

PEMANFAATAN LIMBAH BANGUNAN SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR PADA PEMBUATAN BETON NORMAL

Hariyanto¹

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu, Jl. Kampus Ronggolawe Blok No 1 Mentul CEPU; Telp.(0296)422322. Email: hariyanto@sttrcepu.ac.id

Abstrak

Uji agregat dilakukan untuk mengetahui karakteristik bahan mix design dengan menggunakan standar pengujian SNI T – 15 – 1990 – 03. Pengujian bahan mix design mulai dari pengujian gradasi agregat, berat isi agregat, berat jenis dan penyerapan agregat, kadar air agregat, kadar silt dan clay agregat. Benda uji dibuat berbentuk kubus dengan campuran adukan beton menggunakan split dan pasir sebagai pembanding, pecahan limbah bangunan sebagai agregat halus dengan komposisi 0%, 40%, 60%, dan 100%, serta semen PCC, dan air, dengan jumlah benda uji masing-masing 15 buah untuk umur pengujian 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara merendam dalam air, pengujian benda uji dilakukan dengan menggunakan Compressor Machine. Hasil pengujian benda uji dengan menggunakan limbah bangunan sebagai agregat halus menunjukkan terjadinya penurunan nilai kuat tekan dari kuat tekan beton rencana. Nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari dari penggunaan limbah bangunan sebagai agregat kasar pada proporsi 0% sama dengan nilai kuat tekan beton normal $f_c = 20$ MPa, sedangkan nilai kuat tekan dengan penggunaan limbah beton sebagai agregat kasar pada proporsi 40%, 60% dan 100% kurang dari nilai kuat tekan beton yang direncanakan ($f_c = 20$ MPa).

Kata kunci: limbah bangunan, agregat kasar, kuat tekan beton normal.

Abstract

Aggregate test is done to find out the characteristics of the ingredients mix: design using standard testing SNI – T – 15 – 1990 – 03. Testing the ingredients mix: design anging from gradation of the sand, gradation of the the gravel, aggregate content off the weight, the weightof the solid content of the aggregate,specific gravity and absorfition of fine aggregate absorpition of coars aggregate, water levels, testing the slit and clay. The testobjects created a cube with a mixture of mortar concrete using split and sand as a companson, building waste fraction as fine aggregate composition of 0%,40%,60%,100%, as well as cement pcc, and water with the number of test objects of each of the is built for age testing 7 days, 14 days, and 28 days. Treatment of the test objects is done by soaking in water, testing object test done using compressor machine. The result of test object by using coarse aggregate as building waste showed a strong decline in the occurrence of strong conerete plans.

Keywords Coarse aggregate, concrete

1. PENDAHULUAN

Beton pada umumnya tersusun dari material penyusun utamanya, yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Nilai kuat tekan merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finising, dan kondisi perawatan pengerasannya (Dipohusodo,1993). Seiring dengan berjalannya waktu banyak terdapat bangunan-bangunan yang perlu perbaikan atau renovasi. Salah satu penyebabnya adalah umur bangunan yang tua. Maka perlu adanya pembongkaran sebagian atau seluruh konstruksi bangunan sesuai dengan keinginan dari pemilik bangunan. Dalam pelaksanaan pembongkaran ini nantinya banyak terdapat material-material yang sudah tidak diperlukan kembali atau dapat disebut limbah bangunan. Limbah bangunan ini banyak digunakan sebagai bahan urugan yang mana dari segi nilai ekonomi mempunyai nilai rendah. Maka dari permasalahan itulah yang membuat peneliti akan melakukan penelitian tentang penggunaan limbah bangunan secara efektif yaitu memanfaatkan limbah bangunan tersebut sebagai campuran beton dimana yang dulunya hanya sebagai bahan urugan.

Penggunaan material recycle untuk digunakan dalam campuran beton di Indonesia masih belum umum namun sudah mulai banyak digunakan antara lain untuk pengurugan, lapisan pondasi jalan dan lain-lain. Proses daur ulang menjadi suatu cara yang baik untuk memproses limbah-limbah bangunan tersebut, yaitu dengan cara menghancurkan menjadi agregat kasar dan agregat halus yang digunakan sebagai pengganti baru pecah dan pasir. Menurut Hardjasaputra dan Ciputera (2008) kekuatan beton yang dihasilkan dengan menggunakan agregat kasar limbah bangunan adalah sebesar 84% - 86% dari kuat tekan beton yang direncanakan. Oleh karena itu perlu diketahui pengaruh penggunaan limbah bangunan sebagai pengganti sebagian atau lebih agregat kasar terhadap kuat tekan beton. Sehubungan dengan hal tersebut dilakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan agregat kasar dari limbah bangunan terhadap kuat tekan beton normal".

2. METODE

2.1 Bahan dan Alat

a. Bahan Yang Digunakan

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen Portland

Semen yang digunakan adalah semen portland type I merk semen gresik dalam kemasan 50 kg/zak yang diperoleh dari toko dalam keadaan baik dan tertutup rapat.

2. Agregat Halus

Pasir yang digunakan merupakan pasir dari Bengawan Solo. Agregat halus ini diuji kadar lumpur, kadar air, berat jenis SSD, berat volume, berat jenis kering dan penyerapan agregat.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar diperoleh dari daerah Pamotan, berdiameter maksimal 2-3 cm. Agregat ini diperiksa kadar air, berat jenis SSD, modulus kehalusan butir, berat volume dan penyerapan air agregat. Pemeriksaan berat jenis, penyerapan air agregat kasar, berat volume dan modulus kehalusan butir digunakan untuk data perancangan campuran beton.

4. Air

Air yang digunakan harus bebas dari unsur-unsur kimia dan memenuhi syarat untuk konsumsi air minum.

5. Limbah Bangunan

Limbah bangunan digunakan pengganti sebagian atau seluruh agregat kasar. Limbah bangunan ini didapat dari bangunan – bangunan di wilayah Blora dan sekitarnya

b. Alat Yang Dibutuhkan

Peralatan-peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang berat bahan campuran dan berat benda uji.

2. Ayakan

Ayakan digunakan untuk menganalisa gradasi agregat, baik agregat halus, agregat kasar maupun agregat halus dari bahan limbah bangunan.

3. Gelas Ukur

Gelas ukur berkapasitas 1000 ml yang digunakan untuk mengukur volume air yang dibutuhkan.

4. Mesin Sieve Shaker

Mesin yang digunakan untuk mengayak agregat yang sudah dimasukkan dalam suatu susunan saringan uji.

5. Kerucut Abrams

Digunakan untuk mengukur nilai slump pada adukan beton segar.

6. Oven

Digunakan untuk mengeringkan agregat kasar dan agregat halus.

7. Alat Pengaduk Beton

Digunakan untuk pencampuran beton.

8. Alat Uji Tekan (compressor machine)

Untuk mengetahui beban kerja maksimum beton. Sehingga dapat mengetahui kekuatan beton uji.

9. Cetakan Beton Kubus

Cetakan yang digunakan berukuran 15 x 15 x 15 cm.

10. Bak Perendam

Bak yang berisi air yang digunakan untuk merendam benda uji pada masa perawatan.

11. Stopwatch

Untuk mengukur waktu pada pencampuran beton pada mixer pada pengujian slump.

c. Metode penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah penelitian eksperimen dimana untuk mendapatkan data-data dan hasil penelitian dengan melakukan pengujian dan penelitian di laboratorium Jurusan Teknik Sipil

Perencanaan Campuran Beton

Mutu beton $f'c = 20$ MPa . Proporsi agregat kasar dari bahn limbah bangunan divariasi pada nilai 0%, 40%, 60% dan 100% dari berat agregat halus, yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Proporsi Agregat Halus Dari Bahan Limbah Bangunan

Proporsi Agregat	Umur Pengujian			Jumlah
	7 hari	14 hari	28 hari	
0 %	5	5	5	15
40%	5	5	5	15
60%	5	5	5	15
100%	5	5	5	15
Total				60

d. Perancangan Beton Metode SNI T – 15 – 1990 – 03

1. Kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c) pada umur 28 hari
2. Standar deviasi rencana mutu pekerjaan sesuai SNI
3. Menentukan Nilai margin : $m = k \times s_d$
4. Menghitung kuat tekan rata-rata $F_{cr} = f_c + m$
5. Jenis semen yang digunakan adalah tipe I (ditetapkan)
6. Jenis agregat halus yang digunakan adalah alami dan limbah bangunan (ditetapkan)
7. Jenis agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah (ditetapkan)
8. Menentukan faktor air minimum berdasarkan Mix Desain
9. Menentukan faktor air maksimum berdasarkan Mix Desain
10. Menentukan nilai slump
11. Menentukan ukuran butiran kasar
12. Menentukan kadar air bebas

$$A = 0,67 A_h + 0,33 A_k \quad (1)$$
13. Menentukan kebutuhan semen

$$\text{Kebutuhan Semen} = \frac{A}{f_{as}} \quad (2)$$
14. Menentukan kebutuhan semen minimum
15. Kebutuhan semen yang digunakan adalah nilai terbesar
16. Penyesuaian jumlah fas tidak ada
17. Menentukan daerah gradasi agregat halus
18. Menentukan persen berat agregat halus terhadap campuran beton
19. Menentukan persen agregat kasar : 100% - persen agregat halus
20. Menentukan berat jenis agregat gabungan :

$$BJ \text{ agregat gabungan} = \left(\frac{P}{100} \times BJ \text{ ag. halus}\right) + \left(\frac{k}{100} \times BJ \text{ ag. kasar}\right) \quad (3)$$
21. Menentukan berat beton segar
22. Menentukan kebutuhan agregat gabungan
 Agregat gabungan = B_j beton segar – kadar semen – kadar air bebas
23. Menentukan kebutuhan agregat halus

$$W_{psr} = \frac{P}{100} \text{ agregat halus} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (4)$$

24. Menentukan kebutuhan kadar agregat kasar

$$W_{krkl} = \frac{K}{100} \text{ agregat kasar} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (5)$$

25. Menentukan berat agregat kasar dari limbah bangunan per 1 m³

a. $W_{LB} \text{ untuk } 40\% = \frac{40\%}{100\%} \times W_{psr} \quad (6)$

b. $W_{LB} \text{ untuk } 60\% = \frac{60\%}{100\%} \times W_{psr} \quad (7)$

c. $W_{LB} \text{ untuk } 100\% = \frac{100\%}{100\%} \times W_{psr} \quad (8)$

26. Menentukan kebutuhan bahan campuran beton dalam satu kali adukan dengan 3 buah benda uji kubus dan kenaikan 10% dari berat sebenarnya. Dengan volume kubus yang berukuran 15 x 15 x 15 cm dengan menggunakan rumus :

a. $W \text{ semen} \times 3 \text{ (V kubus)} \quad (9)$

b. $W \text{ pasir} \times 3 \text{ (V kubus)} \quad (10)$

c. $W \text{ kerikil} \times 3 \text{ (V kubus)} \quad (11)$

d. $W \text{ air} \times 3 \text{ (V kubus)} \quad (12)$

e. $W \text{ limbah bangunan} \times 3 \text{ (V kubus)} \quad (13)$

e. Pengujian Kuat Tekan Beton

Alat yang digunakan :

- a. Mesin desak ELE dengan kemampuan 2500 KN
- b. Plat
- c. Timbangan

Jalannya Pengujian :

1. Ambil benda uji beton kubus yang telah berumur 7, 14, dan 28 hari kemudian permukaan benda uji beton tersebut di lap dan ditimbang masing-masing beratnya
2. Letakkan benda uji pada tempat yang telah tersedia pada mesin desak.
3. Jalankan mesin desak dan lakukan penekanan sampai benda uji hancur dan mencatat beban maksimum (P) yang terjadi selama pemeriksaan benda uji
4. Pada saat pembebanan maksimum, salah satu jarum akan menunjukkan beban maksimum yang dapat ditahan oleh beton. Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Dengan : f_c = Kuat tekan beton (Mpa)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas bidang tekan (cm²)

S = Standart deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum(f'_{cb} - f'_{cr})^2}{n-1}}$$

f'_{cb} = kekuatan beton yang didapat masing-masing benda uji umur 28 hari (Mpa)

n = jumlah kubus beton

f'_{cr} = kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)

f. Analisis Data

Pengolahan data hasil tes kubus beton memakai analisis statistika menggunakan persamaan

$$f_c = f_{cr} - 1,64 S \quad (13)$$

dimana :

f_{cr} = kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari (MPa)

$$f_{cr} = \frac{f'_{cb}}{n} \quad (14)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Bahan Untuk Mix Design

Berdasarkan hasil uji bahan pada gradasi pasir

Tabel 2. Hasil Pengujian Bahan Untuk Mix Design

Ukuran Ayakan (mm)	Berat Tertahan		Berat Kumulatif		Syarat
	Gram	%	Tinggal (%)	Lolos (%)	
9,5	116	2,9	2,9	97,1	100
4,75	290	7,25	10,15	89,85	95-100
2,36	889	22,225	32,375	67,625	80-100
1,18	1097	27,425	59,8	40,2	50-85
0,60	870	21,75	81,55	18,45	25-60
0,30	365	9,125	90,675	9,325	10-30
0,15	313	7,825	98,5	1,5	2-10
Pan	60	1,5	100	0	0
Jumlah	4000	100	475,95		

Dari hasil uji gradasi pasir diperoleh bahwa berat tertahan pada ukuran ayakan 9,5 mm sebesar 116 gram (2,9%), untuk berat tertahan pada ukuran 4,75 mm sebesar 290 gram (7,25%), untuk berat tertahan pada ukuran ayakan 2,36 mm sebesar 889 gram (22,225%), untuk berat tertahan pada ukuran ayakan 1,18 mm sebesar 1097 gram (27,425%), untuk berat tertahan pada ayakan 0,60 mm sebesar 870 gram (21,75%), untuk berat tertahan pada ayakan 0,30 mm sebesar 365 gram (9,125%), untuk berat tertahan pada ayakan

0,15mm sebesar 313 gram (7,825), Dan untuk berat tertahan pada ayakan PAN sebesar 60 gram (1,5). Maka diperoleh modulus elastisitas sebesar 4,759

1.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Kubus dari limbah bangunan untuk proporsi 0 % - 100%

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Kubus dari limbah bangunan untuk proporsi 0 % dapat dilihat pada Tabel 3.

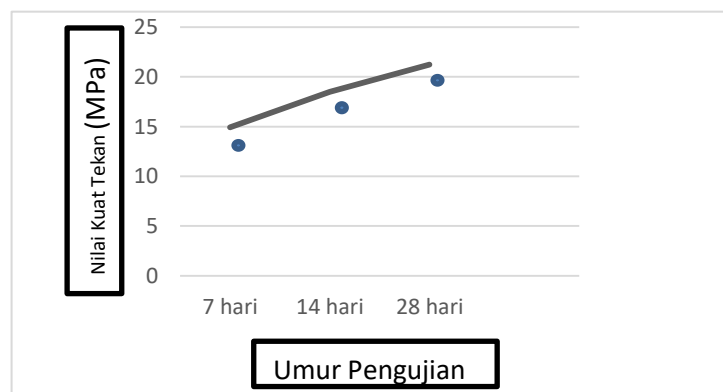
Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Kubus dari limbah bangunan untuk proporsi 0 %

No	Prosentase Limbah Bangunan (%)	Slump (cm)	Berat (kg)	Berat Isi (g/cm ³)	Umur (hari)	Beban Maks. (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Angka Konversi	Kuat Tekan (MPa)	F _{cr} (MPa)	F _{cb} -F _{cr} (MPa)	(F _{cb} -F _{cr}) ² (MPa)
1	0	10,0	7,824	2,32	7	33000	146,67	1,538	22,56	21,74	0,82	0,67
2	0	10,0	7,717	2,29	7	33000	146,67	1,538	22,56	21,74	0,82	0,67
3	0	10,0	7,764	2,30	7	34000	151,11	1,538	23,24	21,74	1,50	2,25
4	0	10,0	7,951	2,36	7	35000	155,56	1,538	23,93	21,74	2,19	4,80
5	0	10,0	7,755	2,30	7	33000	146,67	1,538	22,56	21,74	0,82	0,67
6	0	13,0	7,772	2,30	14	42000	186,67	1,136	21,26	21,74	-0,48	0,23

No	Prosen-tase Limbah Bangunan (%)	Slump (cm)	Berat (kg)	Berat Isi (g/cm ³)	Umur (hari)	Beban Maks. (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Angka Konver-si	Kuat Tekan (MPa)	Fcr (MPa)	Fcb-Fcr (MPa)	(Fcb-Fcr) ² (MPa)
7	0	13,0	7,454	2,21	14	41000	182,22	1,136	20,70	21,74	-1,04	1,08
8	0	13,0	7,852	2,33	14	41000	182,22	1,136	20,70	21,74	-1,04	1,08
9	0	13,0	7,691	2,28	14	41000	182,22	1,136	20,70	21,74	-1,04	1,08
10	0	13,0	7,567	2,24	14	43000	191,11	1,136	21,71	21,74	-0,03	0,009
11	0	13,0	7,815	2,32	28	47000	208,89	1,000	20,89	21,74	-0,85	0,72
12	0	13,0	7,805	2,31	28	47000	208,89	1,000	20,89	21,74	-0,85	0,72
13	0	13,0	7,585	2,25	28	48000	213,33	1,000	21,33	21,74	-0,41	0,17
14	0	13,0	7,795	2,31	28	48000	213,33	1,000	21,33	21,74	-0,41	0,17
15	0	13,0	7,810	2,31	28	49000	217,78	1,000	21,78	21,74	0,04	0,002
Rata-rata			7,744					Rata-rata	21,74	Jumlah		14,32

$$\text{Standart Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(f'cb-f'cr)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{14,32}{14}} = 1,011$$

Kuat tekan yang disyaratkan $f'c = 21,74 - 1,64 \cdot 1,011 = 20,08 \text{ Mpa}$



Gambar 1. Grafik Hubungan Kuat tekan terhadap Usia Beton 0%

Berdasarkan tabel pengujian kuat tekan beton dari limbah bangunan sebagai agregat kasar untuk proporsi 0 % diperoleh bahwa rata – rata kuat tekan beton untuk umur 7 hari 14,94 MPa. Untuk umur 14 hari rata – rata kuat tekannya sebesar 18,53 MPa. Dan umur 28 hari rata – rata kuat tekannya sebesar 21,24

MPa. Dengan hasil kuat tekan beton kubus dari limbah bangunan sebagai pengganti agregat halus tersebut diperoleh standart deviasi sebesar 1,011. Kemudian untuk nilai kuat tekan yang disyaratkan $f'c$ sebesar 20,08 Mpa.

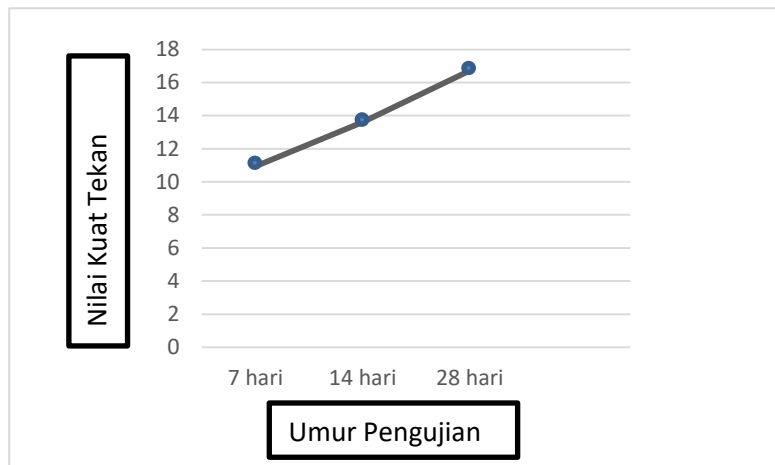
Tabel 4. Pengujian kuat tekan beton kubus dari limbah bangunan untuk proporsi 40 %

No	Prosen-tase Limbah Bangunan (%)	Slump (cm)	Berat (kg)	Berat Isi (g/cm ³)	Umur (hari)	Beban Maks. (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Angka Konver-si	Kuat Tekan (MPa)	Fcr (MPa)	Fcb-Fcr (MPa)	(Fcb-Fcr) ² (MPa)
1	40	10,0	7,420	2,20	7	24000	106,67	1,538	16,41	16,33	0,08	0,01
2	40	10,0	7,400	2,19	7	25000	111,11	1,538	17,09	16,33	0,76	0,58
3	40	10,0	7,380	2,19	7	24000	106,67	1,538	16,41	16,33	0,08	0,01
4	40	10,0	7,415	2,20	7	25000	111,11	1,538	17,09	16,33	0,76	0,58
5	40	10,0	7,380	2,19	7	25000	111,11	1,538	17,09	16,33	0,76	0,58
6	40	11,0	7,465	2,21	14	31000	137,78	1,136	15,65	16,33	-0,68	0,46

No	Prosen-tase Limbah Bangunan (%)	Slump (cm)	Berat (kg)	Berat Isi (g/cm ³)	Umur (hari)	Beban Maks. (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Angka Konver-si	Kuat Tekan (MPa)	Fcr (MPa)	Fcb-Fcr (MPa)	(Fcb-Fcr) ² (MPa)
7	40	11,0	7,632	2,26	14	31000	137,78	1,136	15,65	16,33	-0,68	0,46
8	40	11,0	7,485	2,22	14	30000	133,33	1,136	15,15	16,33	-1,18	1,39
9	40	11,0	7,463	2,21	14	30000	133,33	1,136	15,15	16,33	-1,18	1,39
10	40	11,0	7,507	2,22	14	31000	137,78	1,136	15,65	16,33	-0,68	0,46
11	40	11,5	7,472	2,21	28	37000	164,44	1,000	16,44	16,33	0,11	0,01
12	40	11,5	7,569	2,24	28	38000	168,89	1,000	16,89	16,33	0,56	0,31
13	40	11,5	7,481	2,22	28	38000	168,89	1,000	16,89	16,33	0,56	0,31
14	40	11,5	7,400	2,20	28	37000	164,44	1,000	16,44	16,33	0,11	0,01
15	40	11,5	7,345	2,18	28	38000	168,89	1,000	16,89	16,33	0,56	0,31
Rata-rata			7,454					Rata-rata	16,33	Jumlah	6,88	

Standart Deviasi = $\sqrt{\frac{\sum(f'cb-f'cr)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{6,88}{14}} = 0,701$
 15,18 Mpa

Kuat tekan yang disyaratkan f'c = 16,33 - 1,64 . 0,701 =



Gambar 2. Grafik Hubungan Kuat tekan terhadap Usia Beton 40%

Berdasarkan tabel pengujian kuat tekan beton dari limbah bangunan sebagai agregat kasar untuk proporsi 40 % diperoleh bahwa rata – rata kuat tekan beton untuk umur 7 hari 10,93 MPa. Untuk umur 14 hari rata – rata kuat tekannya sebesar 13,60 MPa. Dan umur 28 hari rata – rata kuat tekannya sebesar 16,71

MPa. Dengan hasil kuat tekan beton kubus dari limbah bangunan sebagai pengganti agregat halus tersebut diperoleh standart deviasi sebesar 0,701. Kemudian untuk nilai kuat tekan yang disyaratkan f'c sebesar 15,18 Mpa.

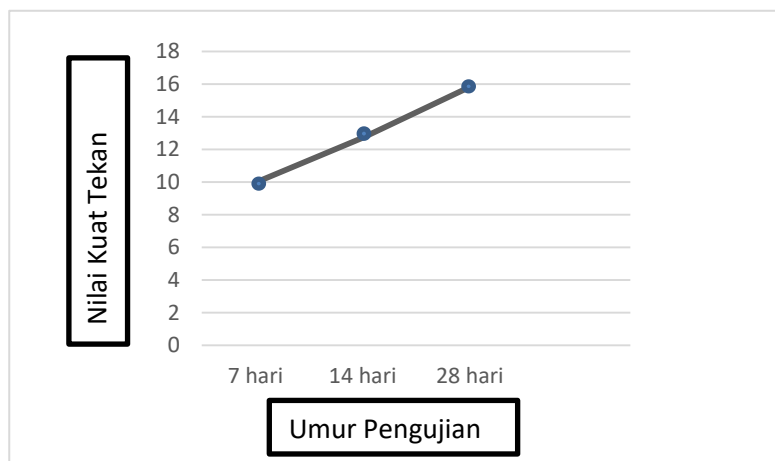
Tabel 5. Pengujian kuat tekan beton kubus dari limbah beton untuk proporsi 60 %

No	Prosen-tase Limbah Bangunan (%)	Slump (cm)	Berat (kg)	Berat Isi (g/cm ³)	Umur (hari)	Beban Maks. (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Angka Konver-si	Kuat Tekan (MPa)	Fcr (MPa)	Fcb-Fcr (MPa)	(Fcb-Fcr) ² (MPa)
1	60	9,0	7,152	2,12	7	22000	97,78	1,538	15,04	15,20	-0,16	0,03
2	60	9,0	7,180	2,13	7	22000	97,78	1,538	15,04	15,20	-0,16	0,03
3	60	9,0	7,178	2,13	7	22000	97,78	1,538	15,04	15,20	-0,16	0,03
4	60	9,0	7,124	2,11	7	23000	102,22	1,538	15,72	15,20	0,52	0,27
5	60	9,0	7,264	2,15	7	23000	102,22	1,538	15,72	15,20	0,52	0,27
6	60	10,0	7,400	2,19	14	28000	124,44	1,136	14,14	15,20	-1,06	1,12
7	60	10,0	7,433	2,20	14	28000	124,44	1,136	14,14	15,20	-1,06	1,12

No	Prosen-tase Limbah Bangunan (%)	Slump (cm)	Berat (kg)	Berat Isi (g/cm ³)	Umur (hari)	Beban Maks. (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Angka Konver-si	Kuat Tekan (MPa)	Fcr (MPa)	Fcb-Fcr (MPa)	(Fcb-Fcr) ² (MPa)
8	60	10,0	7,413	2,20	14	29000	128,89	1,136	14,64	15,20	-0,56	0,31
9	60	10,0	7,398	2,19	14	29000	128,89	1,136	14,64	15,20	-0,56	0,31
10	60	10,0	7,445	2,21	14	29000	128,89	1,136	14,64	15,20	-0,56	0,31
11	60	9,5	7,552	2,24	28	35000	155,56	1,000	15,56	15,20	0,36	0,13
12	60	9,5	7,498	2,22	28	36000	160,000	1,000	16,00	15,20	0,80	0,64
13	60	9,5	7,476	2,22	28	36000	160,000	1,000	16,00	15,20	0,80	0,64
14	60	9,5	7,504	2,22	28	36000	160,000	1,000	16,00	15,20	0,80	0,64
15	60	9,5	7,478	2,22	28	35000	155,56	1,000	15,56	15,20	0,36	0,13
Rata-rata			7,366					Rata-rata	15,20	Jumlah	5,98	

Standart Deviasi = $\sqrt{\frac{\sum(f'cb-f'cr)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{5,98}{14}} = 0,654$
 14,13Mpa

Kuat tekan yang disyaratkan f'c = 15,20 – 1,64 . 0,654 =



Gambar 3. Grafik Hubungan Kuat tekan terhadap Usia Beton 60%

Berdasarkan tabel pengujian kuat tekan beton dari limbah bangunan sebagai agregat kasar untuk proporsi 60 % diperoleh bahwa rata – rata kuat tekan beton untuk umur 7 hari 9,956 MPa. Untuk umur 14 hari rata – rata kuat tekannya sebesar 12,71 MPa. Dan umur 28 hari rata – rata kuat tekannya sebesar 15,82 MPa.

Dengan hasil kuat tekan beton kubus dari limbah bangunan sebagai pengganti agregat halus tersebut diperoleh standart deviasi sebesar 0,654. Kemudian untuk nilai kuat tekan yang disyaratkan f'c sebesar 14,13 Mpa

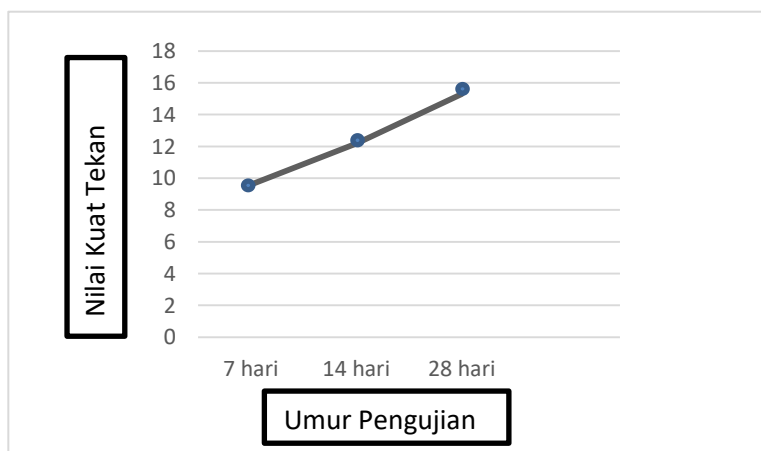
Tabel 6. Pengujian kuat tekan beton kubus dari limbah beton untuk proporsi 100 %

No	Prosen-tase Limbah Bangunan (%)	Slump (cm)	Berat (kg)	Berat Isi (g/cm ³)	Umur (hari)	Beban Maks. (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Angka Konver-si	Kuat Tekan (MPa)	Fcr (MPa)	Fcb-Fcr (MPa)	(Fcb-Fcr) ² (MPa)
1	60	9,0	7,152	2,12	7	22000	97,78	1,538	15,04	15,20	-0,16	0,03
2	60	9,0	7,180	2,13	7	22000	97,78	1,538	15,04	15,20	-0,16	0,03

No	Prosen- tase Limbah Bangun- an (%)	Slump (cm)	Berat (kg)	Berat Isi (g/cm ³)	Umur (hari)	Beban Maks. (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Angka Konver- si	Kuat Tekan (MPa)	Fcr (MPa)	Fcb- Fcr (MPa)	(Fcb- Fcr) ² (MPa)
3	60	9,0	7,178	2,13	7	22000	97,78	1,538	15,04	15,20	-0,16	0,03
4	60	9,0	7,124	2,11	7	23000	102,22	1,538	15,72	15,20	0,52	0,27
5	60	9,0	7,264	2,15	7	23000	102,22	1,538	15,72	15,20	0,52	0,27
6	60	10,0	7,400	2,19	14	28000	124,44	1,136	14,14	15,20	-1,06	1,12
7	60	10,0	7,433	2,20	14	28000	124,44	1,136	14,14	15,20	-1,06	1,12
8	60	10,0	7,413	2,20	14	29000	128,89	1,136	14,64	15,20	-0,56	0,31
9	60	10,0	7,398	2,19	14	29000	128,89	1,136	14,64	15,20	-0,56	0,31
10	60	10,0	7,445	2,21	14	29000	128,89	1,136	14,64	15,20	-0,56	0,31
11	60	9,5	7,552	2,24	28	35000	155,56	1,000	15,56	15,20	0,36	0,13
12	60	9,5	7,498	2,22	28	36000	160,000	1,000	16,00	15,20	0,80	0,64
13	60	9,5	7,476	2,22	28	36000	160,000	1,000	16,00	15,20	0,80	0,64
14	60	9,5	7,504	2,22	28	36000	160,000	1,000	16,00	15,20	0,80	0,64
15	60	9,5	7,478	2,22	28	35000	155,56	1,000	15,56	15,20	0,36	0,13
Rata-rata			7,366					Rata- rata	15,20	Jumlah	5,98	

$$\text{Standart Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum(f'cb - f'cr)^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{6,56}{14}} = 0,684$$

Kuat tekan yang disyaratkan $f_c = 14,63 - 1,64 \cdot 0,684 = 13,51$ Mpa



Gambar 4. Grafik Hubungan Kuat tekan terhadap Usia Beton 100%

Berdasarkan Tabel 6 pengujian kuat tekan beton dari limbah bangunan sebagai agregat kasar untuk proporsi 100 % diperoleh bahwa rata – rata kuat tekan beton untuk umur 7 hari 9,60 MPa. Untuk umur 14 hari rata – rata kuat tekannya sebesar 12,18 MPa. Dan umur 28 hari rata – rata kuat tekannya sebesar 15,29 MPa.

Dengan hasil kuat tekan beton kubus dari limbah bangunan sebagai pengganti agregat halus tersebut di-

peroleh standart deviasi sebesar 0,684. Kemudian untuk nilai kuat tekan yang disyaratkan f_c sebesar 13,51 Mpa.

3.3 Hasil Nilai Kuat Tekan

Berdasarkan uji labolatorium hasil yang diperoleh sesuai proporsi campuran lihat Tabel 7.

Tabel 7. Hasil nilai kuat tekan dengan beberapa proporsi

	Proporsi Agregat Halus Dari Limbah Bangunan			
	0 %	40 %	60 %	100 %
$\sum f'_{cb}$	326,1	244,95	228	219,45
f_{cr}	21,74	16,33	15,20	14,63
$\sum (f'_{cb} - f'_{cr})^2$	14,32	6,88	5,98	6,56
f_c	20,08	15,18	14,13	13,51

Dari data diatas hasil kuat tekan kubus beton untuk berbagai proporsi dari 0%, 40 %, 60 %, dan 100 %. Untuk proporsi 0% menghasilkan kuat tekan $f_c = 20$ MPa. Proporsi 40% menghasilkan kuat tekan $f_c = 15,18$ MPa. Proporsi 60% menghasilkan kuat tekan $f_c = 14,13$ MPa. Dan untuk proporsi 100% menghasilkan kuat tekan $f_c = 13,51$ MPa. Sedangkan kuat tekan yang direncanakan $f_c = 20$ MPa.

3.4 Pembahasan Hasil Campuran

Untuk proporsi 0% sama dengan nilai kuat tekan beton normal ($f_c = 20$ MPa), sedangkan nilai kuat tekan untuk proporsi 40%, 60% dan 100% kurang dari nilai kuat tekan yang direncanakan. Proporsi 40 menghasilkan kuat tekan $f_c = 15,18$ MPa (selisih 24,1% terhadap kuat tekan beton rencana). Proporsi 60% menghasilkan kuat tekan $f_c = 14,13$ MPa (selisih 29,35% terhadap kuat tekan beton rencana). Dan untuk proporsi 100% menghasilkan kuat tekan $f_c = 13,51$ MPa (selisih 32,45% terhadap kuat tekan beton rencana) . Hal ini menunjukkan bahwa setiap penambahan proporsi agregat halus dari limbah bangunan mengakibatkan penurunan yang signifikan dari nilai kuat tekan rencana ($f_c = 20$ MPa)

4. KESIMPULAN

1. Pemanfaatan limbah bangunan sebagai pengganti agregat kasar dengan proporsi 0%, 40%, 60% dan 100% pada pembuatan beton ini memiliki pengaruh terhadap nilai kuat beton rencana ($f_c = 20$ MPa). Nilai kuat tekan yang dihasilkan proporsi 0%, 40%, 60% dan 100% tidak masuk kriteria batas selisih yang disyaratkan yaitu 10%.
2. Nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari yang dihasilkan untuk proporsi 0% sama dengan nilai kuat tekan beton rencana ($f_c = 20$ MPa), sedangkan nilai kuat tekan untuk proporsi 40%, 60% dan 100% kurang dari nilai kuat tekan yang direncanakan. Proporsi 40 menghasilkan kuat tekan $f_c = 15,18$ MPa (selisih 24,1% terhadap kuat tekan beton rencana). Proporsi 60% menghasilkan kuat tekan $f_c = 14,13$ MPa (selisih 29,35% terhadap kuat tekan beton rencana). Dan

untuk proporsi 100% menghasilkan kuat tekan $f_c = 13,51$ MPa (selisih 32,45% terhadap kuat tekan beton rencana) . Hal ini menunjukkan bahwa setiap penambahan proporsi agregat halus dari limbah bangunan mengakibatkan penurunan yang signifikan dari nilai kuat tekan rencana ($f_c = 20$ MPa).

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur kami ucapkan ke hadirat Allah SWT yang telah menganugerahkan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Jurnal Pemanfaatan Limbah Bangunan Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Normal. Terimakasih yang sebesar-besarnya kami ucapkan pada Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu yang telah mendukung dan mendanai penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Analisis A 2017. Campuran Beton Dengan Perbandingan Volume Dan Pengamatan Karakteristik Beton Mutu Sedang Jurnal Karya Teknik Sipil, Volume 6, Nomor 2
- Ahmad G I, Andhi M, Arum D, Muhammad M R, Kusno A S L. 2017, Pengaruh Beton Daur Ulang Dan Bahan Tambah Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Struktural Ramah Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret Hal 59-63 ISSN : 2579-7999
- Febriyatno, H., 2011. *Pemanfaatan limbah bahan padat sebagai agregat kasar pada pembuatan beton normal*. 10: 2-7.
- Hardjasaputra, H., Ciputera, A., Susanto, F., 2008. *Pengaruh Penggunaan Limbah Konstruksi Sebagai Agregat Kasar dan Halus Pada Kuat Tekan Beton Daur Ulang*, 5: 2-7.
- Hariyanto 2014, perbandingan Kuat tekan Beton Mututinggi Pasir Muntilan Dengan Pasir Cepu ISSN No. 16 Simetris
- Herry Widhiarto1, Bambang Sujatmiko 2012, Analisis Campuran Beton Berpori Dengan Agregat Ber-

gradasi Terpisah Ditinjau Terhadap Mutu Dan Biaya Extrapolasi Jurnal Teknik Sipil Untag Surabaya Desember 2012, Vol. 05, No. 02, hal 24 - 30

Mulyati., Arman, A., 2014. *Pengaruh penggunaan limbah beton sebagai agregat kasar dan agregat halus terhadap kuat tekan beton normal*. 16: 1-7.

Mohammad Ali Akoeb, September 2011 Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dan Beton Dengan Bahan Additive Silica Fume Antara Uji Non Destructive Dengan Uji Destructive (Suatu Penelitian Beton Dengan Faktor Air Semen 0,45 ; 0,50 Dan 0,55) Volume 1, No. 1 Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala

Mastain 2015, Studi Perbandingan Analisis Kuat tekan Beton antara Metode perancangan America

concret Institut dengan perancangan Inggris Vol.9.No.1 Jurnal Simetris

Mulyono, T., 2003. *Teknologi Beton*, Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Andi, Yogyakarta.

Mukhlis, Yelvi, 2013 “Pengaruh Beberapa Jenis Pasir Terhadap Kekuatan Beton”Jurnal Poli rekayasa Vol. 9 No. 1

Novi Angjaya E.J. Kumaat, S.E. Wallah, H. Tanudjaja, 2013. Perbandingan Kuat Tekan Antara Beton Dengan Perawatan Pada Elevated Temperature & Perawatan Dengan Cara Perendaman Serta Tanpa Perawatan Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.3, (153-158)