

Inovasi Batu Bata dari Campuran Tanah Liat

Brick Innovation from Clay Mixture

**Salman Salim*, Muhammad Fakhri Adam Azahari, Muhammad Saeid Ziad,
Muhammad Raziq Hanif Rizuan**

Jabatan Kejuruteraan Awam, Pusat Pengajian Diploma

Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Hab Pengajian Tinggi Pagoh, 84600, Pagoh, Johor, MALAYSIA

*Pengarang Utama: salman@uthm.edu.my

DOI: <https://doi.org/10.30880/mari.2025.06.04.011>

Info Artikel

Serahan: 26 Jun 2024

Diterima: 26 Jun 2024

Dalam Talian: 26 Jun 2024

Kata Kunci

Inovasi batu bata, bata tanah liat,
bata simen, industri pembinaan

Abstrak

Pengeluaran bata kini menggabungkan kaedah kuno dan moden untuk meningkatkan kecekapan dan kualiti. Kajian mendapati kerosakan bata berpunca daripada bahan yang tidak mencukupi dan ketidakpatuhan prosedur. Projek ini bertujuan untuk mengenalpasti jenis-jenis bata di industri pembinaan, membandingkan bata simen dan bata tanah liat dan juga mencipta batu bata inovatif menggunakan campuran tanah liat. Hasil kajian menunjukkan bahawa jenis bata biasa yang ada di Malaysia ialah bata simen, bata tanah liat dan bata kejuruteraan. Ujian bata menyediakan panduan tentang pemilihan bahan dan proses pembuatan bata untuk mematuhi piawaian. Projek ini juga dapat menghasilkan batu bata inovasi berserta hasil-hasil data analisis yang telah direkodkan.

Keywords

*Bricks Innovation, clay bricks, cement
bricks, construction industry*

Abstract

Brick production now combines ancient and modern methods to improve efficiency and quality. The study found that brick damage was caused by insufficient materials and non-compliance with procedures. This project aims to identify the types of bricks in the construction industry, compare cement bricks and clay bricks and also create innovative bricks using clay mixtures. The results of the study show that the common types of bricks in Malaysia are cement bricks, clay bricks and engineering bricks. Brick testing provides guidance on material selection and brick manufacturing processes to comply with standards. This project can also produce innovation bricks along with the results of the analysis data that has been recorded.

1. Pendahuluan

Batu bata adalah bahan binaan utama untuk struktur dinding dan bangunan lain, biasanya diperbuat daripada tanah liat yang dibentuk dan dibakar untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan. Terdapat juga batu bata yang diperbuat daripada bahan seperti simen atau tanah liat tanpa dibakar. Bata biasanya berbentuk segi empat tepat dan boleh disusun dalam pelbagai corak untuk dinding yang kuat dan tahan lama. Penggunaan batu bata meluas dalam pembinaan rumah, bangunan, dan struktur lain kerana kekuatan, ketahanan api, dan kemudahan

penggunaannya. Terdapat pelbagai jenis dan warna bata untuk memenuhi keperluan dan gaya seni bina tertentu [1].

Sejarah batu bata bermula di Mesir Purba sekitar 4000 SM, pada mulanya dikeringkan di bawah sinar matahari atau dibakar. Dalam Roman Times, teknik pengacuan kayu diperkenalkan untuk mencipta bata seragam, meningkatkan kecekapan pengeluaran. Pada Zaman Pertengahan dan Renaissance Eropah, teknik membuat batu bata berkembang, manakala Revolusi Perindustrian Abad ke-18 dan ke-19 membawa mesin dan teknologi baharu. Abad ke-20 menyaksikan inovasi bata seperti bata konkrit dan abu terbang, dengan tumpuan pada kemampuan dan kecekapan pengeluaran [1].

Jenis bata biasa termasuk bata tanah liat tradisional, bata konkrit yang lebih ringan, bata abu terbang dengan penebat haba yang baik, bata buih untuk penebat haba, bata kaca untuk pencahayaan dan bata api. Setiap jenis mempunyai kelebihan dan kekurangan, dipilih mengikut keperluan projek pembinaan. Objektif kajian ini adalah untuk menghasilkan sejenis bata yang lebih kuat daripada campuran simen, pasir dan tanah liat, dan membandingkannya dengan bata konkrit dalam projek akhir tahun. Kajian akan memberi tumpuan kepada kesan campuran tanah liat (5%, 10%, 15%, dan 20%) terhadap sifat bata seperti kekuatan mampatan, penyerapan air, dan rintangan haba.

1.1 Jenis Bata dalam Sektor Pembinaan

Batu bata diperbuat daripada tanah hitam dan kuning, terutamanya tanah liat, digunakan dalam pembinaan bangunan, terutamanya dinding, plaster, dan unsur-unsur lain. Batu merah yang diperbuat daripada tanah dan air merupakan komponen utama yang mempunyai pelbagai bentuk dan saiz, menjalani proses pengkuarian, pemrosesan, pengacuan, pengeringan, dan pembakaran pada suhu tinggi bagi menjamin ketahanan [2]. Penggunaan batu bata tanah liat telah berlaku sejak zaman Mesir, Rom dan Mesopotamia, terus berkembang ke Zaman Pertengahan dan Era Moden. Kitar semula bahan buangan seperti getah, habuk batu kapur, habuk papan, sisa teh, abu terbang, polistirena, dan bendasing ke dalam batu bata tanah liat yang dibakar adalah penyelesaian praktikal untuk pencemaran, menambahbaik sifat fizikal dan mekanikal batu bata [3]. Bata ialah bahan binaan serba boleh dan kos efektif yang boleh digunakan dalam pelbagai jenis projek pembinaan, mempamerkan kesederhanaan dan ketahanan yang ketara sepanjang sejarahnya.

Jenis bata termasuk tanah, konkrit, dan simen merupakan komponen penting dalam sektor pembinaan dengan kelebihan dan ciri yang berbeza. Bata tanah liat, yang diperbuat daripada tanah liat semula jadi dan dibakar dalam obor, terkenal dengan ketahanan, sifat penebat haba dan daya tarikan estetikanya [4]. Sebaliknya, bata konkrit diperbuat daripada campuran simen, pasir, dan agregat, menawarkan kekuatan tinggi, ketahanan api, dan keupayaan ekonomi. Bata abu terbang, yang dihasilkan daripada hasil serpihan arang yang terbakar semakin popular kerana sifatnya yang mesra alam, sifat penjimatan haba dan keberkesanan kos. Pelbagai jenis bata ini menyediakan pembina dengan pelbagai pilihan untuk memenuhi keperluan pembinaan, terutamanya dalam menyediakan pelbagai projek [4].

1.1.1 Batu Bata Tanah Liat

Bata diperbuat daripada tanah liat yang dicampur dengan air untuk memudahkan ia dibentuk, sama ada dengan tangan atau mesin dengan kesan melengkung. Proses pembakaran pada suhu yang betul adalah penting untuk mencairkan tanah liat dan menghasilkan kekerasan yang tahan lama. Bata tanah liat pada asalnya mudah dihasilkan daripada pengeringan matahari kepada penggunaan tanah liat industri moden. Walau bagaimanapun, kualiti awal mungkin terjejas oleh kekurangan bahan mentah dan pencemaran dalam pengeluaran. Hari ini, pencemaran bandar dan penggunaan bahan yang tidak sesuai telah menyebabkan penurunan pesat dalam kualiti batu bata, memerlukan penyelenggaraan yang lebih kerap pada bangunan. Memahami penurunan ini menggalakkan pembangunan kaedah dan bahan untuk meningkatkan kualiti batu bata, dengan harapan dapat memanjangkan jangka hayatnya [6].

1.1.2 Pengelasan Batu Bata

Pengelasan bata berdasarkan kualiti memainkan peranan penting dalam pembinaan, yang mengkategorikannya dari kelas pertama hingga kelas keempat. Bata Kelas Pertama adalah berkualiti tinggi yang diperbuat daripada tanah liat dengan permukaan licin dan tajam serta mampu menyerap sehingga 20% daripada berat keringnya selepas direndam dalam air tawar selama 24 jam, dan juga mempunyai kekuatan penghancuran sekitar 105 kg/cm². Seterusnya, bata kelas kedua dengan sedikit variasi dalam bentuk dan saiz, sesuai untuk dinding sekatan dan galas beban serta mampu menyerap hingga 22% daripada berat keringnya dengan kekuatan penghancuran sekitar 70 kg/cm² [6].

Bata kelas ketiga pula ialah bata yang berkualiti rendah dengan tepi yang tidak rata dan permukaan yang kasar, hanya mampu menyerap sehingga 25% daripada berat keringnya selepas direndam dalam air tawar selama 24 jam, dan mempunyai kekuatan kehancuran sekitar 35 kg/cm², biasanya digunakan untuk struktur

sementara. Bata Kelas Empat, kualiti paling rendah, tidak sesuai untuk pembinaan struktur kerana ia rapuh dan lebih baik digunakan sebagai agregat dalam konkrit brickbat untuk pembinaan jalan, asas, dan lantai [6].

1.2 Inovasi Batu Bata

Penyelidikan ini bertujuan untuk mencadangkan inovasi dalam pembuatan, reka bentuk, dan penggunaan bata untuk meningkatkan kemampatan, kecekapan, dan kepelbagaian dalam sektor pembinaan. Dalam artikel "Influence of Rice Husk Ash and Nano Silica on Strength and Durability of Cement Mortar," penyelidikan ini mengeksplorasi pengaruh abu sekam padi dan nano-silika terhadap kekuatan dan ketahanan mortar simen, dengan fokus pada peningkatan prestasi mekanikal [8]. Di sisi lain, dalam jurnal "*Strength and Durability Studies on Cement Concrete with Partial Replacement of Cement by Fly Ash and Fine Aggregate by Foundry Sand*," penyelidikan difokuskan kepada penggantian sebahagian simen dengan abu terbang dan agregat halus dengan pasir industri pasir foundry, untuk mengkaji kekuatan dan ketahanan konkrit dalam pelbagai keadaan [9].

1.3 Perbandingan Bata Simen Dan Bata Inovasi

1.3.1 Batu Simen

Bata simen adalah sejenis bata atau blok yang distabilkan di mana pasir terutamanya distabilkan dengan simen. Proses membuat bata simen mengurangkan penggunaan tenaga dan mengelakkan pencemaran alam sekitar dengan prinsip penstabilan bahan. Bata simen mempunyai kelebihan seperti tidak membentuk efflorescence yang boleh merosakkan estetika bata akibat pengaruh cuaca, dan tidak mengalami pembengkakan yang boleh menyebabkan rekahan pada struktur ikatan bata [10]. Sifat mekanikal bata, termasuk kekuatan mampatan dan penyerapan lembapan, adalah penting dalam menilai kualitinya sebagai bahan binaan. Ujian kekuatan mampatan adalah penting untuk menentukan kualiti bata universal, manakala tahap penyerapan lembapan dipengaruhi oleh ciri-ciri kandungan pasir dan simen dalam campuran bata, yang mempengaruhi ketahanan struktur terhadap umur dan kestabilan [11].

1.3.2 Batu Inovasi

Inovasi dalam pembuatan batu bata termasuk penggunaan sisa plastik, abu terbang, gentian asli, sisa kaca dan hempcrete. Sisa plastik seperti botol PET dicampur dengan pasir untuk menghasilkan batu bata kalis air dengan jejak karbon yang rendah [12]. Penggunaan abu terbang meningkatkan kekuatan dan ketahanan batu bata terhadap serangan kimia dan kebakaran [13]. Gentian asli seperti jerami dan sabut kelapa meningkatkan kekuatan mekanikal dan sifat terma batu bata, manakala sisa kaca dicampur dengan tanah liat atau simen untuk menghasilkan produk yang kuat dan tahan lama [14]. *Hempcrete*, diperbuat daripada gentian rami dan kapur, menawarkan penebat yang baik, tahan api dan mesra alam [15]. Inovasi ini menyediakan penyelesaian yang mampan dan mesra alam untuk keperluan bimbingan moden.

2. Metodologi

Metodologi semakan untuk projek akhir tahun memastikan reka bentuk yang teliti. Maklumat mengenai batu bata yang biasa digunakan diperoleh terlebih dahulu. Kemudian, campuran simen, pasir dan tanah liat ditukarkan kepada batu bata dengan variasi kuantiti tanah liat dalam setiap sampel. Setiap bata diuji untuk ketahanan, kekuatan mampatan, dan penyerapan air untuk membezakan perbezaan antara sampel. Metodologi ini memastikan setiap langkah kajian bergerak ke arah yang ditetapkan untuk menangani masalah yang dikenal pasti. Dua kaedah akan dijalankan untuk menyiapkan projek ini, iaitu kaedah kajian dan kaedah menganalisis data.

2.1 Kaedah Kajian

Pada peringkat awal projek, kajian literatur ini merangkumi pengumpulan maklumat daripada pelbagai sumber seperti internet dan bahan-bahan yang berkaitan dengan kajian yang dijalankan. Mengumpul maklumat ini adalah sangat penting, terutamanya sebagai langkah pertama dalam kajian. Dalam proses membuat batu bata, langkah pertama ialah penyediaan tanah liat. Tanah liat yang digunakan mesti mencapai tekstur yang konsisten dan bebas daripada kekotoran. Tanah liat diuli untuk mengeluarkan poket udara, menjadikannya lebih mudah dibentuk dan sesuai untuk menghasilkan batu bata. Bahan yang diperlukan dalam proses ini termasuk air, simen, tanah liat, dan pasir. Alat-alat yang digunakan termasuklah penyodok, baldi, cangkul, spatula simen, acuan bata, dan perata simen. Proses membuat bata melibatkan beberapa langkah utama seperti membuat acuan bata mengikut saiz standard, mengeringkan batu bata dengan menyembur air untuk mengeras, dan

membakar bata menggunakan kayu api dan sekam. Proses pembakaran biasanya mengambil masa 1-3 hari pada suhu yang boleh mencecah 1000 darjah Celsius bagi memastikan batu bata terbentuk dengan sempurna.

2.2 Kaedah Analisis Data

2.2.1 Ujian Penurunan

Ujian penurunan ialah kaedah ujian yang biasa digunakan secara meluas dalam bidang kejuruteraan awam untuk menilai ketekalan dan keboleherjaan konkrit baru atau konkrit segar. Ujian ini memberikan petunjuk tentang kandungan air dan tahap keseragaman dalam perkadaran campuran konkrit. Keboleherjaan adalah faktor penting dalam pembinaan konkrit, kerana ianya amat mempengaruhi kemudahan konkrit supaya boleh dicampur, diletakkan dan disiapkan.

2.2.2 Ujian Ketumpatan Bata

Ujian ketumpatan bata dilaksanakan bagi mengukur rupa bentuk bata yang dihasilkan. Ia juga untuk memastikan bata dihasilkan mengikut spesifikasi yang telah ditetapkan.

2.2.3 Ujian Kadar Penyerapan Air

Ujian resapan air adalah salah satu ujian yang digunakan dalam menentukan peratusan penyerapan air pada projek inovasi bata ini. Ujian ini sedikit rumit untuk dilakukannya kerana banyak langkah-langkah kerja yang perlu diikuti. Ujian ini perlu dilakukan dengan teliti dan mengikut prosedur dengan betul supaya tidak berlaku sebarang ralat.

2.2.4 Ujian Kekuatan Mampatan

Ujian mampatan ini dilakukan bagi mendapatkan kekuatan dan ketahanan bata yang telah dihasilkan. Ujian ini juga dilakukan dengan merujuk BS 1881: Part 116: 1983 (kaedah penentuan kekuatan mampatan). Bata yang akan mengalami ujian ini ialah bata yang sudah mencapai usia 7 hari dan 28 hari.

2.2.5 Ujian Kekonduksian Haba

Tujuan ujian kekonduksian haba ini dijalankan adalah untuk mengukur keupayaan bahan untuk mengalirkan haba, yang penting untuk menilai keberkesanan penebat, kecekapan tenaga dan kesesuaiannya untuk pelbagai aplikasi pengurusan haba dalam pembinaan, pembuatan dan industri lain.

3. Hasil Keputusan dan Perbincangan

3.1 Ujian Ketumpatan Bata

Jadual 1. menyediakan maklumat lengkap berkaitan ketumpatan bata inovasi yang dihasilkan oleh kumpulan projek akhir tahun ini. Data yang ditunjukkan termasuk jisim bata (kg), isipadu bata (m^3), dan ketumpatan bata (kg/m^3). Ujian ini memastikan kualiti bata yang konsisten dan penting untuk keselamatan dan prestasi struktur dalam projek pembinaan. Ketumpatan batu bata menentukan kesesuaiannya untuk aplikasi tertentu, menjadikannya penting untuk tujuan tertentu. Ujian yang ketat juga memastikan pematuhan dengan piawaian dan peraturan pembinaan, memastikan batu bata memenuhi keperluan keselamatan dan kualiti.

Jadual 1 Data ketumpatan bata inovasi berusia 7 dan 28 hari.

Tempoh Usia	Sampel Kiub	Simen	Tanah Liat	Tanah Liat	Tanah Liat	Tanah Liat
			(5%)	(10%)	(15%)	(20%)
7 hari	Jisim Bata (kg)	2.03	1.93	2.07	2.04	2.01
		2.06	1.94	2.09	2.05	2.01
		2.07	1.95	2.10	2.06	2.04
	Isipadu (m^3)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

	Ketumpatan (kg/m ³)	2030 2060 2070	1930 1940 1950	2070 2090 2100	2040 2050 2060	2010 2010 2040
	Jisim Bata (kg)	1.81 1.86 1.94	1.63 1.68 1.72	1.93 1.95 1.95	1.96 1.96 1.99	1.93 1.97 1.98
28 hari	Isipadu (m ³)	0.001 0.001 0.001	0.001 0.001 0.001	0.001 0.001 0.001	0.001 0.001 0.001	0.001 0.001 0.001
	Ketumpatan (kg/m ³)	1810 1860 1940	1630 1680 1720	1930 1950 1950	1960 1960 1990	1930 1970 1980

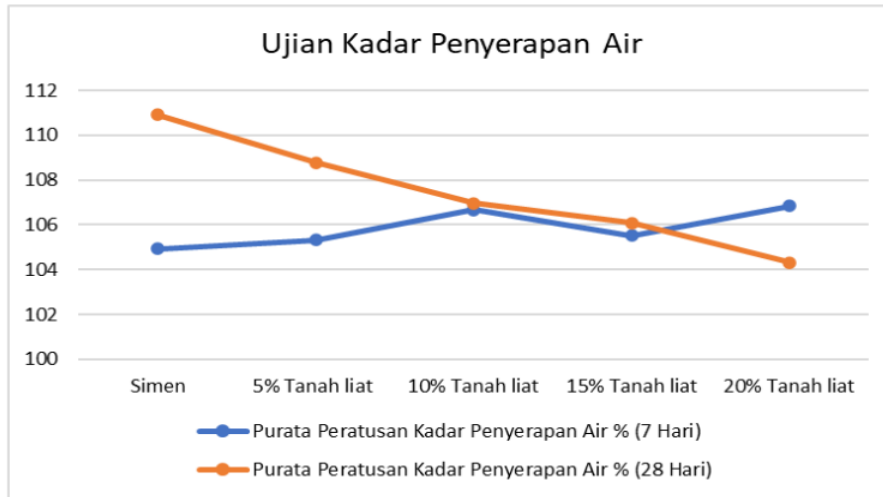
3.2 Ujian Kadar Penyerapan Air

Rajah 1 menunjukkan bahawa data tertinggi dicapai oleh batu bata inovasi dengan 20% tanah liat bagi bata berusia 7 hari. Manakala bata berusia 28 hari menunjukkan bahawa data tertinggi masih dicapai oleh bata simen merujuk Jadual 2. Ujian serapan mengukur berat air yang diserap oleh bata inovasi dengan campuran tanah liat 5%, 10%, 15% dan 20%. Bata inovatif ini direndam selama 24 jam, dan bata yang baik adalah yang menyerap sedikit air.

Jadual 2 Data kadar serapan bagi bata inovasi berusia 7 dan 28 hari.

Tempoh Usia	Sampel Kiub	Simen	Tanah Liat (5%)	Tanah Liat (10%)	Tanah Liat (15%)	Tanah Liat (20%)
	Isipadu (m ³)	0.001 0.001	0.001 0.001	0.001 0.001	0.001 0.001	0.001 0.001
	Jisim Bata Kering (kg)	2.01 2.04	2.06 2.07	1.94 1.95	2.07 2.09	2.04 2.05
7 hari	Jisim Bata Basah (kg)	2.12 2.13	2.17 2.18	2.07 2.08	2.18 2.21	2.18 2.19
	Peratusan Serapan (%)	105.47 104.41	105.33 105.31	106.70 106.66	105.31 105.74	106.86 106.83
	Purata Peratusan Serapan (%)	104.94	105.32	106.68	105.53	106.85
	Isipadu (m ³)	0.001 0.001	0.001 0.001	0.001 0.001	0.001 0.001	0.001 0.001
	Jisim Bata Kering (kg)	1.81 1.86	1.63 1.68	1.93 1.95	1.96 1.99	1.97 1.98
28 hari	Jisim Bata	2.02	1.79	2.07	2.09	2.05

Basah (kg)	2.05	1.81	2.08	2.10	2.07
Peratusan Serapan (%)	111.60	109.82	107.25	106.63	104.06
	110.22	107.74	106.67	105.53	104.55
Purata Peratusan Serapan (%)	110.91	108.78	106.96	106.08	104.31



Rajah 1 Kadar Penyerapan Air bagi bata berusia 7 dan 28 hari

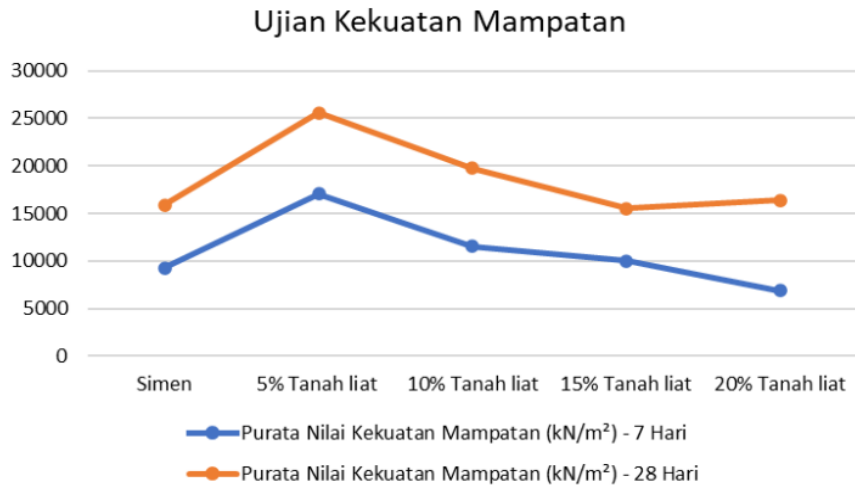
3.3 Ujian Kekuatan Mampatan

Rajah 2 menunjukkan bahawa bata inovasi dengan tanah liat 5% adalah yang terbaik dan selamat, dengan nilai kekuatan mampatan tertinggi, masing-masing 17050 kN/m² dan 25580 kN/m² merujuk Jadual 3. Ujian ini dijalankan ke atas bata inovasi dengan campuran tanah liat tertentu dan bata simen biasa berumur 7 dan 28 hari untuk mencari kekuatan mampatan bata untuk menanggung beban. Batu bata yang baik adalah yang boleh menahan beban tekanan tinggi.

Jadual 3 Data kekuatan mampatan bata inovasi berusia 7 dan 28 hari

Tempoh Usia	Sampel Kiub	Simen	Tanah Liat (5%)	Tanah Liat (10%)	Tanah Liat (15%)	Tanah Liat (20%)
7 hari	Luas Bata (m ²)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	Nilai Beban Maksimum	96.7	169.5	113.9	93.5	67.2
		89.2	171.5	116.7	106.4	70.2
	Nilai Kuat Mampat (kN)	9670	16950	11390	9350	6720
		8920	17150	11670	10640	7020
	Purata Nilai Kuat Mampat (kN/m ²)	9295	17050	11530	9995	6870
	Luas Bata (m ²)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	Nilai Beban	166.4	244.9	192.9	167.5	183.0

	Maksimum	151.9	266.7	201.8	143.0	144.6
28 hari	Nilai Kuat Mampat (kN)	16640	24490	19290	16750	18300
		15190	26670	20180	14300	14460
	Purata Nilai Kuat Mampat (kN/m ²)	15915	25580	19735	15525	16380



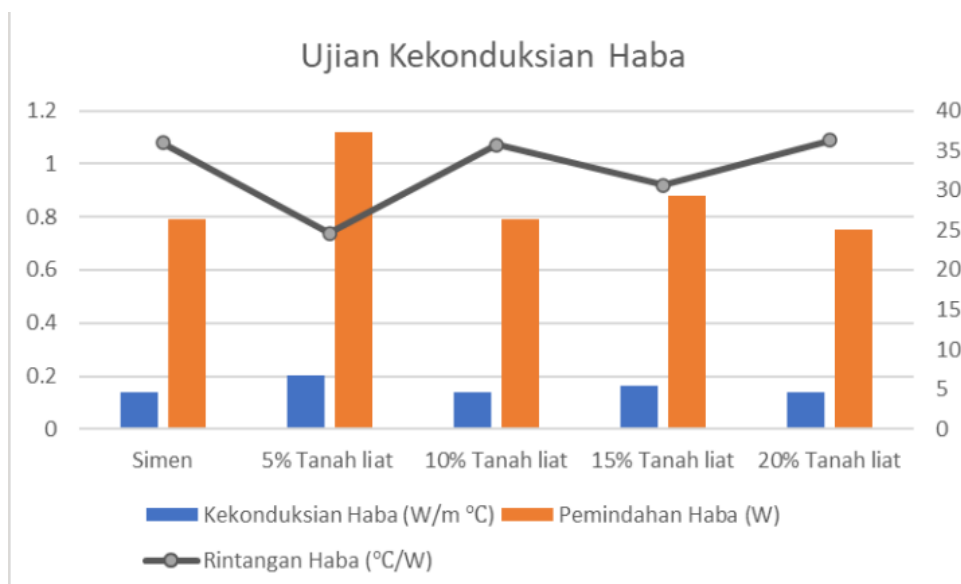
Rajah 2 Graf Kekuatan Mampatan bagi bata berusia 7 dan 28 hari.

3.4 Ujian Kekonduksian Haba

Daripada Jadual 4 dan Rajah 3, bata inovasi dengan tanah liat 5% menunjukkan hasil yang baik dalam pengaliran haba dengan nilai 0.2029 W/m °C. Pemindahan haba dalam bata ialah 0.79 W, dan rintangan haba ialah 24,643 °C/W. Ujian ini dijalankan ke atas bata yang inovatif untuk menilai rintangan dan rintangannya terhadap haba yang dikenakan. Ujian makmal ini dijalankan ke atas batu-bata yang berumur 7 hari.

Jadual 4 Data kekonduksian haba bata inovasi.

Material		Bata simen campur tanah liat					
Ketebalan, x		50 mm (0.05 m)					
Luas, A		100 mm ² (0.01 m ²)					
Jenis Bata	Heat Flow Density (W/m ²)	Suhu Panas (°C)	Suhu Sejuk (°C)	Beza Suhu (°C)	Kekonduksian Haba (W/m °C)	Pemindahan Haba (W)	Rintangan Haba (°C/W)
Simen	79	57.8	29.4	28.4	0.1391	0.79	35.949
5%	112	57.9	30.3	27.6	0.2029	1.12	24.643
10%	79	57.4	29.2	28.2	0.1401	0.79	35.696
15%	88	57.2	30.2	27.0	0.1630	0.88	30.682
20%	75	57.3	30.1	27.2	0.1379	0.75	36.267



Rajah 3 Kekuatan Mampatan bagi bata berusia 7 hari.

Daripada rajah-rajah diatas, didapati bahawa kebanyakannya hampir kesemua ujian yang dilakukan ke atas jenis bata inovasi dengan 5% tanah liat memperoleh data yang tertinggi dan cemerlang berbanding daripada jenis bata yang lain. Dengan ini, ujian makmal bata memastikan kualiti, keselamatan dan prestasi dalam pembinaan. Ujian ketumpatan, kekuatan mampatan dan kekonduksian terma menilai aspek penting batu bata. Keputusan ujian ini memastikan penggunaan bahan mengikut piawaian dan meningkatkan prestasi bangunan.

4.0 Kesimpulan

Industri pembuatan batu bata menggabungkan tradisi dengan teknologi moden untuk meningkatkan kecekapan dan kualiti pengeluaran. Walaupun berpegang kepada prinsip tradisional seperti penggunaan tanah liat dan penembakan, inovasi baharu telah memperkenalkan proses yang lebih cekap dan bahan berkualiti tinggi. Kajian itu mengenal pasti masalah utama dalam pembuatan bata, termasuk penggunaan bahan yang tidak mencukupi dan ketidaksamaan dalam prosedur. Objektif utama projek ini adalah untuk mengenal pasti jenis bata, membangunkan inovasi bata sedia untuk dipasang, dan membandingkan prestasi bata simen dengan inovasi baharu. Analisis literatur menyerlahkan kemajuan terkini dalam bahan binaan yang mampan, menyediakan asas yang kukuh untuk penyelidikan masa depan. Metodologi kajian ini menekankan kepentingan ujian makmal untuk memastikan kualiti, keselamatan, dan prestasi optimum dalam aplikasi pembinaan moden.

Penghargaan

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Pusat Pengajian Diploma, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas sokongannya.

Sumbangan Penulis

Penulis mengesahkan sumbangan kepada kertas kerja seperti berikut: konsep dan reka bentuk kajian, pengumpulan data, analisis dan tafsiran keputusan: Muhammad Fakhri Adam, Muhammad Saeid, Muhammad Raziq Hanif, dan semua pengarang menyemak keputusan dan meluluskan versi akhir manuskrip.

Rujukan

- [1] A. Surya, "Sejarah Aktivitas Industri Batu Bata Di Desa Tanggo Raso Kecamatan Pino Raya Kabupaten Bengkulu Selatan Tahun 1970–2023," Ph.D. dissertation, UIN Fatmawati Sukarno Bengkulu, 2024.
- [2] N. P. D. Arwini, "Analisis Penggunaan Bata Merah Sebagai Salah Satu Alternatif Bahan Baku Bangunan," *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, vol. 1, no. 2, pp. 7-14, 2018.
- [3] A. Abdul Kadir, N. A. Sarani, "An Overview of Wastes Recycling in Fired Clay Bricks," *International Journal of Integrated Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 53-69, 2012.
- [4] M. F. A. Hossain, N. Tasneem, A. R. Alam, A. M. Hossain, "Study on the properties and uses of rocks found in Bangladesh," *Journal of Earthquake Science and Soil Dynamics Engineering*, vol. 3, no. 3, 2020.

- [5] A. Fernandes, S. Sazuatmo, E. R. Hariza, "Pengaruh Pelapukan Tanah Liat Terhadap Kuat Tekan Bata Merah Di Dataran Tapus Kabupaten Rejang Lebong," RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business, vol. 4, no. 2, pp. 7404-7411, 2025.
- [6] F. M. Fernandes, P. B. Lourenço, F. Castro, "Ancient clay bricks: manufacture and properties," In Materials, technologies and practice in historic heritage structures, pp. 29-48, 2010.
- [7] S. N. M. S. Hasan, F. M. Kusin, M. A. Hassim, V. L. M. Molahid, "Incorporation of gold and limestone mining waste materials for carbon capture and storage in bricks," In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 736, no. 2, pp. 022046, 2020.
- [8] M. Khana, M. Jamil, M. Karimc, M. Zain, "Strength and durability of mortar and concrete containing rice husk ash: a review," World Applied Sciences Journal, vol. 32, no. 5, pp. 752-765, 2014.
- [9] M. Karumanchi, R. R. Bellum, M. Chennupati, V. Kunchala, M. Regulagunta, "Influence on mechanical properties of concrete of cement replacement with fly ash and river sand replacement with foundry sand," Materials Today: Proceedings, vol. 65, pp. 3547-3551, 2022.
- [10] N. Kongkajun, E. A. Laitila, P. Ineure, W. Prakaypan, B. Cherdhirunkorn, P. Chakartnarodom, "Soil-cement bricks produced from local clay brick waste and soft sludge from fiber cement production," Case Studies in Construction Materials, vol. 13, pp. e00448, 2020.
- [11] P. Palanisamy, P. S. Kumar, "Strength and durability features of fiber reinforced geo-polymer earth bricks," Journal of Asian Architecture and Building Engineering, vol. 21, no. 2, pp. 439-447, 2022.
- [12] K. Yadav, A. Singh, O. N. Bhat, R. L. Sharma, "Transforming waste into innovation: a review of plastic bricks as sustainable construction materials," Discover Civil Engineering, vol. 1, no. 1, pp. 38, 2024.
- [13] R. Gupta, R. Siddique, J. Klaus, "Utilization of Fly Ash in Manufacturing of Building Bricks," In R. Siddique (Ed.), Waste Materials and By-Products in Concrete, pp. 159-178, 2018.
- [14] M. R. Arul, K. Gunasekaran, "Natural fiber reinforced clay bricks: A sustainable approach," Journal of Sustainable Development, vol. 9, no. 4, pp. 123-135, 2016.
- [15] I. B. Muhit, E. L. Omairey, V. G. Pashakolaie, "A holistic sustainability overview of hemp as building and highway construction materials," Building and Environment, vol. 256, no. 111470, 2024.
- [16] N. N. Zelan, N. A. Khalil, N. M. Yusof, "Campuran Tanah Liat Dan Sisa Bata Simen Dalam Menentukan Sifat Geoteknik Tanah," Politeknik & Kolej Komuniti Journal of Engineering and Technology, vol. 1, no. 1, pp. 59-66, 2016.