

Analisa Kuat Tekan Beton Akibat Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Bata

Okky Hendra Hermawan*¹, Nadya Safira², M. Fajar Sidiq³, Aulia Rahman⁴

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Pancasakti, Tegal

³Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pancasakti, Tegal

⁴Jurusan Teknik Sipil, Universitas Teuku Umar, Aceh

e-mail: *¹okky_hendra@upstegal.ac.id

Abstract

Concrete is a building material consisting of a mixture of cement, water, fine aggregate, coarse aggregate in a certain ratio. With the number of buildings that use concrete, the demand for concrete increases, and the use of aggregate as a supporting material for concrete increases as well. Innovation in concrete-forming materials can be done by substituting substitute materials, either aggregates or other materials by utilizing the waste that is around us. One of the wastes that can be used around us is brick waste. From the above phenomenon, the researcher will innovate on the concrete constituent materials by utilizing waste bricks as a substitute for fine aggregate to find out how much the compressive strength of concrete is at the age of 7 days and 28 days. The effect of adding brick powder to the concrete mixture resulted in a decrease in the compressive strength of the concrete. The higher the percentage of brick powder added to the concrete mixture, the lower the compressive strength of the concrete will be.

Keywords— Concrete, brick waste, aggregate, compressive strength

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini banyak pembangunan proyek konstruksi untuk pembangunan infrastruktur seperti Bendungan, Jalan Layang, Jembatan, dan Bangunan Gedung Bertingkat yang sebagian besarnya menggunakan beton. Kelebihan beton diantaranya kuat tekan yang tinggi, pengerjaannya mudah, material penyusun beton yang mudah di dapatkan, selain itu beton dalam keadaan basah/segar mudah dibentuk sesuai dengan keinginan, serta tahan terhadap perubahan cuaca [1], [2]. Adapun kekurangan dari beton itu sendiri adalah berat jenisnya cukup tinggi sehingga beban mati pada suatu stuktur menjadi lebih besar. Di sisi lain, produksi beton bukanlah proses yang ramah lingkungan karena bahan penyusun yang dibutuhkan dalam beton memiliki dampak negatif terhadap lingkungan sekitar. Dalam proses pembuatan semen, produksi 1 ton semen umumnya mengeluarkan sekitar 1 ton karbon dioksida (CO₂) ke lingkungan [3]. Maka dari itu kualitas beton yang baik sangat dibutuhkan untuk memenuhi standar keamanan dari segi konstruksi. Dengan banyaknya bangunan yang menggunakan beton maka membuat kebutuhan beton meningkat, membuat penggunaan agregat sebagai bahan penunjang beton semakin meningkat pula. Oleh karena itu, inovasi teknologi beton selalu dilakukan untuk menjawab akan kebutuhan beton, diantaranya beton yang bersifat ramah lingkungan [4], [5].

Limbah padat yang dihasilkan dari kegiatan konstruksi dan pembongkaran berjumlah beberapa juta ton secara global, dan salah satu limbah yang menonjol adalah limbah batu bata.

Dalam beberapa tahun terakhir, semakin banyak penelitian yang dilakukan tentang daur ulang limbah batu bata untuk menghasilkan beton yang lebih ramah lingkungan[6]. Tinjauan ini merangkum penggunaan limbah batu bata sebagai bahan pengganti semen parsial dan agregat yang potensial dimana kinerja dari segi mekanik, kekuatan dan beberapa sifat yang berhubungan dengan daya tahan dari beton dibahas. Ditemukan bahwa penggunaan batu bata daur ulang yang paling layak adalah dalam bentuk debu batu bata, dimana penggantian semen hingga 20% dapat meningkatkan kekuatan dan beberapa sifat daya tahan beton karena potensi reaktivitas pozzolan [7] dari partikel debu batu bata[8]. Di sisi lain, dimasukkannya batu bata daur ulang sebagai agregat tidak memberikan peningkatan yang besar terhadap sifat beton seperti yang diatur oleh sifat keropos yang melekat pada agregat. Oleh karena itu, penggunaan bata daur ulang sebagai pengganti agregat parsial harus dibatasi pada tingkat penggantian volume rendah dan ketika pertimbangan lingkungan mengharuskan penggunaannya.

Peluang untuk melakukan eksperimen terhadap limbah batu bata agar bisa dijadikan bahan pengganti semen. Untuk mengetahui pengaruh pengganti/ substitusi serbuk limbah batu bata pada semen terhadap kuat tekan beton. Salah satu penelitian ini menggunakan bahan-bahan untuk campuran beton normal yang terdiri dari air, semen, dan agregat kasar. Air yang digunakan untuk mencampur beton diambil dari saluran PDAM. Untuk perekat hidrolis digunakan semen Portland tipe I berdasarkan SNI 15-2049-2000 [9]. Selain itu banyak penelitian tentang inovasi pada material penyusun beton, seperti penelitian yang dilakukan dengan penambahan serbuk batu bata dan limbah fiber pada pembuatan beton SCC, dapat meningkatkan *flowability* dan *workability* beton SCC ditunjukkan dengan peningkatan nilai *slump flow* [10]. Penelitian lain dengan tujuan untuk menganalisis pengaruh limbah batu bata yang dimanfaatkan sebagai pengganti sebagian agregat halus pada proses pembuatan beton. Dalam penelitian ini terlebih dahulu dirancang mix design dengan mengacu pada SNI 03-2834-2004. Penggantian sebagian pasir dengan limbah batu bata dilakukan sebanyak 5 variasi, yakni dengan persentase bahan pengganti sebesar 0%, 6%, 9%, 12% dan 15% [11].

Inovasi pada material pembentuk beton dapat dilakukan dengan cara mensubstitusikan bahan-bahan pengganti, baik agregat atau bahan yang lainnya dengan cara memanfaatkan limbah yang ada disekitar kita [12]–[14]. Salah satu limbah yang bisa dimanfaatkan di sekitar kita yaitu limbah batu bata. Dari fenomena diatas, maka peneliti akan melakukan inovasi pada material penyusun beton dengan memanfaatkan limbah batu bata sebagai bahan pengganti agregat halus untuk mengetahui seberapa besar kuat tekan beton pada umur 7 hari dan 28 hari.

2. METODE PENELITIAN

Beton adalah material bahan bangunan yang sangat umum digunakan. Dalam konstruksi, beton mempunyai peranan sangat penting, kekuatan dari struktur beton memastikan usia suatu bangunan. Selain jadi struktur utama, beton juga mempunyai sifat plastis yang memungkinkan untuk dicetak sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Beton juga dapat di definisikan sebagai bahan bangunan yang terdiri dari campuran semen, air, agregat halus, dan agregat kasar dengan perbandingan tertentu. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatannya rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis.

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode eksperimen dengan memanfaatkan limbah batu bata dijadikan bahan pengganti agregat halus dengan presentase 10% 15%, dan 20% dari jumlah agregat halus yang dibutuhkan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton yang dihasilkan. Metode penelitian eksperimen termasuk dalam metode penelitian kuantitatif,

Penelitian kuantitatif merupakan satu bentuk penelitian ilmiah yang mengkaji satu permasalahan dari suatu fenomena, serta melihat kemungkinan kaitan atau hubungan antar variabel dalam permasalahan yang ditetapkan.

Tahap dan Prosedur Penelitian

a. Tahap Persiapan

Pada tahap 1 (Persiapan) ini, bahan dan alat yang akan digunakan untuk penelitian harus dipersiapkan dengan baik agar dalam penelitian sistematis jelas sehingga menghasilkan sesuai dengan tujuan penelitian. Bahan dan Alat yang dipersiapkan dalam tahapan ini yaitu agregat halus dari limbah batu bata.



Gambar. 1 butiran batu bata

b. Tahap Pemeriksaan atau Pengujian Material

Pada tahap ini adalah tahap uji bahan yang dilakukan pada agregat kasar dan agregat halus. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik pada bahan yang digunakan dalam penelitian dan tahap uji bahan juga berguna untuk acuan membuat mix design.

c. Tahap Pembuatan Benda Uji Beton

Pada tahap ketiga yaitu pembuatan benda uji. Pembuatan benda uji diawali dengan perencanaan campuran beton (*mix design*) yang mengacu pada SNI-03-2834-2000 dengan kuat tekan beton yang direncanakan beton dengan kekuatan tekan 21 MPa atau setara dengan K250 yang diuji pada umur 7 hari dan 28 hari dengan 4 variasi campuran yang setiap variasinya diambil 3 benda uji, dengan total benda uji 24 benda uji bentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

Tabel.1 Jenis dan Sumber Material

No.	Bahan Campuran	Type	Sumber Material
1	Semen Portland	I	Tiga Roda
2	Agregat Halus	Pasir	Cikeusik, Kuningan
		Serbuk Batu Bata	Limbah Konstruksi
3	Agregat Kasar	Split 2-3	Kaligung, Tegal
		Split 1-2	Klonengan, Brebes
4	Air	Air Bersih	Lab. Beton PT. NHR

Tabel.2 Variasi dan Jumlah Benda Uji

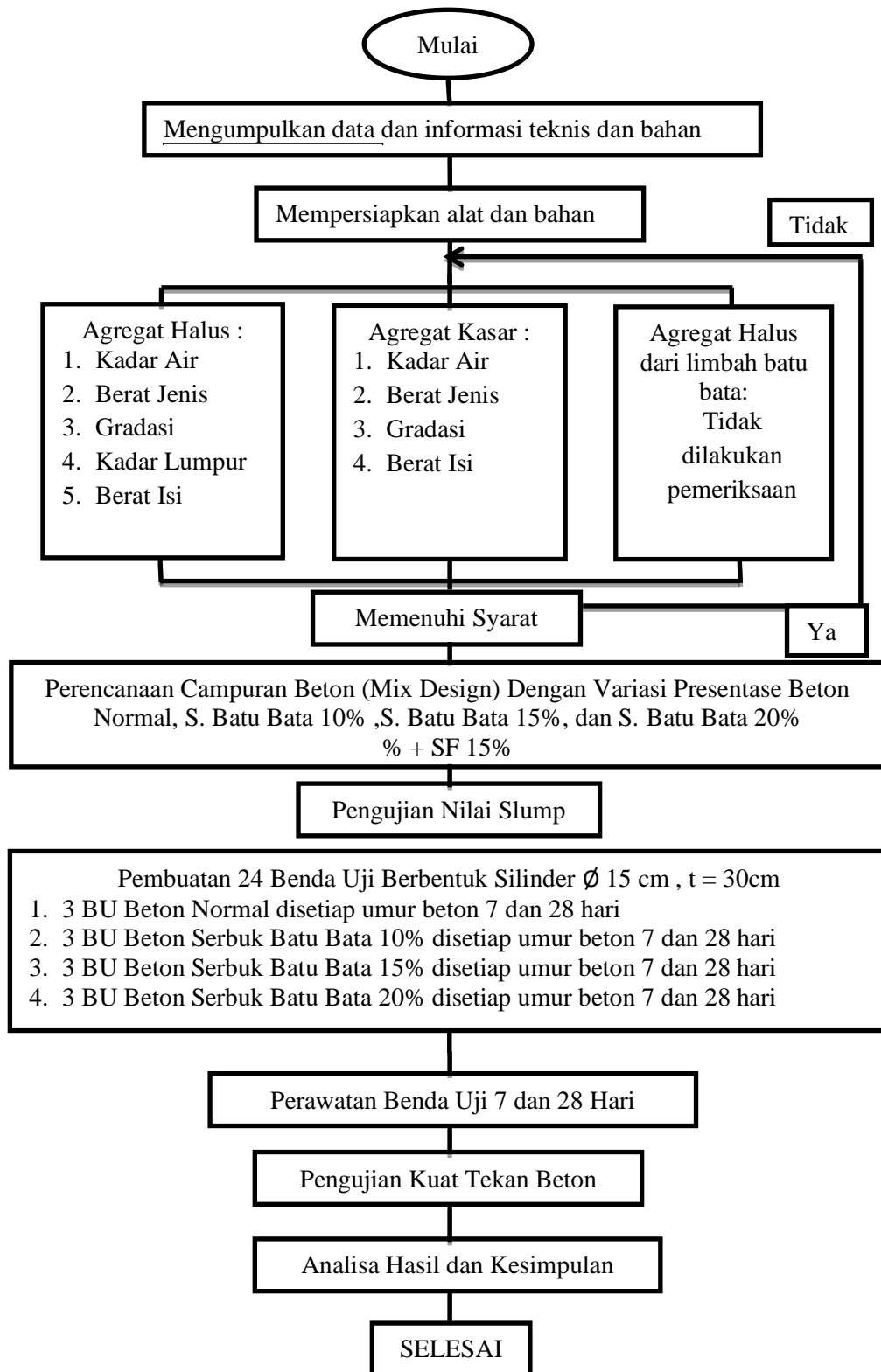
No	Komposisi Limbah Batu Bata	Kode Benda Uji	Umur Beton (Hari)		Jumlah Benda Uji (Buah)
			7	28	
1	BETON NORMAL	BN	3	3	24
2	10%	BB-1	3	3	
3	15%	BB-2	3	3	
4	20%	BB-3	3	3	

Tabel. 3 Kebutuhan Material Per Variasi (6 BU)

Jumlah Per 1m3 Campuran dalam Kg					
Variasi Beton	Air (kg)	Semen (kg)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Serbuk Batu Bata (kg)
Beton Normal	206,01	401,41	1223,21	741,88	0
Beton 5% BB + 0% K	206,01	401,41	1223,21	667,7	74,18
Beton 5% BB + 5% K	206,01	401,41	1223,21	630,61	111,27
Beton 5% BB + 10% K	206,01	401,41	1223,21	593,51	148,37

d. Tahap Pengujian Beton

Tahap ini adalah tahap pengujian beton. Pada tahap ini dilakukan uji kuat tekan beton, pengujian dilakukan ketika benda uji atau beton sudah direndam selama 7 hari dan 28 hari Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram alir berikut :



Gambar. 2 Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui bagaimana karakteristik material yang akan digunakan dalam penelitian Studi Eksperimental Limbah Batu Bata Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton F'c 21 perlu dilakukan beberapa pengujian.

1. Perhitungan Rencana Campuran Beton (*Mix Design*)

Perhitungan campuran beton atau Mix Design dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui proposi dari masing-masing material yang dibutuhkan dari setiap variasi yang sudah ditentukan, dalam penelitian ini perhitungan campuran beton atau mix design mengacu pada SNI 03 - 2834 – 2000 tentang tata cara pembuatan campuran beton normal.

Pada penelitian ini terdiri dari 4 variasi campuran beton yaitu beton normal, beton 10% serbuk batu bata, beton 15% serbuk batu bata, dan beton 20% serbuk batu bata yang per variasinya dibuat sebanyak 3 benda uji silinder yang akan diuji kuat tekan pada umur beton 7 hari dan 28 hari sehingga total keseluruhan benda uji yaitu 24 benda uji.

1.1. Perencanaan Campuran Beton Normal

Mix Design dengan menggunakan acuan SNI 03–2834-2000 mendapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel 4 berikut ini :

Tabel. 4 Perencanaan Campuran / *Mix Design* Beton Normal

No	Uraian		Hasil	Satuan	Grafik/Tabel
1	Kuat Tekan Yang Direncanakan	f'c	21	MPa	Ditetapkan
2	Deviasi Standar	s	7	MPa	Diketahui
3	Nilai Tambah	M	12	MPa	Diketahui
4	Kuat Tekan rata-rata	f'cr	33	Mpa	No 1 + No 3
5	Jenis Semen	-	Type I	-	Ditetapkan
6	Jenis Agregat Yang Digunakan	-	Agregat Halus = Alami	-	Ditetapkan
			Agregat Kasar = Batu Pecah	-	Ditetapkan
7	FAS	-	0,53	MPa	Tabel 2.12 Gambar 2.5
8	FAS Maksimal	-	0,6	MPa	Tabel 2.13
9	Nilai Slump		60 - 180	mm	Ditetapkan
10	Ukuran Agegat Maksimal		40	mm	Ditetapkan
11	Kadar Air Bebas		185	kg/m ³	Tabel 2.14
12	Kadar Semen		349,05	kg/m ³	K. A Bebas / FAS
13	Kadar Semen Maksimal	-	Tidak Ditetapkan	-	Ditetapkan
14	Kadar Semen Minimal	-	275	kg/m ³	Tabel 2.14
15	Kadar Semen Yang Digunakan	-	349,05	kg/m ³	Point 12
16	FAS Yang Disesuaikan	-	0,53	MPa	Point 7 (FAS)

17	Gradasi Gregat Halus	-	Gradasi II	-	Tabel 2.9
18	Berat Jenis Agregat	AH	2,1286	MPa	Diketahui
		AK	2,5852	MPa	Diketahui
19	Persen Agregat Halus	-	37,5	%	Gambar 2.6 Gambar 2.7
20	Berat Jenis SSD Gabungan	-	2,4	MPa	-
21	Berat Isi Beton	-	2230	kg/m ³	Diketahui
22	Kadar Agregat Gabungan	-	1695,95	kg/m ³	Grafik 2.14
23	Kadari Agregat Halus	-	635,98	kg/m ³	Point 19 x 22
24	Kadar Agregat Kasar	-	1059,97	kg/m ³	Point 22 – 23
25	Faktor Keamanan	-	15	%	Ditetapkan

Dari data yang sudah tercantum pada Tabel 4 maka mendapatkan hasil perhitungan kebutuhan material per m³ berikut ini :

Tabel.5 Kebutuhan Material Per m³ + Faktor Keamanan 15%

Kadar Batu Bata	Air	Semen	Agregat Kasar	Agregat Halus	Limbah Batu Bata
%	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
0	206,01	401,41	1223,21	741,88	0
10	206,01	401,41	1223,21	667,7	74,18
15	206,01	401,41	1223,21	630,61	111,27
20	206,01	401,41	1223,21	593,51	148,37
TOTAL	824,04	1605,64	4892,84	2633,7	333,82

Tabel. 6 Kebutuhan Material 6 Benda Uji + Faktor Keamanan 15%

Kadar Batu Bata	Air	Semen	Agregat Kasar	Agregat Halus	Limbah Batu Bata
%	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
0	6,55	12,76	38,89	23,58	0
10	6,55	12,76	38,89	21,23	2,35
15	6,55	12,76	38,89	20,05	3,53
20	6,55	12,76	38,89	18,87	4,71
TOTAL	26,2	51,04	155,56	83,73	10,59

1.2. Perencanaan Campuran Beton Per Variasi

a. Proporsi Campuran Beton Normal (0% Serbuk Batu Bata)

Tabel.7 Proporsi Campuran Beton Normal (0% S . Batu Bata)

Proporsi Campuran	Semen	Air	Agregat Kasar	Agregat Halus	Total
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
Setiap 1 m ³	401,41	206,01	1223,21	741,88	2572,51
6 Silinder	12,76	6,55	38,89	23,58	81,78

b. Proporsi Campuran Beton 10% Serbuk Batu Bata

Tabel. 8 Proporsi Campuran Beton 10% Serbuk Batu Bata

Proporsi Campuran	Semen	Air	Agregat Kasar	Agregat Halus	Serbuk Batu Bata
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
Setiap 1 m ³	401,41	206,01	1223,21	741,88	74,18
6 Silinder	12,76	6,55	38,89	21,23	2,35

c. Proporsi Campuran Beton 15% Serbuk Batu Bata

Tabel. 9 Proporsi Campuran Beton 10% Serbuk Batu Bata

Proporsi Campuran	Semen	Air	Agregat Kasar	Agregat Halus	Serbuk Batu Bata
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
Setiap 1 m ³	401,41	206,01	1223,21	741,88	111,27
6 Silinder	12,76	6,55	38,89	20,05	3,53

d. Proporsi Campuran Beton 20% Serbuk Batu Bata

Tabel. 10 Proporsi Campuran Beton 10% Serbuk Batu Bata

Proporsi Campuran	Semen	Air	Agregat Kasar	Agregat Halus	Serbuk Batu Bata
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
Setiap 1 m ³	401,41	206,01	1223,21	741,88	148,37
6 Silinder	12,76	6,55	38,89	18,87	4,71

2. Hasil Slump Test

Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui berapa kelekatan beton. Hasil dari pengujian slump pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel. 11 Hasil Pengujian Slump

No	Variasi	Slump (mm)
1	Beton Normal	70
2	Beton 10% Serbuk Batu Bata	70
3	Beton 15% Serbuk Batu Bata	80
4	Beton 20% Serbuk Batu Bata	70

3. Hasil Pengujian Kuat Tekan

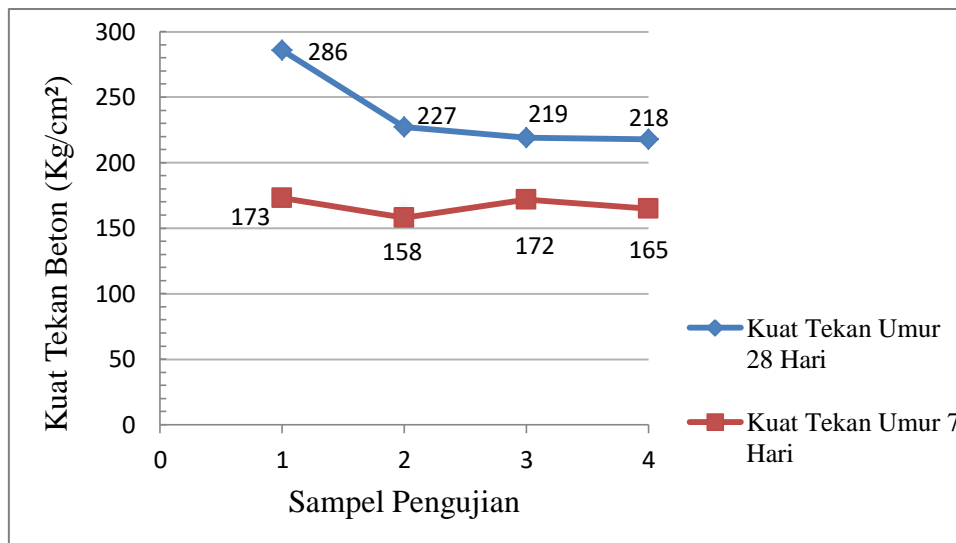
Pengujian kuat tekan beton yang dilakukan di penelitian ini adalah benda uji yang berumur 7 hari dan 28 hari dengan kuat tekan yang direncanakan (f'_c) sebesar 21 MPa atau setara dengan K250. Dibawah ini adalah hasil dari pengujian kuat tekan yang telah dilakukan di Laboratorium Beton PT.Nisajana Hasna Rizqy :

Tabel. 12 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

No	Variasi	Tanggal		Umur	Umur	Gaya Tekan KN	Kuat Tekan Langsung MPa	Rata-rata MPa	Mutu K (f'c/0,083) Kg/cm ²
		Cor	Tes	Hr	Gr				
1	B. Normal	07/07/21	14/07/21	7	12.600	225	12,73	14,39	173
2	B. Normal	07/07/21	14/07/21	7	12.600	261	14,77		
3	B. Normal	07/07/21	14/07/21	7	12.600	277	15,68		
4	B. 10% S.BB	08/07/21	15/07/21	7	12.200	221	12,51	13,18	158
5	B. 10% S.BB	08/07/21	15/07/21	7	12.400	253	14,32		
6	B. 10% S.BB	08/07/21	15/07/21	7	12.300	225	12,73		
7	B. 15% S.BB	12/07/21	19/07/21	7	12.100	256	14,49	14,33	172
8	B. 15% S.BB	12/07/21	19/07/21	7	12.100	258	14,60		
9	B. 15% S.BB	12/07/21	19/07/21	7	11.700	246	13,92		
10	B. 20% S.BB	13/07/21	20/07/21	7	11.800	247	13,98	13,73	165
11	B. 20% S.BB	13/07/21	20/07/21	7	12.00	242	13,70		
12	B. 20% S.BB	13/07/21	20/07/21	7	12.100	239	13,53		

Tabel.13 Hasil Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

No	Variasi	Tanggal		Umur	Umur	Gaya Tekan KN	Kuat Tekan Langsung MPa	Rata-rata MPa	Mutu K (f'c/0,083) Kg/cm ²
		Cor	Tes	Hr	Gr				
1	B. Normal	07/07/21	04/08/21	28	12.600	327	21,06	23,75	286
2	B. Normal	07/07/21	04/08/21	28	12.500	424	24		
3	B. Normal	07/07/21	04/08/21	28	12.500	463	26,21		
4	B. 10% S.BB	08/07/21	05/08/21	28	12.200	325	18,40	18,85	227
5	B. 10% S.BB	08/07/21	05/08/21	28	12.500	309	17,49		
6	B. 10% S.BB	08/07/21	05/08/21	28	12.600	365	20,66		
7	B. 15% S.BB	12/07/21	09/08/21	28	12.300	272	15,39	18,20	219
8	B. 15% S.BB	12/07/21	09/08/21	28	12.400	330	18,68		
9	B. 15% S.BB	12/07/21	09/08/21	28	11.200	363	20,55		
10	B. 20% S.BB	13/07/21	10/08/21	28	11.900	314	17,77	18,15	218
11	B. 20% S.BB	13/07/21	10/08/21	28	12.200	303	17,66		
12	B. 20% S.BB	13/07/21	10/08/21	28	12.00	336	19,02		



Gambar. 3 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Beton Umur 7 hari dan 8 hari

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton yang dilakukan di Laboratorium Beton PT. Nisajana Hasna Rizqy didapat hasil sesuai dengan tabel diatas. Kuat tekan beton yang ditargetkan adalah 21 MPa, dari 4 jenis hanya 1 sampel yang dapat memenuhi target. Kuat tekan optimum terjadi pada sampel 1 pengujian beton umur 28 hari dengan hasil rata-rata 23,75 MPa atau setara dengan 286,1 kg/cm², dan kuat tekan terendah terjadi pada sampel 2 pengujian beton umur 7 hari dengan hasil rata-rata 13,18 MPa atau setara dengan 158,7 kg/cm².

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian beton yang telah dilakukan serta pembahasan yang sudah dijabarkan pada bab sebelumnya, penelitian ini memiliki beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Kuat tekan beton yang dihasilkan dalam penelitian kali ini bervariasi bergantung dari persentase dan lamanya perendaman yang dilakukan, diantaranya :
 - a) Hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 hari dapat di lihat bahwa sampel dengan persentase terendah 10% serbuk batu bata mempunyai kuat tekan rata-rata 13,18 MPa, pada persentase 15% menghasilkan kuat tekan rata-rata 14,33 MPa, dan pada persentase 20% menghasilkan kuat tekan rata-rata 13,73 MPa. Akan tetapi masih lebih rendah dari beton normal tanpa campuran serbuk batu bata yang mempunyai kuat tekan rata-rata 14,39 MPa.
 - b) Pada pengujian kuat tekan beton umur 28 hari dengan penambahan serbuk batu bata mengalami penurunan kekuatan, dimana pada persentase 10% serbuk batu bata mempunyai kuat tekan rata-rata 18,85 MPa, pada persentase 15% menghasilkan kuat tekan rata-rata 18,20 MPa, dan pada persentase 20% menghasilkan kuat tekan rata-rata 18,15 MPa, dan masih lebih rendah dari beton normal tanpa campuran serbuk batu bata yang mempunyai kuat tekan rata-rata 23,75 MPa

2. Pengaruh penambahan serbuk batu bata pada campuran beton menghasilkan penurunan pada kuat tekan beton. Semakin banyak persentase serbuk batu bata yang ditambahkan pada campuran beton, maka akan semakin menurun juga kuat tekan pada beton.

5. SARAN

Berdasarkan pengalaman penulis dalam melakukan penelitian ini maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut :

1. Hendaknya para peneliti selanjutnya dapat meneliti tentang penggantian limbah batu bata sebagai agregat halus tetapi dengan presentase substitusi antara serbuk batu bata diturunkan presentase campurannya dan ditambahkan bahan campuran lain untuk meningkatkan kuat tekan beton[15].
2. Perlunya memperhatikan kebutuhan air, karena penambahan atau pengurangan air sangat mempengaruhi hasil dari kualitas beton.
3. Dalam perawatan beton atau *curing* harus lebih diperhatikan lagi agar menghasilkan beton keras tanpa keretakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. P. Pane, H. Tanudjaja, and R. S. Windah, "Pengujian kuat tarik lentur beton dengan variasi kuat tekan beton," *J. Sipil Statik*, vol. 3, no. 5, pp. 313–321, 2015.
- [2] O. Gregorius Talinusa, R. Tenda, and W. J. Tamboto, "Pengaruh Dimensi Benda Uji Terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Sipil Statik*, vol. 2, no. 7, pp. 344–351, 2014, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/6005>.
- [3] Z. Ge, Z. Gao, R. Sun, and L. Zheng, "Mix design of concrete with recycled clay-brick-powder using the orthogonal design method," *Constr. Build. Mater.*, vol. 31, no. June, pp. 289–293, 2012, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.01.002.
- [4] A. sucia Rahmi, S. Handani, and S. Mulyadi, "Ampas Tebu Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton K-350," *Fis. Unand*, vol. 4, no. 3, pp. 298–302, 2015.
- [5] K. Amna, Wesli, and Hamzani, "Pengaruh Penambahan Serat Tandan Sawit Terhadap Kuat Tekan," *Teras J.*, vol. 4, no. 2, pp. 11–20, 2014.
- [6] I. Janotka, P. Martauz, and M. Bačuvčík, "Design of concrete made with recycled brick waste and its environmental performance," *Minerals*, vol. 11, no. 5, 2021, doi: 10.3390/min11050463.
- [7] R. Resin, A. Alward, and S. Al-Hubboubi, "Utilization of brick waste as pozzolanic material in concrete mix," *MATEC Web Conf.*, vol. 162, pp. 1–8, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201816202006.
- [8] K. Afshinnia and A. Poursae, "The potential of ground clay brick to mitigate Alkali-Silica Reaction in mortar prepared with highly reactive aggregate," *Constr. Build. Mater.*, vol. 95, pp. 164–170, 2015, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.07.155.
- [9] D. A. Sofia, P. A. Shafira, H. Kusumah, S. T. Sipil, P. Sukabumi, and K. Kunci, "Pengaruh Limbah Batu Bata Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Mutu Kuat Tekan Beton," in *10th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2004, pp. 600–608.
- [10] H. A. Safarizki, "Pengaruh Bahan Tambah Serbuk Bata Dan Serat Fiber Pada Self Compacting Concrete (Scc)," *J. Ilm. Teknosains*, vol. 3, no. 2, pp. 2–6, 2017, doi: 10.26877/jitek.v3i2.1881.
- [11] H. M. Haris and S. Tahir, "Studi Eksperimental Kuat Tekan Beton Dengan

-
- Mensubtitusikan Limbah Batu Bata Pada Semen,” *Siimo Eng. J. Tek. Sipil*, vol. 4, pp. 39–52, 2020, [Online]. Available: <http://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/SiimoEngineering/article/view/1110>.
- [12] Dhita Rizki Rahmawati P, “Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Onyx Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton,” no. 167, pp. 1–10, 2019.
- [13] S. Zuraidah and R. A. Jatmiko, “Pengaruh Penggunaan Limbah Pecahan Batu Marmer Sebagai Alternatif Pengganti Agregat Kasar Pada Kekuatan Beton,” *J. Rekayasa Perenc.*, vol. 3, no. 3, p. 12, 2007.
- [14] S. Zuraidah, “Penggunaan Pecahan Batu Kapur Puger Sebagai Alternatif,” vol. 3, no. 1, 2006.
- [15] X. Li, F. Wang, and F. Li, “Effect of Recycled Waste Brick Fine Aggregate on Compressive Strength and Flexural Strength of Mortar,” no. Iccet, pp. 1538–1542, 2015, doi: 10.2991/iccet-15.2015.287.