

Keberkesanan Penggunaan Tempurung Kelapa sebagai Bahan Gantian Pasir dalam Pembuatan Bata Simen

Nur Nadhirah Yusoff¹, Siti Nuraini Razali¹, Nursyasya Balqis Rosdi¹, Masiri Kaamin^{2*}

¹ Department of Civil Engineering, Centre for Diploma Studies, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Pagoh Higher Education Hub, 84600 Pagoh, Johor, MALAYSIA

² Spatial Technology for Civil Engineering, Centre for Diploma Studies, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Pagoh Education Hub, 86400 Pagoh, Johor, Malaysia

*Corresponding Author: masiri@uthm.edu.my

DOI: <https://doi.org/10.30880/mari.2026.07.01.009>

Maklumat Artikel

Diserah: 1 Oktober 2025

Diterima: 30 November 2025

Diterbitkan: 15 Januari 2026

Kata Kunci

Bata simen, Penggantian pasir, Tempurung kelapa, Kekuatan Mampatan, Resapan air

Abstrak

Bata simen yang dihasilkan daripada campuran simen, pasir dan air telah digunakan secara meluas dalam industri pembinaan, terutamanya sebagai bahan utama untuk pembinaan dinding struktur dan bukan struktur disebabkan kosnya yang rendah serta kaedah pengeluarannya yang mudah. Namun, peningkatan permintaan terhadap pasir semula jadi sebagai salah satu bahan asas penghasilan bata simen telah menimbulkan isu alam sekitar seperti hakisan tanah, kemerosotan sumber, dan gangguan ekosistem. Kajian ini bertujuan menilai potensi tempurung kelapa sebagai bahan gantian separa kepada pasir dalam pembuatan bata simen, ke arah pembangunan bahan binaan yang lebih lestari. Campuran simen kepada pasir adalah 1:5 dengan kadar penggantian pasir kepada serbuk tempurung kelapa sebanyak 10%, 15% dan 25%. Sebanyak 24 sampel bata simen bersaiz 100 mm × 100 mm × 100 mm dihasilkan dan diuji selepas pengawetan selama 7 dan 28 hari. Dua ujian dijalankan: penyerapan air bagi menilai kebolehtelapan, dan kekuatan mampatan untuk menentukan ketahanan mekanikal bata. Keputusan menunjukkan bahawa penggantian 10% serbuk tempurung kelapa menghasilkan bata dengan kekuatan mampatan antara 3 hingga 5 N/mm² serta kadar serapan air di bawah 12%, menepati piawaian MS 7.6:1972 untuk bata konkrit bukan beban. Oleh itu, penggunaan bahan ini berpotensi mengurangkan impak alam sekitar sambil mengekalkan ciri-ciri asas bata simen konvensional.

Keywords

Cement brick, Additive, Sand Replacement, Coconut shell, Compressive strength, Water absorption

Abstract

Cement bricks made from a mixture of cement, sand, and water have been widely used in the construction industry, especially as the main material for building structural and non-structural walls due to their low cost and simple production methods. However, the increasing demand for natural sand as one of the primary materials in cement brick production has raised environmental issues such as soil erosion, resource depletion, and ecosystem disruption. This study aims to evaluate the potential of coconut shell as a partial substitute for sand in the production of cement bricks,

towards the development of more sustainable building materials. The cement-to-sand ratio is 1:5 with a replacement rate of sand with coconut shell powder at 10%, 15%, and 25%. A total of 24 cement brick samples sized 100 mm × 100 mm × 100 mm were produced and tested after curing for 7 and 28 days. Two tests were conducted: water absorption to assess permeability, and compressive strength to determine the mechanical durability of the bricks. The results show that the replacement of 10% coconut shell powder produces bricks with a compressive strength between 3 to 5 MPa and a water absorption rate below 12%, meeting the MS 7.6:1972 standard for non-load-bearing concrete bricks. Therefore, the use of this material has the potential to reduce environmental impact while maintaining the basic characteristics of conventional cement bricks.

1. Pendahuluan

Bata simen merupakan salah satu bahan binaan utama yang digunakan secara meluas dalam industri pembinaan di Malaysia. Ia diperbuat daripada campuran simen, pasir dan air, dan berfungsi sebagai elemen struktur dalam pembinaan dinding, tembok penahan serta komponen hiasan dalam reka bentuk bangunan moden dan tradisional [1]. Ciri-ciri bata simen seperti tahan cuaca, kalis serangga, dan penebat haba dan bunyi menjadikannya bahan yang tahan lama dan sesuai untuk pelbagai jenis pembinaan [2]. Namun begitu, pengeluaran bata simen secara besar-besaran memerlukan penggunaan pasir dalam jumlah yang tinggi. Penggunaan pasir yang berlebihan telah menimbulkan pelbagai isu alam sekitar seperti hakisan tebing sungai, pencemaran air, gangguan ekosistem hidupan akuatik dan krisis pasir global akibat aktiviti perlombongan yang tidak terkawal [3].

Selain itu, bata yang bergantung sepenuhnya kepada pasir sebagai bahan utama juga mudah mengalami keretakan apabila terdedah kepada perubahan suhu melampau dan pengecutan semasa pengeringan [4]. Dalam usaha mengatasi isu ini, tempurung kelapa yang merupakan bahan buangan organik dicadangkan sebagai bahan tambah atau pengganti sebahagian pasir dalam pembuatan bata simen. Tempurung kelapa mempunyai kandungan lignin dan selulosa yang tinggi, menjadikannya bahan yang kuat dan tahan lasak. Ia berpotensi meningkatkan kekuatan mampatan bata serta mengurangkan pembentukan retakan mikro [5]. Selain itu, sifat berliangnya membantu meningkatkan penebatan haba dan bunyi. Penggunaan tempurung kelapa juga menyokong amalan teknologi hijau dan ekonomi kitaran kerana dapat mengurangkan jumlah sisa organik dan mengelakkan pencemaran udara akibat pembakaran terbuka [6]. Oleh itu, kajian ini dijalankan bagi menilai keberkesanan tempurung kelapa sebagai bahan tambah dalam pembuatan bata simen dari segi ciri fizikal dan mekanikal. Fokus utama kajian adalah untuk mengkaji sifat tempurung kelapa dan pasir, menyediakan campuran bata dengan peratusan penggantian yang sesuai, serta menjalankan ujian ke atas sampel bata seperti ujian kekuatan mampatan dan ujian resapan air [7].

Di Malaysia, bata yang biasa digunakan termasuk bata tanah liat, bata simen, dan bata blok. Setiap jenis bata ini mempunyai ciri-ciri tersendiri dari segi kekuatan, ketahanan, dan fungsi. Dalam pembinaan, bata digunakan untuk membina dinding yang berperanan menanggung beban, menghalang kelembapan, haba, serta bunyi dan memberi perlindungan terhadap kebakaran. Ia mudah didapati dan mempunyai kekuatan mampatan yang baik, menjadikannya sesuai untuk pembinaan struktur ringan, tetapi ia kurang menyerap bunyi dan mungkin menyebabkan gema dalam ruang tertutup [8]. Pasir ialah komponen penting dalam bata simen kerana berfungsi sebagai bahan pengisi yang menyumbang kepada kekuatan dan kestabilan bata. Namun, permintaan tinggi terhadap pasir semula jadi menimbulkan isu alam sekitar seperti hakisan dan pencemaran. Justeru, tempurung kelapa dilihat sebagai alternatif mampan kerana ia adalah bahan buangan pertanian yang keras, berserat dan boleh dikitar semula. Tempurung kelapa juga adalah bahan buangan organik yang boleh digunakan semula dalam pelbagai cara yang selaras dengan teknologi hijau dan kelestarian. Penggunaan semula tempurung kelapa membantu mengurangkan sisa organik di tapak pelupusan sampah dan menyokong konsep teknologi hijau yang menekankan kitar semula bahan buangan [9]. Seterusnya, pasir berperanan dalam memberi kestabilan struktur, manakala simen bertindak sebagai bahan pengikat. Air pula membantu dalam proses hidrasi dan pembentukan ikatan yang kukuh antara bahan-bahan tersebut [10].

Nisbah campuran standard bagi bata simen di Malaysia ialah 1:5, iaitu satu bahagian simen dan lima bahagian pasir. Secara umumnya, kekuatan mampatan standard piawai bagi bata simen dengan nisbah 1:5 ialah berada dalam julat antara 3 Mpa hingga 5 MPa kerana bergantung kepada kawalan kualiti bahan dan proses pengawetan yang dijalankan. Nisbah ini sesuai digunakan untuk dinding dalaman yang tidak menanggung beban berat kerana ia mampu menghasilkan ikatan yang baik serta kekuatan yang mencukupi untuk pembinaan ringan. Proses campuran dan pengawetan yang betul amat penting bagi memastikan bata yang dihasilkan kukuh, tahan

lama dan seragam [11]. Selain bahan asas, terdapat juga inisiatif menggunakan bahan semula jadi seperti tempurung kelapa untuk menggantikan sebahagian pasir dalam penghasilan bata simen. Beberapa kajian menunjukkan bahawa penambahan serbuk atau abu tempurung kelapa dalam campuran simen berpotensi meningkatkan kekuatan mampatan bata [12].

2. Metodologi

2.1 Penyediaan Sampel

Penyediaan sampel merupakan langkah awal yang penting dalam memastikan bahan tambahan yang digunakan berada dalam keadaan sesuai untuk dicampurkan ke dalam komposisi bata simen. Dalam kajian ini, tempurung kelapa digunakan sebagai bahan gantian separa kepada pasir. Tempurung kelapa dibersihkan dan dikeringkan bagi mengelakkan kandungan kelembapan yang boleh menjejaskan mutu campuran [13]. Tempurung kelapa dihancurkan seperti dalam Rajah 1(a) sehingga membentuk serbuk dengan saiz partikel antara 1 mm hingga 4.75 mm, iaitu dalam julat yang menyerupai pasir halus hingga kasar. Serbuk yang dihasilkan kemudiannya diayak dan diasingkan mengikut julat saiz yang diperlukan sebelum digunakan dalam campuran bata simen. Serbuk yang diperoleh diayak dan diasingkan mengikut julat saiz yang diperlukan sebelum digunakan dalam campuran, proses ini ditunjukkan dalam Rajah 1(b).



Rajah 1 Penyediaan Sampel (a) Proses penghancuran tempurung kelapa; (b) Proses ayakan

2.2 Filament Production

The dried and shredded PP flakes were fed into the Felfil Evo Pro extruder for filament production. The extrusion temperature was set between 180 °C and 200 °C, producing a 1.75 mm \pm 0.05 mm diameter filament. The extruded filament was spooled under controlled tension, with the filament radius verified microscopically to be 0.880 mm to 0.904 mm, ensuring dimensional consistency for 3D printing.

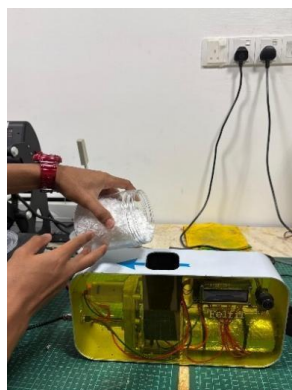


Fig. 3 Filament extrusion using Felfill Evo Pro machine

2.3 Nisbah Bancuhan Kajian

Nisbah campuran simen kepada pasir sebanyak 1:5 (berdasarkan berat), dengan sebahagian pasir digantikan oleh serbuk tempurung kelapa pada kadar 10%, 15%, dan 25%. Sampel A merupakan bata simen kawalan tanpa campuran tempurung kelapa. Sampel B, C dan D pula mengandungi serbuk tempurung kelapa masing-masing sebanyak 10%, 15% dan 25% sebagai bahan tambahan. Sebanyak 24 sampel bata simen telah dihasilkan, dengan 3 sampel bagi setiap jenis campuran dan diuji pada dua tempoh perendaman iaitu 7 hari dan 28 hari. Maklumat lanjut mengenai nisbah bancuhan simen ditunjukkan dalam Jadual 1.

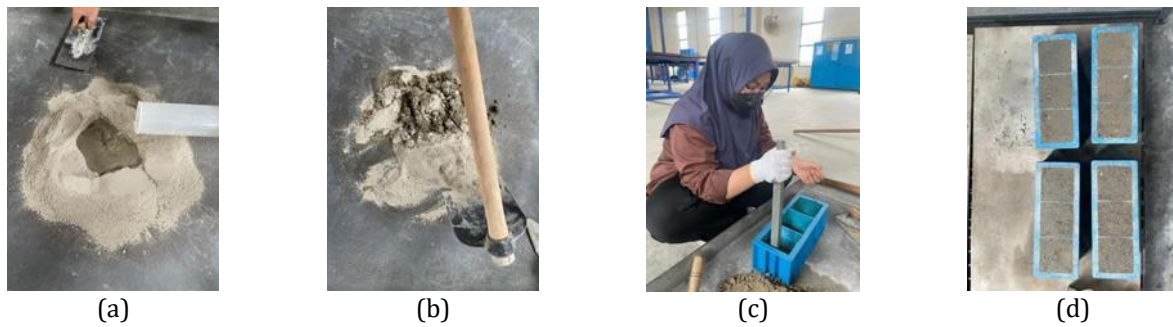
Jadual 1 Nisbah Bancuhan Kajian

Tempoh ujian (hari)	Bata	Nisbah (simen:pasir)	Pasir (%)	Serbuk Tempurung kelapa (%)	Jumlah Bilangan bata
7	1A	1:5	100%	0%	3
	1B	1:4.5	90%	10%	3
	1C	1:4.25	85%	15%	3
	1D	1:3.75	75%	25%	3
28	2A	1:5	100%	0%	3
	2B	1:4.5	90%	10%	3
	2C	1:4.25	85%	15%	3
	2D	1:3.75	75%	25%	3
					= 24

2.3 Proses Penghasilan Bata Simen

Proses penghasilan sampel melibatkan beberapa langkah utama bermula dengan penyediaan bahan mentah seperti simen, pasir dan serbuk tempurung kelapa. Seterusnya, bahan-bahan tersebut ditimbang mengikut nisbah campuran yang ditetapkan dan digaul sehingga menjadi adunan yang homogen. Campuran ini kemudiannya dimasukkan ke dalam acuan berbentuk kiub, dipadatkan, dan dibiarkan mengeras sebelum menjalani proses rendaman (curing) selama 7 dan 28 hari. Tempurung kelapa digunakan sebagai bahan gantikan separa pasir pada kadar 10%, 15% dan 25%. Kadar campuran ini dikira berdasarkan nisbah penggantian daripada berat asal pasir iaitu 5 Kg. Oleh itu, pada kadar 10%, 0.5 Kg pasir digantikan dengan 0.5 Kg serbuk tempurung kelapa, pada kadar 15%, 0.75 Kg pasir digantikan dengan 0.75 Kg serbuk tempurung kelapa dan pada kadar 25%, 1.25 Kg pasir digantikan dengan 1.25 Kg serbuk tempurung kelapa.

Seterusnya, bahan-bahan kering seperti simen, pasir, dan serbuk tempurung kelapa dicampur terlebih dahulu sehingga sekata. Kemudian, air ditambah secara berperingkat ke dalam campuran kering sehingga adunan yang homogen diperolehi. Proses pencampuran ini dapat dilihat dalam Rajah 2(a) dan 2(b). Campuran kemudiannya dimasukkan ke dalam acuan bersaiz 100 mm × 100 mm × 100 mm dan dipadatkan dengan membahagikannya kepada tiga lapisan. Setiap lapisan dipadatkan dengan 25 ketukan bagi mengurangkan pembentukan rongga udara dan memastikan ketumpatan yang sekata, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2(c). Bata yang telah siap dimasukkan dan dipadatkan ke dalam acuan ditinggalkan untuk proses pengerasan awal sebelum melalui proses rendaman (curing). Setiap acuan diisi dengan teliti bagi memastikan permukaan rata dan bebas dari rongga udara, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2(d). Bata yang telah dibentuk dibiarkan mengeras selama 24 jam di dalam acuan sebelum dikeluarkan. Seterusnya, sampel bata direndam dalam air bagi proses pengerasan (curing) selama 7 dan 28 hari. Akhir sekali, ujian resapan air dan ujian kekuatan mampatan dijalankan ke atas semua 24 sampel untuk menilai prestasi bata berbanding bata simen konvensional.



Rajah 2 Proses penghasilan bata simen (a) Proses penambahan air secara berperingkat; (b) Proses pencampuran bahan-bahan; (c) Proses ketukan bagi pepadatan; (d) Bata simen dalam acuan selepas pepadatan

2.4 Ujian Makmal Terhadap Bata

Dua jenis ujian makmal dijalankan ke atas semua sampel, iaitu ujian resapan air dan ujian ketumpatan mampatan. Bagi ujian resapan air, ia dijalankan bagi menentukan kadar penyerapan air bata. Kesemua sampel ditimbang dalam keadaan kering sebelum direndam, dan ditimbang semula selepas 7 dan 28 hari rendaman untuk mengira peratusan penyerapan air seperti ditunjukkan dalam Rajah 3(a). Manakala ujian kekuatan mampatan bertujuan untuk menentukan kekuatan struktur bata dengan menggunakan mesin mampatan untuk 12 sampel bagi 7 hari dan 12 sampel bagi 28 hari pada Rajah 3(b). Dalam ujian ini, beban dikenakan secara beransur-ansur ke atas bata sehingga ia mengalami kegagalan struktur seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3(c), dan kekuatan mampatan dikira berdasarkan nisbah beban maksimum yang ditampung kepada luas permukaan bata. Data yang diperolehi daripada kedua-dua ujian ini digunakan untuk menilai prestasi fizikal dan mekanikal bata simen yang mengandungi bahan tambah tempurung kelapa.



Rajah 3 Ujian makmal terhadap bata (a) Proses penimbangan sampel; (b) Proses pengujian kekuatan mampatan; (c) Bata yang mengalami kegagalan struktur

3. Hasil dan Analisis

Bahagian ini menunjukkan keputusan daripada dua jenis ujian yang telah dijalankan ke atas kesemua sampel bata simen. Ujian pertama ialah ujian kadar resapan air, yang dilakukan bagi menentukan keupayaan bata untuk menyerap air dan ketahanannya terhadap kelembapan. Ujian kedua ialah ujian kekuatan mampatan, yang bertujuan untuk menilai keupayaan bata menahan daya tekanan secara menegak. Hasil daripada kedua-dua ujian ini dianalisis bagi membandingkan prestasi bata dengan kandungan tempurung kelapa yang berbeza, serta untuk menilai keberkesanan bahan tersebut sebagai bahan tambah dalam pembuatan bata simen.

3.1 Ujian Penyerapan Air

Berdasarkan Rajah 4, sampel 10%, 15% (28 hari) dan 25% memenuhi standard piawai kadar penyerapan air iaitu di bawah 12% [14]. Analisis yang dijalankan untuk membandingkan penyerapan air pada sampel bata dari

7 hari hingga 28 hari menunjukkan corak yang berbeza kerana bergantung kepada penambahan serbuk tempurung kelapa. Bata kawalan (1:5) menunjukkan kestabilan struktur, menurunkan penyerapan air dari 10.45% (7 hari) kepada 9.18% (28 hari). Sebaliknya, bata dengan serbuk tempurung kelapa 10% dan 15% menunjukkan peningkatan penyerapan air daripada 11.60% (7 hari) kepada 13.84% (28 hari) dan daripada 17.83% (7 hari) kepada 18.01% (28 hari) masing-masing. Sifat higroskopik lignoselulosa dalam tempurung kelapa menggalakkan penyerapan air secara berterusan [15]. Walaupun kadar peratusan 25% serbuk tempurung kelapa mempunyai penyerapan terendah iaitu 6.25% (7 hari), ia meningkat paling banyak kepada 10.01% (28 hari).

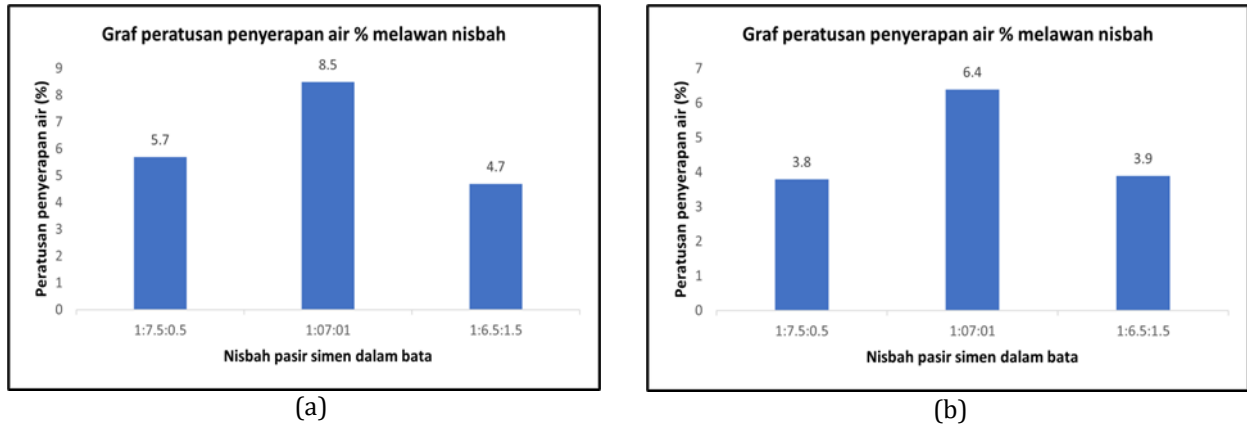
Secara teorinya, semakin banyak tempurung kelapa ditambah, semakin tinggi kadar serapan air kerana sifatnya yang berliang dan mudah menyerap lembapan serta mengganggu ikatan dalam campuran simen. Peningkatan penyerapan air juga berlaku dari bata kawalan hingga ke 15% disebabkan oleh permukaan tempurung kelapa yang berliang dan tidak seragam, yang membolehkan lebih banyak air menembusi struktur bata. Kehadiran bahan organik dalam tempurung kelapa turut menjejaskan ikatan antara zarah simen dan pasir lalu meningkatkan porositi. Namun, apabila kandungan serbuk tempurung kelapa ditingkatkan kepada 25%, zarah-zarah halus bertindak sebagai bahan pengisi (filler) yang memenuhi liang-liang dalam campuran, sekaligus meningkatkan ketumpatan struktur bata dan mengurangkan penyerapan air. Tetapi hal ini disokong oleh faktor saiz zarah halus tempurung kelapa yang bertindak mengisi ruang kosong antara partikel pasir, sekaligus mengurangkan porositi keseluruhan dan menstabilkan struktur bata.

Selain itu, proses pemadatan yang lebih teliti turut membantu mengurangkan jumlah rongga udara dalam bata yang menggunakan kadar 25% bahan tambahan [16] [17]. Secara keseluruhan, tempoh rendaman yang lebih lama mempunyai kesan ke atas penyerapan air dalam bata, terutamanya untuk sampel dengan campuran serbuk tempurung kelapa. Ini menunjukkan betapa pentingnya nisbah bahan tambah yang ideal.



Rajah 4 Perbandingan Penyerapan Air bagi 7 Hari dan 28 Hari

Rajah 5(a) dan 5(b) menunjukkan hasil kajian oleh Mohd Fahmi et al. Yang membuktikan bahawa saiz tempurung kelapa dan kadar pengantiannya memberi kesan ketara terhadap kadar penyerapan air bata simen. Zarah bersaiz kecil (1–14 mm) menghasilkan lebih banyak pecahan halus yang meningkatkan keliangan dan kadar serapan air, manakala zarah yang lebih besar (14–28 mm) menunjukkan penyerapan yang lebih rendah kerana saiznya mengurangkan pembentukan ruang halus dalam struktur bata. Dalam kajian ini, campuran 25% serbuk tempurung kelapa menunjukkan peningkatan kadar penyerapan air, namun hasil kajian Mohd Fahmi et al. membuktikan bahawa penggunaan tempurung kelapa bersaiz 14–28 mm walaupun pada kadar tinggi seperti 25% masih boleh menghasilkan kadar penyerapan air yang rendah jika saiz dan pemadatan dikawal dengan baik. Ini menunjukkan bahawa penggunaan zarah halus pada kadar tinggi menyumbang kepada peningkatan keliangan dan kebolehtelapan bata. Justeru, pemilihan saiz zarah yang sesuai dan kadar campuran yang optimum adalah penting untuk mengawal kadar serapan air dalam bata simen.



Rajah 5 Nilai penyerapan kajian lepas (a) Peratusan penyerapan air tempurung bersaiz 1-14 mm; (b) Peratusan penyerapan air tempurung bersaiz 14-28mm

3.2 Ujian Kekuatan Mampatan Bata

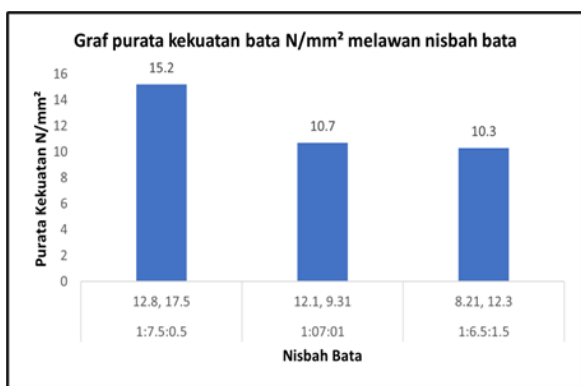
Hasil ujian menunjukkan perbandingan kekuatan mampatan antara bata kawalan dan bata yang mengandungi campuran serbuk tempurung kelapa pada kadar 10%, 15% dan 25%. Berdasarkan Rajah 6, kesemua sampel memenuhi piawaian kadar penyerapan air iaitu antara julat 3 N/mm² hingga 5 N/mm² [18]. Bata kawalan (1:5) menunjukkan kekuatan mampatan tertinggi iaitu 8.03 N/mm² (7 hari) dan meningkat kepada 15.40 N/mm² (28 hari) iaitu hasil daripada campuran simen dan pasir sepenuhnya yang padat dan kukuh. Namun, apabila serbuk tempurung kelapa digunakan sebagai bahan gantikan pasir pada kadar 10% dan 15%, kekuatan bata menurun secara ketara, dengan nilai serendah 3.15 N/mm² (7 hari) pada kadar 15%. Penurunan ini dikaitkan dengan sifat semula jadi tempurung kelapa yang berliang dan kurang berupaya membentuk ikatan kukuh dengan simen, sekali gus melemahkan struktur bata. Menariknya, pada kadar 25%, kekuatan mampatan meningkat semula kepada 4.87 N/mm² (7 hari) dan 5.21 N/mm² (28 hari), disebabkan oleh kesan pengisian rongga oleh zarah halus, serta pencampuran dan pepadatan yang lebih berkesan.

Secara teori, penurunan kekuatan mampatan pada kadar 15% serbuk tempurung kelapa boleh dikaitkan dengan fakta saiz dan sifat zarah serbuk tempurung kelapa. Dalam kajian ini, serbuk tempurung kelapa diayak kepada saiz antara 1 mm hingga 4.75 mm, iaitu hampir menyerupai pasir halus hingga kasar. Pada kadar 15%, jumlah zarah halus ini mungkin masih tidak mencukupi untuk mengisi rongga mikro antara butiran pasir dan simen, menyebabkan campuran menjadi kurang padat dan melemahkan ikatan dalam struktur bata. Selain itu, permukaan tempurung kelapa yang kasar dan berliang menyebabkan ikatan dengan simen tidak sekuat pasir, lalu menurunkan kekuatan mampatan bata. Namun, apabila kandungan serbuk ditingkatkan kepada 25%, jumlah zarah halus meningkat, membolehkan pengisian rongga berlaku dengan lebih menyeluruh. Keadaan ini menjadikan struktur campuran lebih padat, mengurangkan ruang udara, dan meningkatkan kekuatan mampatan. Ini sejajar dengan teori pengisian rongga (void filling theory) yang menyatakan bahawa zarah berukuran kecil dan sesuai mampu mengisi ruang antara pasir, seterusnya memperbaiki kekuatan campuran. Justeru, peningkatan kekuatan pada kadar 25% menunjukkan bahawa saiz dan jumlah zarah serbuk tempurung kelapa memainkan peranan penting dalam menentukan ketumpatan dan kekuatan akhir bata simen.

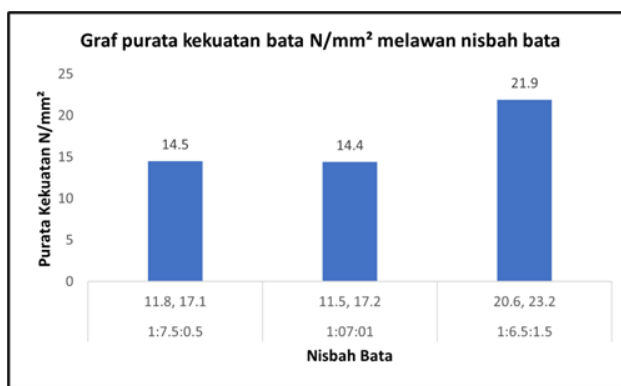


Rajah 6 Purata kekuatan mampatan melawan nisbah campuran bata simen 7 hari & 28 hari

Rajah 7(a) dan 7(b) menunjukkan perbandingan antara saiz tempurung kelapa 1 mm hingga 14 mm dan 14 mm hingga 28 mm yang menunjukkan bahawa saiz zarah memainkan peranan penting terhadap kekuatan mampatan bata simen [19]. Tempurung kelapa bersaiz besar (14–28 mm) dengan nisbah 1:6.5:1.5 mencatatkan kekuatan mampatan tertinggi (21.9 N/mm²), berbanding saiz kecil 1–14 mm (10.3 N/mm²), manakala dalam kajian ini serbuk halus pada kadar 25% menunjukkan kekuatan yang jauh lebih rendah (4.87 N/mm²). Ini membuktikan bahawa zarah kasar seperti saiz 14–28 mm membantu menyebarkan beban dengan lebih sekata dan membentuk struktur yang lebih padat. Sebaliknya, serbuk halus meningkatkan porositi dan melemahkan ikatan antara zarah. Oleh itu, jika kadar penggantian tinggi seperti 25% digunakan, penggunaan saiz 14–28 mm adalah lebih sesuai berbanding serbuk halus bagi mengekalkan atau meningkatkan kekuatan mampatan bata.



(a)



(b)

Rajah 7 Nilai kekuatan mampatan kajian lepas (a) Kekuatan mampatan tempurung bersaiz 1-14 mm; (b) Kekuatan mampatan tempurung bersaiz 14-28 mm

Pada kadar penggantian 25% serbuk tempurung kelapa dalam bata simen, keputusan ujian menunjukkan peningkatan yang ketara dalam kadar penyerapan air berbanding bata kawalan. Ini disebabkan oleh sifat fizikal tempurung kelapa yang berserat dan berliang, yang menyerap lebih banyak kelembapan berbanding pasir. Struktur ini menyebabkan terbentuknya lebih banyak liang udara dan ruang kosong dalam bata, yang meningkatkan kebolehtelapan air [20]. Pada masa yang sama, kekuatan mampatan bata bagi campuran 25% menurun secara ketara. Kandungan tinggi bahan organik yang tidak mempunyai sifat pengikat sekuat pasir menyebabkan gangguan terhadap ikatan antara zarah simen dan agregat, lalu melemahkan struktur dalaman bata [21].

Perbandingan ini menunjukkan hubungan berkadar songsang antara kadar penyerapan air dan kekuatan mampatan bata simen. Apabila kandungan serbuk tempurung kelapa ditingkatkan, kadar penyerapan air meningkat manakala kekuatan mampatan menurun. Ini membuktikan bahawa walaupun tempurung kelapa berpotensi digunakan sebagai bahan tambah, kadar penggunaannya perlu dikawal agar tidak menjejaskan

prestasi mekanikal bata secara keseluruhan. Untuk maklumat lebih lanjut, rujuk Rajah 6 dan Rajah 4 bagi melihat perbandingan nilai kekuatan dan mengenal pasti tahap kandungan tempurung kelapa yang masih melepasi piawaian yang ditetapkan.

4. Kesimpulan

Kajian ini mendapati bahawa sampel dengan kadar penggantian serbuk tempurung kelapa sebanyak 10%, 15% (28 hari) dan 25% telah memenuhi standard piawaian penyerapan air iaitu kurang daripada 12%, manakala bagi kekuatan mampatan kesemua sampel turut mencapai piawaian kekuatan mampatan iaitu dalam julat 3 MPa hingga 5 MPa, sejajar dengan nisbah campuran 1:5 yang digunakan. Bagi ujian penyerapan air, kadar penyerapan meningkat pada nisbah 10% dan 15%, namun kesemua sampel masih berada di bawah had maksimum 12% yang dibenarkan, menjadikan bata tersebut masih sesuai untuk digunakan dalam pembinaan. Dari segi kekuatan mampatan pula nilai tertinggi dicapai oleh bata kawalan, manakala penambahan 10% serbuk tempurung kelapa masih memberikan kekuatan yang memadai dan melebihi standard minimum yang ditetapkan, iaitu antara 3 MPa hingga 5 MPa. Ini membuktikan bahawa penggunaan tempurung kelapa dalam jumlah kecil tidak menjejaskan kekuatan struktur bata secara ketara.

Secara keseluruhan, penggunaan tempurung kelapa sebagai bahan tambah pada kadar terkawal, khususnya pada kadar 10%, boleh dianggap sebagai kadar optimum kerana ia berjaya menyeimbangkan antara prestasi mekanikal dan kebolehtelapan bata. Walaupun kekuatan mampatannya tidak melebihi bata kawalan, ia masih memenuhi semua keperluan piawaian dari segi kekuatan dan kadar penyerapan air, menjadikannya sesuai untuk digunakan dalam pembinaan ringan dan bukan berstruktur berat. Tambahan pula, penggunaannya menyokong usaha kelestarian dengan memanfaatkan bahan buangan pertanian sebagai bahan alternatif mesra alam dalam penghasilan bata simen yang lebih mampan.

Beberapa cadangan telah dikemukakan bagi penambahbaikan kajian akan datang agar kualiti dan keberkesanan penghasilan bata simen dengan campuran tempurung kelapa dapat ditingkatkan. Antaranya termasuklah menambah bahan seperti sekam padi bagi memperbaiki kekuatan mampatan dan kebolehtelapan bata, serta menjalankan kajian lebih mendalam terhadap komposisi campuran untuk mendapatkan formulasi optimum. Seterusnya, penggunaan alat pemecah tempurung yang sesuai serta acuan bata bersaiz piawai (190 mm × 90 mm × 65 mm) bagi memastikan ketepatan dimensi bahan dan spesimen. Serbuk tempurung kelapa hendaklah diolah sehingga mencapai saiz halus setara pasir iaitu 0.075 mm hingga 4.75 mm bagi menghasilkan campuran yang lebih homogen dan meningkatkan ikatan dengan simen serta memperbaiki prestasi bata dari segi kekuatan dan kebolehtelapan. Di samping itu, kerjasama dengan agensi berkaitan serta penyelidikan lanjut terhadap prestasi campuran, khususnya pada nisbah 10% tempurung kelapa, amat digalakkan kerana ia menunjukkan prestasi kekuatan dan kestabilan data yang baik.

Penghargaan

Para penulis ingin merakamkan ucapan terima kasih kepada Pusat Pengajian Diploma, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas sokongan yang diberikan.

Konflik Kepentingan

Pengarang mengisytiharkan bahawa tiada sebarang konflik kepentingan berkaitan dengan penerbitan kertas ini.

Sumbangan Penulis

Jurnal ini memerlukan semua penulis mengambil tanggungjawab secara terbuka terhadap kandungan karya yang dihantar untuk semakan. Sumbangan setiap penulis mestilah dinyatakan dengan cara berikut.

*Para penulis mengesahkan sumbangan mereka terhadap kertas kerja ini seperti berikut: **Perancangan awal dan reka bentuk kajian:** Masiri Bin Kaamin, Nur Nadhirah Binti Yusoff, Siti Nuraini Binti Razali, Nursyasya Balqis Binti Rosdi; **Pengumpulan data:** Nur Nadhirah Binti Yusoff, Siti Nuraini Binti Razali, Nursyasya Balqis Binti Rosdi; **Analisis dan tafsiran keputusan:** Nur Nadhirah Binti Yusoff, Siti Nuraini Binti Razali, Nursyasya Balqis Binti Rosdi; **Penyediaan draf manuskrip:** Nur Nadhirah Binti Yusoff, Siti Nuraini Binti Razali, Nursyasya Balqis Binti Rosdi. Semua penulis telah menyemak keputusan dan meluluskan versi akhir manuskrip.*

Rujukan

[1] M. Fadly and A. Wahyudi, "Applications of cement bricks in wall construction," Journal of Building

- Materials, 2021.
- [2] A. Yusfieldza and R. Thurga, "Thermal and sound insulation properties of bricks," *Journal of Sustainable Architecture*, 2023.
- [3] E. S. Rentier, L. H. Cammeraat, "The environmental impacts of river sand mining," *Science of the Total environment*, vol. 838, no. 155877, 2022.
- [4] Z. Cheng, W. Yan, Z. Sui, J. Tang, C. Yuan, Chu, L., et al., "Effect of fiber content on the mechanical properties of engineered cementitious composites with recycled fine aggregate from clay brick," *Materials*, vol. 14, no. 12, pp. 3272, 2021.
- [5] H. A. Algaifi, S. Shahidan, S. S. M. Zuki, M. H. W. Ibrahim, G. F., Huseien, M. A. Rahim, "Mechanical properties of coconut shell-based concrete: experimental and optimisation modelling," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29, no. 14, pp. 21140-21155, 2022.
- [6] F. Vieira, H. E. Santana, M. Jesus, J. Santos, Pires, P., Vaz-Velho, M., et al., "Coconut waste: discovering sustainable approaches to advance a circular economy," *Sustainability*, vol. 16, no. 7, pp. 3066, 2024.
- [7] T. E. Okeke, F. O. Okafor, M. E. Onyia, "Optimizing concrete block properties through the use of coconut shell and coconut shell ash: a multilayer perceptron approach," *Mathematical Models in Engineering*, vol. 11, no. 3, pp. 155-175, 2025.
- [8] A. Ahadi, "Penggunaan bata simen dalam pembinaan moden," 2022.
- [9] M. R. Rahim, H. Ismail, and S. Omar, "Green technology practices in recycling agricultural waste for building materials," *Malaysian Journal of Green Building*, vol. 6, no. 2, pp. 89-95, 2018.
- [10] W. Kokoszka, "Impact of water quality on concrete mix and hardened concrete parameters," *Civil and Environmental Engineering Reports*, vol. 29, no. 3, pp. 174-182, 2019.
- [11] A. Khalilullah, "Thermal and structural behaviour of cement bricks," *International Construction Journal*, 2023.
- [12] M. Kaur, M. Kaur, "A review on utilization of coconut shell as coarse aggregates in mass concrete," *International journal of applied engineering research*, vol. 7, no. 11, pp. 05-08, 2012.
- [13] S. S. Raza, M. A. Khan, and A. Zia, "Sustainable use of coconut shell as aggregate in concrete: A review," *Materials Today: Proceedings*, vol. 47, no. 6, pp. 1253-1258, 2021.
- [14] ASTM International, ASTM C90-11b: Standard specification for loadbearing concrete masonry units, 2011.
- [15] N. Abdullah, Z. Ismail, S. Z. A. Rahim, and S. Yusoff, "Utilization of agricultural waste materials in concrete: A review," *Journal of Cleaner Production*, vol. 275, pp. 122924, 2020.
- [16] D. Eliche-Quesada, J. A. Sandalio-Pérez, S. Martínez-Martínez, L. Pérez-Villarejo, P. J. Sánchez-Soto, "Investigation of use of coal fly ash in eco-friendly construction materials: fired clay bricks and silica-calcareous non fired bricks," *Ceramics International*, vol. 44, no. 4, pp. 4400-4412, 2018.
- [17] K. Gunasekaran, P. S. Kumar, and M. Lakshmipathy, "Mechanical and bond properties of coconut shell concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 25, no. 1, pp. 92-98, 2017.
- [18] A. Shiuly, D. Dutta, A. Mondal, "Assessing compressive strengths of mortar and concrete from digital images by machine learning techniques," *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, vol. 16, no. 3, pp. 347-358, 2022.
- [19] H. Mohd Fahmi, M. F. Abdul Jalil, M. R. Nur Nasuha, and O. F. Hazwani, "Kajian penggunaan tempurung kelapa sebagai bahan tambahan untuk nisbah pasir dalam pembuatan bata simen," *Laporan Projek Akhir Tahun, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia*, 2025.
- [20] N. Sathiparan, "Characterization of lightweight cement concrete with partial replacement of coarse aggregate by coconut shell," *SN Applied Sciences*, vol. 1, no. 5, p. 527, 2019.
- [21] D. Noorasmawanty and M. Norfaniza, "A study review of coconut shells as replacement for coarse aggregate," *Recent Trends in Civil Engineering and Built Environment*, vol. 3, no. 1, pp. 42-48, 2022.