


## Analisis Pecahan Batu Bata Merah Sebagai Pengganti Agregat Halus Dalam Campuran Beton Ringan

Dwi Aditya Yanuar<sup>1\*</sup>, Afrie Nardiansyah<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Ma'arif Nahdlatul Ulama Kebumen, Jl. Kutoarjo Km.5 Jatisari Kebumen, Jawa Tengah

E-mail: [aditiyadwi2019@gmail.com](mailto:aditiyadwi2019@gmail.com)

\* Corresponding Author

 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i1.1975>

### ARTICLE INFO

#### Article history

Received: 27 May 2025

Revised: 10 July 2025

Accepted: 26 July 2025

#### Kata Kunci:

Beton Ringan, Batu Bata Merah, Agregat Halus

#### Keywords:

Lightweight Concrete, Red Brick, Fine Aggregate

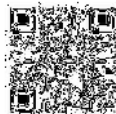
### ABSTRACT

Krisis lingkungan akibat eksploitasi pasir alam secara berlebihan mendorong pencarian alternatif agregat halus yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penggunaan pecahan batu bata merah sebagai pengganti sebagian agregat halus terhadap kuat tekan beton. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan dua jenis campuran: beton normal dan beton dengan substitusi 50% batu bata merah. Uji kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari, dengan hasil yang dinyatakan dalam persentase terhadap kuat tekan rencana ( $f_c' = 20$  MPa). Hasil menunjukkan bahwa beton normal mencapai 73%, 87,55%, dan 105,35% dari  $f_c'$ , sedangkan beton campuran hanya mencapai 63,1%, 76,2%, dan 91,5%. Meskipun terjadi penurunan, beton campuran tetap menunjukkan perkembangan kekuatan yang stabil dan layak untuk aplikasi non-struktural. Temuan ini menunjukkan bahwa limbah batu bata merah memiliki potensi sebagai alternatif agregat halus untuk konstruksi berkelanjutan, selama kadar penggunaannya diatur secara optimal.

*The excessive exploitation of natural sand has caused environmental impacts, thus innovation is needed in utilizing environmentally friendly alternative materials for construction. One such alternative is the use of red brick waste as a partial substitute for fine aggregate in concrete mixtures. This study aims to determine the compressive strength of concrete using 50% red brick waste as a replacement for fine aggregate. The research method used an experimental approach with two types of mixtures: normal concrete and concrete with 50% red brick substitution. Compressive strength tests were conducted at 7, 14, and 28 days of curing. The results showed that normal concrete achieved 73%, 87.55%, and 105.35% of the design strength ( $f_c' = 20$  MPa), while the concrete with 50% red brick substitution reached only 63.1%, 76.2%, and 91.5%. The red brick concrete showed lower compressive strength compared to normal concrete, but its strength continued to increase consistently over time. These results indicate that red brick waste has potential as an alternative fine aggregate, especially for non-structural applications.*



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



**How to Cite:** Dwi Aditya Yanuar, et al (2025). Analisis Pecahan Batu Bata Merah Sebagai Pengganti Agregat Halus Dalam Campuran Beton Ringan, 4 (1) 2383-2389. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i1.1975>

### PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu material konstruksi paling penting dan banyak digunakan di seluruh dunia karena sifat mekanisnya yang unggul, ketersediaan bahan bakunya, serta kemudahan dalam proses produksi dan pengecorannya. Beton tersusun dari bahan penyusun utama yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Di antara bahan tersebut, agregat menempati porsi sekitar 60–80% dari total volume beton, sehingga kualitas dan komposisinya sangat menentukan karakteristik beton secara keseluruhan (Herdiansyah dkk., 2013; Tambunan, 2023). Agregat halus, yang umumnya berupa pasir alam, berperan penting dalam membentuk pasta semen dan menjaga keterisian rongga antar agregat kasar. Pasir yang digunakan sebagai agregat halus harus memenuhi standar tertentu, seperti gradasi,

kebersihan, dan kadar lumpur maksimal agar tidak menurunkan kekuatan beton (SNI 03-2834-2000; Nurmaidah dkk., 2023). Namun, seiring meningkatnya pembangunan infrastruktur, kebutuhan akan pasir alam semakin tinggi, mengakibatkan eksploitasi berlebihan yang berdampak pada kerusakan lingkungan seperti erosi, pendangkalan sungai, dan hilangnya habitat ekosistem air (Mulyono, 2005). Sebagai respon terhadap tantangan tersebut, diperlukan inovasi dalam substitusi agregat halus dengan bahan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis. Salah satu bahan alternatif yang mulai banyak diteliti adalah limbah pecahan batu bata merah. Batu bata merah adalah material hasil pembakaran tanah liat yang secara kimia mengandung silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), dan kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) dalam kadar tertentu. Komponen-komponen tersebut, terutama silika, berpotensi memberikan kontribusi positif terhadap kuat tekan beton karena bersifat pozzolan (Aini, 2021; Yulian dkk., 2023).

Penggunaan limbah batu bata merah sebagai agregat halus dapat memberikan dua keuntungan sekaligus, yakni efisiensi sumber daya alam dan pengurangan volume limbah konstruksi. Menurut Amelia dkk. (2022), pemanfaatan limbah batu bata dapat mengurangi beban lingkungan yang dihasilkan dari sisa pembongkaran bangunan yang biasanya hanya dibuang di TPA atau mencemari lahan terbuka. Secara mekanis, berbagai penelitian menunjukkan bahwa substitusi batu bata merah pada agregat halus mampu meningkatkan atau mempertahankan kuat tekan beton hingga batas tertentu. Sofia dkk. (2019) melaporkan bahwa penggantian pasir dengan limbah batu bata hingga 9% masih mempertahankan kekuatan beton pada level optimum. Sementara itu, Permatasari (2019) menemukan bahwa pada kadar 15%, kuat tekan beton meningkat dari 21,40 MPa menjadi 21,57 MPa, dan hanya mengalami penurunan setelah mencapai batas substitusi 25%. Yulian dkk. (2023) juga menunjukkan bahwa substitusi 13%–15% batu bata merah menghasilkan kuat tekan beton di atas 22 MPa, lebih tinggi dari beton normal  $f_c' 20$  MPa. Hasil serupa disampaikan oleh Ghassanni dkk. (2024), yang menemukan bahwa substitusi 10% menghasilkan peningkatan kuat tekan sebesar 1,08 MPa dibanding beton tanpa substitusi. Sementara itu, Nugraha (2024) menunjukkan bahwa kombinasi antara limbah batu bata merah sebagai agregat halus dan abu sekam padi sebagai substitusi semen mampu meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan hingga 31,23 MPa.

Meskipun demikian, tidak semua penggunaan batu bata merah sebagai agregat halus menunjukkan hasil positif. Pada kadar yang terlalu tinggi, daya serap air batu bata yang cukup besar dapat menyebabkan ketidakseimbangan kadar air dalam campuran beton, sehingga menurunkan kohesi dan kuat tekan akhir beton (Johannes dkk., 2023). Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian eksperimental lebih lanjut untuk menentukan kadar optimum dari limbah batu bata sebagai bahan substitusi. Selain itu, beton yang menggunakan material daur ulang seperti limbah batu bata juga dapat dikaji dari segi keberlanjutan (sustainability). Bahan bangunan berkelanjutan harus memenuhi tiga aspek utama yaitu keberlanjutan lingkungan, sosial, dan ekonomi (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Dengan mengurangi penggunaan pasir alam dan memanfaatkan limbah konstruksi, beton dengan substitusi limbah batu bata mendukung prinsip ekonomi sirkular, mengurangi jejak karbon, serta memberikan solusi jangka panjang dalam pengelolaan sumber daya. Dalam konteks lokal, seperti di wilayah Kebumen, batu bata merah merupakan salah satu material bangunan yang mudah ditemukan dan sering digunakan dalam pembangunan rumah tinggal dan infrastruktur ringan. Limbah dari pembongkaran bangunan lama seringkali hanya ditumpuk tanpa pengolahan. Oleh karena itu, riset mengenai pemanfaatan limbah batu bata merah sebagai agregat alternatif dalam beton di wilayah ini menjadi relevan dan aplikatif untuk meningkatkan efisiensi material sekaligus menanggulangi permasalahan lingkungan.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini diarahkan untuk mengkaji secara lebih mendalam pemanfaatan pecahan batu bata merah sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton normal. Fokus utama terletak pada pengaruhnya terhadap kuat tekan beton dan potensi aplikasinya dalam industri konstruksi sebagai solusi ramah lingkungan.

## **METODE**

### ***Desain Penelitian***

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan pecahan batu bata merah sebagai pengganti agregat halus terhadap kuat tekan beton normal. Rancangan campuran beton dibuat berdasarkan mutu beton rencana  $f_c' 20$  MPa, dengan

membandingkan dua variasi: beton normal tanpa substitusi dan beton dengan substitusi 50% pecahan batu bata merah sebagai agregat halus.

#### ***Lokasi dan Waktu Penelitian***

Seluruh proses pembuatan sampel, perawatan, dan pengujian dilakukan di Laboratorium PT. Karya Adi Kencana Kebumen, Jawa Tengah. Penelitian berlangsung selama 28 hari, dengan pengujian kuat tekan dilakukan pada hari ke-7, ke-14, dan ke-28.

#### ***Material Penelitian***

Material yang digunakan meliputi:

1. Semen  
Portland Composite Cement (PCC) merek Bima, yang berfungsi sebagai bahan pengikat hidraulik (Irianti dkk., 2023).
2. Agregat halus  
Pasir alam dari Muntilan, dengan gradasi sesuai spesifikasi SNI 03-2834-2000 (SNI 03-2834, 2000).
3. Agregat kasar  
Batu pecah (split) 20-30 mm.
4. Substitusi agregat halus  
Pecahan batu bata merah dari limbah konstruksi.
5. Air  
Air bersih yang memenuhi standar SK-SNI S-04-1989-F dan tidak mengandung zat berbahaya (Mulyono, 2005).

#### ***Variasi Campuran dan Benda Uji***

Variasi campuran dibagi menjadi dua kelompok:

1. Variasi I (kontrol) 0% batu bata merah
2. Variasi II 50% batu bata merah dari berat agregat halus  
Setiap variasi dibuat 3 benda uji untuk masing-masing umur beton (7, 14, dan 28 hari), dengan total 18 sampel. Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sesuai standar SNI 03-2834-2000.

#### ***Prosedur Pengujian***

1. Pengujian Slump

Sebelum dilakukan pengecoran benda uji, dilakukan pengujian slump untuk mengetahui nilai kelecakan (workability) beton segar. Pengujian ini mengikuti metode ASTM C143/C143M (ASTM International, 1990). Nilai slump digunakan untuk memastikan konsistensi dan kemudahan pengerjaan beton.

2. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Setelah dilakukan slump test, campuran beton dituangkan ke dalam cetakan silinder dan dipadatkan. Setelah 24 jam, beton dikeluarkan dari cetakan dan direndam dalam air selama proses curing selama 7, 14, dan 28 hari sesuai standar SNI 03-4810-1998. Perawatan dilakukan dengan metode water curing, yaitu perendaman benda uji dalam air bersih, untuk menjaga proses hidrasi berlangsung optimal dan menghindari retakan dini (SNI 03-4810, 1998).

#### ***Analisis Data***

Data hasil pengujian dianalisis secara kuantitatif menggunakan pendekatan deskriptif komparatif, untuk menilai perbedaan nilai kuat tekan antar variasi pada masing-masing umur pengujian. Hasil ini kemudian diinterpretasikan untuk menemukan kecenderungan pengaruh substitusi batu bata terhadap karakteristik beton.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini menguji kuat tekan beton normal dan beton dengan substitusi 50% batu bata merah sebagai agregat halus. Pengujian dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari, untuk melihat perkembangan kekuatan beton seiring waktu. Berikut hasil pengujian kuat tekan beton normal:

Tabel 1. Kuat Tekan Beton Normal ( $f_c' = 20$  MPa)

Umur Beton (hari)	Kuat Tekan (MPa)
7	73%
14	87,55%
28	105,35%

Tabel 1 menunjukkan perkembangan kuat tekan beton normal berdasarkan umur perawatan 7, 14, dan 28 hari, yang dinyatakan dalam bentuk persentase terhadap kuat tekan rencana sebesar 20 MPa. Pada umur 7 hari, beton mencapai kuat tekan sebesar 73% dari  $f_c'$ , yang menunjukkan proses hidrasi awal berlangsung cukup baik. Pada hari ke-14, kekuatan beton meningkat menjadi 87,55%, mendekati standar kuat tekan minimum yang umum dijadikan acuan untuk aplikasi struktural. Puncaknya terjadi pada hari ke-28, di mana kuat tekan beton mencapai 105,35% dari nilai rencana, atau melebihi target kuat tekan sebesar 20 MPa.

Hasil ini mengindikasikan bahwa beton normal mengalami perkembangan kekuatan yang optimal dan progresif selama periode perawatan. Kelebihan kekuatan pada hari ke-28 mencerminkan kualitas bahan penyusun dan proporsi campuran yang sesuai standar (SNI 03-2834-2000). Secara teknis, hasil ini membuktikan bahwa beton normal memenuhi bahkan melampaui standar kekuatan minimum yang dipersyaratkan dalam konstruksi struktural.

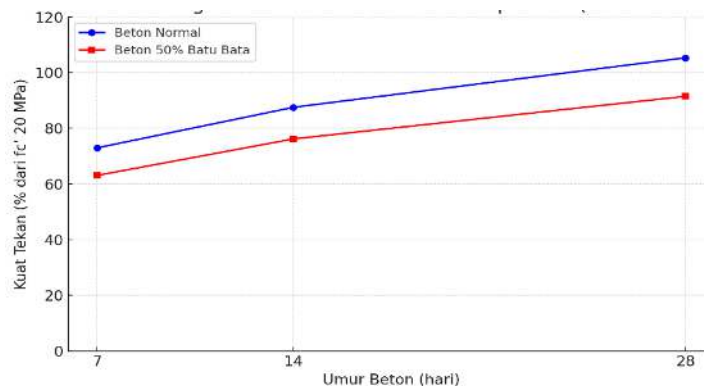
Selanjutnya adalah hasil pengujian kuat tekan untuk beton dengan substitusi 50% batu bata merah:

Tabel 2. Kuat Tekan Beton Campuran 50% Batu Bata

Umur Beton (hari)	Kuat Tekan (MPa)
7	63,1%
14	76,2%
28	91,5%

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran 50% batu bata merah sebagai pengganti agregat halus, dinyatakan dalam bentuk persentase terhadap kuat tekan rencana ( $f_c'$ ) sebesar 20 MPa. Pada umur 7 hari, kuat tekan beton mencapai 63,1% dari  $f_c'$ , yang mengindikasikan bahwa proses hidrasi awal masih berlangsung, namun kurang optimal dibanding beton normal. Pada umur 14 hari, kuat tekan meningkat menjadi 76,2%, menunjukkan adanya perkembangan kekuatan yang berkelanjutan. Puncaknya pada umur 28 hari, beton campuran mencapai 91,5% dari kuat tekan rencana.

Meskipun tidak melebihi target kuat tekan seperti pada beton normal, pencapaian 91,5% pada umur 28 hari menunjukkan bahwa beton dengan substitusi batu bata merah masih memiliki kinerja yang layak, terutama untuk aplikasi non-struktural. Penurunan kekuatan relatif ini diduga disebabkan oleh sifat batu bata yang memiliki porositas tinggi dan daya serap air besar, sehingga mengurangi rasio air-semen efektif dalam campuran. Hal ini berdampak pada kepadatan dan ikatan antar partikel semen yang membentuk kekuatan beton secara keseluruhan (Permatasari, 2019).

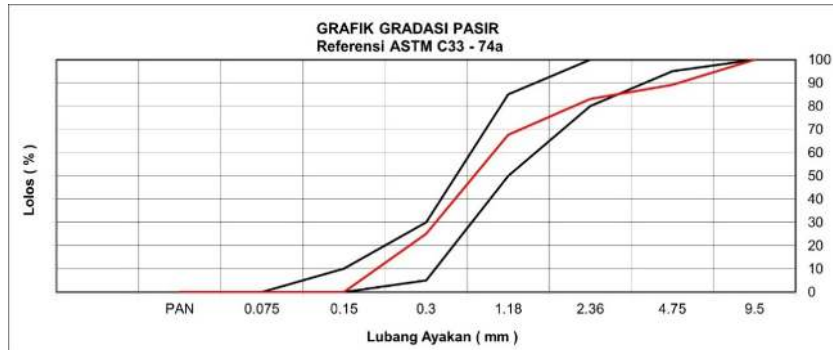


Gambar 1. Grafik Perbandingan Kuat Beton

Grafik di atas memperlihatkan perbandingan kuat tekan antara beton normal dan beton dengan campuran 50% batu bata merah terhadap nilai rencana kuat tekan ( $f_c' = 20$  MPa), berdasarkan umur pengujian 7, 14, dan 28 hari. Pada umur 7 hari, beton normal mencapai 73% dari  $f_c'$ , sedangkan beton campuran hanya mencapai 63,1%. Pada umur 14 hari, beton normal meningkat menjadi 87,55%,

sementara beton campuran berada pada 76,2%. Pada umur 28 hari, beton normal bahkan melampaui target dengan 105,35%, sedangkan beton campuran mencapai 91,5% dari nilai rencana.

Perbedaan ini menunjukkan bahwa beton campuran dengan batu bata merah memiliki kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan beton normal pada seluruh umur pengujian. Meski demikian, beton campuran masih mengalami peningkatan kekuatan yang stabil seiring waktu. Hal ini menunjukkan bahwa proses hidrasi tetap berlangsung, meskipun tidak seefisien beton tanpa substitusi. Temuan ini mendukung pemanfaatan pecahan batu bata merah sebagai bahan substitusi agregat halus, khususnya untuk aplikasi non-struktural (Mulyono, 2005; Permatasari, 2019).



Gambar 2. Grafik Gradasi Pasir Berdasarkan ASTM C33 – 74a

Grafik di atas menunjukkan hasil gradasi pasir berdasarkan analisis saringan (sieve analysis) yang mengacu pada standar ASTM C33 – 74a. Sumbu horizontal menunjukkan ukuran lubang ayakan dalam satuan milimeter (mm), sedangkan sumbu vertikal menunjukkan persentase kumulatif agregat halus yang lolos dari masing-masing ayakan. Garis merah pada grafik mewakili hasil uji gradasi pasir yang digunakan dalam penelitian ini, sedangkan dua garis hitam menunjukkan batas atas dan batas bawah dari kurva gradasi yang diperbolehkan menurut ASTM C33 – 74a.

Dari grafik dapat dilihat bahwa seluruh data hasil uji berada di antara batas atas dan bawah, yang berarti bahwa pasir yang digunakan termasuk dalam klasifikasi pasir baik (well-graded). Hal ini menunjukkan bahwa distribusi ukuran partikel pasir cukup merata, sehingga mampu mengisi rongga antar agregat kasar secara efisien. Gradasi yang baik ini akan berkontribusi terhadap workability campuran beton serta kekuatan tekan yang optimal ( Mulyono, 2005).

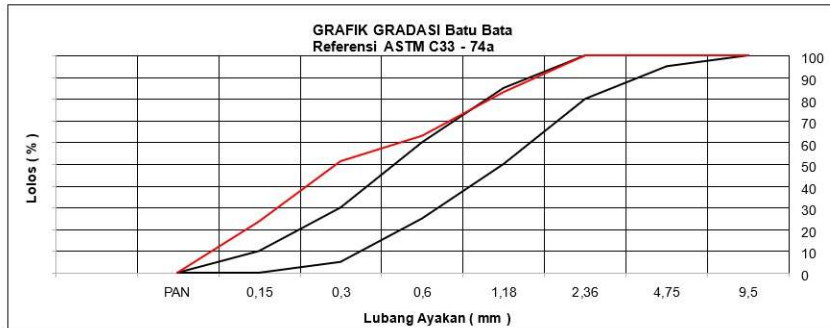


Gambar 3. Grafik Gradasi Pasir Berdasarkan ASTM C33 – 74a

Grafik ini menggambarkan hasil uji analisis saringan terhadap pasir yang digunakan dalam campuran beton, dengan acuan standar ASTM C33 – 74a. Sumbu horizontal menunjukkan ukuran lubang ayakan (dalam satuan mm), sedangkan sumbu vertikal menunjukkan persentase kumulatif agregat halus yang lolos dari masing-masing saringan (% lolos).

Garis merah menunjukkan hasil aktual dari gradasi pasir yang diuji, sedangkan dua garis hitam merepresentasikan batas atas dan bawah dari gradasi pasir yang diperbolehkan menurut standar ASTM C33. Kurva hasil pengujian (garis merah) berada di antara dua batas standar, yang menandakan bahwa pasir yang digunakan memenuhi kriteria gradasi baik (*well-graded sand*). Pasir dengan gradasi yang baik memiliki distribusi ukuran butir yang merata, sehingga dapat meningkatkan kemampuan kerja

(*workability*) dan kepadatan beton, serta meminimalkan rongga kosong antara butiran agregat kasar. Hal ini berdampak positif pada kekuatan tekan beton dan daya tahan terhadap keretakan atau penetrasi air (Mulyono, 2005).



Gambar 4. Grafik Gradasi Agregat Halus Batu Bata Berdasarkan ASTM C33 – 74a

Grafik ini menunjukkan hasil analisis gradasi agregat halus dari material batu bata yang dihancurkan, dengan acuan standar ASTM C33 – 74a. Sumbu horizontal merepresentasikan ukuran bukaan ayakan dalam satuan milimeter (mm), sedangkan sumbu vertikal menunjukkan persentase kumulatif material yang lolos dari masing-masing saringan (% lolos).

Garis merah merupakan hasil uji gradasi dari agregat batu bata, sementara dua garis hitam menggambarkan batas atas dan batas bawah standar ASTM untuk agregat halus yang digunakan dalam campuran beton. Berdasarkan grafik tersebut, kurva hasil uji batu bata cenderung bergerak lebih cepat mencapai 100% lolos pada ukuran yang lebih kecil, menunjukkan bahwa distribusi ukuran butir cenderung lebih halus dan banyak mengandung partikel kecil. Sebagian besar hasil berada di luar rentang standar ASTM, terutama pada fraksi halus, yang menunjukkan bahwa material batu bata memiliki gradasi yang terlalu halus untuk dikategorikan sebagai agregat halus standar menurut ASTM C33.

Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan batu bata sebagai pengganti agregat halus dalam beton harus dilakukan dengan hati-hati. Butiran yang terlalu halus dapat meningkatkan kebutuhan air dan menurunkan kekuatan beton karena membentuk campuran yang kurang padat (Mulyono, 2005). Oleh karena itu, penggunaan batu bata sebaiknya dibatasi secara proporsional, atau dikombinasikan dengan pasir agar memenuhi karakteristik gradasi yang sesuai standar konstruksi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan pecahan batu bata merah sebagai substitusi 50% agregat halus dalam campuran beton memberikan pengaruh terhadap nilai kuat tekan. Beton normal menunjukkan kuat tekan lebih tinggi dibanding beton campuran pada semua umur pengujian (7, 14, dan 28 hari). Meskipun terjadi penurunan kekuatan pada beton dengan batu bata, nilai kuat tekan yang dihasilkan masih berada dalam kisaran yang dapat diterima untuk konstruksi non-struktural. Hasil uji gradasi menunjukkan bahwa batu bata memiliki distribusi ukuran partikel yang lebih halus daripada pasir standar, sehingga dapat mempengaruhi kebutuhan air dan kinerja campuran beton secara keseluruhan. Oleh karena itu, penggunaan batu bata merah sebagai bahan substitusi agregat halus tetap memiliki potensi yang layak, terutama dalam mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan, selama proporsinya diatur secara optimal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian penelitian ini, khususnya kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan yang berharga. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada laboratorium teknik sipil tempat pengujian dilakukan, serta rekan-rekan yang turut membantu dalam proses pengumpulan data. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi bahan bangunan dan konstruksi berkelanjutan.

## REFERENSI

- Amelia, F., Haryanto, T., & Prasetyo, A. (2022). Pemanfaatan limbah konstruksi sebagai agregat alternatif pada campuran beton ramah lingkungan. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(1), 45–52.
- Andriyanto, A. (2021). *Teknologi Bahan Konstruksi Bangunan Gedung*. Yogyakarta: Deepublish.
- ASTM C33/C33M-18. (2018). *Standard Specification for Concrete Aggregates*. ASTM International.
- Gunawan, A. (2022). *Pengaruh Limbah Batu Bata Terhadap Kuat Tekan Beton*. Jakarta: Penerbit Mitra Cendekia.
- Hidayat, R., & Siregar, A. (2020). Studi kuat tekan beton menggunakan limbah batu bata merah sebagai agregat halus. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Infrastruktur*, 7(2), 65–72.
- Mulyono, T. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Permatasari, L. (2019). Pengaruh penggunaan limbah batu bata sebagai pengganti pasir terhadap kuat tekan beton. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 6(2), 120–127.
- Prabowo, Y. A., & Fitriani, N. (2020). Analisa kuat tekan dan kuat tarik beton dengan agregat halus dari limbah batu bata merah. *Jurnal Sipil Statik*, 8(1), 33–39.
- Purnomo, S. (2018). Kajian gradasi agregat terhadap kinerja beton struktural. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 20(2), 123–130.
- SNI 03-2834-2000. (2000). *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-6861.1-2002. (2002). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Sudibyo, A., & Ramadhan, F. (2021). Pengaruh variasi agregat halus terhadap kuat tekan dan workability beton. *Jurnal Konstruksi*, 10(3), 88–95.
- Yulian, D., Siregar, R., & Arifin, M. (2023). Pengaruh gradasi agregat halus terhadap mutu beton dengan material alternatif. *Jurnal Material dan Konstruksi*, 11(3), 83–91.