

Analisis Kuat Tekan Beton dengan Substitusi Agregat Halus Menggunakan Limbah Batu Bata Merah

Vidhy Ratu Andeline¹, Tira Roesdiana²

¹ Afiliasi: Program Studi Teknik Sipil, Universitas Swadaya Gunung Jati, Cirebon
Email: vidhyandeline09@gmail.com ¹ tira.roesdiana@gmail.com ²

ABSTRAK

Studi dilaksanakan untuk mengidentifikasi pengaruh pemanfaatan limbah pecahan batu bata merah yang menjadi substitusi agregat halus pada nilai tekan beton, serta menentukan persentase optimum terhadap kuat tekan rencana 25 Mpa. Metode yang dipergunakan yaitu eksperimental di laboratorium mempergunakan benda uji silinder berukuran 15cm×30cm pada variasi substitusi 0%, 5%, 10%, dan 15%, yang dilakukan pengujian pada umur 14 dan 28 hari. Hal ini membuktikan bahwa tekan beton meningkat seiring bertambahnya usia, namun menurun dengan bertambahnya persentase substitusi. Beton normal menghasilkan kuat tekan tertinggi senilai 25,1 MPa dan memenuhi kuat tekan rencana. Variasi 10% menghasilkan kuat tekan 24,2 MPa dan merupakan nilai yang paling mendekati kuat tekan rencana. Sementara itu, variasi 5% dan 15% menghasilkan kuat tekan masing – masing 21,1 MPa dan 20,2 MPa, sehingga tidak memenuhi persyaratan. Dengan demikian, penambahan limbah bata merah untuk substitusi agregat halus berpengaruh akan penurunan kuat tekan, namun masih berpotensi dimanfaatkan secara terbatas sebagai bahan alternatif.

Kata Kunci: Pecahan batu bata merah, kuat tekan, beton, substitusi agregat halus.

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effect of using red brick waste as a substitute for fine aggregate on the compressive strength of concrete, as well as to determine the optimum percentage for a target compressive strength 25 MPa. The method used was a laboratory experiment with 15cm×30cm cylindrical test specimens at substitution rates of 0%, 5%, 10%, and 15%, tested at 14 and 28 days of age. This proves that concrete compressive strength increased with age but decreases with increasing substitution percentage. Normal concrete produced the highest compressive strength of 25,1 MPa and met the design compressive strength. The 10% substitution variation yielded a compressive strength of 24,2 MPa, which was the value closest to the design compressive strength. Meanwhile, the 5% and 15% variations produced compressive strength of 21,1 MPa and 20,2 MPa, respectively and thus did not meet the requirements. Consequently the addition of red brick waste to substitute fine aggregate results in a decrease in compressive strength; however, it still has limited potential for use as an alternative material.

Key words: Red brick fragments, compressive strength, concrete, fine aggregate substitution.

Submitted: 11 April 2026	Reviewed: 08 Mei 2026	Revised: 26 Mei 2026	Published: 01 August 2026
------------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------

PENDAHULUAN

Material yang banyak dimanfaatkan dalam bidang konstruksi salah satunya adalah beton. Pada pembuatan beton sendiri agregat halus seperti pasir memainkan peran penting dan merupakan komponen terbesar dalam campuran beton, sama halnya dengan agregat kasar (Chat et al., 2015). Pertumbuhan sektor konstruksi di Indonesia menyebabkan peningkatan permintaan akan agregat halus atau pasir alam menjadi meningkat. Situasi ini mendorong eksploitasi sumber daya alam berlebihan, seperti penambangan pasir sungai yang dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan seperti erosi serta kerusakan ekosistem sungai. Untuk itu dibutuhkan upaya untuk menemukan bahan alternatif sebagai substitusi agregat halus. Salah satu bahan yang berpotensi yaitu limbah pecahan batu bata merah. Material ini

merupakan hasil sisa pembakaran yang berasal dari tanah liat. Secara kimia mempunyai kandungan silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3), dan kalsium oksida (CaO) (Yanuar & Nardiansyah, 2025). Dengan komponen – komponen tersebut bata merah bisa menjadi potensi digunakan untuk substitusi agregat halus pada pencampuran beton.

Pemanfaatan limbah batu bata merah tidak hanya untuk mengurangi ketergantungan pada pasir alam tetapi juga membantu mengurangi limbah konstruksi yang terbuang begitu saja. Penelitian oleh Sobirin & Romadhon, (2025) menunjukkan bahwa penggunaan limbah batu bata merah sebagai substitusi agregat halus dengan variasi tertentu dapat meningkatkan kuat tekan, dengan nilai optimum pada kadar 10%. Temuan ini diperkuat oleh Ghassani & Pratama, (2024) yang

menyatakan bahwa substitusi sebesar 10% menghasilkan performa kuat tekan yang lebih baik di dibandingkan beton normal, namun peningkatan kadar substitusi cenderung menurunkan kekuatan akibat berkurangnya ikatan antar partikel. Selain itu, (Pasaribu et al., 2025) menunjukkan bahwa substitusi limbah bata merah memberikan pengaruh signifikan terhadap perkembangan kuat tekan beton, khususnya pada umur 14 dan 28 hari sebagai indikator utama kekuatan beton. Menambahkan material berbasis tanah liat memiliki sifat reaktif yang dapat berperan dalam proses hidrasi semen apabila digunakan dalam proporsi yang tepat. Hal ini didukung oleh (Yanuar & Nardiansyah, 2025) yang menyatakan bahwa penggunaan material alternatif dapat meningkatkan mutu beton apabila komposisinya dirancang secara optimal.

Berdasarkan uraian tersebut perlu dilakukannya studi eksperimental agar diketahui bagaimana dampak dari penggunaan limbah pecahan batu bata merah yang menjadi substitusi agregat halus pada kuat tekan pada beton.

Di samping itu, studi yang dilaksanakan juga bertujuan untuk menentukan persentase optimum penggunaan material tersebut serta membandingkan hasil kuat tekan beton yang dihasilkan oleh beton normal.

Studi yang akan dilakukan sekarang, khususnya terkait pengaruh substitusi pecahan batu bata merah yang mempunyai variasi 5%; 10%; dan 15% pada tekan beton pada umur 14 hari dan 28 hari dan $f_c' 25$ MPa.

METODE PENELITIAN

Studi yang dilaksanakan mempergunakan metode eksperimental yang dilakukan di laboratorium untuk mengetahui menganalisis pengaruh penambahan sebagian pecahan bata merah pada kuat tekan beton. Metode pendekatan yang berlaku bersifat kuantitatif, dengan menitikberatkan pada pengujian teori melalui analisis data menggunakan prosedur statistik. Perencanaan studi dimulai oleh pengumpulan data studi terdahulu serta mempelajari literatur yang berhubungan terhadap penelitian, juga memperhatikan persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku. Macam – macam data yang dipergunakan dalam studi yang dilaksanakan diklasifikasikan ke dalam 2, yakni:

1. Data Primer: dihasilkan dengan langsung melalui penelitian yang dilaksanakan di laboratorium universitas swadaya gunung jati oleh penulis.
2. Data sekunder: berasal dari sumber yang sudah dipublikasikan sebelumnya, lalu dikumpulkan dan diolah oleh penulis.

Teknik pengumpulan data dalam studi yang dilaksanakan didapat melalui cara sebagai berikut:

1. Data – data yang dibutuhkan dilakukan pengumpulan mempergunakan metode observasi secara langsung di lokasi penelitian.
2. Studi Literature.
3. Menganalisis data dengan mengelola data – data yang diperoleh selama melakukan penelitian.

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Bahan, Fakultas Teknik Universitas Swadaya Gunung Jati, untuk mengetahui pengaruh substitusi pecahan batu bata merah. Penelitian ini diawali dengan persiapan alat pemeriksaan material, pembuatan sampel beton, melakukan test kuat tekan, juga pengambilan data perolehan pengujian.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Benda Uji

Sampel benda yang kemudian di uji digunakan adalah beton normal (0%) dan beton yang mempunyai substitusi agregat halus menggunakan limbah pecahan bata merah. Variasi yang diterapkan meliputi 0%; 5%; 10%; dan 15% dengan pengujian dilaksanakan pada umur 14 dan 28 hari. Benda uji ini memiliki bentuk silinder yang mempunyai diameter 15cm×30cm. Setiap memiliki 3 sampel, dengan total keseluruhan 24 buah.

Tabel 1. Kode Benda Uji

No.	Variasi	Kode Benda Uji	Umur (Hari)		Total
			14	28	
1	0%	B-0	3	3	24
2	5%	B-5	3	3	
3	10%	B-10	3	3	
4	15%	B-15	3	3	

Persiapan Alat

Untuk mendapatkan hasil yang sesungguhnya untuk menunjang penelitian ini, diperlukan beberapa peralatan dengan kondisi yang baik.

Persiapan Bahan

Bahan – bahan yang dipergunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Air yang berasal dari laboratorium Universitas Swadaya Gunung Jati.
2. Semen portland tipe 1 dengan merk Dynamix.
3. Agregat Kasar yang digunakan agregat ringan dengan ukuran butir maksimal 40mm.
4. Agregat halus atau pasir menggunakan pasir dari *ready mix* yang berada di Ciperna, Cirebon.
5. Bahan tambahan yang dipakai yaitu limbah pecahan batu bata merah yang berasal dari sisa pembangunan rumah Indramayu.

Limbah batu bata merah yang dipakai tidak langsung digunakan, melainkan terlebih dahulu melalui proses pengelolaan agar memenuhi persyaratan sebagai substitusi agregat halus. Adapun tahapan pengelolaan limbah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Pada tahapan awal, material limbah dibersihkan dari kotoran seperti tanah, debu, dan bahan organik lainnya untuk mencegah penurunan kualitas beton yang dihasilkan.
- Limbah yang sudah dibersihkan kemudian dihancurkan menggunakan palu hingga diperoleh ukuran butiran yang lebih kecil dan mendekati karakteristik agregat halus.
- Hasil penghancuran kemudian dilakukan pengujian analisis saringan agregat halus, untuk memperoleh gradasi yang sesuai, material yang lolos saringan 4,75 mm sebagai batas ukuran agregat halus.
- Material yang lolos disimpan dalam kondisi kering dan terindung dari kontaminasi lingkungan.



Gambar 2. Penghancuran Batu Bata



Gambar 3. Analisis Saringan Batu Bata

Proses pengelolaan limbah tersebut mengacu pada ketentuan agregat halus sesuai dengan (SNI 03:2834:2000, 2000) tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal serta (SNI 03-4804, 1998) mengenai metode pengujian analisis saringan agregat.

Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material dilakukan sebelum membuat campuran beton, dilakukan untuk memenuhi karakteristik dan klasifikasi agregat. Beberapa yang dilakukan yaitu:

1. Semen : Kehalusan Semen
2. Agregat Halus : Berat jenis serta penyerapan air, analisis saringan, kadar air, zat organik, dan zat lumpur.
3. Agregat Kasar : Berat jenis serta penyerapan air, analisis saringan, dan kadar air.
4. Air : pH Air.

Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran (*mix design*) dilaksanakan dengan tujuan mendapatkan perbandingan campuran yang tepat dan akurat dengan kuat tekan yang telah direncanakan. Tahapan *mix design* yang menjadi acuan standar yaitu berdasarkan (SNI 03:2834:2000, 2000). Pada penelitian ini beton normal yang direncanakan mempunyai kuat tekan rencana 25 MPa, dengan kebutuhan 3 silinder per-variasi dengan total 24 buah.

Tabel 2. Kebutuhan Material

Material	Variasi				Total	Satuan
	0%	5%	10%	15%		
Semen	7,1	7,1	7,1	7,1	56,8	Kg
Agregat Kasar	23,1	23,1	23,1	23,1	184,8	Kg
Agregat Halus	19,2	18,2	17,3	16,3	142,08	Kg
Batu Bata	0	1,0	1,9	2,9	11,52	Kg
Air	4,6	4,6	4,6	4,6	36,8	L

Pembuatan Sampel Beton

Pada pembuatan beton dilakukan berdasarkan hasil perencanaan campuran yang telah ditetapkan. Material untuk menyusun beton tersusun atas

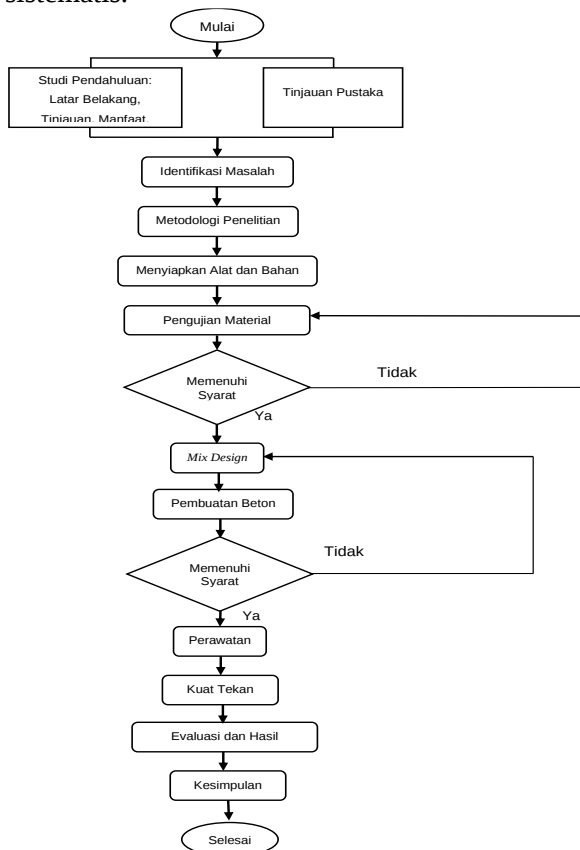
semen, agregat halus, agregat kasar, air, serta material substitusi, ditimbang sesuai proporsi masing – masing variasi campuran. Selanjutnya proses pencampuran dilakukan menggunakan mesin molen hingga diperoleh adukan yang homogen. Proses pembuatan sampel beton mengacu pada (SNI 2493, 2011).

Slump Test

Pengujian slump dilaksanakan guna mengidentifikasi tingkat kelecakan (*workability*) beton segar pada setiap variasi campuran. Alat yang digunakan berupa kerucut Abreams, pelat dasar, batang penumbuk, dan penggaris ukur.

Bagan Alir

Bagan alir dibuat untuk mempermudah pengerjaan perencanaan pengujian agar berurutan dan sistematis.



Gambar 2. Bagan Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Material

Pada pengujian material dan pemeriksaan komponen penyusun beton ini memperoleh data material seperti kehalusan semen, berat jenis, analisa saringan, kadar air, pemeriksaan pH air, kadar kumpur, zat organik. Tabel 3. Merupakan hasil pengujian yang telah memenuhi standar persyaratan.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Uji Material

Material	Jenis Uji	Nilai	Standar Acuan
Semen	Kehalusan Semen	F1:	(SNI 15-2530, 1991)
		F2: 21,08%	
Agregat Halus	Saturated Surface Dry (SSD)	2,51	(SNI 1970, 2008)
	Zona Gradasi	No.1	SNI 03-1968-1990
	Kadar Air	8,01%	(SNI 03-1971, 1990)
	Kadar Zat Organik	10-20%	(SNI 03-2816, 1992)
	Kadar Zat Lumpur	4%	(SNI 03-4142, 1996)
Agregat Kasar	Saturated Surface Dry (SSD)	2,59	(SNI 1969, 2008)
	Zona Gradasi	40mm	(SNI 03-4804, 1998)
	Kadar Air	0,69%	(SNI 03-1971, 1990)
Air	pH Air	7	(Badan Standardisasi Nasional, 2002)

Nilai Slump

Nilai slump pada beton normal yang direncanakan berada pada kisaran 60 – 180mm. Berdasarkan hasil uji slump yang telah dilaksanakan, diperoleh tinggi slump yang menunjukkan tingkat kelecakan adukan beton sesuai rencana campuran yang telah ditetapkan. Pengujian slump dilaksanakan dengan tujuan guna mengidentifikasi kemudahan proses pengerjaan (*workability*) beton segar sebelum proses pengecoran. Berikut tabel 4 hasil dari setiap pengujian slump.

Tabel 4. Hasil Slump Setiap Variasi

Umur (Hari)	Variasi Batu Bata (%)	Tinggi Slump (cm)
14	0%	10
	5%	13
	10%	15
	15%	12
28	0%	10
	5%	13
	10%	14,5
	15%	14

Nilai slump yang diperoleh masih berada pada rentang 10 – 15 cm atau setara dengan 100 – 150 mm. Rentang ini masih berada dalam batas rencana slump, sehingga dapat dinyatakan bahwa seluruh adonan beton sesuai standar kelecakan yang telah ditetapkan.



Gambar 4. Pengujian Slump

Pengujian Kuat Tekan Beton



Gambar 5. Sampel Beton Siap Uji

Uji tekan dilaksanakan pada beton usia 14 hari dan 28 hari setelah melewati proses perawatan beton (*curing*) dengan metode perendaman. Setelah mencapai umur yang ditentukan, benda uji diangkat satu hari sebelum pelaksanaan dan selanjutnya dilakukan pengujian.



Gambar 6. Uji Kuat Tekan

Beton dirancang secara kuat tekan rencana (f'_c) sebesar 25 MPa. Setiap variasi yaitu 0% ; 5%; 10%; dan 15% meliputi 3 (tiga) sampel beton, sehingga total keseluruhan sampel yang diuji berjumlah 24 buah . Pengujian dilakukan hingga benda uji mengalami keretakan atau tidak mampu lagi menahan beban dari mesin uji.

Tabel 5. Hasil Kuat Tekan Beton 14 Hari

Umur Benda Uji	Kode Benda Uji	Beban (kN)	Kuat Tekan		MPa	Rata – Rata
			N Hari (kg/cm ²)	28 Hari (kg/cm ²)		
14	B-0	330	190,5	260,8	26,1	24,5
		350	202,1	276,6	27,7	
		300	173,2	196,8	19,7	
	B-5	250	144,3	197,6	19,8	20,0
		290	167,4	229,2	22,9	
		265	153,0	173,9	17,4	
	B-10	380	219,4	300,4	30,0	24,0
		250	144,3	197,6	19,8	
		340	196,3	223,1	22,3	
	B-15	300	173,2	237,1	23,7	20,0
		245	141,4	193,7	19,4	
		260	150,1	170,6	17,1	

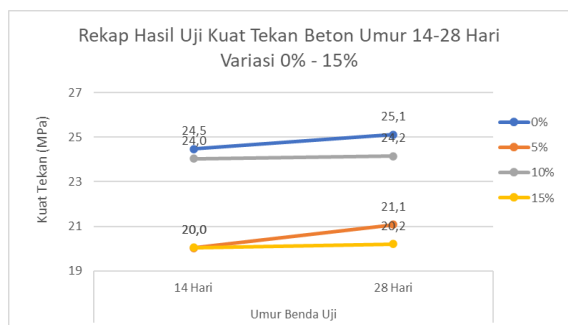
Tabel 6. Hasil Kuat Tekan Beton 28 Hari

Umur Benda Uji	Kode Benda Uji	Beban (kN)	Kuat Tekan		MPa	Rata – Rata
			N Hari (kg/cm ²)	28 Hari (kg/cm ²)		
28	B-0	430	248,2	248,2	24,8	25,1
		425	245,4	245,4	24,5	
		450	259,8	259,8	26,0	
	B-5	380	219,4	219,4	21,9	21,1
		340	196,3	196,3	19,6	
		375	216,5	216,5	21,6	
	B-10	420	242,5	242,5	24,2	24,2
		395	228,0	228,0	22,8	
		440	254,0	254,0	25,4	
	B-15	365	210,7	210,7	21,1	20,2
		335	193,4	193,4	19,3	
		350	202,1	202,1	20,2	

Berdasarkan hasil uji terhadap usia 14 hari dan 28 hari beton, ditemukan jika beton normal (0%) mempunyai kekuatan tekan rata – rata senilai 24,5 MPa pada usia 14 hari. Sementara itu, penggunaan limbah batu bata merah yang menjadi pengganti agregat halus mengindikasikan temuan yang berbeda dalam kekuatan tekan.

Pada hari ke-28, beton normal mencapai kekuatan tekan sebesar 25,1 MPa. Variasi 5%; 10%; dan 15% menghasilkan kekuatan tekan yang berbeda, dengan nilai tertinggi dicapai pada tingkat substitusi 10%, yaitu sebesar 24,2 MPa.

Secara umum, peningkatan persentase dalam menggunakan limbah batu bata merah cenderung menurunkan nilai kuat tekan beton. Hal ini mengindikasikan jika penggunaan material substitusi dengan jumlah banyak dapat mengurangi kemampuan beton dalam menahan beban. Berdasarkan grafik hubungan antara persentase substitusi limbah batu bata merah pada kuat tekan, terlihat bahwa peningkatan persentase substitusi cenderung menurunkan nilai kuat tekan. Beton normal (0%) menunjukkan nilai kuat tekan tertinggi, kemudian diikuti oleh variasi 5%; 10%; dan 15%.



Gambar 3. Grafik Rata – rata Uji Kuat Tekan

Penurunan ini disebabkan oleh berkurangnya kualitas ikatan antar material akibat penggunaan limbah sebagai pengganti agregat halus. Meskipun demikian, pada variasi 10% penurunan yang terjadi relatif kecil sehingga masih dapat dipertimbangkan sebagai variasi optimum dalam pemanfaatan limbah batu bata merah.

Hal ini mengindikasikan bahwa dengan penambahan material substitusi dalam jumlah yang lebih besar bisa mengurangi kemampuan beton dalam menahan beban tekan. Adapun persentase terhadap kontrol beton normal bisa dilihat pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Persentase Terhadap Kontrol 0%

Variasi	Kuat Tekan 14 Hari (MPa)	Kuat Tekan 28 Hari (MPa)	Persentase Terhadap Kontrol 0%
0%	24,5	25,1	100
5%	20,0	21,1	84,06
10%	24,0	24,2	96,41
15%	20,0	20,2	80,5

Pada tabel 7 diperlihatkan bahwa beton normal (0%) memperoleh kuat tekan yang direncanakan. Variasi 10% menghasilkan kuat tekan 24,2 dengan tingkat pencapaian persentase 96,41%, yang masih mendekati kuat tekan rencana. Sementara itu variasi 5% dan 15% hanya mencapai 84,06% dan 80,5% sehingga tidak memenuhi kuat tekan yang direncanakan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan persentase substitusi cenderung menurunkan kemampuan beton dalam mencapai kuat tekan.

KESIMPULAN

Menurut temuan studi serta pembahasan tentang pemanfaatan limbah pecahan bata merah untuk substitusi agregat halus atau pasir terhadap tekan beton, yang telah dilakukan melalui serangkaian pemeriksaan material, pembuatan sampel beton, serta uji tekan umur 14 hari dan 28 hari, sehingga pada studi ini bisa disimpulkan:

1. Pemanfaatan dari penggunaan limbah pecahan bata merah yang menjadi substitusi agregat halus berpengaruh pada tekan beton yang menunjukkan bahwa limbah batu bata merah cenderung menurunkan nilai kuat tekan beton dibandingkan dengan beton normal. Pada variasi 0%; 5%; 10%; dan 15% dengan umur beton 14 hari diperoleh kuat tekan rata – rata 24,5 MPa; 20,0 MPa; 24,0 MPa; dan 20,0 MPa, untuk umur 28 hari didapatkan 25,1 MPa; 21,1 MPa; 24,2 MPa; dan 20,2 MPa. Semakin besar persentase substitusi yang dipergunakan, sehingga kuat tekan beton yang diperoleh kian rendah.
2. Persentase penggunaan limbah batu bata merah yang masih menghasilkan kuat tekan beton mendekati standar mutu yang disyaratkan dengan (f'_c 25 MPa) yaitu terdapat pada variasi 10% dengan kuat tekan yang dihasilkan sebesar 24,2 MPa pada umur 28 hari. Persentase ini menunjukkan nilai yang paling mendekati mutu beton yang direncanakan dibandingkan variasi lainnya.
3. Beton normal (0%) mempunyai kuat tekan tertinggi sebesar 25,1 MPa, (100%). Beton dengan substitusi limbah batu bata merah

menunjukkan penurunan kuat tekan, tetapi pada variasi 10% yang masih mendekati beton normal yaitu 24,2 MPa atau (96,41%), sedangkan pada variasi 5% dan 15% mengalami penurunan lebih besar. Dengan demikian, penambahan limbah batu bata merah menurunkan kuat tekan beton, namun variasi 10% masih relatif mendekati beton normal.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian parameter fisik untuk limbah batu bata, seperti *Saturated Surface Dry (SSD)*, zona gradasi, kadar air, kadar zat organik dan kadar zat lumpur, sehingga karakteristik material yang digunakan dapat dianalisis secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 03-6817-2002 Metode Pengujian Mutu Air untuk Digunakan dalam Beton. In *Badan Standardisasi Nasional* (pp. 4–5).
- Chat, Z. A., Slam, U., & Bashir, S. (2015). Compressive Strength of Concrete Using Natural Aggregates (Gravel) and Crushed Rock Aggregates - A Comparative Case Study. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 6(1), 21–26. https://iaeme.com/Home/article_id/IJCIET_06_01_003
- Ghassani, D. B., & Pratama, R. (2024). Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Batu Bata Merah sebagai Campuran Agregat Halus. *Jurnal Teknik Silitek*, 04(02), 184–192. <https://doi.org/https://doi.org/10.51135/bjzyfa34>
- Pasaribu, G., Harahap, S., & Arifitriana, W. (2025). Analisa Kuat Tekan Beton Campuran Limbah Bata Merah sebagai Agregat Halus Dibandingkan dengan Beton Normal. *Statika*, 8(2), 97–97. <https://doi.org/10.64168/statika.v8i2.1652>
- SNI 03-1971. (1990). *Pengujian Kadar Air Agregat Kasar* (1). 3–6.
- SNI 03-2816. (1992). *SNI 03-2816-1992 tentang Pengujian Kotoran Organik dalam Pasir Untuk Campuran Mortar atau Beton*.
- SNI 03-4142. (1996). *Standar Nasional Indonesia (SNI 03-4142-1996) Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregate yang Lolos Saringan nomor 200 (0,0075 mm)*. 200, 14.
- SNI 03-4804. (1998). *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. SNI 03-1968-1990. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia, 1–17.
- SNI 03:2834:2000. (2000). *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*.
- SNI 15-2530. (1991). *SNI 15-2530-1991 Metode pengujian kehalusan semen portland*. 1, 10.
- SNI 1969. (2008). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*.
- SNI 1970. (2008). *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*.
- SNI 2493. (2011). *SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 23.
- Sobirin, H., & Romadhon, E. S. (2025). Analisis Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Limbah Batu Bata sebagai Material Substitusi Agregat Halus. *Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur*, 24(November), 8–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.54564/jtsa.v24i2.235>
- Yanuar, D. A., & Nardiansyah, A. (2025). Analisis Pecahan Batu Bata Merah Sebagai Pengganti Agregat Halus dalam Campuran Beton Ringan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 4(1), 2383–2389. <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i1.1975>

