

## Keberkesanan Jerami Padi sebagai Bahan Tambah dalam Penghasilan Bata Turap: Analisis Kekuatan Mampatan dan Daya Serapan Air

Mohamad Khairi Mat Yaacob<sup>1\*</sup>, Rahayu Mhd Adnan<sup>1</sup>, Mohd Shahrezal Abd Hamid<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil Engineering, Politeknik Sultan Mizan Zainal Abidin, 23000 Dungun, Terengganu

\*Corresponding author E-mail: wmkhairi79@gmail.com

### Abstrak

Kajian ini dijalankan untuk menilai kesesuaian jerami padi sebagai bahan tambah alternatif dalam penghasilan bata turap, berdasarkan persoalan mengenai kebergantungan terhadap bahan konvensional dan isu pencemaran akibat pembakaran terbuka sisa pertanian. Empat sampel disediakan dengan peratusan jerami padi sebanyak 0% (kawalan), 40%, 50% dan 60% sebagai pengganti agregat halus. Kajian makmal ini melibatkan ujian kekuatan mampatan dan kadar serapan air selepas tujuh hari pengerasan. Hasil ujian menunjukkan bahawa campuran 40% jerami padi masih mengekalkan kekuatan mampatan yang sesuai bagi aplikasi bukan struktur dan mempunyai kadar serapan air yang terkawal. Namun, campuran melebihi 50% menyebabkan penurunan kekuatan dan peningkatan kadar porositi yang ketara. Dapatan kajian menunjukkan bahawa had optimum penambahan jerami padi ialah tidak melebihi 40%. Kajian ini memberi impak positif dalam menyokong pembinaan hijau, mengurangkan pelepasan karbon, serta memanfaatkan sisa pertanian sebagai bahan binaan yang lestari dan mesra alam. Keberkesanan jerami padi dalam aplikasi ini berpotensi mengurangkan kos, pencemaran udara dan membuka laluan kepada penghasilan produk binaan berasaskan sumber boleh diperbaharui.

**Kata kunci:** Jerami padi, bata turap, kekuatan mampatan, serapan air, lestari

### 1.0 Pengenalan

Pembangunan infrastruktur yang pesat membangun telah meningkatkan permintaan terhadap bahan binaan seperti bata turap, yang digunakan secara meluas untuk laluan pejalan kaki, jalan kecil dan kawasan parkir. Namun begitu, bahan konvensional yang digunakan seperti simen dan pasir menyumbang kepada peningkatan terhadap kos pengeluaran dan impak yang ketara terhadap alam sekitar. Industri pembinaan merupakan salah satu penyumbang utama kepada masalah pelepasan karbon global, terutamanya melalui proses penghasilan simen (Habert et al., 2010). Dalam usaha menyokong kelestarian alam dan pengurangan kos dengan penggunaan bahan buangan pertanian sebagai bahan tambah dalam pembuatan bahan binaan telah dikenal pasti sebagai pendekatan yang berpotensi tinggi.

Jerami padi merupakan sisa pertanian yang banyak dihasilkan setiap kali musim menuai, terutamanya di kawasan penanaman padi utama seperti di Malaysia, Thailand dan Indonesia. Di Malaysia sahaja, lebih 1.7 juta tan jerami padi dihasilkan setiap tahun (DOA, 2023), namun sebahagian besarnya dilupuskan melalui pembakaran terbuka. Kaedah ini masih diamalkan oleh ramai petani sebagai langkah mudah membersihkan tanah, namun secara tidak langsung menyumbang kepada pencemaran udara serta peningkatan pelepasan gas rumah hijau. Kesan pembakaran ini bukan sahaja merosakkan kualiti udara, malah boleh menjejaskan kesihatan komuniti akibat peningkatan zarah halus yang terapung di udara. Dari sudut kejuruteraan bahan, jerami padi sebenarnya mempunyai potensi yang belum dimanfaatkan sepenuhnya. Kandungan utama seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin memberikannya struktur berserat yang ringan serta berliang. Sifat ini membolehkan jerami padi menyerap tenaga, mengurangkan beban struktur, dan menambah baik daya tahan terhadap hentakan serta penebatan haba (Farooq et al., 2022; Amin et al., 2017). Dengan ciri-ciri tersebut, jerami padi berpotensi untuk dijadikan bahan tambah dalam penghasilan bata turap, khususnya sebagai alternatif kepada agregat halus yang biasa digunakan.

Penggunaan semula jerami padi bukan sahaja dapat mengurangkan kebergantungan kepada bahan mentah konvensional seperti simen dan pasir, malah menyokong prinsip kelestarian melalui amalan kitar semula sisa pertanian. Maka, kajian ini dijalankan untuk

menilai secara menyeluruh kesesuaian jerami padi sebagai bahan tambahan dalam pembuatan bata turapan, khususnya dari aspek kekuatan mampatan dan kadar serapan air.

### 1.1 Objektif kajian

- i. Menentukan peratus campuran jerami padi yang sesuai dalam bata turapan
- ii. Menilai kesan peratusan jerami padi terhadap kekuatan mampatan dan daya serapan air
- iii. Mengenalpasti kadar optimum campuran jerami padi yang memberikan prestasi terbaik dari aspek kekuatan dan daya serapan air.

### 1.2 Skop Kajian

- i. Kajian ini tertumpu pada *paving block* dengan penambahan jerami padi dengan kadar peratusan 0%, 40%, 50% dan 60%.
- ii. Parameter yang dinilai termasuk kekuatan mampatan dan penyerapan air.
- iii. Kajian dijalankan di makmal dengan kepada standard (MS 7.6: 1972 / British Standard BS 3921: 1985)

### 1.3 Pernyataan Masalah

Industri pembinaan moden masih bergantung sepenuhnya kepada bahan binaan konvensional seperti simen yang bukan sahaja melibatkan kos pengeluaran tinggi, tetapi juga memberi kesan langsung kepada alam sekitar. Simen yang menjadi komponen asas dalam konkrit memerlukan penggunaan tenaga intensif dan bahan mentah tidak boleh diperbaharui, seperti batu kapur yang menyumbang kepada pelepasan karbon dalam skala besar. Dianggarkan antara 0.8 hingga 1 tan karbon dioksida dihasilkan bagi setiap tan simen yang dikilangkan yang menjadikannya antara penyumbang utama kepada masalah pemanasan global. Dalam jangka panjang, kebergantungan kepada bahan ini meningkatkan kos projek pembinaan akibat turun naik harga bahan mentah dan keperluan tenaga tinggi dalam proses pengilangan dan pengangkutan.

Pada masa yang sama, isu pembakaran terbuka jerami padi selepas musim menuai masih berleluasa sebagai kaedah pelupusan sisa pertanian yang cepat dan murah. Walaupun berkesan untuk membersihkan tanah, namun kaedah ini turut menyumbang kepada pencemaran udara dan menjejaskan kesihatan penduduk setempat. Laporan Jabatan Alam Sekitar Malaysia (2021) menunjukkan bahawa pembakaran terbuka merupakan salah satu punca utama pencemaran udara di kawasan luar bandar. Kajian oleh Mahmud dan Mohd Shafie (2012) turut mendapati peningkatan kes penyakit respiratori seperti asma dan bronkitis dalam kalangan penduduk yang tinggal berhampiran kawasan pembakaran. Situasi ini menggambarkan satu bentuk pembaziran sumber yang berpotensi dimanfaatkan semula, dan dalam masa yang sama mewujudkan risiko kesihatan awam yang berpanjangan.

Kedua-dua isu ini menuntut satu pendekatan atau kaedah alternatif yang lebih mampan dan berimpak rendah terhadap alam sekitar serta kesihatan masyarakat. Oleh itu, kajian ini dijalankan bagi meneroka potensi jerami padi sebagai bahan tambah dalam penghasilan bata turapan, dengan matlamat mengurangkan pergantungan terhadap simen serta mengelakkan pembakaran terbuka sisa pertanian. Pendekatan ini diharapkan dapat menyumbang ke arah pembangunan bahan binaan yang lebih lestari, menjimatkan kos dan mesra pengguna dalam konteks aplikasi bukan struktur.

## 1.4 Kepentingan Kajian

Pengaplikasian penggunaan batu-bata campuran jerami padi ini belum dipraktikkan sepenuhnya lagi dalam industri pembinaan. Justeru, kajian ini diharapkan dapat memberi manfaat kepada pelbagai pihak terutamanya dalam bidang pembinaan. Antara kebaikan kepada pihak yang terlibat ialah antaranya kepada kontraktor. Dengan mengaplikasikan penggunaan batu-bata, hal ini dapat menjimatkan kos penyelenggaraan. Seterusnya kepada pemilik rumah iaitu dari segi penjimatan kos baik pulih dan rumah akan lebih selesa. Selain itu, dari segi ekonomi pelaksanaan ini juga dapat meningkatkan pendapatan kepada negara. Mengelakkan daripada pencemaran juga merupakan antara salah satu faktor kepentingan kajian ini. Diharap dengan kajian ini sedikit sebanyak akan dapat memberi manfaat kepada semua pihak yang terlibat.

## 2.0 Sorotan Literatur

Terdapat beberapa kajian yang telah dijalankan menunjukkan bahawa bahan buangan pertanian seperti abu sekam padi dan habuk kayu boleh meningkatkan ciri fizikal dan mekanikal bagi konkrit. Jerami padi yang mengandungi selulosa dan lignin yang boleh mempengaruhi kekuatan dan ketahanan bahan binaan. Menurut kajian oleh Zain et al. (2019) mendapati bahawa penggunaan jerami padi dalam konkrit berupaya mengurangkan berat dan memperbaiki penebatan haba. Namun begitu, penyelidikan khusus terhadap penggunaannya dalam bata turapan masih terhad. Oleh yang demikian, kajian ini dijalankan bertujuan mengisi jurang tersebut.

Menurut Duppati dan Gopi (2022) dalam kajian mereka yang bertajuk "*Strength and Durability Studies on Paver Blocks with Rice Straw Ash as Partial Replacement of Cement*" menyatakan bahawa penggantian sebahagian simen dengan abu jerami padi sehingga 15% mampu meningkatkan kekuatan mampatan dan daya tahan terhadap penyerapan air. Hal ini secara tidak langsung menjadikan abu jerami padi sebagai alternatif yang mesra alam dalam pembuatan bata turap.

Manakala, menurut Morsy et al. (2022) dalam *Scientific Reports* turut membuktikan bahawa abu jerami padi berpotensi untuk digunakan dalam penghasilan batu bata geopolimer yang mempunyai konduktiviti termal rendah dan tahan lembapan. Walaupun kajian tersebut hanya tertumpu kepada bata adobe atau bata tanah liat, aplikasi yang sama boleh digunakan dalam pembuatan bata turap.

Penerbitan dalam jurnal *Applied Sciences* oleh beberapa penyelidik menunjukkan bahawa abu jerami padi memiliki sifat pozzolanik yang berupaya meningkatkan prestasi mekanikal dalam campuran simen, termasuk kekuatan mampatan dan juga ketahanan terhadap kelembapan serta karbonasi (MDPI, 2021; 2024).

Sementara itu, kajian oleh *International Journal of Engineering Research in Mechanical and Civil Engineering (IJERMCE)* menyatakan bahawa abu jerami padi boleh digunakan sebagai bahan gantikan separa kepada simen dan agregat halus dalam konkrit yang memberikan kesan peningkatan kekuatan mampatan yang signifikan dan prestasi ketahanan konkrit yang baik.

Secara keseluruhannya, sorotan literatur jelas menunjukkan bahawa penambahan jerami padi atau abu jerami padi dalam bahan binaan memberikan impak positif dari segi kekuatan mekanikal dan kelestarian, namun begitu had optimum perlu dikenal pasti untuk mengekalkan fungsi struktur. Hasil dapatan ini menjadi asas kepada kajian ini bagi pengaruh peratusan jerami padi terhadap kekuatan mampatan dan daya serapan air bagi bata turapan.

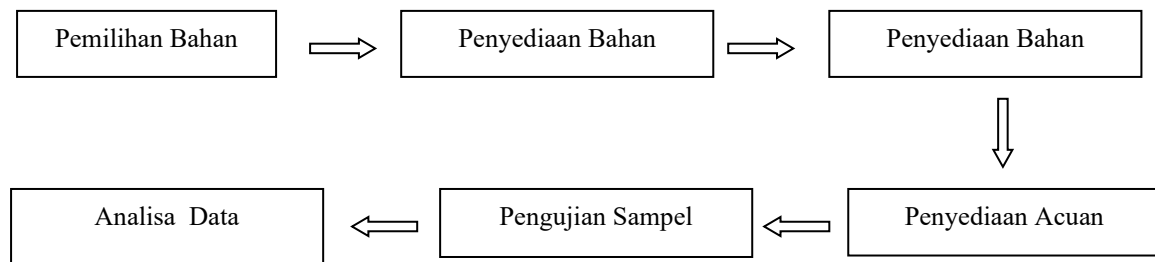
**Jadual 1:** Matriks Kajian Lepas Berkaitan Jerami Padi

| Penyelidik & Tahun      | Bahan Digunakan       | Kaedah / Aplikasi                   | Dapatan Utama                                              | Jurang Kajian                                                          |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Zain et al. (2019)      | Jerami padi (mentah)  | Campuran konkrit                    | Kurangkan berat, tambah baik penebatan haba                | Tidak uji dalam bata turapan                                           |
| Amin et al. (2017)      | Jerami padi (mentah)  | Panel bio-komposit                  | Rintangan haba dan bunyi meningkat                         | Aplikasi bukan turapan; tiada ujian kekuatan mampatan atau serapan air |
| Chowdhury et al. (2020) | Abu jerami padi (RSA) | Blok mampat                         | Kekuatan awal meningkat                                    | Gunakan RSA; bukan jerami mentah                                       |
| Duppati & Gopi (2022)   | Abu jerami padi (RSA) | Bata geopolimer                     | Rintangan lembapan dan konduktiviti haba rendah            | Aplikasi bukan bata turapan                                            |
| Kumar et al. (2021)     | Jerami padi (mentah)  | Papan penebat akustik               | Penebatan bunyi baik, ringan                               | Fokus pada panel; tiada pengujian struktur mekanikal                   |
| Nordin et al. (2023)    | Jerami padi (mentah)  | Komposit biofiber dalam bata ringan | Mengurangkan berat dan meningkatkan keupayaan penebat haba | Tidak uji kekuatan mampatan dan kadar serapan air dalam bata turapan   |

### 3.0 Metodologi

#### 3.1 Reka Bentuk Kajian

Kajian ini dijalankan secara ujian di makmal menggunakan reka bentuk kuantitatif dengan perbandingan antara beberapa sampel campuran.

**Rajah 1:** Carta Alir Kajian

#### 3.2 Bahan Yang Digunakan

**Rajah 2:** Simen

Digunakan sebagai bahan pengikat utama dalam campuran bata turapan. Ia bertindak sebagai agen pengerasan dan memberikan kekuatan struktur kepada bata. Namun, dalam kajian ini penggunaannya dikurangkan seiring dengan penambahan jerami padi untuk menilai potensi penggantian separa demi kelestarian dan pengurangan karbon.



**Rajah 3: Jerami**

Merupakan bahan utama kajian ini sebagai bahan tambah dalam penghasilan bata turapan. Ia digunakan dalam bentuk mentah dengan peratusan campuran sebanyak 40%, 50%, dan 60% menggantikan agregat halus. Jerami padi dipilih kerana ia merupakan sisa pertanian yang banyak dihasilkan dan mempunyai struktur berserat yang ringan serta berliang. Kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin dalam jerami padi memberi potensi dalam penyerapan tenaga, penebatan haba serta pengurangan berat bahan binaan.



**Rajah 4: Tanah Bukit**

Digunakan sebagai bahan tambahan yang membantu mengekalkan keutuhan bentuk bata dan kestabilan dimensi. Tanah bukit dipilih kerana ia mudah diperoleh dan sesuai digunakan dalam produk pembinaan bukan struktur.



**Rajah 5: Pasir**

Bertindak sebagai agregat halus konvensional yang membantu dalam memberikan kestabilan kepada struktur bata. Dalam campuran eksperimen, pasir digabungkan bersama jerami padi untuk menilai perubahan terhadap kekuatan mampatan dan serapan air.



**Rajah 6: Air**

Air digunakan untuk mengaktifkan proses pengikatan simen dan menghasilkan campuran yang homogen. Kuantiti air adalah penting untuk memastikan campuran tidak terlalu kering atau terlalu cair, agar kekuatan akhir dan ciri fizikal bata dapat dicapai secara optimum.

### 3.3 Nisbah Campuran

Untuk bata *paving block* yang menggunakan 40% campuran jerami padi sebagai bahan tambah, campurannya adalah simen, pasir dan tanah bukit digunakan serta ditambah 40% jerami padi. Nisbah yang digunakan adalah 1/3:2/3: 5 :4 iaitu 1/3 bagi jerami padi, 2/3 bagi simen, 5 bagi tanah bukit dan 4 bagi pasir.

Untuk batu-bata simen yang menggunakan 50% campuran jerami padi sebagai bahan tambah, campurannya adalah simen, pasir, dan tanah bukit digunakan serta ditambah 50% jerami padi. Nisbah yang digunakan adalah 1/2:1/2:5:4 iaitu 1/2 bagi simen, 1/2 bagi jerami padi, 5 bagi tanah bukit dan 4 bagi pasir.

Untuk batu-bata simen yang menggunakan 60% campuran jerami padi sebagai bahan tambah, campurannya adalah simen, pasir, dan tanah bukit digunakan serta ditambah 60% jerami padi. Nisbah yang digunakan adalah 1/4:1/2:5:4 iaitu 1/4 bagi simen, 1/2 bagi jerami padi, 5 bagi tanah bukit dan 4 bagi pasir.

### 3.4 Penyediaan Sampel

Campuran simen, pasir serta tanah bukit dimasukkan ke dalam mesin pembancuh dan 40%, 50% dan 60% jerami padi di masukkan secara berasingan dengan bancuhan baru. Nisbah bancuhan ini akan digaul sehingga sehati. Kemudian sampel tersebut akan dimasukkan ke dalam kotak bentuk untuk dipadatkan.



**Rajah 7: Proses memasukkan sampel ke dalam kotak bentuk untuk dipadatkan**

### 3.5 Ujian Makmal

#### 3.5.1 Ujian Mampatan

Setiap sampel yang telah mencapai usia 7 hari akan ditimbang terlebih dahulu sebelum ujian dijalankan. Pelantar dipastikan dalam keadaan bersih dan bebas daripada sebarang kekotoran, termasuk sisa konkrit yang pecah sebelum sampel diletakkan. Ujian

dimulakan dengan aplikasi beban mampatan secara automatik dan semua data ujian akan diambil serta direkodkan dengan teliti.



**Rajah 8:** Ujian Mampatan bagi Sampel

### 3.5.2 Ujian Serapan Air

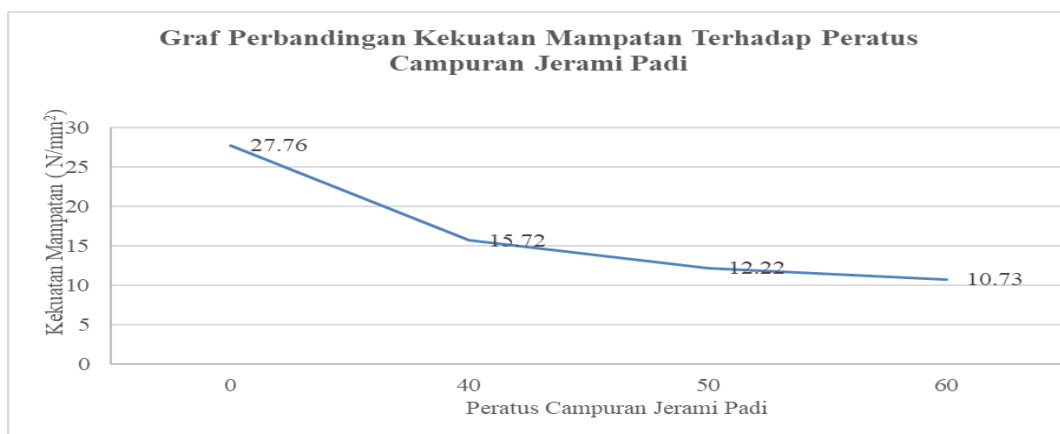
Setiap sampel yang telah mencapai usia 7 hari akan ditimbang terlebih dahulu sebelum ujian dijalankan. Sebelum proses penimbangan, permukaan mesin penimbang dipastikan bersih dan bebas daripada sebarang kekotoran seperti sisa konkrit yang pecah bagi mengelakkan gangguan terhadap ketepatan bacaan. Seterusnya, sampel direndam di dalam besen berisi air selama 24 jam bagi menentukan kadar resapan air. Bacaan yang diperoleh selepas perendaman direkodkan untuk tujuan analisis.



**Rajah 9:** Ujian Serapan Air bagi Sampel

## 4.0 Keputusan dan Analisa

### 4.1 Ujian Kekuatan Mampatan

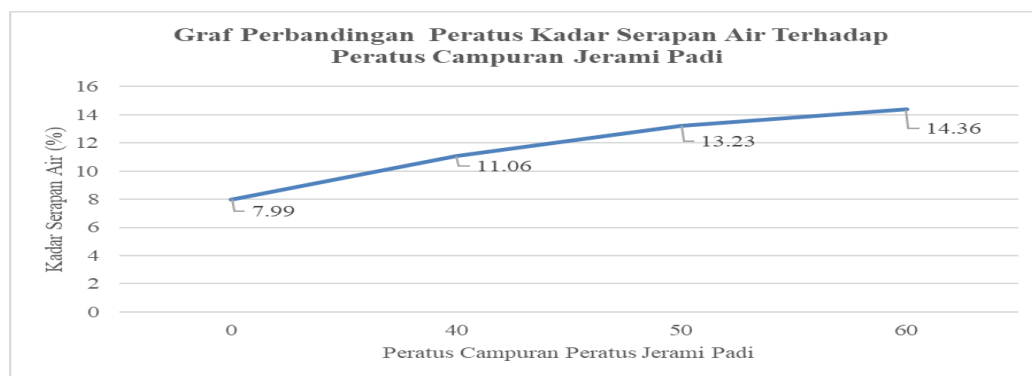


**Rajah 10:** Graf perbandingan Kekuatan Mampatan Terhadap Peratus Campuran Jerami Padi

Graf di atas menunjukkan sampel kawalan dengan 0% peratus campuran jerami padi mempunyai kekuatan tertinggi iaitu 24.76 N/mm<sup>2</sup>. Apabila 40% jerami padi ditambah, kekuatan menurun kepada 15.72 N/mm<sup>2</sup>. Manakala sampel dengan campuran 50% dengan

kadar penurunan 12.22 N/mm<sup>2</sup> dan 60% dengan 10.73 N/mm<sup>2</sup>. Hasil daripada ujian menunjukkan kekuatan mampatan mengalami penurunan yang ketara selepas 40% campuran jerami padi. Trend penurunan bahawa semakin tinggi peratusan jerami padi dalam campuran, semakin rendah kekuatan mampatan yang dihasilkan. Penurunan ini jelas membuktikan kekuatan mampatan bata turapan menurun apabila peratusan jerami padi meningkat. Penurunan kekuatan mungkin disebabkan oleh kehadiran gentian jerami padi yang mengganggu ikatan antara simen dan agregat. Dapatan ini sejajar dengan kajian yang dijalankan oleh Zain et. Al (2019) yang melaporkan penambahan bahan berserat perlu dikawal untuk mengekalkan sifat mekanikal bahan binaan. Secara kesimpulannya, kekuatan mampatan bata turap akan menurun apabila peratusan jerami padi melebihi 40%. Justeru campuran optimum yang disyorkan ialah tidak melebihi 40% bagi mengekalkan kekuatan dalam julat yang sesuai bagi aplikasi bukan struktur seperti laluan pejalan kaki atau turapan ringan.

#### 4.2 Ujian Serapan Air



**Rajah 11:** Graf Perbandingan Peratus Kadar Serapan Air Terhadap Peratus Campuran

Rajah 11 menunjukkan bahawa sampel 0% campuran jerami padi mencatatkan kadar serapan air yang terendah iaitu 7.99%. Peningkatan 40% jerami meningkatkan kadar serapan air kepada 11.06, manakala pada kadar 50% meningkat kepada 13.23% dan 60% mencatat kadar tertinggi iaitu 14.36%. Peningkatan kadar serapan ini berlaku secara progresif seiring dengan penambahan kadar peratusan kandungan jerami padi dalam sampel. Hal ini disebabkan sifat semula jadi jerami padi yang berliang dan menyerap kelembapan. Seiring dengan penambahan jerami padi, kadar porositi pada struktur bata meningkat. Porositi yang tinggi mengakibatkan banyakk air meresap ke dalam bahan binaan yang seterusnya meningkat kadar serapan air keseluruhannya. Keadaan ini dinyatakan oleh Morsy et al. (2022) dalam laporannya yang menyebut abu jerami padi menyebabkan peningkatan kelembapan dalam bata jika tidak dikawal dengan baik. Sebagai kesimpulan, kadar serapan air meningkat secara signifikan apabila kandungan jerami padi dalam campuran bertambah. Justeru campuran optimum bagi mengekalkan kerintangan terhadap kelembapan bagi adalah campuran yang tidak melebihi 40%.

#### 5.0 Kesimpulan dan Cadangan

Kajian ini berjaya mencapai objektif yang ditetapkan, iaitu menentukan peratus optimum jerami padi dalam bata turapan, menilai kesannya terhadap kekuatan mampatan dan kadar serapan air. Dapatan menunjukkan campuran 40% jerami padi mengekalkan kekuatan mampatan yang sesuai dengan 15.72 N/mm<sup>2</sup> dan kadar serapan air terkawal. Manakala campuran melebihi 50% menyebabkan penurunan prestasi. Ini membuktikan jerami padi berpotensi sebagai bahan tambah mesra alam bagi aplikasi bukan struktur. Impak kajian ini

menyokong pengurangan penggunaan simen dan pasir, memanfaatkan sisa pertanian serta menyumbang kepada pembinaan mampan. Kajian lanjutan disarankan dengan memberi penumpuan kepada ketahanan jangka panjang dan prestasi dalam keadaan sebenar.

### Penghargaan

Penulis ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Politeknik Sultan Mizan Zainal Abidin (PSMZA) atas kemudahan penyelidikan dan sokongan yang diberikan sepanjang tempoh kajian ini dijalankan. Terima kasih khas diucapkan kepada Jabatan Kejuruteraan Awam atas bimbingan teknikal dan kerjasama.

### Rujukan

- Ahmad, N., & Salleh, M. (2020). *Use of Agricultural Waste in Concrete*. Journal of Sustainable Construction, 12(3), 55-63.
- Amin, N. A. M., Ismail, L. H., & Abdul Rahman, M. R. (2017). *Thermal and sound insulation properties of rice straw fibre panels*. Materials Science Forum, 888, 367–371. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.888.367>
- British Standards Institution. (1983). BS 1881-116: *Testing concrete – Method for determination of compressive strength*. BSI Standards.
- Chowdhury, S., Maniar, A., & Suganya, O. (2020). *Strength properties of compressed stabilized earth blocks using rice straw ash*. International Journal of Civil Engineering and Technology, 11(5), 151–158. Retrieved from <https://iaeme.com>
- Duppati, S., & Gopi, R. (2022). *Strength and Durability Studies on Paver Blocks with Rice Straw Ash as Partial Replacement of Cement*. Materials Today: Proceedings. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785321066001>
- Morsy, M. I., et al. (2022). *Recycling Rice Straw Ash to Produce Low Thermal Conductivity and Moisture-Resistant Geopolymer Adobe Bricks*. Scientific Reports. <https://www.nature.com/articles/s41598-022-16739-2>
- MDPI. (2021). *Evaluation of Rice Straw Ash as a Pozzolanic Addition in Cementitious Materials*. Applied Sciences. <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/2/773>
- MDPI. (2024). *Mechanical and Physical Performance of Cement Paste Containing Rice Straw Ash*. Applied Sciences. <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/7/3959>
- International Journal of Engineering Research in Mechanical and Civil Engineering (IJERMCE). (2021). *Feasibility Study of Using Rice Straw Ash as a Construction Material*. [https://www.technoarete.org/common\\_abstract/pdf/IJERMCE/v8/i3/Ext\\_95183.pdf](https://www.technoarete.org/common_abstract/pdf/IJERMCE/v8/i3/Ext_95183.pdf)
- Jabatan Standard Malaysia. (2017). *MS EN 12390-3:2017 - Ujian konkrit mengeras — Bahagian 3: Kekuatan mampatan spesimen ujian*. Cyberjaya: Jabatan Standard Malaysia.
- Jabatan Standard Malaysia. (1991). *MS 28: Bahagian 18:1991 - Spesifikasi untuk blok turapan konkrit tuang siap — Bahagian 18: Penentuan penyerapan air*. Cyberjaya: Jabatan Standard Malaysia.
- Zain, M. F. M., et al. (2019). *Potential of Rice Straw as Construction Material*. International Journal of Civil Engineering, 14(2), 75-81.