

Komposisi dan Karakteristik Bata Merah *Heritage***Hana Wardani Puruhita***Teknologi Bangunan dan Jalur Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun
E-mail: hana@ppi.ac.id**Efendhi Prih Raharjo**Teknologi Bangunan dan Jalur Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun
E-mail: efendhi@ppi.ac.id**Rusman Prihatanto**Teknologi Bangunan dan Jalur Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun
E-mail: rusman@ppi.ac.id**David Malaiholo**Teknologi Bangunan dan Jalur Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun
E-mail: david@ppi.ac.id**Muhammad Adib Kurniawan**Teknologi Bangunan dan Jalur Perkeretaapian, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun
Email: adib@ppi.ac.id**Abstrak**

Dalam mewujudkan pengembangan Cagar Budaya berkelanjutan dan menjaga warisan budaya, maka dibutuhkan konsep pemugaran cagar budaya yang tepat serta material pemugaran yang sesuai dengan fungsinya, salah satunya adalah material bata merah heritage buildings. Bata merah saat ini berbeda dengan bata merah heritage/jaman Belanda, dibuktikan secara visual baik bentuk maupun warna. Kandungan bata merah perlu diteliti sehingga dapat ditemukan karakteristik dan komposisi bata merah heritage sehingga dapat digunakan sebagai bahan pemugaran cagar budaya di Indonesia. Tujuan penelitian untuk menganalisis karakteristik dan komposisi bata merah heritage. Metode yang digunakan adalah eksperimen dan pengujian di lapangan serta laboratorium. Karakteristik bata merah heritage secara sifat fisik seluruh bata merah heritage berbentuk persegi panjang, dengan dimensi berbeda meski dalam satu wilayah yang sama, rata-rata dimensi adalah $5,5 \times 14 \times 25,5$, seluruhnya permukaan rata, siku tajam, dan sudut tajam serta warna berbeda-beda. Pengujian ukuran bata merah tidak memenuhi SNI 15-2094-2000 karena perbedaan dimensi serta terdapat nilai susut karena umur. Hasil pengujian karakteristik sifat mekanik yaitu serap air, kerapatan semu, dan kuat tekan seluruh bata merah heritage memiliki nilai yang berbeda meski dalam wilayah yang sama. Kerapatan semu tertinggi sebesar 2,624, terendah 1,333; Nilai minimum uji serapan air 14%, maksimum 27%; kuat tekan terbesar: 69,11 kg/cm², terendah 32,35 kg/cm²

Kata-kata Kunci: Bata merah heritage, cagar budaya, komposisi, karakteristik, material.

Abstract

To achieve sustainable cultural heritage development, an appropriate restoration concept is essential, particularly regarding restoration materials such as bricks for heritage buildings. Modern bricks differ from heritage bricks in shape, color, and composition. Therefore, studying the characteristics and composition of heritage bricks is necessary to replicate them accurately for restoration in Indonesia. This study aims to analyze the physical and mechanical properties of heritage bricks through field and laboratory testing. Physically, heritage bricks are rectangular with average dimensions of $5,5 \times 14 \times 25,5$ cm, flat surfaces, sharp edges, and varied colors. Despite similarities, dimensions differ even within the same area. According to SNI 15-2094-2000 standards, their visible properties are compliant, but size specifications are not met due to dimension variation and shrinkage. Mechanically, the bricks show varying water absorption, density, and compressive strength. Apparent density ranges from 1,333 to 2,624 g/cm³, water absorption from 14% to 27%, and compressive strength from 32.35 to 69,11 kg/cm². These findings highlight the diversity in heritage bricks' properties, which is crucial for developing suitable restoration materials.

Keywords: Brick heritage, cultural heritage, composition, characteristics, material.

* Penulis Korespondensi: hana@ppi.ac.id

1. Pendahuluan

Heritage Buildings merupakan bangunan warisan/kekayaan budaya nasional yang penting bagi pemahaman dan perkembangan sejarah, ilmu pengetahuan, dan budaya Indonesia, sehingga perlu dilestarikan dan dikelola dengan baik. Sedangkan bangunan cagar budaya merupakan *Heritage Buildings* yang melalui proses penetapan. Sehingga, tidak semua *Heritage Buildings* merupakan cagar budaya. Dalam melestarikan cagar budaya, negara bertanggung jawab atas upaya perlindungan, pengembangan, dan pemanfaatan, untuk itu dikeluarkan Undang-Undang Republik Indonesia No. 11 Tahun 2010 tentang cagar budaya. Melalui kutipan dari *UNESCO World Heritage Centre* disebutkan bahwa "Warisan adalah warisan kita dari masa lalu, apa yang kita jalani hari ini, dan apa yang kita wariskan kepada generasi mendatang. Warisan budaya dan alam kita adalah sumber kehidupan dan inspirasi yang tak tergantikan", menekankan bahwa Bangunan Cagar Budaya di Indonesia merupakan warisan budaya yang harus diperhatikan.

Isu saat ini yang terjadi di Indonesia mengenai cagar budaya yaitu sangat sedikit ahli pelestari cagar budaya, kerusakan Bangunan Cagar Budaya, serta pemilik dan masyarakat yang tidak memahami cagar budaya dan aset Bangunan Cagar Budaya, menjadi tantangan terbesar dalam melestarikan cagar budaya. Untuk itu diperlukan upaya untuk menciptakan inspirasi pembangunan berkelanjutan pada warisan budaya Indonesia agar Bangunan Cagar Budaya bermanfaat bagi kehidupan bangsa.

Konsep Konstruksi Berkelanjutan secara resmi muncul dalam forum resmi *CIB Conseil International du Batiment* pada tahun 1994 (Ketua Charles J. Kibert) dengan tujuan merancang dan mengoperasikan bangunan yang sehat atas dasar efisiensi sumber daya dan konsep ekologi. Badan Perlindungan Lingkungan mendefinisikan konstruksi berkelanjutan sebagai "praktik menciptakan struktur dan menggunakan proses yang bertanggung jawab terhadap lingkungan dan hemat sumber daya di seluruh siklus hidup bangunan mulai dari penempatan hingga desain, konstruksi, operasi, pemeliharaan, renovasi, dan dekonstruksi". Konsep keberlanjutan mempertimbangkan ketahanan lingkungan alam dan praktik yang mempengaruhi.

Dalam mewujudkan pengembangan Cagar Budaya yang berkelanjutan dan menjaga warisan budaya, maka sangat dibutuhkan konsep pemugaran cagar budaya yang tepat. Oleh sebab itu, maka dibutuhkan material pemugaran yang sesuai dengan fungsinya, salah satunya adalah material bata merah *heritage buildings*. Bata merah pada saat ini jauh berbeda dengan bata merah jaman Belanda, hal itu dibuktikan secara visual baik bentuk maupun warna. Lebih dari itu, kandungan bata merah perlu diteliti sehingga dapat ditemukan karakteristik dan komposisi bata merah jaman Belanda sehingga dapat digunakan sebagai bahan pemugaran cagar budaya di Indonesia. Jadi, diperlukan metode

untuk menentukan sifat fisik dan mekanik dalam material bata merah. Untuk penelitian lebih lanjut, perlu dilakukan penelitian mengenai bata merah yang lebih luas yaitu spasi hingga dinding, bahkan sampai struktur bangunan.

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang serupa mengenai bata merah, namun penelitian-penelitian tersebut belum ada yang membahas mengenai bata merah *heritage*, sehingga perlu dilakukan penelitian detail mengenai bata merah *heritage*. Beberapa diantaranya adalah: evaluasi karakteristik dan mutu bata merah yang diproduksi di daerah kabupaten Lombok tengah (Yeni Indriani, 2016); analisis sifat fisik dan mekanik batu bata merah di Yogyakarta (Hakas Prayuda dkk, 2018); Sifat Fisik dan Mekanik Bata Merah Kabupaten Majene untuk Konstruksi Dinding Rumah Sederhana Tahan Gempa (Sainudin dan Herni, 2024); analisis sifat fisik dan mekanik batu bata merah yang diproduksi di Lombok Barat (Vanessa Sabina Firstania, 2024); Pada penelitian-penelitian tersebut menggunakan metode pengujian yang sama sesuai standar Nasional Indonesia, namun sampel material yang digunakan adalah bata merah jaman sekarang, sehingga terdapat hasil uji sifat fisik dan mekanik sangat berbeda dengan bata merah *heritage*.

Melalui penelitian yang dilakukan oleh Basak Zengin (2017), dikatakan bahwa pemeriksaan kerusakan yang terjadi pada dinding dipengaruhi oleh bahan yang digunakan, teknik pemasangan, dan ikatan antara unit batu bata dan sambungan. Dalam penelitian tersebut telah ditemukan arah rongga dari batu bata fabrikasi dan batu bata terbarukan yang kompatibel dengan pasangan dinding *heritage*, oleh karena itu dibutuhkan mortar kapur sebagai sambungan. Penelitian yang dilakukan oleh Bayu dan Teguh (2024) menyatakan bahwa hasil pengujian kemampuan daya serap air pada salah satu bangunan *heritage* adalah 24,4%, sehingga masih masuk dalam kategori kualitas bagus, karena tidak lebih dari 30%. Pada penelitian ini diharapkan dapat menganalisis karakteristik bata merah *heritage/jaman belanda*; menganalisis komposisi karakteristik bata merah *heritage/jaman belanda*; dan mendapatkan hasil perumusan sifat fisik dan mekanik untuk pembuatan bata merah untuk material *repair* sebagai bahan pemugaran cagar budaya. Sebagai sambungan bata merah tersebut, maka diperlukan juga pembuatan mortar berbahan kapur pada penelitian berikutnya.

2. Metode Penelitian

- Sampel Bata merah *heritage* diambil dari beberapa bangunan tua di Indonesia, khususnya daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur dengan jumlah minimal 10 lokasi, yaitu bangunan cagar budaya dan bangunan tua yang berumur lebih dari 50 tahun namun tidak terdaftar dalam bangunan cagar budaya. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara meminta izin kepada institusi/pemilik bangunan cagar budaya/*heritage*, untuk masing-masing lokasi minimal 4 buah.
- Lokasi sample bata merah *heritage* diambil di beberapa stasiun yang terdaftar cagar budaya,

rumah tinggal dengan bangunan umur lebih dari 50 tahun, beberapa pabrik gula dengan bangunan berumur lebih dari 50 tahun, serta bangunan lainnya yang berumur lebih dari 50 tahun di wilayah Jawa Tengah dan Jawa Timur.

- c. Lokasi penelitian laboratorium: Uji Karakteristik Bata Merah: Laboratorium Fakultas Teknik Sipil UNS; Uji Komposisi Bata Merah: Laboratorium Terpadu UNS.
- d. Alat penelitian: alat yang digunakan adalah penggaris siku, callipers, mesin kuat tekan, alat praktik bahan MIPA.
- e. Jenis dan rancangan penelitian: uji laboratorium, eksperimen.
- f. Variabel penelitian: suhu pemanasan (*dependent variable*), waktu pemanasan (*dependent variable*), komposisi bata merah (*independent variable*).
- g. Tata laksana penelitian:
 - 1. Uji sifat Fisik, dilakukan dengan melihat secara visual dan alat ukur
 - a. Uji bentuk dilakukan dengan melihat secara visual mengenai bentuk, siku, dan sudut
 - b. Uji tampak bata merah sesuai dengan SNI 15-2094-2000 (sebagai prosedur persyaratan dan uji) yaitu harus berbentuk prisma segi empat panjang, mempunyai rusuk-rusuk yang siku atau tidak, bidang-bidang datar yang rata atau tidak, dan tidak menunjukkan retak-retak. Untuk mengetahui bidang-bidang datar serta kesikuan rusuk-rusuknya menggunakan alat penyiku. Pengukuran panjang, lebar dan tebal dilakukan paling sedikit 3 kali dengan menggunakan alat callipers atau alat sejenis dengan ketelitian sampai 1 mm. Dari hasil pengukuran panjang, lebar, dan tebal tiap bata merah ditentukan penyimpangan maksimumnya dan dinyatakan dalam mm.
 - c. Uji Dimensi/ukuran dilakukan dengan alat ukur penggaris/meteran untuk mengetahui besarnya dimensi Panjang, lebar, dan tinggi
 - 2. Uji sifat mekanik, dilakukan untuk mengetahui sifat yang menunjukkan kelakuan material apabila material tersebut diberi beban mekanik (statik atau dinamik)
 - a. Uji kuat tekan (minimum 50 kg/cm²): sesuai SNI 03-4164-1996 yaitu Metode pengujian kuat tekan dinding pasangan bata merah di laboratorium.
 - b. Uji serap air (maksimum 20%): *SNI 15 2094 2000 Bata Merah Untuk Pasangan Dinding*
 - c. Uji Kerapatan Semu (minimal 1,2 gram/cm³): *SNI 15 2094 2000 Bata Merah untuk Pasangan Dinding*
 - d. Uji kadar garam (baik apabila kandungan MgSO₄, Na₂SO₄, K₂SO₄ maksimal 1%) melalui hasil komposisi dari uji XRF: *SNI 15 2094 2000 Bata Merah Untuk Pasangan Dinding*.
 - e. Uji XRF (*X-Ray Fluorescence*) adalah salah satu metode analisis untuk mengetahui komposisi unsur/element pada suatu bahan/ sampel secara cepat. Prinsip yang digunakan

Tabel 1 Data lokasi sample bata merah heritage

No.	Lokasi Sample	Gambar
1	Stasiun Madiun (Bata 1)	
2	Rumah hunian sragen (Bata 2)	
3	Pabrik Gula Madiun (Bata 3)	
4	Rumah hunian sragen (Bata 4)	
5	Pabrik Gula Mojo Sragen (Bata 5)	

dalam penentuan unsur/element berdasarkan interaksi sinar X dengan bahan/sampel.

- h. Teknik analisis data: bata merah *heritage/jaman belanda* diuji lab untuk memperoleh data-data mengenai kuat tekan, daya serap air, kadar garam, dan wujud fisik, sehingga dipakai sebagai acuan dalam proses eksperimen pembuatan bata merah baru.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data sample bata merah heritage

Data lokasi sample bata merah heritage dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Terdapat 10 lokasi pengambilan sampel. Masing-masing lokasi diambil 4 bata, sehingga hasil keseluruhan sampel adalah 40 bata. Namun karena adanya beberapa bata yang tidak utuh (pecah), maka ada beberapa pengujian yang tidak dapat dipakai sebagai material uji karena dimensi yang tidak mendukung pengujian, sehingga jumlah uji pada masing-masing sampel yang dipakai berjumlah 30 buah.

3.2 Karakteristik bata merah jaman sekarang

Karakteristik bata merah jaman sekarang diambil dari penelitian yang dilakukan oleh Hakas Prayuda dkk,

Tabel 1 Data lokasi sample bata merah heritage (lanjutan)

No.	Lokasi Sample	Gambar
6	Rumah hunian Ngawi (Bata 6)	
7	Pabrik Gula Pagotan Madiun (Bata 7)	
8	Rumah hunian Madiun (Bata 8)	
9	Taman Toga Magetan (Bata 9)	
10	Stasiun Palur Karanganyar (Bata 10)	

**Gambar 1. Penomoran warna pada material bata merah**

3.3 Karakteristik bata merah heritage

a. Sifat Fisik

Karakteristik bata merah heritage pada 10 sampel dilakukan dengan cara uji sifat Fisik yaitu tampak fisik. Pengujian tampak fisik dibantu dengan alat ukur callipers, penggaris busur, penggaris segitiga, penggaris Panjang, dan meteran manual. Pengujian tampak warna ditinjau dari link web: <https://www.true-design-house.com/blog/earthy-brick-paint-combinations>, sehingga pilihan penomoran warna dapat dilihat pada **Gambar 1**. Bata merah heritage pada tiap lokasi merupakan material yang tidak hanya memiliki warna yang berbeda, tetapi karena adanya penuaan dan paparan berbagai elemen, setiap warna dapat memiliki banyak corak di dalamnya. Pengujian dilakukan dengan melihat tampak warna dari bagian sisi dalam bata merah. Hasil pengujian karakteristik bata merah heritage pada 10 sampel dilakukan dengan cara uji tampak fisik dapat dilihat pada tabel 2. Cara uji sifat tampak bata merah sesuai dengan SNI 15-2094-2000 yaitu harus berbentuk prisma segi empat panjang, mempunyai rusuk yang siku atau tidak, bidang-bidang datar yang rata atau tidak, dan tidak menunjukkan retak-retak. Untuk mengetahui sudut-sudutnya, menggunakan penggaris busur dan penggaris segitiga. Kesikuan dikatakan tajam apabila hasil nilai koordinat X dan Y mendekati 90° , tidak kurang dari 80° , dan ketajaman sudut dinilai tajam apabila besarnya koordinat X, Y, dan X mendekati 90° , tidak kurang dari 80° . Untuk mengetahui bidang-bidang datarnya, serta kesikuan rusuk-rusuknya menggunakan alat penyiku. Beberapa buah bata yang tidak sempurna bentuknya dinyatakan dalam % dari jumlah yang diperiksa. Menurut SNI 15-2094-2000 masing-masing pengukuran panjang, lebar dan tebal dilakukan paling sedikit 3 kali dengan menggunakan penggaris Panjang, meteran, serta alat callipers atau alat yang sejenis dengan ketelitian sampai 1 mm. Dari hasil pengukuran panjang, lebar, dan tebal tiap bata merah ditentukan penyimpangan maksimumnya dan dinyatakan dalam mm.

Hasil uji karakteristik sifat fisik (**Tabel 2**) diambil pada masing-masing lokasi hanya 1 buah bata karena memiliki warna yang sepadan dengan bata merah lainnya pada satu lokasi yang sama.

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa dari hasil pengujian karakteristik bata merah heritage secara sifat fisik adalah seluruh bata merah heritage

Table 2. Hasil uji karakteristik sifat fisik Sample bata merah *heritage*

No.	Sample	Bentuk	Dimensi	Permukaan	Siku	Ketajaman Sudut	Tampak Warna
1	Bata 1	Persegi panjang	5,5x14x25,5cm	Rata	Tajam	Tajam	No.2
2	Bata 2	Persegi panjang	6x11,3x25,5cm	Rata	Tajam	Tajam	No. 2
3	Bata 3	Persegi panjang	5,5x13x26,2cm	Rata	Tajam	Tajam	No. 5
4	Bata 4	Persegi panjang	6,8x12,3x24,8cm	Rata	Tajam	Tajam	No. 5
5	Bata 5	Persegi panjang	5,5x14x25,5cm	Rata	Tajam	Tajam	No. 5
6	Bata 6	Persegi panjang	4,3x12x24,5cm	Rata	Tajam	Tajam	No. 2
7	Bata 7	Persegi panjang	5,5x14x24,8cm	Rata	Tajam	Tajam	No. 2
8	Bata 8	Persegi panjang	5x11x24cm	Rata	Tajam	Tajam	No. 5
9	Bata 9	Persegi panjang	5,5x14x25,5cm	Rata	Tajam	Tajam	No. 2
10	Bata 10	Persegi panjang	5,5x14x25,5cm	Rata	Tajam	Tajam	No.5



Gambar 2. Sample pengujian kerapatan semu



Gambar 3. Sample pengujian kuat tekan



Gambar 4. Sample pengujian serapan air

berbentuk persegi panjang, dengan dimensi berbeda-beda meski dalam satu wilayah yang sama dan rata-rata dimensi adalah 5,5x14x25,5, seluruhnya permukaan rata, siku tajam, dan sudut tajam. Bata merah *heritage* memiliki warna yang berbeda-beda meski dalam satu wilayah yang sama dengan rata-rata warna nomor 2 dan 5. Pada bata merah yang diuji, *intake* 100% memenuhi pengujian sifat tampak sesuai SNI 15-2094-2000. Hasil uji ukuran bata merah tidak memenuhi SNI 15-2094-2000, dikarenakan perbedaan ukuran/dimensi pada bata merah *heritage* serta terdapat nilai susut melihat umur pada bata merah *heritage*. Sehingga untuk pembuatan bata merah *repair* dibutuhkan ukuran cetakan yang lebih besar dari dimensi 240 x 220 x 65 mm. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan uji penyusutan, untuk memperhitungkan penambahan dimensi saat pembuatan cetakan bata merah pejal.

b. Sifat Mekanik

Karakteristik bata merah *heritage* pada 10 sampel dilakukan dengan cara uji sifat Mekanik yaitu hasil pengujian di laboratorium Teknik Sipil yaitu Uji Kerapatan Semu, Uji Serap Air, dan Uji kuat desak (ASTM E447-97.1997). Hasil pengujian sifat mekanik bata merah *heritage* diambil dari sampel bata merah pada

masing-masing lokasi 3 buah, dapat dilihat pada **Tabel 3**, **Tabel 4**, dan **Tabel 5**. Menurut SNI 15-2094-2000 prosedur pengujian kuat tekan bata merah pejal adalah setelah dicetak benda-benda uji keesokan harinya dapat dilepas. Sesudah itu benda-benda tersebut direndam dalam air bersih (suhu ruangan) selama 24 jam (satu hari), kemudian diangkat dan bidang-bidangnya diseka dengan kain lembab untuk menghilangkan air yang berlebihan. Selanjutnya benda-benda uji ditekan hingga hancur dengan kecepatan penekanan diatur hingga sama dengan 2 kg/cm²/detik. Nilai kuat tekan dapat diperoleh dari hasil pembagian beban tekan tertinggi dan luas bidang tekan terkecil. Kuat tekan rata-rata dapat diperoleh dari jumlah kuat tekan semua benda uji dibagi dengan banyaknya benda uji. Menurut SNI 15-2094-2000 prosedur pengujian daya serap air adalah: Contoh uji direndam dengan air sampai jenuh, kemudian ditimbang beratnya (A). Dikeringkan pada suhu (100-110)^oC selama 24 jam, setelah itu didinginkan hingga suhu kamar kemudian ditimbang beratnya (B). Terakhir dihitung dengan rumus $(A-B)/B \times 100\%$, sehingga didapat nilai daya serap air. Dokumentasi pengujian pada **Gambar 2** hingga **Gambar 4**.

Sampel bata merah dengan 10 lokasi yang berbeda telah diambil beberapa jumlah bata merah per lokasi (minimal 3 buah), hal tersebut mengacu pada Roscoe dalam Sekaran (2000), bahwa dalam menentukan ukuran/jumlah sampel perlu memperhatikan pedoman, yaitu untuk penelitian eksperimen yang sederhana dengan pengendalian eksperimental yang ketat, penelitian yang baik dapat dilakukan dengan menggunakan sampel sekitar 10 sampai 20. Uji Statistik pada penelitian ini tidak dilakukan karena metode

Tabel 4. Hasil uji karakteristik sifat mekanik (serap air) sample bata merah heritage

No	Sample	Berat SSD (gram)	Berat Kering Oven (Gram)	Serap air (%)
1	Bata 1.1	530,3	438,6	21%
2	Bata 1.2	501,7	414,6	21%
3	Bata 1.3	374,5	310,3	21%
4	Bata 2.1	1242,4	1088,4	14%
5	Bata 2.2	1244,6	1090,6	14%
6	Bata 2.3	1240,7	1086,7	14%
7	Bata 3.1	1441,7	1175,3	23%
8	Bata 3.2	1083,5	915,4	18%
9	Bata 3.3	1166,1	962,4	21%
10	Bata 4.1	1246	1092	14%
11	Bata 4.2	1247,5	1093,5	14%
12	Bata 4.3	1242,8	1088,8	14%
13	Bata 5.1	531,4	434,7	22%
14	Bata 5.2	503,7	416,6	21%
15	Bata 5.3	375,4	311,2	21%
16	Bata 6.1	690,5	573,6	20%
17	Bata 6.2	970,5	784,9	24%
18	Bata 6.3	517,9	409,3	27%
19	Bata 7.1	531,1	438,4	21%
20	Bata 7.2	504,6	417,5	21%
21	Bata 7.3	376,5	312,3	21%
22	Bata 8.1	692,8	575,9	20%
23	Bata 8.2	972,8	787,2	24%
24	Bata 8.3	520,2	411,6	26%
25	Bata 9.1	650,3	537,8	21%
26	Bata 9.2	1421,5	1227,2	16%
27	Bata 9.3	1121,5	927,2	21%
28	Bata 10.1	853,3	738,1	16%
29	Bata 10.2	863,5	748,3	15%
30	Bata 10.3	845	729,8	16%

penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen, karena analisis penelitian eksperimen bertujuan untuk menguji pengaruh perlakuan (variabel bebas) terhadap hasil (variabel terikat) dengan kontrol yang ketat, sehingga perbedaan hasil dapat langsung dikaitkan dengan perlakuan tersebut. Tujuan penelitian Penelitian eksperimen dirancang untuk menguji hipotesis tentang hubungan sebab-akibat antara variabel bebas dan variabel terikat. Penelitian eksperimen menekankan kontrol yang ketat terhadap

variabel-variabel lain yang mungkin mempengaruhi hasil, sehingga perbedaan hasil yang diamati dapat dikaitkan dengan perlakuan yang diberikan.

Hasil uji kerapatan semu seluruh sampel bata merah *heritage* sesuai dengan persyaratan pada SNI 15-2094-2000 yaitu minimal adalah 1,2 gram/cm³. Nilai tertinggi sebesar 2,624 dan terendah 1,333 gram/cm³.

Hasil uji serapan air pada bata merah *heritage* 3 dari 10 lokasi pengambilan sesuai dengan persyaratan pada SNI 15-2094-2000 yaitu dengan nilai maksimum adalah 20%. Nilai minimum adalah 14% dan maksimum 27%

Hasil uji kuat tekan pada bata merah *heritage* hanya 36,7% yang sesuai dengan persyaratan pada SNI 15-2094-2000 yaitu dengan nilai > 50 kg/cm².

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa dari hasil pengujian karakteristik sifat mekanik bata merah *heritage* yaitu serap air, kerapatan semu, dan kuat desak/tekan adalah seluruh bata merah *heritage* memiliki nilai yang berbeda-beda meski dalam satu wilayah yang sama. Kerapatan semu tertinggi adalah 2,624 gram/cm³ pada bata 6; serapan air terendah adalah sebesar 14% yaitu bata 2 dan 4, sedangkan kuat tekan terbesar adalah 69,11 kg/cm², dan kuat tekan terendah adalah 32,35 kg/cm².

3.4 Komposisi bata merah *heritage*

Komposisi bata merah *heritage* pada 10 sampel dilakukan dengan cara uji *X-Ray Fluorescence* (XRF). XRF adalah teknik analisis non-destruktif yang digunakan untuk menentukan komposisi unsur bahan. Penganalisisan XRF menentukan kimia sampel dengan mengukur sinar-X fluoresen (atau sekunder) yang dipancarkan dari sampel ketika dieksitasi oleh sumber sinar-X primer. XRF bisa digunakan untuk mengetahui unsur dalam suatu bahan (Metal Detection Center Indonesia).

Pengujian XRF dilakukan sesuai prosedur untuk mendapatkan hasil komposisi *properties* unsur dan senyawa yang ada didalamnya. Alat yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 5**.

Tabel 5. Hasil uji karakteristik sifat mekanik (kuat desak/tekan) sample bata merah *heritage*

No	Sample	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Load (kN)	Load (kg)	Kuat desak (kg/cm ²)
1	Bata 1.1	11,5	12,0	15,0	60,0	6118,20	44,33
2	Bata 1.2	12,0	13,0	15,0	104,0	10604,88	67,98
3	Bata 1.3	11,7	12,7	14,7	100,7	10268,38	69,11
4	Bata 2.1	13,0	12,0	16,5	60,0	6118,20	39,22
5	Bata 2.2	12,8	12,8	18,3	61,8	6301,75	38,46
6	Bata 2.3	12,6	11,6	16,1	59,6	6077,41	41,58
7	Bata 3.1	12,0	11,5	13,0	50,0	5098,50	36,95
8	Bata 3.2	13,5	13,5	15,0	60,0	6118,20	33,57
9	Bata 3.3	12,8	12,3	13,8	50,8	5180,08	32,90
10	Bata 4.1	13,2	12,2	16,7	60,2	6138,59	38,12
11	Bata 4.2	14,1	13,1	17,6	61,1	6230,37	33,73
12	Bata 4.3	13,1	12,1	16,6	60,1	6128,40	38,66
13	Bata 5.1	13,0	12,5	14,0	83,0	8463,51	52,08
14	Bata 5.2	12,9	12,4	14,9	83,9	8555,28	53,48
15	Bata 5.3	13,1	12,6	15,1	84,1	8575,68	51,95

Tabel 5. Hasil uji karakteristik sifat mekanik (kuat desak/tekan) sample bata merah heritage (lanjutan)

No	Sample	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Load (kN)	Load (kg)	Kuat desak (kg/cm ²)
16	Bata 6.1	10,9	10,4	14,40	57,4	5853,08	51,63
17	Bata 6.2	12,8	12,3	16,30	77,2	7872,08	50,00
18	Bata 6.3	11,3	10,8	14,80	62,8	6403,72	52,47
19	Bata 7.1	12,0	12,0	12,00	69,0	7035,93	48,86
20	Bata 7.2	12,3	11,3	11,90	69,9	7127,70	51,28
21	Bata 7.3	11,3	10,2	11,08	59,8	6097,81	52,90
22	Bata 8.1	11,5	11,0	15,00	54,0	5506,38	43,53
23	Bata 8.2	13,2	12,7	16,70	54,3	5536,97	33,03
24	Bata 8.3	13,4	12,9	16,90	55,3	5638,94	32,62
25	Bata 9.1	11,0	12,0	14,00	55,1	5618,55	42,56
26	Bata 9.2	10,8	11,8	13,80	56,9	5802,09	45,53
27	Bata 9.3	12,4	13,4	15,40	61,1	6230,37	37,50
28	Bata 10.1	12,0	14,0	15,00	56,9	5802,09	34,54
29	Bata 10.2	13,6	15,6	16,60	67,3	6862,58	32,35
30	Bata 10.3	11,3	13,3	14,30	78,4	7994,45	53,19



Gambar 5. Alat Uji XRF

Cara pengujian:

1. Sampel bata dihancurkan hingga halus dengan jumlah sampel yang memadai
2. Sampel kemudian dilakukan pembacaan dengan XRF Handheld Hitachi
3. Pembacaan sampel dilakukan dengan menembakkan X-ray pada sampel (bata yang sudah dihaluskan)

Pengaturan pada Alat:

1. Metode pada alat diatur dimana semua elemen dimasukkan (Magnesium sampai Uranium) dan ditambahkan elemen pseudo hal ini dilakukan agar elemen apa saja yang ada dalam sampel dapat terbaca
2. Waktu pembacaan alat diatur selama 60 detik

Waktu Analisis:

1. Preparasi sampel : 40 menit
2. Preparasi pengujian: 5 menit
3. Waktu pengujian : 10 menit

Hasil pengujian komposisi bata merah heritage pada 10 sample dilakukan dengan cara uji XRF dapat dilihat pada **Tabel 6** dan **Tabel 7**. Sample yang digunakan pada XRF diambil dari hasil penilaian paling optimal sesuai dengan SNI pada pengujian kerapatan semu, serap air, dan kuat desak pada masing-masing lokasi pengambilan sampel, yaitu bata nomor 2, 4, dan 6.

4. Kesimpulan

1. Dari hasil pengujian karakteristik bata merah heritage secara sifat fisik adalah seluruh bata merah

heritage berbentuk persegi panjang, dengan dimensi berbeda-beda meski dalam satu wilayah yang sama dan rata-rata dimensi adalah 5,5x14x25,5, seluruhnya permukaan rata, kesikuan tajam, dan sudut tajam. Bata merah heritage memiliki warna yang berbeda-beda meski dalam satu wilayah yang sama dengan rata-rata warna nomor 2 dan 5. Pada bata merah yang diuji, intake 100% memenuhi pengujian sifat tampak sesuai SNI 15-2094-2000. Hasil uji ukuran bata merah tidak memenuhi SNI 15-2094-2000, dikarenakan perbedaan ukuran/dimensi pada bata merah heritage serta terdapat nilai susut melihat umur pada bata merah heritage. Sehingga untuk pembuatan bata merah repair dibutuhkan ukuran cetakan yang lebih besar dari dimensi 240 x 220 x 65 mm. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan uji penyusutan, untuk memperhitungkan penambahan dimensi saat pembuatan cetakan bata merah pejal.

2. Dari hasil pengujian karakteristik sifat mekanik bata merah heritage secara sifat mekanik yaitu serap air, kerapatan semu, dan kuat desak/tekan adalah seluruh bata merah heritage memiliki nilai yang berbeda-beda meski dalam satu wilayah yang sama. Kerapatan semu tertinggi adalah bata 2 yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 336,13 gram, sedangkan serapan air terbesar adalah bata 5 dengan nilai rata-rata 13,17 gram, dan kuat desak tertinggi adalah bata 5 dengan nilai rata-rata 83,67 kN.
3. Hasil perumusan sifat fisik dan mekanik untuk pembuatan bata merah untuk material repair sebagai bahan pemugaran cagar budaya dapat diperoleh dengan melihat hasil pengujian fisik dan mekanik dengan nilai yang serupa sesuai dengan undang-undang cagar budaya yaitu dengan cara memperbaiki, memperkuat, dan/atau mengawetkannya melalui pekerjaan rekonstruksi, konsolidasi, rehabilitasi, dan restorasi yang harus memperhatikan: Keaslian bahan, bentuk, tata letak, gaya, dan/atau teknologi pengeraan; Kondisi semula dengan tingkat perubahan sekecil mungkin; dan Penggunaan teknik, metode, dan bahan yang tidak bersifat merusak;

Daftar Pustaka

- ASTM E447-97. (1997). *Standard Test Method for Compressive Strength of Laboratory Constructed Masonry Prism*. American National Standard;
- ASTM E519-02. (2002). *Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages*. American National Standard;
- ASTM C270. (2019). *Standard Specification for Mortar for Unit Mansory*. American National Standard;
- Bahja, F., Hancer, M. (2021). *Eco-guilt in tourism: Do tourists intend to behave*.
- Bhara. FK., (2023). *Deteksi Retak Dinding Pasangan Batu Bata dengan Mortar Campuran Kapur, Bubuk Bata Merah dan Pasir Menggunakan Analisis Getaran*. Disertasi Program Doktor Teknik Sipil Departemen teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta;
- BS EN 1052-1. (1999). *Methods of Test For Masonry – part1: Determination of Compressive Strength*. British Standard;
- BS EN 1052-4. (2000). *Methods of Test For Masonry – part4: Determination of Shear Strength Including Damp Proof Course*. British Standard;
- BS EN 3921:1985. *British Standard Specification for Clay Bricks*. British Standard;
- Camino-Olea, M., S., Cabeza-Prieto, A., Liorente-Alvarez, A., Saez-Perez, M., Rodriguez-Esteban, M., A. (2019). *Brick Walls of Buildings of the Historical Heritage*. Comparative Analysis of the Thermal Conductivity in Dry and Saturated State. IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 471(8):082059;
- Durrant, G. (2024). <https://hemplimespray.co.uk/about/> diakses pada 16 Juni 2024.
- Elhusna, Agustin. R. (2019). *Kuat Tekan bata Merah dengan Variasi Usia dan kadar Air Adukan Tanah Liat*. Ejournal Unib ISSN 2086-9045 Vol.8 No.2;
- Firdaus. Y. (2019). *Pengaruh Orientasi Serat pada Komposit Serat Goni-Epoxy terhadap Kekuatan Bending dan Impact*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang;
- Hooker. K. A. (1993). *Mengembalikan sambungan mortar di bangunan bersejarah*, The Aberdeen Group All rights reserved
- Kamendere. E, Grava. L, Zvaigznis. K, Kamenders. A, Blumberga. A. (2016). *Properties of Bricks and Masonry of Historical Buildings as a Background for Safe Renovation Measures*.
- International Scientific Conference “Environmental and Climates Technologies” Connect 2015. Page 119-123;
- Neville, A M, and J J Brooks. (1987). *Concrete Technology*. [www.academia.edu/download/36900631/A.M_Neville_J_J_Brooks_Concrete_Technology_2nd_ed_Engineersdaily.com_.pdf](https://www.academia.edu/36900631/A.M_Neville_J_J_Brooks_Concrete_Technology_2nd_ed_Engineersdaily.com_.pdf)
- RJD Construction 909-636-6196. (2022). <https://www.gorjd.com/single-post/2017/11/29/Stucco-The-Preservation-and-Repair-of-Historic-Stucco>, diakses pada tanggal 24 Mei 2023.
- Rodrigues. J. D and Grossi. A. (2007). *Indicators and ratings for compatibility assessment of conservation actions* J. Cult. Herit. 8 32-43;
- SNI – 03 – 6825. (2002). *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*. Badan Standardisasi Nasional;
- SNI – 15 – 2094. (2000). *Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding*. Badan Standardisasi Nasional;
- SNI – 1974 – 2011. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standardisasi Nasional;
- SNI – 6882. (2014). *Spesifikasi mortar untuk pekerjaan unit pasangan*. Badan Standardisasi Nasional;
- Tjokrodimuljo, K. (1992). *Teknologi Beton*. Yogyakarta, Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.
- Torney, C. (2014). *Lime Mortars in Traditional Buildings: Short Guide 6*, Historic Scotland Alba Aosmhor, Scotland.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2010, Cagar budaya, Jakarta;
- Vailati. M., Mercuri, Micaela, Angiolilli. M., Gregori. A. (2021). *Natural-fibrous lime-based mortar for the rapid retrofitting of heritage masonry buildings*. Fibers (2021) 9(11). Page. 1-29;
- Wiratman, W. (1971), *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI – 1971)*, Bandung: Departemen Pekerjaan Umum Dan Tenaga Listrik.
- Zengin, B., and Kocak, A. (2017). *The Effect of the Bricks Used in Masonry Walls on Characteristic Properties*. Sigma J Eng & Nat Sci 35 (4), 667-677.