini kerana, atap genting tanah liat boleh menjadi rapuh dan terdedah kepada kerosakan semasa pemasangan, dan juga disebabkan oleh keadaan cuaca yang ekstrem. Oleh itu, kajian ini adalah bertujuan untuk mengkaji penggunaan buluh sebagai bahan tambah dalam campuran tanah liat pembuatan atap genting, menguji kekuatan dan ketahanan atap genting tanah liat dan mengenal pasti komposisi campuran buluh dengan atap genting tanah liat yang paling optimum dari segi resapan air. Atap genting tanah liat yang dihasilkan ini dicampurkan dengan hirisan buluh ke dalam tanah liat sebelum proses pembuatan atap genting. Seterusnya, ujikaji dijalankan ke atas sampel tersebut bagi mengetahui keberkesanan buluh tersebut iaitu melalui Ujian Kekuatan Melintang. Ujian ini dilakukan untuk menguji kekuatan dan ketahanan atap genting tanah liat yang dihasilkan. Hasil kajian didapati sampel campuran buluh nisbah 7% adalah sampel yang paling kuat dengan nilai 71.05Mpa. Seterusnya, menentukan kadar serapan air bagi sampel campuran dan sampel kawalan dengan dilakukan dengan merendamkan bahan tersebut selama 24 jam didalam air dan kemudiannya kedua-dua sampel tersebut ditimbang beratnya bagi melihat perbezaan sebelum dan selepas kadar resapan air dilakukan. Hasil kajian didapati sampel nisbah 3% adalah sampel yang paling rendah dari segi resapan air dengan nilai 5g. Oleh itu, penggunaan

buluh boleh dijadikan bahan campuran dalam menghasilkan atap genting tanah liat.

Keywords

Roof, Thatched roof, Clay, Bamboo

Abstract

A roof is an important component of a building, and it has been used for 2 centuries to cover the top of a building. The demand for the use of this roof is very high because it is a necessity. However, clay thatched roofs can be brittle and not durable. Clay thatched roofs can be fragile and prone to damage during installation, transportation, and severe weather conditions. Therefore, this study aims to study the use of bamboo as an additive in the clay mixture for the manufacture of thatched roofs, test the strength and durability of clay thatched roofs, and identify the composition of the mix of bamboo with clay thatched roofs is the most optimal in terms of water infiltration. The clay thatched roof is mixed with bamboo slices into the clay before making the thatched roof. Next, a test was carried out on the sample to find the traceability of the bamboo through the Transverse Strength Test. This test tests the strength and durability of the produced clay roof. A comparison is made between the sample of the new mixed material and the sample without the mixture by observing the data resulting from the reading values of the two tests. The study results are expected to show that the bamboo mixture is better than the clay thatched roof in terms of strength. Next, the water absorption rate for the mixed sample and the control sample is determined by soaking the material for 24 hours in water. Then, the two samples are weighed to see the difference before and after the water absorption rate is done.

1. Pengenalan

Atap ialah elemen struktur yang terletak di bahagian atas bangunan. Pada masa yang sama, fungsi utama atap adalah untuk melindungi penghuni bangunan daripada kesan cuaca dan iklim yang disebabkan oleh cahaya, hujan, salji, angin, dan lain-lain. Tujuan perlindungan ini adalah untuk mengelakkan orang ramai daripada bahaya atau kemudaratan. Atap mestilah dibina dengan mengambil kira iklim serantau untuk mendapatkan bangunan yang selesa diduduki (Tum, 2017)

1.1 Latarbelakang Kajian

Buluh adalah tumbuhan yang kuat dan paling cepat tumbuh dengan batang berongga berbanding dengan jenis tumbuhan dan kayu lain kerana ia boleh membesar sehingga 60 cm atau lebih dalam sehari. Buluh kini digunakan secara meluas untuk bahan binaan kerana ia mempunyai kebaikan kekuatan lentur, ketahanan dan kepantasan pertumbuhan menyumbang kepada pembuatan buluh bahan binaan yang sangat popular dan mampan. Buluh mempunyai pelbagai kelebihan seperti bahan tegangan tinggi, lasak, ringan dan murah berbanding bangunan lain bahan seperti keluli. Oleh itu, ia digunakan secara meluas dalam pembinaan bangunan (Dinesh, *et al.*, 2014). Dalam beberapa tahun kebelakangan ini, penggunaan buluh untuk melengkapkan bahan geogrid telah dipelajari secara meluas. Penemuan itu telah membuktikan potensi geogrid buluh dari segi rintangan mekanikalnya iaitu kekuatan tegangan yang tinggi dan sifat fizikal iaitu bukaan atau bukaan dalam bantuan geogrid buluh saling mengunci agregat atau tanah di atasnya.

1.2 Permasalahan Kajian

Kekuatan atap tanah liat tidak tahan begitu lama. Hal ini kerana, atap tanah liat boleh menjadi rapuh dan terdedah kepada kerosakan semasa pemasangan, pengangkutan dan keadaan cuaca yang teruk. Kerentanannya terhadap impak, angin kencang dan hujan lebat membawa kepada peningkatan kos penyelenggaraan dan penggantian. Selain itu, atap tanah liat tradisional menawarkan pilihan yang 3 terhad, dan menyekat kreativiti seni bina dan juga menghadkan penggunaannya dalam projek pembinaan moden menyebabkan permintaan terhadap penggunaan atap genting tanah liat tidak tinggi (Ranogajec & Radeka, 2013). Walau bagaimanapun, atap genting tanah liat tidak mempunyai ketahanan yang tinggi. Ketika atap genting ini terjatuh dari ketinggian sekitar 100 cm, maka kemungkinan besar atap genting tersebut pecah dan hancur. Selain itu juga, apabila atap genting tanah liat yang sudah dipasang, kemudian tertimpa sesuatu benda yang berat boleh mengakibatkan atap genting tersebut pecah sehingga menyebabkan atap bocor. Oleh itu ia memerlukan usaha dan pengalaman yang banyak untuk memperbaikinya kerana atap genting ini tidak boleh dipijak kerana risiko untuk pecah terlalu tinggi (Abidin,

2020). Buluh mempunyai struktur yang sangat teguh yang menjadikannya bahan binaan yang hebat. Buluh mempunyai kekuatan tegangan yang setanding dengan keluli dan kekuatan mampatan yang dua kali lebih besar daripada konkrit. Tegasan ricih dalam gentian buluh lebih tinggi daripada kayu. Tidak seperti kayu, buluh mempunyai hamparan yang lebih luas. Selain itu, buluh juga boleh dilentur tanpa patah. Berbanding dengan keluli, buluh mempunyai kekuatan tegangan 23,000 N setiap inci persegi, buluh dianggap sebagai salah satu bahan binaan yang sangat kuat (Varma, 2012).

1.3 Persoalan Kajian

- (i) Apakah penggunaan buluh sebagai bahan tambah dalam penghasilan atap genting tanah liat?
- (ii) Apakah tahap kekuatan dan ketahanan atap genting tanah liat yang dihasilkan lebih kuat dan mampan?
- (iii) Apakah komposisi campuran buluh dengan atap genting tanah liat yang paling optimum dari segi resapan air?

1.4 Objektif Kajian

- (i) Mengkaji penggunaan buluh sebagai bahan tambah dalam penghasilan atap genting tanah liat.
- (ii) Menguji kekuatan dan ketahanan atap genting tanah liat yang dihasilkan dengan menggunakan campuran buluh.
- (iii) Mengenal pasti komposisi campuran buluh dengan atap genting tanah liat yang paling optimum dari segi resapan air.

1.5 Skop Kajian

Secara amnya, kajian yang dijalankan adalah untuk mengkaji penggunaan buluh sebagai bahan tambah dalam penghasilan atap genting tanah liat mengikut standard ISO 10545 (Bahagian 2, 4, 5, dan 7). Dalam pembuatan atap genting tanah liat, bahan yang digunakan adalah tanah merah dan juga air. Seterusnya, ia perlu dicampurkan dengan hirisan buluh ke dalam tanah liat sebelum proses pembuatan atap genting tanah liat bagi mengkaji penggunaan buluh sebagai bahan tambah dalam penghasilan atap genting tanah liat. Ujian yang dilakukan ialah ujian pemecahan kekuatan melintang bagi menguji kekuatan sampel. Ujian yang seterusnya ialah ujian resapan air bagi mengenalpasti sampel antara 3%, 7%, 10%, dan 20% yang paling terbaik dari segi resapan air.

1.6 Kepentingan Kajian

Kajian ini dapat memberikan kelebihan atau manfaat terhadap pengguna pada masa akan datang. Antaranya ialah:

1. Industri pembinaan Kontraktor atau pakar pembina atap memperoleh inisiatif baru dalam pembinaan atap genting tanah liat 4 yang lebih kukuh dan kuat. Pembinaan ini lebih memudahkan dan meyakinkan kerana campuran buluh terhadap atap genting tanah liat yang lebih tahan lama berbanding atap genting tanah liat biasa.
2. Pemilik rumah dan bangunan Atap genting tanah liat memberikan beberapa faedah kepada pemilik rumah dan bangunan. Hal ini kerana disebabkan oleh atap genting tanah liat mempunyai kelebihan dari segi ketahanan, kekuatan, dan rintangan cuaca untuk memberi perlindungan kepada pemilik rumah dan bangunan.
3. Pakar pemeliharaan dan pemuliharaan Pakar pemeliharaan dan pemuliharaan, termasuk arkitek mendapat pengetahuan baharu tentang campuran buluh juga dapat menguatkan atap genting tanah liat dari segi ketahanan dalam jangka masa yang panjang.

2. Kajian Literatur

Kajian menerangkan mengenai teori dan penemuan yang diperolehi daripada kajian yang telah dilakukan. Maklumat tentang jenis-jenis dari setiap barang seperti atap genting tanah liat, tanah liat dan buluh dijelaskan berdasarkan daripada sumber kajian terdahulu.

2.1 Atap

Atap ialah penutup paling atas bangunan atau dikenali sebagai struktur yang memberikan perlindungan daripada unsur cuaca, seperti salji, hujan, sinaran cahaya matahari, suhu dan angin yang boleh menyebabkan kurang selesa. Atap direka untuk menurunkan air dan menghalangnya daripada memasuki bangunan, ia juga membantu untuk mengekalkan integriti struktur dan melindungi kandungannya. Selain itu, atap datang dalam pelbagai jenis bentuk dan bahan, termasuk jubin, logam, jerami dan banyak lagi, bergantung pada gaya seni bina yang kreatif, iklim dan pertimbangan belanjawan. Reka bentuk dan pembinaan atap bergantung kepada faktor-faktor seperti iklim tempatan, bahan binaan yang ada, dan keperluan khusus struktur (Harrison *et al.*, 2000).

Apabila membina rumah, pengguna perlu mengetahui bahagian penting atap. Walau apa pun bentuknya, atap mesti mempunyai sekurang-kurangnya bahagian berikut agar bangunan secara keseluruhannya lebih kukuh dari

segi struktur (Achlisia, 2022):

- i. Kekuda berfungsi sebagai penyokong untuk kekuda atap. Sebagai peraturan, easel diperbuat daripada rasuk kayu.
- ii. *Gording* ialah bongkah kayu yang terletak di bahagian atas kuda-kuda. Fungsi *gord* adalah untuk menyokong komponen atap lain dan menyambungkannya ke kekuda.
- iii. Penutup atap yang mempunyai fungsi untuk menghalang air hujan dan sinaran matahari daripada memasuki ke dalam rumah.

2.1.1 Atap Tanah Liat

Atap tanah liat jenis ini paling kerap ditemui di Indonesia dan Malaysia sejak sekian lama. Pembuatan tanah liat untuk bahan atap perlu melalui proses pengacuan dan pembakaran dengan suhu tertentu.

Atap tanah liat sering digunakan sebagai penutup atap pada pelbagai jenis bangunan kerana ia mempunyai daya estetik yang tinggi dan menarik. Akan tetapi, lama kelamaan, atap tanah liat berubah warna dan berkulat (Chneberk, 2016).

2.1.2 Atap Seramik

Atap jenis ini terdiri daripada tanah liat yang dicampur dan ditutup dengan *glazer* di atasnya. Oleh kerana penggunaan *glazer*, atap seramik ini kelihatan lebih licin dan berkilat, dan terdapat pelbagai jenis warna. Bahan jenis ini tahan lama dan tidak perlu dicat berulang kali. Untuk memastikan air hujan boleh mengalir dan angin tidak mudah tempias, pemasangan atap ini memerlukan kecondongan sekurang-kurangnya 30 darjah (Azevedo, *et al.*, 2020).

2.1.3 Atap Metal Deck

Biasanya, atap *metal deck* berbentuk lembaran dan diperbuat daripada logam dan keluli. Tambahan pula, atap besi ini dibuat dengan cara yang sama seperti genting tanah liat atau beton. Rangka atap mempunyai beban yang lebih rendah kerana beratnya yang ringan. Material ini juga mempunyai teknologi yang mampu memantulkan semula panas, menyebabkan rumah menjadi lebih sejuk. Oleh kerana ia boleh dikitar semula, ia tidak mudah terbakar dan tidak mudah berkarat. Sistem atap jenis ini popular dalam pembinaan komersial dan industri kerana dari segi kekuatannya, kemudahan memasang dan kebolehannya yang serba guna. Walaubagaimanapun, jika dibandingkan dengan atap yang dibuat daripada bahan lain, atap *metal deck* ini agak mahal (Deck, *et al.*, 2010).

2.2 Tanah Liat

Tanah liat telah digunakan sejak ribuan tahun kerana ketahanan terhadap pelbagai bentuk cuaca dan hakisan. Sebab utama penggunaan atap tanah liat sebagai penutup bangunan adalah kerana jangka hayat yang panjang. Di bandar-bandar tertentu di seluruh dunia, atap tanah liat telah dipasang lebih dari 150 tahun yang lalu dan ia masih lagi diguna pakai sehingga sekarang walaupun tidak ada piawaian teknikal yang dikeluarkan untuk penghasilan atap tanah liat tersebut.

Menurut Wood dan Chris (2013), atap tanah liat dihasilkan daripada bahan seperti tanah merah, air dan sodium silicate. Beliau juga menyatakan lapisan kemas glaze disapu pada permukaan genting selepas proses pembakaran. Lapisan kemas ini terdiri daripada komponen-komponen asas yang terdiri daripada logam oksida untuk penghasilan warna dan permukaan yang licin.

Semasa proses pengeringan dijalankan pada suhu sekitar 110°C, sebahagian besar air yang diperlukan dalam proses pembentukan tersejat melalui proses ini. Dalam proses pembakaran pula, suhu relau dinaikkan kepada 1000°C - 1200°C. Oleh itu, tanah liat ini mengalami proses penghidratan dan kekuatan maksimum dapat dicapai (Hardy dan Steve, 1993).

Tanah liat memiliki sifat yang luar biasa dalam tindakbalas kimia, kekuatan mekanik dan kekerasan. Peningkatan kemajuan dalam teknik penyediaan atap tanah liat ini berkemungkinan dapat menaiktarafkan lagi produk yang sedia ada kepada pelbagai jenis produk baru.

Menurut Ullmans (2001), tanah liat boleh dibahagikan kepada dua bahagian:

- i. Tanah liat tulen (*residual*)

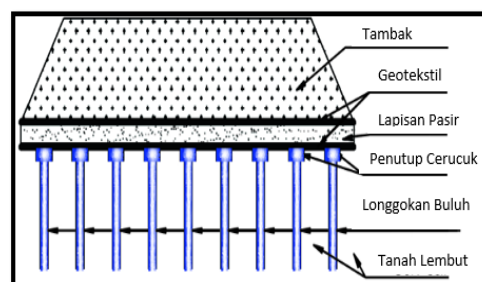
Tanah liat dari China atau kaolins yang ditemui berdekatan dengan tempat asal kejadiannya.

ii. Tanah liat endapan (*sedimentary*)

Tanah liat yang telah diangkut atau berpindah dari tempat asalnya dan berada jauh dari tempat asal kejadiannya.

2.3 Penggunaan Buluh Terdahulu Sebagai Bahan Binaan

Merujuk kepada kajian Ma'ruf (2017), buluh boleh dimanfaatkan dalam kerja tanah. Aplikasi seperti penstabilan tanah dan tetulang tanah. Salah satu aplikasi untuk kerja tanah menggunakan bahan buluh ialah cerucuk buluh. Kajian itu mengesyorkan memasang cerucuk buluh di belakang dinding cerucuk kepingan dan bukannya sokongan langsung bangunan. Tujuan utama pengesyoran ini adalah untuk mengurangkan tekanan bumi aktif. Kajian itu telah menyiasat bahawa tingkah laku buluh sebagai cerucuk untuk menyokong asas cetek dalam skala makmal. Cerucuk buluh dipasang di sekeliling tapak dan bukannya dipasang di bawah tapak kaki. Seterusnya, didapati bahawa kapasiti galas meningkat dengan panjang cerucuk dan panjang cerucuk. Walaupun begitu, jarak cerucuk semakin berkurangan dan galas kapasiti tertumpu apabila jarak cerucuk sama dengan lebar tapak. Kajian yang terbaru mendapati eksperimen yang ditunjukkan dalam Rajah 1 melaporkan bahawa kapasiti galas mempunyai prestasi yang lebih baik jika cerucuk buluh yang dipasang lebih dekat ke arah tapak.



Rajah 1 Pelan cerucuk buluh sebagai tetulang di tapak (Ma'ruf, 2017)

Seterusnya, penggunaan buluh sebagai bahan aplikasi kerja tanah ialah buluh geogrid dan tilam. Penggunaan geogrid buluh dan cerucuk buluh telah digunakan pada tetulang tanah lembut. Rajah 2.3 menerangkan 4 lapisan buluh geogrid dilanjutkan ke atas lapisan dalam tanah lembut yang menyokong 6.2 m tambak. Corak grid dengan ruang 1m x 1m dan dianggap sebagai asas tambak untuk meningkatkan kekakuan sublapisan tanah. Faktor keselamatan 1.9 m untuk cerun tambak kestabilan disediakan oleh analisis berangka. Berdasarkan kajian, analisis telah meramalkan teraruh serupa untuk penyelesaian penyatuan. Analisis sepadan dengan pemantauan berterusan semasa di lapangan. Tetulang geogrid buluh telah berjaya dalam meningkatkan kapasiti galas tanah. (Ma'ruf, 2017).

2.3.1 Ciri-Ciri Kekuatan Buluh

Buluh mempunyai kekuatan tegangan yang tinggi, yang bermaksud ia boleh menahan daya tarikan atau regangan. Malah, buluh mempunyai kekuatan tegangan yang lebih tinggi daripada banyak jenis keluli. Dianggarkan bahawa buluh boleh mempunyai kekuatan tegangan 28,000 paun setiap inci persegi (psi) atau lebih, bergantung kepada spesies dan umur buluh tersebut (Karthik, *et al.*, 2017).

Buluh juga mempunyai kekuatan mampatan yang sangat baik, membolehkan ia menahan beban berat atau daya menolaknya. Kekuatan mampatan buluh berbeza-beza berdasarkan faktor seperti spesies, umur, dan arah beban. Secara purata, buluh boleh mempunyai kekuatan mampatan antara 5,000 hingga 12,000 psi (Karthik, *et al.*, 2017).

Buluh mempamerkan kekuatan ricih sederhana, yang merujuk kepada ketahanannya terhadap daya yang menyebabkan lapisan bahan yang berbeza menggelongsor antara satu sama lain. Teknik sambungan yang betul, seperti sebatan atau menggunakan penyambung, boleh meningkatkan kekuatan ricih struktur buluh.

2.3.1 Ketahanan Buluh Terhadap Perosak, Pereputan, dan Api

Menurut Perminder Jit Kaur, *et al.*, (2016). Buluh mempunyai sifat semula jadi yang menjadikannya tahan secara semula jadi terhadap perosak, pereputan dan kebakaran tertentu. Walau bagaimanapun, rintangannya boleh berbeza-beza bergantung pada faktor seperti spesies, umur, dan keadaan persekitaran. Berikut ialah pecahan rintangan buluh terhadap faktor-faktor ini:

- i. Perosak: Buluh mempunyai pertahanan semula jadi terhadap perosak kerana kandungan silikanya yang tinggi. Silika bertindak sebagai penghalang kepada banyak serangga dan perosak dengan menjadikan buluh lebih sukar

untuk dikunyah dan dihadam. Walaupun buluh umumnya kurang terdedah kepada serangan serangga berbanding dengan bahan kayu lain, ia tidak sepenuhnya kebal. Spesis buluh tertentu mungkin lebih tahan terhadap perosak tertentu berbanding yang lain. Kaedah rawatan dan pemeliharaan yang betul, boleh meningkatkan lagi daya tahan buluh terhadap perosak.

ii. Pereputan: Buluh mempunyai ketahanan semula jadi terhadap pereputan kerana kehadiran bahan kimia semula jadi, termasuk fenol dan asid organik, yang menghalang pertumbuhan kulat. Walau bagaimanapun, buluh tidak terlepas daripada reput, terutamanya apabila terdedah kepada kelembapan yang berpanjangan. Rawatan dan penyelenggaraan yang betul, seperti mengeringkan buluh dengan betul dan melindunginya daripada sentuhan tanah secara langsung, boleh meningkatkan ketahanannya terhadap pereputan dengan ketara.

iii. Ketahanan Api: Buluh dianggap mempunyai sifat tahan api yang baik berbanding dengan banyak bahan binaan lain, seperti kayu. Kandungan silika yang tinggi dalam buluh menyumbang kepada ketahanan apinya. Silika bertindak sebagai penghalang, meningkatkan suhu penyalaan dan memperlambatkan penyebaran api. Walau bagaimanapun, buluh tidak tahan api sepenuhnya dan masih boleh terbakar di bawah pendedahan yang sengit dan berpanjangan kepada api. Rawatan kalis api tambahan boleh digunakan untuk meningkatkan ketahanan apinya.

2.4 Ujian Resapan Air

Penyerapan air digunakan untuk menentukan jumlah air yang diserap dalam keadaan tertentu. Faktor-faktor yang mempengaruhi penyerapan air termasuk jenis plastik, bahan tambahan yang digunakan, suhu dan panjang pendedahan. Data memberi penerangan tentang prestasi bahan dalam air atau persekitaran lembap (Quattrone *et al.*, 2016).

2.4.1 Kesan Resapan Air Terhadap Buluh

Gentian buluh telah menarik minat yang besar dan dipercayai mempunyai potensi sebagai gentian semula jadi untuk mengukuhkan komposit polimer. Penyelidikan ini bertujuan untuk mengkaji tingkah laku penyerapan air dan kesannya terhadap kekuatan tegangan komposit yang diperbuat daripada gentian buluh petung, yang merupakan salah satu spesies buluh yang paling banyak ditanam di Indonesia. Komposit unidirectional (UD) dan rawak dihasilkan menggunakan kaedah letak tangan basah. Peperiksaan telah dijalankan dengan cara ujian rendaman air mendidih, ujian tegangan, mikroskop elektron pengimbasan dan spektroskopi inframerah transformasi Fourier. Penyerapan air komposit gentian buluh/poliester UD petung adalah lebih tinggi daripada komposit rawak, iaitu 3.6% berbanding 2.2%. Ini disebabkan oleh pecahan isipadu gentian yang lebih tinggi bagi komposit UD. Penyerapan air menyebabkan kemerosotan kekuatan tegangan yang tidak dapat dipulihkan pada komposit. Sifat awal komposit tidak dipulihkan walaupun selepas pengeringan. Air yang diserap mengurangkan kekuatan tegangan sebanyak 6% dalam komposit UD dan 38% dalam komposit rawak. Ini berkemungkinan besar berlaku disebabkan kemerosotan antara muka kekal (Judawisastra *et al.*, 2017).

3. Kajian Metodologi

Metodologi merupakan penerangan secara terperinci terhadap kaedah-kaedah atau tatacara yang digunakan bagi melaksanakan projek. Metodologi bertujuan untuk memberikan kemahiran dan latihan kepada para pelajar untuk menghasilkan projek yang baik dengan adanya penerangan yang teliti dan berkesan. Antara kaedah-kaedah yang digunakan termasuklah perbincangan, pemerhatian, pelaksanaan projek dan pengujian. Sebelum penghasilan projek dimulakan, masa diberikan untuk merancang pelaksanaan projek. Tempoh beberapa hari diberikan untuk menyiapkan projek.

3.1 Pencarian Maklumat

Maklumat yang diperoleh untuk kajian ini banyak diperoleh daripada bacaan ilmiah dan juga dari kajian literatur. Berikut merupakan butiran - butiran kajian literatur:

- i. Kajian literatur ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran awal tentang tajuk kajian dan membantu untuk mendapatkan idea permulaan dalam menjalankan proses kajian ini.
- ii. Sumber-sumber ini diperoleh dari Perpustakaan Tunku Tun Aminah Universiti Tun Hussein Onn (UTHM), dan sumber lain daripada internet. Sumber dari internet digunakan untuk mendapatkan maklumat tambahan yang tidak terdapat dalam sumber primer.

iii. Selain itu, maklumat dari internet juga adalah antara sumber yang terkini dan mudah diakses. Maklumat yang telah dikumpul telah dianalisis berdasarkan kepentingannya untuk ditambah ke dalam kajian. Segala maklumat telah dikumpulkan dan seterusnya memahami konsep dan penyusunan data-data kajian. Data-data ini dikenali sebagai data sekunder.

3.2 Lokasi Kajian

Lokasi kajian yang dipilih adalah untuk mendapatkan sumber data kajian ini. Kriteria pemilihan lokasi adalah bertujuan untuk mengetahui cara pembuatan atap genting tanah liat dihasilkan. Seterusnya, lokasi untuk mendapatkan sumber bahan campuran baru iaitu buluh yang digunakan dalam pembuatan atap genting tanah liat turut dipilih. Lokasi pemilihan yang telah dipilih bagi pembuatan atap genting tanah liat ialah di kilang Golden Clay Industries, Yong Peng, Johor manakala lokasi bagi mendapatkan sumber bahan utama bagi kajian ini iaitu buluh ialah di Parit Haji Rais, Batu Pahat, Johor.

3.3 Instrumen Kajian

Kajian ini adalah bertujuan untuk mengetahui kebolehan buluh sebagai bahan tambah dalam pembuatan atap genting tanah liat. Penyediaan bahan utama bagi kajian ini iaitu buluh perlu disediakan dan bahan tanah liat juga perlu disediakan sebagai bahan campuran yang dilakukan. Selain itu, tanah liat juga diperlukan bagi proses pembuatan sampel kawalan untuk tujuan perbandingan dilakukan bersama sampel bahan campuran baru dari segi kekuatan dan ketahanan bahan tersebut. Ujian kekuatan melintang dilakukan keatas atap genting bagi mengetahui kesesuaian atap genting untuk menanggung beban (The Constructor, 2015). Kajian telah dipilih untuk melakukan kaedah pengujian bagi menentukan kekuatan bahan tersebut dengan melakukan ujian kekuatan melintang terhadap produk tersebut dengan penggunaan alat *Vesta Transverse Breaking Strength Machine*. Manakala untuk menentukan kadar serapan air bagi sampel campuran dan sampel kawalan adalah dilakukan dengan merendamkan bahan tersebut selama 24 jam didalam air dan kemudiannya kedua-dua sampel tersebut ditimbang beratnya bagi melihat perbezaan sebelum dalam selepas kadar resapan air dilakukan.

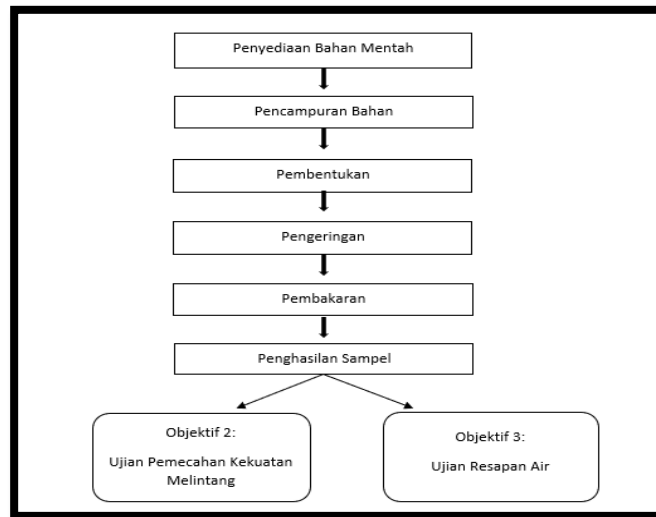
3.4 Dimensi Atap Genting Tanah Liat

Atap genting tanah liat yang diperbuat daripada tanah liat biasanya tersedia dalam pelbagai saiz dan dimensi. Seperti yang dinyatakan oleh Golden Clay (2013), saiz atap genting tanah liat biasanya dikira berdasarkan saiz nominal genting atau lebar bukaan. Untuk menjalankan kajian ini, kajian ini hanya membuat sampel atap genting dan bukannya saiz sebenar atap. Sampel yang bersaiz 9.5 x 4.5 cm dan saiz sampel ini adalah output daripada *extrusion* mesin. Ujikaji untuk mengetahui kesesuaian pelbagai jenis tanah liat atau campuran hanya boleh dilakukan dengan membuat saiz sampel dan bukannya saiz sebenar atap genting. Rajah 2 di bawah menunjukkan sampel yang bersaiz 9.5 x 4.5 cm.



Rajah 2 Sampel yang bersaiz 9.5 x 4.5cm

3.4 Carta Aliran Pembuatan Atap Genting Tanah Liat



Rajah 3 Carta alir pembuatan atap genting

3.4.1 Penyediaan Bahan Mentah

Penyediaan bahan mentah iaitu buluh dan tanah liat untuk proses awal pembuatan atap genting tanah liat. Tanah liat telah disediakan oleh pihak syarikat atap genting tanah liat manakala buluh dapat dibeli di Parit Haji Rais, Batu Pahat. Diharapkan ia dapat mencapai objektif utama.

3.4.2 Proses Pencampuran Bahan

Proses ini dapat dilakukan selepas proses penyediaan bahan siap. Seperti yang dinyatakan oleh Krishnamurthy (2015), bahan tanah liat, air dan bahan tambah lain perlu dimasukkan ke dalam ruang penggaulan atau mesin *mixer* dan kemudiannya proses penggaulan perlu dilakukan sehingga bahan sehati. Oleh itu, proses ini adalah penting bagi memastikan bahan campuran dengan tanah liat sehati. Proses pencampuran ini perlu dilakukan berulang kali. Mesin *mixer* digunakan untuk mengaul. Untuk mempercepatkan lagi penyebaran kedua-dua bahan, penggaulan boleh dilakukan secara manual terlebih dahulu di dalam baldi sebelum dimasukkan ke dalam mesin *mixer*.

3.4.3 Proses Pembentukan

Mesin pembentukan boleh digunakan untuk menjalankan proses pembentukan ini. Jenis bentuk acuan yang digunakan semasa pembuatan menentukan bentuk yang dihasilkan. Atap genting tanah liat biasanya dibuat dengan acuan yang berbentuk "S". Seterusnya, penghancuran dan kisaran diikuti dengan proses ini. Menurut Golden Clay (2013), untuk menghasilkan permukaan yang berkualiti, campuran tanah liat mesti mempunyai kandungan air yang ideal.

Jika terdapat kekurangan lembapan dalam campuran air, permukaan boleh menjadi keras, dan jika terdapat lebih lembapan, campuran tidak dapat dibentuk dengan baik, dan menyebabkan permukaan lembut dan masalah lain (Golden Clay, 2013). K. Krishnamurthy (2015) menyatakan bahawa bahan campuran yang telah disediakan perlu dimasukkan ke dalam mesin *extrusion* sebelum ia diproses keluar. Bentuk penghasilan bahan tersebut bergantung pada bentuk atap genting yang diinginkan.

3.4.4 Pengeringan

Proses pengeringan adalah proses yang seterusnya. Secara amnya, sampel dimasukkan ke dalam oven pada suhu 100°C selama 24 jam, dan proses ini dilaksanakan mengikut piawaian SS 70: 2001. Setelah proses pengeringan dilakukan, langkah seterusnya perlu diambil.

3.4.5 Pembakaran

Selepas proses pengeringan, proses pembakaran perlu dilakukan. Proses pembakaran dilakukan dalam relau pembakaran dengan suhu dan tekanan yang tinggi. Ia boleh digunakan hanya dengan membakar satu kelompok iaitu sebanyak 12 sampel sahaja. Biasanya, relau ini mempunyai panjang 20 hingga 50 meter. Selain itu, relau

ini dibina dengan keadaan yang tertutup dan terjaga, dan membolehkan suhu pembakaran dikekalkan pada tahap yang ideal. Secara amnya, genting-genting ini perlu melalui proses pra-pembakaran pada suhu 110°C hingga 200°C sebelum dibakar pada suhu 1000°C hingga 1200°C secara automatik mengikut piawaian SS 70: 2001.

Selain itu, beberapa mineral terurai menjadi fasa lain akibat pemanasan berterusan dalam relau. Fluks, yang terdiri daripada feldspar dan batu api, bertindak balas dengan mineral membentuk cecair lutsinar pada 1295 °F hingga 2015 °F, atau 700 °C hingga 1100 °C (Hardy dan Steve 1993). Kelompok ini kemudiannya disejukkan sehingga mencapai kekuatan yang diinginkan, dan cecair kaca membeku sehingga membentuk ikatan yang kukuh antara butir kristal yang tersisa (TWG Ceramics, 2005).

3.4.6 Ujian Kekuatan Melintang

Setelah proses pembentukannya selesai, atap genting ini perlu diuji dengan pemecahan kekuatan melintang. Setiap atap genting tanah liat akan menerima beban apabila digunakan bagi melihat kekuatan dan ketahanannya. Jadi ujian ini bertujuan untuk mengetahui sama ada genting ini sesuai untuk digunakan ataupun tidak (The Constructor, 2015).

Prosedur:

- i. Lebar jubin yang terdedah hendaklah diukur terlebih dahulu.
- ii. Setiap jubin dalam kedudukan mendatar disokong oleh dua "batten" yang setiap satu mempunyai lebar 50 milimeter dan ketebalan tidak kurang daripada 25 milimeter. Batten ini diletakkan di tempat yang perlu digunakan apabila dipasang di atas atap.
- iii. Jubin yang mempunyai tiga "batten" sama dalam satu dimensi, dengan "batten menyokong" antaranya dan selari dengan "batten menyokong" dan diimbangi pada *feltr* 6 milimeter tebal harus digunakan. Sehingga keretakan berlaku, beban hendaklah digunakan pada kadar yang selari dan tidak melebihi 50 N/s.

3.4.7 Ujian Resapan Air

Setelah proses pembakaran dijalankan, ujian resapan air dilakukan. Tujuan ujian ini dijalankan adalah untuk mengetahui tahap resapan air oleh atap genting tanah liat. Jika kadar resapan air terlalu banyak, atap genting ini tidak sesuai digunakan kerana ia menyebabkan kebocoran. Mengikut kepada Piawaian AS4046.4, jisim setiap ujian tepu secara berasingan ditentukan dan jisim basah direkodkan. Kepingan ujian hendaklah dikeluarkan dan dikeringkan pada suhu 100°C kepada 110° di dalam ketuhar yang mempunyai pengalihan udara yang baik bagi tempoh 24 jam lalu disejukkan ke suhu bilik pada 27°C ± 2°C selama 24 jam, kemudian berat jisim direkodkan.

3.5 Hasil Dapatan Kajian

Data-data yang diperoleh digunakan untuk membuat analisis data serta kesimpulan bagi kajian yang dijalankan di samping mencapai objektif yang telah dirancang. Keputusan kajian dipersembahkan melalui bentuk jadual, rajah dan graf bag memudahkan pemahaman hasil kajian.

4 Keputusan dan Analisis Data

Kajian membincangkan analisis data dan penemuan kajian. Data yang telah dikumpul semasa proses ujikaji digunakan untuk menjalankan analisis yang lebih terperinci. Analisis ini bertujuan untuk menentukan penggunaan buluh sebagai bahan tambah dalam pembuatan atap genting tanah liat dengan menggunakan pelbagai peratusan nisbah terhadap bahan campuran.

Menurut jumlah ujian yang dijalankan, keputusan kajian telah dibahagikan kepada dua bahagian iaitu ujian pemecahan kekuatan melintang dan ujian resapan air. Selain itu, keputusan yang diperoleh daripada analisis kajian ini dapat memberikan jawapan kepada perbandingan yang dibuat antara sampel kawalan dan sampel yang menggunakan bahan campuran baru untuk menjawab semua soalan kajian ini.

4.1 Penghasilan Atap Genting Tanah Liat Dengan Bahan Campuran Baharu

Penghasilan atap genting tanah liat dengan menggunakan nisbah peratusan bahan campuran baru perlu melalui 5 proses iaitu proses penyediaan bahan, pencampuran bahan, proses pembentukan, proses pengeringan dan proses pembakaran (Golden Clay, 2013).

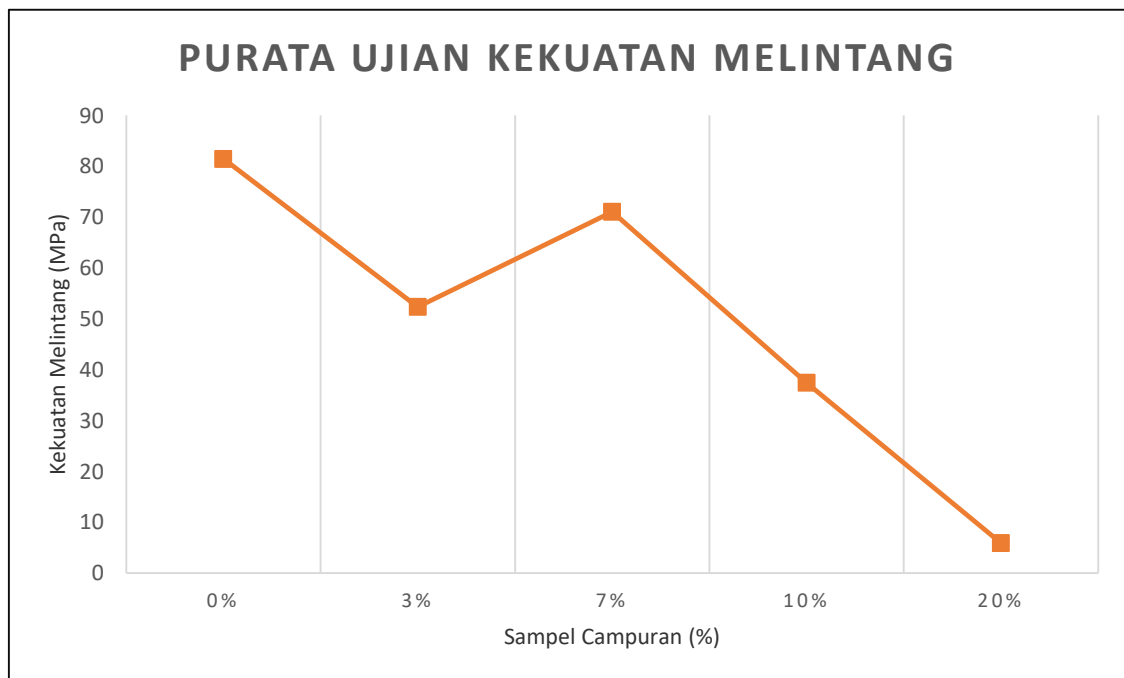
4.2 Ujian Kekuatan Melintang

Ujian kekuatan melintang telah dijalankan ke atas atap genting yang telah dibina untuk menentukan kekuatan

atap genting tanah liat. Seperti yang dinyatakan oleh The Constructor (2015), setiap atap genting yang digunakan perlu memikul beban terlebih dahulu sebelum dapat digunakan. Ujian Piawaian SS 70: 2001, ASTM (C 1167 - 03) dan AS4046.3: 2002 telah dipenuhi dengan ujian ini. Ujian kekuatan melintang dilakukan dengan menggunakan alat *Vesta Transverse Breaking Strength Machine*.

4.2.1 Purata Keseluruhan Ujian Kekuatan Melintang

Rajah 4.1 dibawah menunjukkan bacaan purata bagi semua set dan dibuat perbandingannya dengan sampel bahan kawalan iaitu sampel tanah liat tanpa campuran buluh. Hasil daripada analisis yang telah dibuat, bahan serbuk buluh ini dapat menambah kekuatan kepada atap genting tanah liat akan tetapi kekuatan sampel bahan kawalan lebih tinggi jika dibandingkan dengan sampel bahan campuran baharu iaitu atap genting yang mengandungi bahan tanah liat yang dicampur dengan serbuk buluh. Sampel kawalan mampu mencatatkan bacaan sebanyak 81.47MPa sebelum ia gagal apabila kenaan beban dilakukan terhadapnya. Perubahan nisbah campuran bahan serbuk buluh terhadap atap genting tanah liat yang dilakukan secara berperingkat iaitu 20 peratus telah menunjukkan bahawa sampel itu mengalami kegagalan apabila sampel itu pecah pada kadar yang rendah. Pada sampel nisbah 7 peratus bahan serbuk buluh, ia menunjukkan bacaan sebanyak 71.05 MPa. Ia menunjukkan kadar kekuatannya paling kuat berbanding sampel bahan campuran serbuk buluh yang lain. Akan tetapi, sampel yang paling kuat adalah sampel kawalan iaitu sampel yang tidak dicampur dengan buluh. Rajah 4 di bawah menunjukkan graf bagi purata ujian kekuatan melintang.



Rajah 4 Purata Ujian Kekuatan Melintang

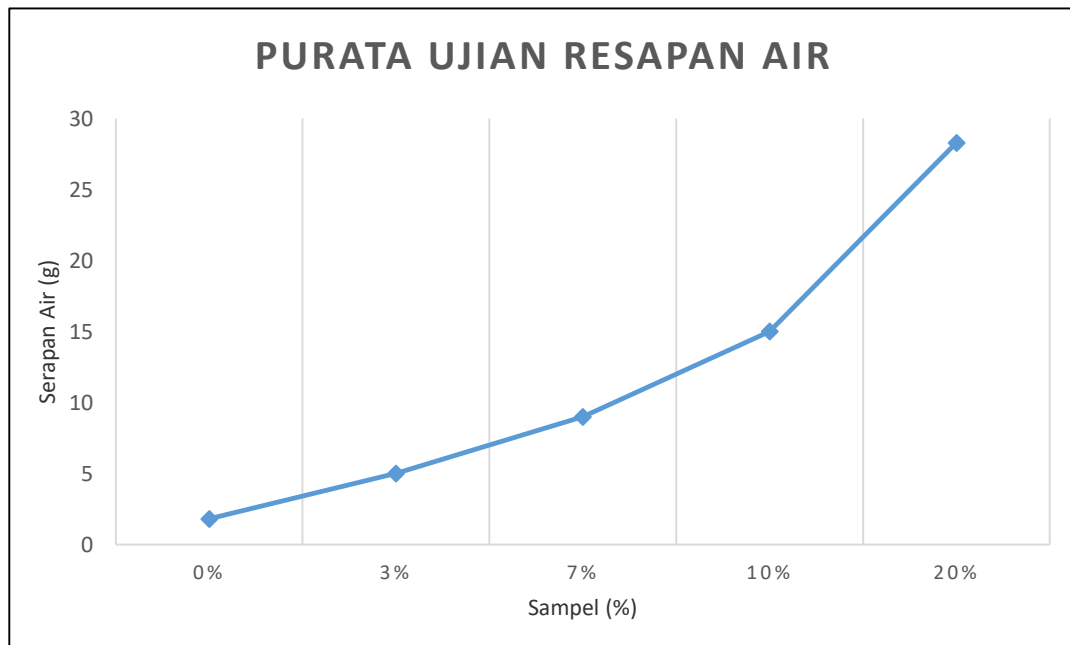
4.3 Ujian Resapan Air

Ujian resapan digunakan untuk mengukur keberkesanan serbuk buluh untuk berfungsi sebagai atap genting. Atap genting yang baik perlu memenuhi standard piawaian yang telah ditetapkan, seperti yang dinyatakan dalam piawaian AS4046.4 - 2002. Rajah 4.8 dibawah menunjukkan ujian resapan air.

4.3.1 Purata Ujian Resapan Air

Gambar rajah 4.2 dibawah menunjukkan perbandingan yang telah dilakukan diantara sampel nisbah bahan campuran baru iaitu serbuk buluh dengan sampel kawalan yang mewakili tanah liat 100 peratus dengan mengambil kira nilai secara purata bagi setiap set untuk kedua - dua kategori sampel. Graf kemudian diplot bagi menunjukkan lagi perbezaan di antara kedua - dua kategori ini. Bacaan serapan air yang paling tinggi berbanding yang lain telah ditunjukkan bagi sampel yang mewakili nisbah campuran bahan serbuk sebanyak 20 peratus iaitu 28.3g manakala bacaan serapan air yang paling rendah dicatatkan ialah 1.8g yang ditunjukkan oleh bahan sampel

kawalan. Purata keseluruhan bagi peratusan serbuk buluh sebanyak 3 peratus mencatatkan nilai bacaan sebanyak 5g dan ia adalah sampel yang paling rendah bagi sampel bahan yang mengandungi serbuk buluh manakala campuran bahan serbuk buluh sebanyak 7 peratus mencatatkan nilai sebanyak 9g dan 10 peratus sebanyak 15g. Dapatan yang diperolehi daripada ujikaji ini telah menunjukkan sampel kawalan mencatatkan bacaan yang paling optimum berbanding nisbah peratusan bahan campuran yang lain. Bagi sampel campuran bahan serbuk buluh pula, sampel yang paling optimum dari segi resapan air ialah sampel 3 peratus. Ini kerana buluh memiliki serat yang dapat menyerap dan menyimpan air. Oleh itu, semakin banyak campuran serbuk buluh, semakin tinggi kadar resapan air. Rajah 5 di bawah menunjukkan graf purata ujian resapan air.



Rajah 5 Purata Ujian Resapan Air

5. Kesimpulan dan Cadangan

Kajian membincangkan berkenaan dengan keseluruhan hasil kajian yang telah dilengkapkan berdasarkan data yang telah dicatatkan. Bahagian ini juga menerangkan tentang cadangan untuk penambahbaikan kajian ini ke arah yang lebih baik dan dikemukakan untuk tujuan mengetahui kelemahan dan kesilapan dalam pelaksanaan kajian ini. Di samping itu, bahagian ini juga menerangkan tentang objektif kajian ini iaitu, mengkaji penggunaan buluh sebagai bahan tambah dalam penghasilan atap genting tanah liat, menguji kekuatan dan ketahanan atap genting tanah liat yang dihasilkan, dan mengenalpasti komposisi campuran buluh dengan atap genting tanah liat yang paling optimum dari segi resapan air.

5.1 Pencapaian Objektif Kajian

5.1.1 Objektif 1: Mengkaji penggunaan buluh sebagai bahan tambah dalam penghasilan atap genting tanah liat.

Objektif kajian pertama bagi kajian ini adalah mengkaji penggunaan buluh sebagai bahan tambah dalam penghasilan atap genting tanah liat. Matlamat kajian ini dicapai melalui kaedah kajian literatur. Antara kajian yang dapat dibuktikan ialah dari segi kekuatan dan ketahanan buluh. Buluh memiliki sifat kekuatan yang baik dan daya tahan terhadap cuaca. Dengan menambahkan buluh ke dalam campuran tanah liat, ia dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan atap genting terhadap beban dan kondisi lingkungan yang ekstrem.

Selain itu, buluh umumnya merupakan bahan yang ringan dan mudah diproses. Penggunaan buluh dalam campuran genting tanah liat dapat membantu mengurangi berat genting, memudahkan proses campuran, dan memanjangkan tempoh penggunaannya.

5.1.2 Objektif 2: Menguji kekuatan dan ketahanan atap genting tanah liat yang dihasilkan.

Objektif kajian kedua bagi kajian ini adalah menguji kekuatan dan ketahanan atap genting tanah liat yang dihasilkan. Matlamat kajian ini dicapai melalui kaedah kajian makmal iaitu ujian kekuatan melintang dengan menggunakan alat Vesta Transverse Breaking Strength Machine. Objektif kajian ini saling berkait rapat untuk mencapai matlamat objektif kajian masing-masing.

Sampel ini mempunyai 5 nisbah yang berbeza iaitu 0% (kawalan), 3%, 7%, 10%, dan 20%. Kaedah untuk menguji kekuatan sampel bahan campuran adalah menggunakan Vesta Transverse Breaking Strength Machine. Sampel bahan campuran ini perlu dilaksanakan mengikut nisbah yang ditetapkan dan kadar penggunaan bahan yang telah ditentukan. Data perlu dicatat selepas ujian dilaksanakan bagi mendapatkan perbezaan kekuatan antara sampel nisbah 0%, 3%, 7%, 10%, 20%. Sampel yang paling kuat dari segi kekuatan dan ketahanan adalah sampel kawalan iaitu sampel yang tidak dicampur dengan buluh dengan jumlah 81.47MPa. Bagi sampel campuran buluh, sampel nisbah 7 peratus bahan serbuk buluh, ia menunjukkan bacaan sebanyak 71.05MPa. Ia menunjukkan kadar kekuatannya lebih kuat dan paling tinggi berbanding sampel bahan campuran serbuk buluh yang lain.

5.1.3 Objektif 3: Mengenal pasti komposisi campuran buluh dengan atap genting tanah liat yang paling optimum dari segi resapan air.

Objektif kajian ketiga ialah mengenal pasti komposisi campuran buluh dengan atap genting tanah liat yang optimum dari segi resapan air. Ujian resapan air pada atap genting tanah liat adalah langkah penting untuk memastikan bahawa atap dapat menjaga kekeringan di dalam bangunan. Sebelum ujian ini dapat dilaksanakan, ia perlu direndam selama 1 hari.

Selepas direndam selama 1 hari, ujian resapan air dapat dilaksanakan. Sampel bahan campuran digunakan sebanyak 8 sampel. Untuk mendapatkan perbezaan, sampel perlu ditimbang terlebih dahulu sebelum direndam dan selepas direndam juga perlu ditimbang lagi untuk mendapatkan perbezaan data. Ujian resapan air yang paling rendah adalah hasil sampel yang terbaik. Dapatan yang diperolehi daripada ujikaji ini telah menunjukkan sampel kawalan mencatatkan bacaan yang paling optimum berbanding nisbah peratusan bahan campuran yang lain. Bagi sampel campuran bahan serbuk buluh pula, sampel yang paling optimum dari segi resapan air ialah sampel 3 peratus.

5.2 Kesimpulan

Hasil kajian telah menunjukkan kebolegunaan bahan buluh sebagai bahan ganti tanah liat dalam pembuatan atap genting. Pembuatan atap genting daripada buluh bukan sahaja merupakan satu penemuan baru tetapi ia juga dapat membendung pelbagai permasalahan yang timbul dan diantaranya ialah mengurangkan jumlah bahan buangan ini yang dilupuskan secara penimbunan di dalam tanah sekaligus dapat memberi kesan yang negatif terhadap kandungan tanah tersebut. Selain itu, kekurangan sumber semula jadi tanah liat dapat ditangani dengan menjadikan buluh ini sebagai bahan alternatif dalam pembuatan atap genting. Penghasilan atap genting ini bukan sahaja dapat menjadi bahan ganti kepada tanah liat malah ia juga merupakan satu produk inovasi dengan kebolehkerjaan yang sama dengan produk atap genting tanah liat tanpa mengubah fungsi utamanya. Walau bagaimanapun, kajian lanjutan perlu dijalankan terhadap buluh ini agar sebarang penambahbaikan boleh dilakukan bagi memastikan produk ini dapat dihasilkan dengan jayanya.

Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada pihak Fakulti Pengurusan Teknologi dan Perniagaan, Universiti Tun Hussien Onn Malaysia di atas segala sokongan yang diberi.

Konflik Kepentingan

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

Sumbangan Penulis

Penulis mengesahkan sumbangan kepada kertas ini seperti berikut: **konsepsi dan reka bentuk kajian:** Muhammad Ikram Hamka Mustafa, Sharifah Meryam Shareh Musa; **pengumpulan data:** Muhammad Ikram Hamka Mustafa; **analisis dan interpretasi hasil:** Muhammad Ikram Hamka Mustafa; **penyediaan draf manuskrip:** Muhammad Ikram Hamka Mustafa, Sharifah Meryam Shareh Musa, Narimah Kasim dan Mohd Hilmi Izwan Abd Rahim. Semua penulis telah mengkaji hasil dan meluluskan versi terakhir manuskrip.

Rujukan

- Achlisia Putri. (2022, April 20). *Jenis-Jenis Atap | Atap Adalah - Kamus Istilah Properti*. Kamus Istilah Properti. [https://www.pinhome.id/kamus-istilah-properti/atap/#Bagian Atap Rumah](https://www.pinhome.id/kamus-istilah-properti/atap/#Bagian%20Atap%20Rumah)
- Azevedo, A., Vieira, C., Ferreira, W., Faria, K., Pedroti, L., & Mendes, B. (2020). Potential use of ceramic waste as a precursor in the polymerization reaction for the production of ceramic roof tiles. *Journal of Building Engineering*, 29, 101156.
- Abidin, Z. (2020). 11 Kelebihan dan Kekurangan Atap Genteng Tanah Liat. <https://arafuru.com/material/kelebihan-dan-kekurangan-genteng-tanah-liat.html>
- Dinesh Bhonde, D. P. (2014). Physical and Mechanical Properties of Bamboo (*Dendrocalmus Strictus*). *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 5, Issue 1, 455-459.
- Deck, S. F., & Steel, C. S. (2010). Attaching Metal Decking. *Modern Steel Construction*.
- Golden Clay Industries (2013). *Panduan Pemasangan "S" Pantile*. Dicapai pada Mei 9, 2016 dari <http://www.goldenclay.com/v2bm/homepage/InstallationGuide.asp>
- Harrison, H. W., Trotman, P. M., & Saunders, G. K. (2000). *Roofs and Roofing*. CRC Press
- Hardy, Steve (1993). *Time saver details for roof design*.
- Illite | mineral | Britannica. (2023). In *Encyclopædia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/illite>
- Judawisastra, H., Sitohang, R., & Rosadi, M. S. (2017). Water absorption and tensile strength degradation of Petung bamboo (*Dendrocalamus asper*) fiber—reinforced polymeric composites. *Materials Research Express*, 4(9), 094003. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/aa8a0d>
- Ma'ruf, M. F. (2017). A Review on the Use of Bamboo for Earthwork Construction. *MATEC Web of Conferences*, 138-145.
- Perminder Jit Kaur, Santosh Satya, Pant, K. K., Satya Narayan Naik, & Vikas Kardam. (2016). *Chemical characterization and decay resistance analysis of smoke-treated bamboo species*. 74(4), 625–628. <https://doi.org/10.1007/s00107-016-1029-y>
- Quattrone, M., Bogdan Cazaciu, Sérgio Cirelli Angulo, Erwan Hamard, & Cothenet, A. (2016). Measuring the water absorption of recycled aggregates, what is the best practice for concrete production? *Construction and Building Materials*, 123, 690–703. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.019>
- Ranogajec, & Radeka. (2013). (PDF) self-cleaning surface of clay roofing tiles - researchgate. https://www.researchgate.net/publication/278318760_Self-Cleaning_Surface_of_Clay_Roofing_Tiles
- S. Karthik, Ram, P., & Awoyera, P. O. (2017). *Bamboo and steel reinforced concrete's strength properties contain manufactured sand and mineral admixtures*. 29(4), 400–406. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2016.12.003>. McGraw-Hill Chemical Engineering Series.
- SS 70: 2001 *Specification for clay roofing tiles and fittings*. Golden clay
- Tanah liat: ciri-ciri, kelebihan, kelemahan, tumbuh-tumbuhan. (2018). Atomiyme.com. <https://ms.atomiyme.com/tanah-liat-ciri-ciri-kelebihan-kelemahan-tumbuh-tumbuhan/>
- The Constructor - Civil Engineering Home (2015). *Transverse Strength Test On Roofing Tiles*. Dicapai pada April 7, 2016, dari <http://theconstructor.org/practical-guide/transverse-strength-test-on-roofing-tiles>
- TWG Ceramics (2005). "Merged and sorted comments master spreadsheet on draft 1".
- Varma, M. B. (2016). State of the art: bamboo as a structural material. *International Journal of Engineering Research*, 5(1), 300-303.
- Wood, Chris (2013). *Practical building conservation: roofing*.