

PENGARUH PENGGUNAAN SUBSTITUSI LIMBAH GENTENG PADA AGREGAT KASAR DAN AGREGAT HALUS PADA BETON TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BETON

Ronny Paslah¹, Nono Suhana^{2*}

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wiralodra, Indramayu 45213

*Email: nonosuhana.ft@unwir.ac.id

Abstract

Building material waste such as roof tiles, both intact and broken, are found in many areas and cities. In this case, the researcher intends to utilize the tile fragments to replace some of the coarse aggregates in the concrete mixture. It is expected that the aggregate price will decrease or be more economical with the tile fraction, but without reducing the compressive strength and tensile strength of the existing concrete. This research is an experimental research that is realized through a series of analyzes and laboratory tests on normal concrete which is substituted from tile waste with a mixture of 5%, 10%, 15%, 20%, for 7 days, 14 days, 21 days, and 28 days. The results of the compressive strength of substituted concrete of 5%, 10%, 15%, and 20% of concrete aged 28 days were 17.91 MPa, 13.58 MPa, 10.75 MPa, and 8.96 MPa, respectively. The reduction in compressive strength of substituted concrete of 5%, 10%, 15%, and 20% of 28-day-old concrete was 28.58%, 45.85%, 57, 13% and 64.27%, respectively. Meanwhile, the split tensile strength of the substituted concrete of 5%, 10%, 15%, and 20% of concrete aged 28 days was 9.05 MPa, 7.73 MPa, 6.79 Mpa, and 5.66 MPa, respectively. The reduction in tensile strength of substitution of 5%, 10%, 15%, and 20% of concrete aged 28 days is 39.26%, 48.12%, 54.42% and 62.01%, respectively.

Keywords: Glazed tile, concrete compressive strength, a split tensile strength of concrete, soaking time

Abstrak

Limbah bahan bangunan seperti genteng baik yang masih utuh maupun yang sudah pecah banyak di temukan di daerah maupun perkoataan. Dalam hal ini peneliti bermaksud untuk memanfaatkan pecahan genteng tersebut mengganti sebagian agregat kasar dalam campuran beton. Diharapkan dengan pecahan genteng harga agregat berkurang atau lebih irit tetapi tanpa mengurangi mutu kuat tekan dan kuat tarik dari beton yang ada. Penelitian ini merupakan eksperimental yang diwujudkan melalui serangkaian analisis dan pengujian laboratorium terhadap beton normal yang di substitusikan dari limbah genteng dengan campuran 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, selama 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. Hasil nilai kuat tekan beton substitusi 5%, 10%, 15%, dan 20% beton umur 28 hari masing -masing sebesar 17,91Mpa, 13,58 MPa, 10,75 MPa, dan 8,96 MPa. Penurunan kuat tekan beton substitusi 5%, 10%, 15%, dan 20% beton umur 28 hari masing – masing sebesar 28,58%, 45,85%, 57, 13% dan 64,27%. Sedangkan kuat tarik belah beton substitusi 5%, 10%, 15%, dan 20% beton umur 28 hari masing- masing sebesar 9,05 MPa, 7,73 MPa, 6,79 MPa dan 5,66 MPa. Penurunan kuat tarik belah substitusi 5%, 10%, 15%, dan 20% beton umur 28 hari masing – masing sebesar 39,26%, 48,12%, 54,42% dan 62,01%

Kata kunci: Genteng Glazur, kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, waktu rendaman

I. PENDAHULUAN

Beton merupakan perpaduan antara semen hidrolis (semen Portland), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambahan yang membentuk suatu massa padat. Sifat-sifat, sifat-sifat komponen beton, nilai-nilai yang dibandingkan dengan komponen, metode pencampuran dan pekerjaan saat menuangkan campuran beton, metode

pemadatan dan penanganan selama proses perawatan, mempengaruhi sifat, kekuatan dan daya tahan dari betonnya.

Beton merupakan salah satu bahan untuk struktur konstruksi bangunan. Beton dipilih karena memiliki kelebihan yang banyak dibandingkan dengan bahan lainnya, antara lain mudah dibuat, mempunyai kekuatan yang baik, tahan lama, tahan api dan bahan baku

penyusun mudah didapat serta tidak mengalami pembusukan [1]. Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tarik, dan beton merupakan bahan yang getas. Beton memiliki nilai kuat tarik yang sangat rendah, berkisar antara 10% sampai 15% dari nilai kuat tekannya. Oleh karena itu, kekuatan tarik beton dapat ditingkatkan dengan tulangan tarik [2].

Penggunaan substitusi limbah banyak digunakan dalam campuran atau bahkan sebagai bahan pengganti dalam pembuatan beton hal ini salah satu topik yang banyak dibahas oleh para ahli dibidang teknik untuk mengurangi jumlah bahan alam [3]. Hal ini juga mewujudkan Green Buildings, yang berhubungan dengan kelestarian lingkungan di sektor konstruksi. Green building tidak hanya mengacu pada pengelolaan efisiensi energi dan pengelolaan limbah, tetapi juga bagaimana bahan bangunan dibuat ramah lingkungan dalam jangka pendek dan jangka panjang [4]. Limbah yang digunakan untuk substitusi beton yaitu limbah genteng. Genteng yang ada di lapangan bermacam macam bentuk dan jenisnya. genteng biasa (berbentuk flam) adalah unsur bangunan yang dipakai sebagai pelapis atap, Genteng pres kodok mempunyai keuntungan yaitu menghasilkan bentuk yang lebih rapi serta presisi alur-alur pencegah masuknya air hujan kedalam atau lebih rapat daripada gentengbiasa (flam) yang sederhana [5].

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memanfaatkan pecahan genteng tersebut mengganti sebagian agregat kasar dalam campuran beton. Diharapkan dengan mengganti sebagian agregat kasar dengan pecahan genteng harga agregat berkurang atau lebih irit tetapi tanpa mengurangi mutu kuat tekan dan kuat tarik dari beton yang ada.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis penelitian

Penelitian ini merupakan eksperimental yang diwujudkan melalui serangkaian analisis dan pengujian laboratorium terhadap beton normal yang di substitusikan dari limbah genteng dengan campuran 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, Objek yang diteliti adalah beton mutu $f'c = 25$ MPa, dengan benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm x 30 cm dan diuji control yang direndam dengan air biasa

(PDAM) Diuji kuat tekan beton dan kuat tarik pada lamanya waktu 28 hari

2.2 Jumlah benda uji

Benda Uji berbentuk silinder dengan diameter 30 cm X 15 cm, yang diuji pada beton menggunakan substitusi limbah genteng persentase sebesar 5 %, 10% ,15%, dan 20 % dan waktu perendaman. Dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji Kuat Tekan Beton

Waktu (Hari)	Jumlah sampel			
	Substitusi limbah genteng			
7	5	10	15	20
14	3	3	3	3
21	3	3	3	3
28	3	3	3	3
Jumlah	48			

Tabel 2. Jumlah benda uji tarik belah beton

Waktu (Hari)	Jumlah sampel			
	Substitusi limbah genteng			
	5	10	15	20
28	3	3	3	3
Jumlah	12			

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian saringan gradasi

3.1.1 Uji saringan agregat halus

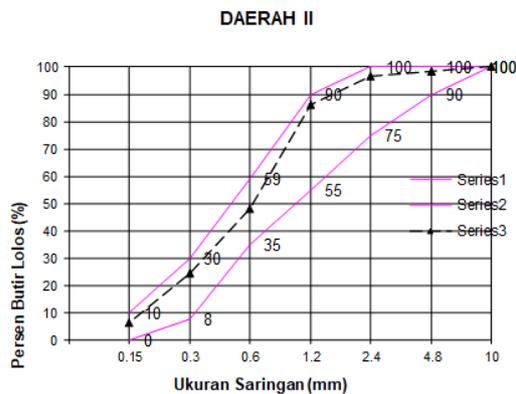
Hasil uji saringan agregat halus dapat dilihat dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Uji Saringan Agregat Halus berat kering 2100 gram

Saringan	Berat	Jumlah Berat		Jumlah Persen	
		Tertahan	Tertahan	Tertahan	Lewat
3/8"	10			0,00	100,00
No.4	4,8	29	29	1,38	98,62
No.8	2,4	43	72	3,43	96,57
No.16	1,2	214	286	13,62	86,38
No.30	0,6	807	1093	52,05	47,95
No.50	0,3	496	1589	75,67	24,33
No.100	0,15	376	1965	93,57	6,43

No.20	0,07	20	1985	94,52	5,48
0	5				
PAN		115			

Dari hasil pengujian agregat halus yang diperoleh pada tabel di atas selanjutnya dilakukan perbandingan grafik untuk mengetahui kelayakan agregat halus yang diuji, sebagai material penyusun beton yang diisyaratkan. Grafik analisa saringan agregat halus dapat di lihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 1. Grafik Daerah Gradasi Agregat halus

Dari hasil grafik pengujian agregat halus di atas masuk pada daerah II, yaitu masuk kategori pasir sedang dan memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton untuk agregat halus menurut SNI 03-1968-1990. Modulus Halus Butir (MHB) suatu indeks untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir agregat. Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB) agregat halus dapat di lihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Modulus Halus Butir (MHB) agregat halus

Ayakan	Berat Tertinggal			
Inc	mm	Agregat Halus	Persen	Kumulatif
No. 4	4,8	29,00	1,38	1,38
No. 8	2,4	43,00	2,05	3,43
No. 16	1,2	214,00	10,19	13,62
No. 30	0,6	807,00	38,43	52,05
No. 50	0,3	496,00	23,62	75,67
No. 100	0,15	376,00	17,90	93,57
Sisa		135	6,43	-
Jumlah		2100,00	100,00	239,71
Modulus Halus Butir (MHB)				2,4

Berdasarkan tabel 4 di atas didapat Modulus Halus Butir (MHB) agregat halus sebesar 2,4 sedangkan syarat MHB agregat halus menurut SII 0052 adalah 1,50- 3,8. Sehingga dapat di simpulkan bahwa hasil penelitian tersebut masih termasuk kedalam Syarat MHB agregat halus.

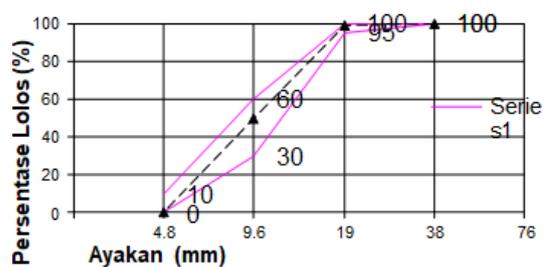
3.1.2 Uji saringan agregat kasar

Adapun hasil dari uji saringan agregat kasar dapat di lihat dalam tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Uji Saringan Agregat kasar berat kering 1500 gram

Saringan	Berat	Jumlah Berat	Jumlah Persen		
Inc	M	Tertaha	Tertahan	Tertaha	Lewa
	m	n		n	t
1	38	0,00	0,00	0,00	100
1/2"					
3/4"	19	13,00	13,00	0,87	99,13
3/8"	10	741	754,00	50,27	49,73
No.4	4,8	746	1500,00	100,00	0,00

Dari hasil pengujian agregat kasar di atas selanjutnya di lakukan perbandingan grafik untuk mengetahui kelayakan agregat kasar tersebut sebagai material penyusun beton yang diisyaratkan. Grafik analisa saringan agregat kasar dapat di lihat pada gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Grafik Syarat Gradasi Kasar Butir 20 mm

Dari gambar grafik diatas bahwa agregat kasar tersebut memenuhi syarat sebagai bahan material beton menurut SNI 03-1968-1990 dan dibuktikan dengan grafik syarat gradasi kasar butir maksimum 20 mm. Modulus Halus Butir (MHB) suatu indeks untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir agregat. Dapat di lihat pada tabel di bawah.

Tabel 6. Modulus Halus Butir (MHB) agregat kasar

Ayakan		Berat Tertinggal		
Inc	Mm	Agregat Kasar	Persen	Kumulatif
1 1/2"	38	0,00	0,00	0,00
3/4"	19	13,00	0,87	0,87
3/8"	10	741,00	49,40	50,27
No. 4	4,8	746,00	49,73	100,00
No. 8	2,4	0,00	0,00	100,00
No. 16	1,2	0,00	0,00	100,00
No. 30	0,6	0,00	0,00	100,00
No. 50	0,3	0,00	0,00	100,00
No. 100	0,15	0,00	0,00	100,00
Sisa		0,00	0,00	-
Jumlah		1500	100	651,13
Modulus Halus Butir (MHB)				6,5

Berdasarkan Tabel 6 di atas didapat Modulus Halus Butir (MHB) agregat kasar sebesar 6,5 sedangkan syarat MHB agregat halus menurut SII 0052 adalah 5-8. Sehingga dapat di simpulkan bahwa hasil penelitian tersebut masih termasuk kedalam Syarat MHB agregat kasar.

3.2 Uji kadar air

3.2.1 Uji kadar air agregat halus

Pengujian kadar air agregat halus/pasir sampel yang di gunakan yaitu sebanyak 2 sampel, berat talam dengan pasir basah pada sampel I sebesar 75,40 Gram dan pada sampel II sebesar 74,40 Gram. Berat talam dengan contoh pasir kering pada sampel I sebesar 204 Garam dan pada sampel II sebesar 202 Gram. Berat air yaitu dari selisih antara berat talam dan sampel pasir basah dengan berat talam dan sampel pasir kering, berat air pada sampel I yaitu didapat sebesar 115 Gram dan pada sampel II yaitu 115 Gram. Berat talam yang digunakan dalam pengujian pada sampel I yaitu 813 Gram dan pada sampel II yaitu 813 Gram. Berat benda uji kering agregat halus pada sampel I yaitu sebesar 25 Gram dan pada sampel II yaitu sebesar 24,85 Gram. Adapun hasil dari pengujian kadar air agregat halus tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 7. Hasil pengujian kadar air agregat halus

Nama Contoh dan Kedalaman		Agregat Halus	
Nomor Talam yang dipakai			
1. Berat Talam + contoh basah	(gram)	1132,00	1130,00
2. Berat Talam + contoh kering	(gram)	928,00	928,00
3. Berat Air = 1 - 2	(gram)	204	202,00
4. Berat Talam	(gram)	115,00	115,00
5. Berat contoh kering = 2 - 4	(gram)	813,00	813,00
6. Kadar air 3 : 5	(gram)	25,00	24,85
Rata-rata (%)		24,97	

3.2.2 Uji kadar air agregat kasar

Dalam pengujian kadar air agregat kasar tiap agregat dibuat 2 (dua) sampel, berat talam dengan kerikil basah pada sampel 1 sebesar 1061 Gram dan pada sampel II sebesar 1063 Gram. Berat talam dengan contoh kerikil kering pada sampel 1 sebesar 1029 Gram dan pada sampel II 1024 Gram. Berat air yaitu dari selisih antara berat talam dan sampel kerikil kering, berat air pada sampel I yaitu di dapat sebesar 32 Gram dan pada sampel II yaitu sebesar 39 Gram. Berat talam yang digunakan dalam pengujian pada sample I yaitu 74 Gram dan sampel II yaitu 74 Gram. Berat benda uji kering agregat kasar pada sampel I yaitu sebesar 955 Gram dan pada sampel II yaitu sebesar 950 Gram. Berat benda uji kering agregat kasar pada sampel I yaitu sebesar 3,35 Gram dan pada sampel II yaitu sebesar 4,11 Gram. Hasil dari pengujian kadar air agregat kasar tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 7. Hasil pengujian kadar air agregat kasar

Nama Contoh dan Kedalaman		Agregat Kasar	
Nomor Talam yang dipakai			
1. Berat Talam + contoh basah	(gram)	1061	1063
2. Berat Talam + contoh kering	(gram)	1029	1024
3. Berat Air = 1 - 2	(gram)	32	39
4. Berat Talam	(gram)	74	74
5. Berat contoh kering = 2 - 4	(gram)	955	950
6. Kadar air 3 : 5	(gram)	3,35	4,11
Rata-rata (%)		3,73	

3.3 Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air

3.3.1 Uji berat jenis dan penyerapan kadar air agregat halus

Hasil uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus pada sampel I kondisi jenuh kering permukaan 333gram dan sampel II 500 gram. Untuk berat kering oven pada sampel I dihasilkan 300 gram dan sampel II seberat 474 gram, dengan berat piknometer yang berisi air seberat 545 gram untuk sampel I dan Untuk berat piknometer yang berisi air pada sampel II seberat 655 serta benda uji dan air didapatkan hasil sampel I 361 gram dan sampel II seberat 951 gram. Data hasil uji dan perhitungan berat jenis dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 8. Hasil uji berat jenis dan penyerapan agregat halus

Pengujian	Notasi	Sampel I	Sampel II	Satuan
Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan	S	333	500	Gram
Berat benda uji kering oven	A	300	474	Gram
Berat piknometer yang berisi air	B	545	655	Gram
Berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan	C	361	951	Gram

Dari hasil penyerapan air agregat halus, penyerapan agregat halus adalah sebesar 1,55 dan 8,24 %. Hasil perhitungan uji berat jenis dan penyerapan ini di gunakan untuk perencanaan campuran beton. Hasil perhitungan penyerapan air agregat halus dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 9. Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus

Perhitungan	Notasi	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
Berat jenis curah kering (Sd)	$\frac{A}{(B + S - C)}$	0,58	2,32	1,45
Berat jenis curah jenuh	$\frac{S}{(B + S - C)}$	0,64	2,45	1,55

kering permukaan (Ss)				
Berat jenis semu (Sa)	$\frac{A}{(B + A - C)}$	0,62	2,66	1,64
Penyerapan air (Sw)	$\frac{(S - A) \times 100}{A}$ %	11,00	5,49	8,24

Dari hasil perhitungan, berat jenis dan penyerapan agregat halus adalah sebesar 1,55 dan 8,24 %. Hasil perhitungan uji berat jenis dan penyerapan ini di gunakan untuk perencanaan campuran beton.

3.3.2 Uji berat jenis dan penyerapan kadar air agregat kasar

Uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Pengujian sampel yang sudah dikeringkan dengan oven pada suhu (110 ±5) °C didapatkan agregat dengan berat kering oven seberat 2950 gram, dan berat jenuh kering permukaan di udara seberat 3465 gram. Untuk berat uji dalam air menghasilkan berat 2259 gram. Hasil pengujian berat jenis agregat kasar tersebut dapat dilihat pada tabel.

Tabel 10. Hasil uji berat jenis dan penyerapan agregat halus

Pengujian	Notasi	Berat	Satuan
Berat benda uji kering oven	A	2950,00	Gram
Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara	B	3465,00	Gram
Berat benda uji dalam air	C	2259,00	Gram

Pada hasil uji penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada tabel 4.7 Sehingga hasil berat jenis dan penyerapan agregat kasar adalah sebesar 2,87 dan 17,46 %. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan ini di gunakan untuk perencanaan campuran beton.

Tabel 11. Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Perhitungan	Notasi	Hasil
Berat jenis curah kering (Sd)	$\frac{A}{(B - C)}$	2,45
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss)	$\frac{B}{(B - C)}$	2,87
Berat jenis semu (Sa)	A	4,27

	(A - C)	
Penyerapan air (Sw)	$\frac{(B - A)}{A} \times 100\%$	17,46

3.4 Uji kehausan agregat

Untuk pengujian keausan agregat benda uji dibuat 1 (satu) sampel, didapatkan berat tertahan pada saringan no. 6,35 (1/4”) dan tertahan no. 4,75 (No.4) masing-masing seberat 2500 gram. Sehingga total 2500 gram dari semua sampel. Dari hasil saringan tersebut dimasukkan mesin abrasi Los Angeles dengan 500 putaran didapatkan hasil yang tertahan yaitu 3820 gram, hasil tersebut didapat setelah disaring dengan saringan no.12. Hasil dari uji keausan agregat dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 12. Uji kehausan agregat kasar

Gradasi Pemeriksaan		Jumlah Putaran = 500 Putaran
Ukuran Saringan		I
Lolos	Tertahan	Berat (a)
25,4 (1")	19,1 (3/4")	
19,1 (3/4")	12,7 (1/2")	
12,7 (1/2")	9,52 (3/8")	
9,52 (3/8")	6,35 (1/4")	2500
6,35 (1/4")	4,75 (No.4)	2500
4,75 (No.4)	2,36 (No.8)	
Jumlah berat		5000
Berat tertahan saringan No. 12		3820
sesudah percobaan (b)		

Dari tabel diatas maka keausan agregat dapat di hitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Sampel IA} &= 5000 \\ \text{B} &= 3820 \\ \text{a - b} &= 1180 \\ \text{Keausan I} &= \frac{a - b}{A} = 23,60 \% \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh keausan sebesar 23.60 % dengan perhitungan sebagai campuran kuat tekan beton.

3.5 Uji Keausan Agregat Limbah Genteng

Untuk pengujian keausan agregat limbah genteng benda uji dibuat 1 (satu) sampel, didapatkan berat tertahan pada saringan no. 6,35 (1/4”) dan tertahan no. 4,75 (No.4) masing-masing seberat 2500 gram. Sehingga total 2500 gram dari semua sampel. Dari hasil saringan tersebut dimasukkan mesin abrasi Los Angeles dengan 500 putaran didapatkan hasil yang tertahan yaitu 2886 gram, hasil tersebut didapat setelah disaring dengan saringan no.12. Hasil dari uji keausan agregat dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 13. Uji kehausan limbah genteng

Gradasi Pemeriksaan		Jumlah Putaran = 500 Putaran
Ukuran Saringan		I
Lolos	Tertahan	Berat (a)
25,4 (1")	19,1 (3/4")	
19,1 (3/4")	12,7 (1/2")	
12,7 (1/2")	9,52 (3/8")	
9,52 (3/8")	6,35 (1/4")	2500
6,35 (1/4")	4,75 (No.4)	2500
4,75 (No.4)	2,36 (No.8)	
Jumlah berat		5000
Berat tertahan saringan No. 12		2886
sesudah percobaan (b)		

Dari tabel diatas maka keausan agregat limbah genteng dapat di hitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Sampel IA} &= 5000 \\ \text{B} &= 2886 \\ \text{a - b} &= 2.114 \\ \text{Keausan I} &= \frac{a - b}{A} = 42.28 \% \end{aligned}$$

Menurut Standar Nasional Indonesia-03-2461-1991/2002 (SNI-03-2461-1991/2002) Parameter Pemeriksaan Agregat Kasar. Nilai keausan (*Abration*) untuk beton mutu 21-40 MPa adalah maksimal 40%.

3.6 Perhitungan Campuran Beton

Tabel 14. Job mix normal

N o	Kebutuhan	Pasir (kg)	Split (kg)	Semen (kg)	Air (liter)
1	1 m ³	686,41	1047,37	383,33	262,89
2	3 Sampel	10,92	16,66	6,10	4,18

Tabel 15. Uji slum

SLUMP		
NO	presentase	25 mpa
1	20%	8,2
2	15%	8,4
3	10%	8,50
4	5%	8,60
5	0%	9,00

Tabel 16. Job mix substitusi 5%

No	Kebutuhan (3 Sampel)	Pasir (kg)	Split (kg)	Semen (kg)	Air (liter)
1	Agregat Murni	11,53	14,51	6,33	3,29
2	Subtitusi Agregat	0,61	0,76	6,33	3,29

Tabel 17. Job mix substitusi 10%

No	Kebutuhan (3 Sampel)	Pasir (kg)	Split (kg)	Semen (kg)	Air (liter)
1	Agregat Murni	10,93	13,75	6,33	3,29
2	Subtitusi Agregat	1,21	1,53	6,33	3,29

Tabel 18. Job mix substitusi 15%

No	Kebutuhan (3 Sampel)	Pasir (kg)	Split (kg)	Semen (kg)	Air (liter)
1	Agregat Murni	10,32	12,98	6,33	3,29
2	Subtitusi Agregat	1,82	2,29	6,33	3,29

Tabel 18. Job mix substitusi 20%

No	Kebutuhan (3 Sampel)	Pasir (kg)	Split (kg)	Semen (kg)	Air (liter)
1	Agregat Murni	9,17	12,22	6,33	3,29
2	Subtitusi Agregat	2,43	3,06	6,33	3,29

3.7 Hasil Pengujian kuat tekan beton

3.7.1 Kuat tekan beton normal

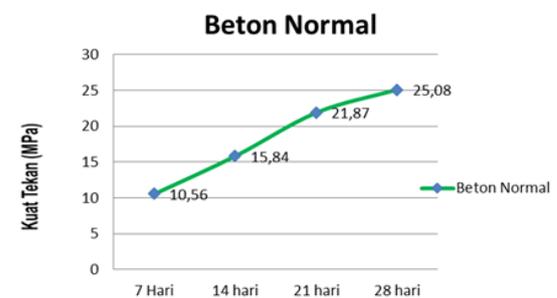
Pada kuat tekan beton normal rendaman beton umur 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. Berdasarkan rata – rata

kuat tekan beton normal dilihat pada tabel di bawah dan gambar grafik di bawah.

Tabel 19. Beton normal

7 Hari		A	Berat	Rata – rata
No	(Kn)	(mm)	(Kg)	(MPa)
1	200,00	17662,5	12,455	
2	190,00	17662,5	12,462	10,56
3	170,00	17662,5	12,435	
14 Hari		A	Berat	Rata - rata
No	(Kn)	(mm)	(Kg)	(MPa)
1	300,00	17662,5	12,462	
2	270,00	17662,5	12,430	15,84
3	270,00	17662,5	12,400	
21 Hari		A	Berat	Rata - rata
No	(Kn)	(mm)	(Kg)	(MPa)
1	400,00	17662,5	12,423	
2	380,00	17662,5	12,410	21,87
3	380,00	17662,5	12,441	
28 Hari		A	Berat	Rata - rata
No	(Kn)	(mm)	(Kg)	(MPa)
1	450,00	17662,5	12,395	
2	450,00	17662,5	12,465	25,08
3	430,00	17662,5	12,428	

Dari hasil tabel kuat tekan rata-rata di atas, dapat di gambarkan grafik sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Beton Normal

Dari hasil gambar grafik diatas menunjukkan bahwa beton normal pada umur rendaman beton 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari terjadi peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton. Pada beton umur 7 hari kuat tekan beton sebesar 10,56 MPa dan untuk umur rendaman beton 14 hari kuat tekan beton sebesar 15,84 MPa terjadi peningkatan sebesar 3,17 MPa. Pada beton umur 21 hari kuat tekan beton sebesar 21,87 MPa terjadi peningkatan sebesar 6,03 MPa. Pada beton umur 28 hari kuat tekan beton sebesar 25,08 MPa terjadi peningkatan

6,21 MPa. Kenaikan kuat tekan beton bertambah tersebut dibuktikan menurut SNI T-15-1990-03 bahwa kuat tekan beton akan terus naik seiring bertambahnya umur hingga 90 hari walaupun, besarnya peningkatan kuat tekan beton tidak terlalu tinggi hasil rendaman beton air netral (PDAM) nilai rata-ratanya mencapai kekuatan yang direncanakan beton yang hasil ini di sebabkan adanya proses hidrasi ini mempengaruhi pori beton yang semakin kecil seiring bertambahnya umur beton dan menyebabkan antar agregat di dalam beton semakin rapat. Pori-pori beton mengecil sehingga menghasilkan kuat tekan yang meningkat juga seiring dengan bertambahnya umur beton.

3.7.2 Kuat tekan beton Persentase Substitusi 5%

Pada kuat tekan rendaman beton umur 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari dengan persentase 5% substitusi limbah genteng pada agregat kasar dan agregat halus. Berdasarkan rata – rata kuat tekan beton dilihat pada tabel dan gambar grafik di bawah.

Tabel 19. Presentase substitusi 5%

7 Hari		A	Berat	Rata – rata
No	(Kn)	(mm)	(Kg)	(MPa)
1	150,00	17662,5	12,354	
2	160,00	17662,5	12,365	8,67
3	150,00	17662,5	12,370	
14 Hari		A	Berat	Rata - rata
No	(Kn)	(mm)	(Kg)	(MPa)
1	180,00	17662,5	12,355	
2	180,00	17662,5	12,374	9,99
3	170,00	17662,5	12,381	
21 Hari		A	Berat	Rata - rata
No	(Kn)	(mm)	(Kg)	(MPa)
1	230,00	17662,5	12,387	
2	220,00	17662,5	12,376	12,63
3	220,00	17662,5	12,380	
28 Hari		A	Berat	Rata - rata
No	(Kn)	(mm)	(Kg)	(MPa)
1	300,00	17662,5	12,390	
2	330,00	17662,5	12,395	17,91
3	320,00	17662,5	12,398	

Dari hasil tabel kuat tekan rata-rata di atas, dapat di gambarkan grafik sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Kuat Tekan Beton Presentase Substitusi 5%

Dari hasil gambar grafik 4.5 menunjukkan bahwa beton dengan substitusi limbah genteng dengan persentase sebesar 5% pada agregat kasar dan agregat halus pada umur rendaman beton 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari terjadi peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton. Pada beton umur 7 hari kuat tekan beton sebesar 8,67 MPa dan untuk umur rendaman beton 14 hari kuat tekan beton sebesar 9,99 MPa terjadi peningkatan sebesar 1,32 MPa. Pada beton umur 21 hari kuat tekan beton sebesar 12,63 MPa terjadi peningkatan sebesar 2,64 MPa. Pada beton umur 28 hari kuat tekan beton sebesar 17,91 MPa terjadi peningkatan 5,28 MPa.

3.7.3 Kuat tekan beton Persentase Substitusi 10%

Pada kuat rendaman beton umur 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari dengan persentase 10% substitusi limbah genteng pada agregat kasar dan agregat halus. Berdasarkan rata – rata kuat tekan beton dilihat pada tabel dan gambarkan grafik di bawah.

Tabel 20. Presentase substitusi 10%

7 Hari		A	Berat	Rata – rata
No	(Kn)	(mm)	(Kg)	(MPa)
1	140,00	17662,5	12,120	
2	130,00	17662,5	12,140	7,54
3	130,00	17662,5	12,163	
14 Hari		A	Berat	Rata – rata
No	(Kn)	(mm)	(Kg)	(MPa)
1	150,00	17662,5	12,172	
2	150,00	17662,5	12,178	8,86
3	170,00	17662,5	12,186	

21 Hari		A	Berat	Rata - rata
No	(Kn)	(mm)	(Kg)	(MPa)
1	180,00	17662,5	12,100	
2	200,00	17662,5	12,193	10,75
3	190,00	17662,5	12,195	
28 Hari		A	Berat	Rata - rata
No	(Kn)	(mm)	(Kg)	(MPa)
1	220,00	17662,5	12,258	
2	250,00	17662,5	12,241	13,58
3	250,00	17662,5	12,250	

Dari hasil tabel kuat tekan rata-rata di atas, dapat di gambarkan grafik sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Kuat Tekan Beton Presentase Subtitusi 10%

Dari hasil gambar grafik 4.6 menunjukkan bahwa beton dengan substitusi limbah genteng dengan persentase sebesar 10% pada agregat kasar dan agregat halus pada umur rendaman beton 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari terjadi peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton. Pada beton umur 7 hari kuat tekan beton sebesar 7,54 MPa dan untuk umur rendaman beton 14 hari kuat tekan beton sebesar 8,86 MPa terjadi peningkatan sebesar 1,32 MPa. Pada beton umur 21 hari kuat tekan beton sebesar 10,75 MPa terjadi peningkatan sebesar 1,89 MPa. Pada beton umur 28 hari kuat tekan beton sebesar 13,58 MPa terjadi peningkatan sebesar 2,83 Mpa.

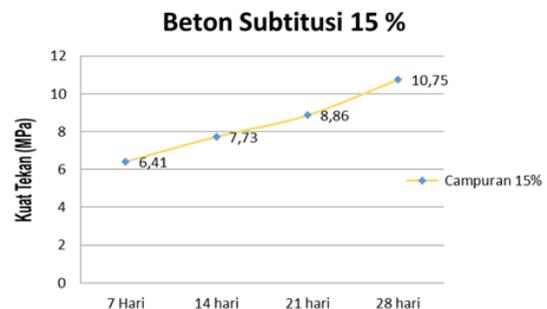
3.7.4 Kuat tekan beton Presentase Subtitusi 15%

Pada kuat rendaman beton umur 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari dengan persentase 15% substitusi limbah genteng pada agregat kasar dan agregat halus. Berdasarkan rata – rata kuat tekan beton dilihat pada tabel dan gambarkan grafik di bawah.

Tabel 20. Presentase subtitusi 15%

7 Hari		A	Berat	Rata – rata
No	(Kn)	(mm)	(Kg)	(MPa)
1	120,00	17662,5	12,120	
2	110,00	17662,5	12,140	6,41
3	110,00	17662,5	12,163	
14 Hari		A	Berat	Rata – rata
No	(Kn)	(mm)	(Kg)	(MPa)
1	140,00	17662,5	12,172	
2	130,00	17662,5	12,178	7,73
3	140,00	17662,5	12,186	
21 Hari		A	Berat	Rata – rata
No	(Kn)	(mm)	(Kg)	(MPa)
1	150,00	17662,5	12,100	
2	160,00	17662,5	12,193	8,86
3	160,00	17662,5	12,195	
28 Hari		A	Berat	Rata - rata
No	(Kn)	(mm)	(Kg)	(MPa)
1	190,00	17662,5	12,130	
2	180,00	17662,5	12,125	10,75
3	200,00	17662,5	12,182	

Dari hasil tabel kuat tekan rata-rata di atas, dapat di gambarkan grafik sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik Kuat Tekan Beton Presentase Subtitusi 15%

Dari hasil gambar grafik di atas menunjukkan bahwa beton dengan substitusi limbah genteng dengan persentase sebesar 15% pada agregat kasar dan agregat halus pada umur rendaman beton 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari terjadi peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton. Pada beton umur 7 hari kuat tekan beton sebesar 6,41 MPa dan untuk umur rendaman beton 14 hari kuat tekan beton sebesar 7,73 MPa terjadi peningkatan sebesar 1.32 MPa. Pada beton umur 21 hari kuat tekan beton sebesar 8,86 MPa terjadi peningkatan sebesar 1.13 MPa. Pada beton umur 28 hari kuat tekan beton

sebesar 10,75 MPa terjadi peningkatan sebesar 1,89 MPa.

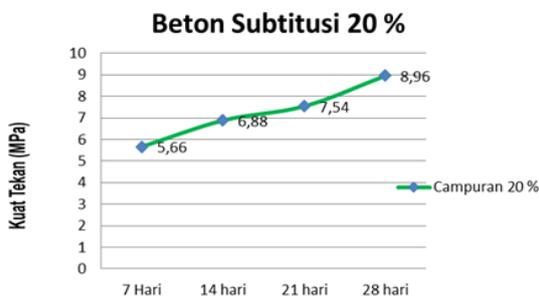
3.7.5 Kuat tekan beton Persentase Substitusi 20%

Pada kuat tekan rendaman beton umur 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari dengan persentase 20% substitusi limbah genteng pada agregat kasar dan agregat halus. Berdasarkan rata – rata kuat tekan beton dilihat pada tabel dan gambarkan grafik si bawah.

Tabel 21. Presentase substitusi 20%

7 Hari				
No	(Kn)	A (mm)	Berat (Kg)	Rata – rata (MPa)
1	100,00	17662,5	11,875	
2	100,00	17662,5	11,745	5,66
3	100,00	17662,5	11,850	
14 Hari				
No	(Kn)	A (mm)	Berat (Kg)	Rata – rata (MPa)
1	120,00	17662,5	11,895	
2	125,00	17662,5	11,885	6,88
3	120,00	17662,5	11,970	
21 Hari				
No	(Kn)	A (mm)	Berat (Kg)	Rata – rata (MPa)
1	135,00	17662,5	11,970	
2	135,00	17662,5	11,878	7,54
3	130,00	17662,5	11,874	
28 Hari				
No	(Kn)	A (mm)	Berat (Kg)	Rata – rata (MPa)
1	150,00	17662,5	11,667	
2	165,00	17662,5	11,896	8,96
3	160,00	17662,5	11,874	

Dari hasil tabel kuat tekan rata-rata di atas, dapat di gambarkan grafik sebagai berikut:



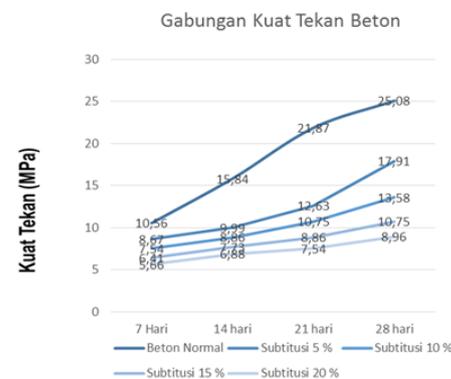
Gambar 7. Grafik Kuat Tekan Beton Persentase Substitusi 20%

Dari hasil gambar grafik di atas menunjukkan bahwa beton dengan substitusi limbah genteng dengan persentase sebesar 20% pada agregat kasar dan agregat halus

pada umur rendaman beton 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari terjadi peningkatan kuat tekan seiring bertambahnya umur beton. Pada beton umur 7 hari kuat tekan beton sebesar 5,56 MPa dan untuk umur rendaman beton 14 hari kuat tekan beton sebesar 6,88 MPa terjadi peningkatan sebesar 1,32 MPa. Pada beton umur 21 hari kuat tekan beton sebesar 7,54 MPa terjadi peningkatan sebesar 0,88 MPa. Pada beton umur 28 hari kuat tekan beton sebesar 8,96 MPa terjadi peningkatan sebesar 1,42 MPa.

3.7.6 Kuat tekan beton gabungan

Pada penelitian ini didapatkan beberapa hasil kuat tekan beton normal dengan kuat tekan beton campuran limbah genteng berdasarkan masing – masing persentase campuran. Untuk setiap umur pengujian telah di uji sebanyak 3 (tiga) sample uji dari setiap rendaman. Dari ketiga sampel tersebut di dapatkan hasil rata – rata kuat tekan.



Gambar 8. Grafik Gabungan Kuat Tekan Beton.

3.8 Pengujian Kuat Tarik Belah (Tidak Langsung)

Berikut ini adalah hasil pengujian kuat tarik belah (tidak langsung) beton normal dan beton substitusi limbah genteng dengan nilai prosentase sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20% pada agregat kasar dan agregat halus. Perawatan beton dengan umur rendaman 28 hari sebagai berikut:

Tabel 22. Pemeriksaan Kuat Tarik Belah Beton.

Jenis Campuran	Kode Benda Uji	Dimensi Sampel		Umur (hari)	Berat Sampel (Kg)	Luas Bidang (A) (mm ²)	Kuat Belah (F _{tr}) (Mpa)	Kuat Belah Rata (F _{tr}) (Mpa)
		Diameter (mm)	Tinggi (mm)					
2	3	4	5	6	7	9	10	12
Normal	A	150	300	28	12,455	17662,5	135	14.9
	B	150	300	28	12,462	17662,5	130	
	C	150	300	28	12,435	17662,5	130	
5%	A	150	300	28	12,354	17662,5	80	9.05
	B	150	300	28	12,370	17662,5	80	
	C	150	300	28	12,355	17662,5	80	
10%	A	150	300	28	12,223	17662,5	70	7.73
	B	150	300	28	12,236	17662,5	70	
	C	150	300	28	12,241	17662,5	65	
15%	A	150	300	28	12,120	17662,5	60	6.79
	B	150	300	28	12,172	17662,5	60	
	C	150	300	28	12,110	17662,5	60	
20%	A	150	300	28	11,889	17662,5	50	5.66
	B	150	300	28	11,878	17662,5	50	
	C	150	300	28	11,915	17662,5	50	

Dari tabel 22 di atas tentang pemeriksaan uji kuat belah beton pada beton normal didapat hasil kuat belah sebesar 14,90 MPa. Pada beton menggunakan substitusi limbah genteng prosentase sebesar 5% pada agregat kasar dan agregat halus didapat hasil kuat belah sebesar 9,05 MPa. Peningkatan kuat tekan belah sebesar 5,85 MPa. Pada beton menggunakan substitusi limbah genteng prosentase sebesar 10% pada agregat kasar dan agregat halus didapat hasil sebesar 7,73 MPa. Peningkatan kuat tekan belah sebesar 1,32 MPa. Pada beton menggunakan substitusi limbah genteng prosentase sebesar 15% pada agregat kasar dan agregat halus didapat hasil sebesar 6,79 MPa. Peningkatan kuat tekan belah sebesar 0,94 MPa. Sedangkan Pada beton menggunakan substitusi limbah genteng prosentase sebesar 20% pada agregat kasar dan agregat halus didapat hasil sebesar 5,66 MPa. Peningkatan kuat tekan belah sebesar 1.33 MPa.



Gambar 9. Grafik Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Dari gambar grafik di atas pengujian kuat tarik belah beton, dari hasil beton normal mempunyai kuat tarik belah sebesar 14,90 MPa. Sedangkan Pada beton menggunakan substitusi limbah genteng prosentase sebesar 5% pada agregat kasar dan agregat halus didapat nilai penurunan sebesar 39,26%. Pada beton menggunakan substitusi limbah genteng prosentase sebesar 10% pada agregat kasar dan agregat halus didapat nilai penurunan sebesar 48,12%. Pada beton menggunakan substitusi limbah genteng prosentase sebesar 15% pada agregat kasar dan agregat halus didapat nilai penurunan sebesar 54,42%. Dan pada beton menggunakan substitusi limbah genteng prosentase sebesar 20% pada agregat kasar dan agregat halus didapat nilai penurunan sebesar 62,01%. Berdasarkan penurunan kuat tarik belah beton dapat dilihat pada tabel di bawah in.

Tabel 22. Penurunan Kuat Tarik Belah Beton

No	Jenis Beton	Tarik Belah (MPa)	Penurunan (%)
1	Beton Prosentase 5%	9,05	39,26
2	Beton Prosentase 10%	7,73	48,12
3	Beton Prosentase 15%	6,79	54,42
4	Beton Prosentase 20%	5,66	62,01

Dari tingginya nilai hasil uji keausan agregat limbah genteng menjadi faktor penyebab penurunan pada kuat tarik belah beton. Hal ini dikarenakan terjadinya porositas pada agregat kasar dan agregat halus (kerikil dan pasir) yang di substitusikan dengan limbah genteng sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan nilai ikatan pada campuran beton tersebut.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan hasil nilai kuat tekan beton substitusi 5%, 10%, 15%, dan 20% beton umur 28 hari masing -masing sebesar 17,91Mpa,

13,58 MPa, 10,75 MPa, dan 8,96 MPa. Penurunan kuat tekan beton substitusi 5%, 10%, 15%, dan 20% beton umur 28 hari masing – masing sebesar 28,58%, 45,85%, 57,13% dan 64,27%. Sedangkan kuat tarik belah beton substitusi 5%, 10%, 15%, dan 20% beton umur 28 hari masing- masing sebesar 9,05 MPa, 7,73 MPa, 6,79 MPa dan 5,66 MPa. Penurunan kuat tarik belah substitusi 5%, 10%, 15%, dan 20% beton umur 28 hari masing – masing sebesar 39,26%, 48,12%, 54,42% dan 62,01%

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. P. Pane, H. Tanudjaja, And R.S. Windah, “Pengujian Kuat Tarik Belah Dengan Variasi Kuat Tekan Beton,” *J. Sipil Statik*, Vol. 3, No. 5, Pp. 313–321, 2015.
- [2] L. Fatmawaty, “Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Recycle Terhadap Beton Normal,” *Bangun Rekaprima*, Vol. 06, Pp. 30–34, 2020.
- [3] K. D. Panjaitan And T. L. Ing, “Penggunaan Genteng Keramik Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dan Abu Terbang Sebagai Pengisi Pada Laston Ac-Bc,” *J. Tek. Sipil*, Vol. 13, No. 2, Pp. 95–113, 2019, Doi: 10.28932/Jts.V13i2.1439.
- [4] A. I. A. Agung Prabowo Sulistiawan, Arif Abdur Rahman, Gildan Kantona Hamdani, Gieztha Saniy Faisal, “Penerapan Green Building Material Dalam Mewujudkan Konsep Green Building Pada Bangunan Kafe,” *Arcade J. Arsitektur*, Vol. 2, No. 3, Pp. 155–162, 2018.
- [5] Soemantoro, Z. Safrin, And R. Nosen, “Pemanfaatan Limbah Genteng Sebagai Bahan Alternatif Agregat Kasar Pada Beton,” *J. Tek. Sipil Unitomo*, Vol. 1, No. 1, Pp. 49–56, 2015, [Online]. Available: <https://ejournal.unitomo.ac.id/index.php/Sipil/Article/View/272>.