

Studi Penggunaan Limbah Kardus Sebagai Subtitusi Agregat Halus Dengan Menggunakan Zat Additive *Superplasticizer* Pada Material Lightweight Concrete

Study on the Use of Cardboard Waste as a Substitute for Fine Aggregate Using Superplasticizer Additives in Lightweight Concrete Materials

Nanda Puspita Rini ¹, Toni Budi Santoso ², H. Zainuddin ³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bojonegoro, Bojonegoro.
Corresponding Author: nandapuspitar026@gmail.com

ABSTRAK

Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) menyatakan bahwa banyaknya limbah kardus pada tahun 2023 mencapai 11,06% dari total sampah 18.414.659 ton. Oleh karena itu pemanfaatan limbah kardus sebagai campuran bahan beton menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi masalah pembuangan limbah kardus. Metode dalam penelitian ini yaitu eksperimental dengan berpedoman pada SNI 03-3449-2002 mengenai Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil uji kuat tekan rata-rata pada umur 21 hari pada variasi normal 12,18 Mpa, variasi normal +sp 11,41 Mpa, variasi 2,5% 6,15 Mpa, dan variasi 5% 7,18 Mpa. Sedangkan pada umur 28 hari diperoleh pada variasi normal 12,50 Mpa, variasi normal +sp 12,30 Mpa, variasi 2,5% 6,98 Mpa, dan variasi 5% 7,24 Mpa. Berdasarkan hasil perhitungan kuat tekan pada setiap variasi mengalami peningkatan nilai kuat tekan yaitu pada variasi normal terjadi peningkatan sebesar 2,62% dari umur 21 ke 28 hari, untuk variasi normal + SP mengalami peningkatan sebesar 7,8% dari umur 21 ke 28 hari, pada variasi campuran limbah kardus 2,5% terjadi peningkatan sebesar 11,89% dari umur 21 ke 28 hari, dan pada variasi campuran limbah kardus 5% terjadi peningkatan sebesar 0,83% dari umur 21 ke 28 hari. Dari perolehan nilai kuat tekan beton menunjukkan bahwa benda uji dengan substitusi limbah kardus terhadap agregat halus pada beton ringan mempengaruhi kuat tekan beton, akan tetapi tidak menambah perkuatan pada beton ringan.

Kata kunci: bubuk kardus, batu apung, superplasticizer, beton ringan, kuat tekan beton

ABSTRACT

The National Waste Management Information System (SIPSN) states that the amount of cardboard waste in 2023 will reach 11.06% of the total waste of 18,414,659 tons. Therefore, using cardboard waste as a concrete mixture is an alternative to overcome the problem of cardboard waste disposal. The method in this research is experimental, guided by SNI 03-3449-2002 concerning Procedures for Planning Mixtures of Lightweight Concrete with Light Aggregate. Based on the research that has been carried out, the average compressive strength test results obtained at the age of 21 days with a normal variation of 12.18 Mpa, a normal variation of +sp 11.41 Mpa, a variation of 2.5% 6.15 Mpa, and a variation of 5% 7, 18 Mpa. Meanwhile, at the age of 28 days, the normal variation was 12.50 Mpa, the normal +sp variation was 12.30 Mpa, the 2.5% variation was 6.98 Mpa, and the 5% variation was 7.24 Mpa. Based on the results of the compressive strength calculation, each variation experienced an increase in the compressive strength value, namely in the normal variation there was an increase of 2.62% from 21 to 28 days of age, for the normal + SP variation there was an increase of 7.8% from 21 to 28 days of age, in the 2.5% cardboard waste mixture variation there was an increase of 11.89% from 21 to 28 days of age, and in the 5% cardboard waste mixture variation there was an increase of 0.83% from 21 to 28 days of age. From the obtained compressive strength values of concrete, it shows that test objects with cardboard waste substituted for fine aggregate in lightweight concrete influence the compressive strength of the concrete, but do not increase the strengthening of lightweight concrete..

Key words: cardboard pulp, pumice, superplasticizer, lightweight concrete, compressive strength of concrete

PENDAHULUAN

Dalam pekerjaan konstruksi, beton merupakan komponen utama yang dibutuhkan (Putri et al., 2023). Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang banyak diminati karena bahan utama yang digunakan sangat mudah didapat di berbagai daerah dan harganya relatif terjangkau. Beton juga merupakan bahan yang tahan lama sehingga dapat digunakan dalam jangka waktu lama (Pujiyanto et al., 2021). Beton adalah salah satu bahan struktur yang digunakan dalam pembangunan infrastruktur khususnya pada bangunan gedung yang terdiri dari beberapa bahan penyusun yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, air dan dengan atau tanpa bahan tambahan (admixture).

Beton mempunyai banyak keunggulan yaitu kuat tekan yang tinggi dibandingkan baja, tahan api, struktur yang dibentuk sangat kaku, mempunyai masa pakai yang lama, biaya perawatan yang rendah, dapat dibentuk menjadi berbagai penampang, dan kebutuhan akan personel yang berkualifikasi tinggi (Ani Firda, Rosmalinda Permatasari, Indra Syahrul Fuad, 2021). Selain itu, beton juga mempunyai kelemahan diantaranya (1) Memiliki kuat tarik yang rendah; (2) Untuk menjadi suatu struktur, bahan yang digunakan untuk membuat beton harus dicampur, dibentuk, dan diawetkan untuk mencapai kuat tekan yang diinginkan; (3) biaya cetakan beton cukup tinggi (4) Akibat penyusutan dan beban hidup pada beton, maka resiko terjadinya keretakan pada beton sangat besar; (5) Mutu beton yang dihasilkan tergantung pada proses pencampuran dan proses pembentukan beton (Herri Purwanto, Utari Cakra Wardani, 2020).

Menurut putari (2016) beton ringan adalah beton yang mempunyai berat jenis beton lebih rendah dibandingkan beton normal (Marguan Fauzi, Norma Puspita, Rahmad Roni Julio, 2022). Menurut saifuddin, dkk (2013) beton ringan dapat dibuat dari agregat ringan seperti batu apung, tanah liat, fly ash, dan tepung kayu (Rizka Damayanti, 2022). Penggunaan material yang mempunyai klasifikasi ringan mempengaruhi berat beton (Santoso, 2023). Saat memproduksi beton ringan, rongga terbentuk karena penggunaan agregat ringan atau terciptanya gelembung udara (Khairul Miswar, 2020). Beton ringan mempunyai kelemahan seperti kuat tekan yang terbatas, sehingga tidak disarankan menggunakan beton ringan untuk perkuatan struktur. Dalam pembuatan beton, ada hal-hal yang dapat mempengaruhi kekuatan beton, misalnya saja penyebarannya. Perawatan beton yang benar antara lain menggunakan air yang bersih atau bebas bahan kimia yang dapat merusak beton (Febryandi, Bedbby Sinta Devi, Rahmad Roni Julio, Adelia Cristine, 2022).

Batu apung ialah salah satu bahan yang digunakan sebagai agregat ringan yang terbentuk dari pembekuan lava vulkanik gunung berapi dan mempunyai density yang kecil yaitu antara 300-800 kg/m³. Sebagai substitusi parsial atau mengganti sebagian agregat kasar normal dengan agregat ringan yaitu batu apung dapat membantu beton ringan menjadi mengurangi beban mati dan biaya masih tetap terjangkau dan relative mempunyai daya penghantar suhu yang rendah (Arista Adila, 2023).

Berdasarkan data pada Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) menyatakan bahwa banyaknya limbah kardus di Indonesia pada tahun 2023 mencapai 11,06% dari total 18.414.659 ton sampah yang ada. Kardus mengandung 8,67% selulosa; 18,10% pektin; 2,38% lignin, dan memiliki pH kurang dari 7,5. Kardus merupakan limbah rumah tangga yang pemanfaatannya kurang optimal, oleh karena itu pemanfaatan limbah kardus sebagai substitusi agregat halus pada campuran bahan beton menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan pembuangan limbah kardus.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat beton ringan dengan memanfaatkan Limbah Kardus dan tambahan zat additive yaitu Superplasticizer untuk mendapatkan nilai optimum.

Dari penambahan tersebut ditinjau terhadap kuat tekan beton $f'c$ 20 Mpa pada umur beton 21 dan 28 hari.

METODE PENELITIAN

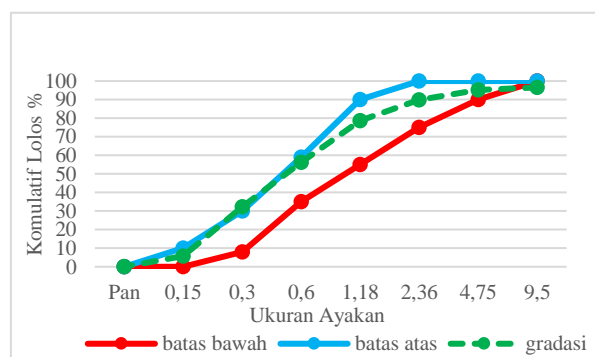
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan berpedoman pada SNI 03-3449-2002 mengenai Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan dengan benda uji beton ringan berbentuk silinder berukuran 15 cm x 30 cm yang akan dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 21 dan 28 hari. Digunakan 4 jenis variasi yaitu normal, normal + SP, campuran limbah kardus 2,5% dan campuran limbah kardus 5% dengan jumlah 6 benda uji setiap variasinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

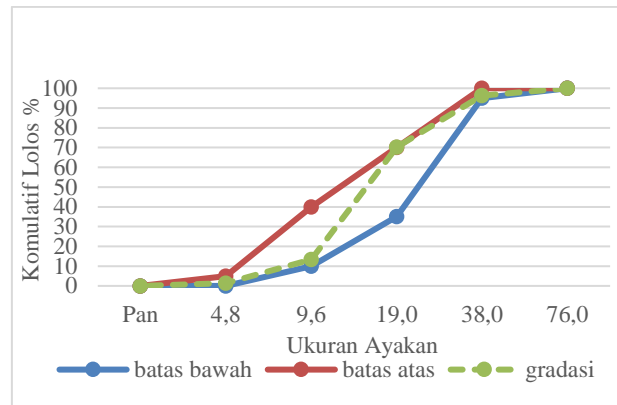
Proses penelitian ini diawali dengan uji properties agregat halus dan agregat kasar yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji dengan ukuran 15cm x 30cm berbentuk silinder. Dari hasil uji properties didapatkan data sebagai berikut :

- Kadar Lumpur**
Untuk kadar lumpur agregat halus didapatkan hasil sebesar 0,65%, sedangkan untuk agregat kasar sebesar 3,30% dimana hasil tersebut memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.
- Uji Kadar Organik**
Hasil pengujian kadar organik agregat halus memenuhi persyaratan karena warna yang dihasilkan menunjukkan no.2 .
- Kadar Air**
Kadar air agregat halus sebesar 2,20% pada kondisi awal SSD, sedangkan pada agregat kasar hasil uji kadar airnya adalah 3,99% pada kondisi awal asli dan 7,10% pada kondisi awal SSD.
- Uji Ayakan**
Hasil uji ayakan agregat halus memenuhi klasifikasi gradasi no.2 yaitu kategori pasir sedang, sedangkan untuk agregat kasar memenuhi klasifikasi untuk ukuran maksimum 40 mm.



Gambar 1. Gradasi Agregat Halus No. 2

Sumber : Dokumentasi Penulis, 2024



Gambar 2. Gradasi Agregat Kasar Ukuran Maks 40 mm

Sumber : Dokumentasi Penulis, 2024.

Setelah uji properties telah dilaksanakan, tahap selanjutnya yaitu merencanakan *mix design* dengan mengacu pada SNI-03-3449-2002 dengan hasil sebagai berikut :

1. Kuat Tekan Beton yang Disyaratkan f'_c , B untuk umur 28 hari dan 7% cacad, disyaratkan 20 Mpa
2. Deviasi Standar, s , ditargetkan 7 Mpa
3. Harga kuat tekanan rata-rata yang harus di tambah (margin) = $k \times s = 1,64 \times 7 = 11,48$ Mpa
4. Kuat Tekan Rata-rata yang Ditargetkan, $f'_c, Br f'_c, B + (k \times s)$ 31,5 Mpa
5. Jenis semen, disyaratkan : Semen portland normal S 550/475
6. Jenis Agregat, disyaratkan untuk :
 - Agregat Kasar : Batu Apung
 - Agregat Halus : Pasir Lumajang
7. Kuat Hancur Agregat Kasar, $f'_c A$ diketahui atau (dari gambar 3 pada SNI) 4,8 Mpa
8. Berat Jenis Agregat, diketahui untuk :
 - Agregat Kasar PA, 0,58 g/cc
 - Agregat Halus PS, 2,79 g/cc
9. Bobot isi beton maksimum beton BIB, disyaratkan 1400 kg/cm³
10. Jumlah Fraksi Agregat Kasar, nf 0,35
 $0,35 < (nf = BIM-BIB/BIM-PA = \log(f'_c B / f'_c M) / \log(f'_c A / f'_c M)) > 0,50$ dimana : BIM dan $f'_c M$ didapat dari Gambar 4,5,6 dan 7 pada SNI
11. Apakah harga $nf > 0,50$ atau $nf < 0,35$? Ya / Tidak, jika Ya, maka kuat tekan adukan harus ditambah
12. Apakah $f'_c A < (1/15) \times f'_c A$ atau $f'_c A > (1/12) \times f'_c M$? Ya / Tidak
13. Kuat Tekan Adukan $f'_c M$ 43 Mpa
14. Bobot isi adukan, BIM 2153 kg/m³
15. Susunan Campuran Adukan :
 - Semen : 611 kg/m³
 - Air : 157,8 kg/m³
 - Pasir : 1535,6 kg/m³

Jumlah = Bobot isi total adukan 2304,4 kg/m³
16. Susunan Campuran Beton
 - Agregat Kasar = $PA \times nf \times 1000 = 203 \text{ kg/m}^3$
 - Semen = $(1 - nf) \times 611 = 397,15 \text{ kg/m}^3$
 - Air = $(1 - nf) \times 157,8 = 102,57 \text{ kg/m}^3$
 - Agregat Halus = $(1 - nf) \times 1535,6 = 998,14 \text{ kg/m}^3$

Jumlah = Bobot isi beton = 1700,86 kg/m³

17. Susunan campuran beton tiap 1 m³ adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Susunan campuran beton tiap 1 m³

	Semen (Kg)	Air (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)
Tiap 1 m ³	397,15	102,57	998,14	203,00

Sumber : Perhitungan Penulis, 2024

18. Susunan campuran beton tiap silinder 15 x 30 cm adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Susunan campuran beton tiap silinder 15 x 30 cm

No	Nama Benda Uji	Semen (kg)	Air (L)	Agregat Kasar (kg)	Agregat Halus - Pasir (kg)	Agregat Halus - Kardus (kg)	Superlasticizer (kg)
1	N	2,63	0,68	1,35	6,45	0,00	0,00
2	N + SP	2,61	0,61	1,35	6,62	0,00	0,03
3	N 2,5%	2,61	0,61	1,35	6,45	0,17	0,03
4	N 5%	2,61	0,61	1,35	6,29	0,33	0,03

Sumber : Perhitungan Penulis, 2024

Setelah merencanakan *mix design* dilanjutkan dengan pembuatan benda uji yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro dan perawatan beton dengan cara direndam di dalam air selama 21 dan 28 hari. Setelah pembuatan benda uji dilakukan penimbangan beton segar untuk mengetahui berat jenis beton segar. Berikut merupakan hasil perhitungan berat jenis beton segar :

Tabel 3. Berat Jenis Beton Segar

Persentase Penambahan ASK	Berat Beton Basah (Kg)	Berat Wadah (Kg)	Berat Air (kg)	Volume Wadah (m ³)	Berat Jenis Beton Basah (kg/m ³)
	1	2	3	4	(1) : (4)
Beton Normal	7,520	0,188	3,88	0,00388	1938,14
Normal + SP	7,480	0,188	3,88	0,00388	1927,84
2,5%	7,150	0,188	3,88	0,00388	1842,78
5%	6,580	0,188	3,88	0,00388	1695,88

Sumber : Perhitungan Penulis, 2024

Berdasarkan hasil yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa pada setiap penambahan variasi limbah kardus cenderung dapat mengurangi berat jenis beton segar. Setelah perhitungan berat jenis beton segar, dilanjutkan dengan pengujian kuat tekan beton dan didapatkan hasil uji sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari

Persentase Campuran	Umur	No. Benda Uji	Berat (Kg)	Kuat Tekan Fc' (Mpa)	Rata - Rata (Mpa)
Beton Normal	21 Hari	1	9,83	10,79	12,18
	21 Hari	2	9,88	11,16	
	21 Hari	3	9,90	13,31	
	21 Hari	4	9,19	11,65	
	21 Hari	5	9,02	13,27	
	21 Hari	6	9,10	12,89	
Normal + SP	21 Hari	1	9,58	9,87	11,41
	21 Hari	2	9,82	13,11	
	21 Hari	3	9,62	12,15	
	21 Hari	4	9,57	11,43	
	21 Hari	5	9,58	10,89	
	21 Hari	6	9,68	10,99	
2,5%	21 Hari	1	9,45	6,52	6,15
	21 Hari	2	9,12	5,65	
	21 Hari	3	9,24	6,82	
	21 Hari	4	9,45	5,55	
	21 Hari	5	9,28	4,79	
	21 Hari	6	9,75	7,54	
5%	21 Hari	1	9,60	6,47	7,18
	21 Hari	2	9,87	8,54	
	21 Hari	3	9,62	7,33	
	21 Hari	4	9,30	6,74	
	21 Hari	5	9,71	6,43	
	21 Hari	6	8,74	7,58	

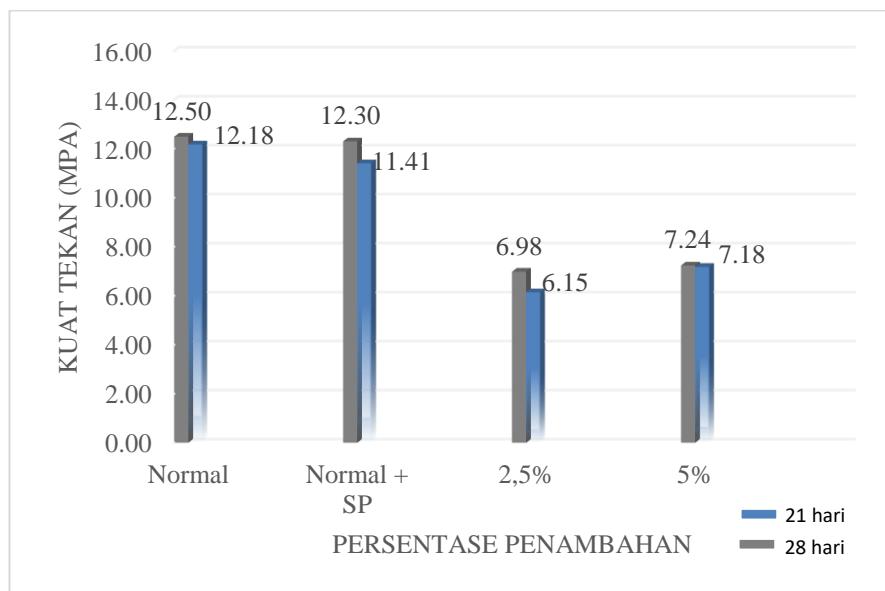
Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium, Penulis (2024)

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Persentase Campuran	Umur	No. Benda Uji	Berat (Kg)	Kuat Tekan Fc' (Mpa)	Rata - Rata (Mpa)
Beton Normal	28 Hari	1	9,16	10,76	12,50
	28 Hari	2	9,28	11,86	
	28 Hari	3	9,28	10,11	
	28 Hari	4	9,12	13,37	
	28 Hari	5	9,30	14,52	

Persentase Campuran	Umur	No. Benda Uji	Berat (Kg)	Kuat Tekan Fc' (Mpa)	Rata - Rata (Mpa)
Normal + SP	28 Hari	6	9,24	14,35	12,30
	28 Hari	1	9,24	10,26	
	28 Hari	2	9,08	11,54	
	28 Hari	3	9,18	12,08	
	28 Hari	4	9,07	12,71	
	28 Hari	5	9,26	13,27	
2,5 %	28 Hari	6	9,36	13,96	6,98
	28 Hari	1	9,40	7,40	
	28 Hari	2	9,13	5,29	
	28 Hari	3	9,66	7,82	
	28 Hari	4	8,96	6,28	
	28 Hari	5	9,08	8,05	
5%	28 Hari	6	9,38	7,07	7,24
	28 Hari	1	9,06	6,68	
	28 Hari	2	9,78	9,39	
	28 Hari	3	9,66	6,64	
	28 Hari	4	9,20	6,47	
	28 Hari	5	9,10	7,69	
	28 Hari	6	9,35	6,56	

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium, Penulis (2024)



Gambar 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Sumber : Dokumentasi Penulis, 2024.

Berdasarkan hasil yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa pada umur 21 hari variasi normal memiliki kuat tekan rata-rata 12,18 Mpa, variasi Normal + SP memiliki kuat tekan rata-rata 11,41 Mpa, variasi 2,5 % memiliki kuat tekan rata-rata 6,15 Mpa, variasi 5% memiliki kuat

tekan rata-rata 7,18 Mpa. Sedangkan pada umur 28 hari variasi normal memiliki kuat tekan rata-rata 12,50 Mpa, variasi Normal + SP memiliki kuat tekan rata-rata 12,30 Mpa, variasi 2,5 % memiliki kuat tekan rata-rata 6,98 Mpa, variasi 5% memiliki kuat tekan rata-rata 7,24 Mpa.

Pada setiap variasi mengalami peningkatan kuat tekan dalam selisih umur dari 21 ke 28 hari. Pada variasi normal terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 2,62%, untuk variasi normal + SP mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 7,8%, pada variasi campuran limbah kardus 2,5% terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 11,89%, dan pada variasi campuran limbah kardus 5% terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 0,83%.

Langkah selanjutnya yaitu perhitungan standart deviasi yang memperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Perhitungan Standart Deviasi Benda Uji Umur 21 Hari

NO	T hancur f'c	Rata-rata T hancur f'c	xi-x	(xi-x)^2	n	$\sum(xi-x)^2$	$(\sum(xi-x)^2)/n$	Standart Deviasi
1	10,787	12,18	-1,390	1,932448	6	6,229	1,038	1,018925
2	11,156		-1,021	1,042880				
3	13,310		1,134	1,285106				
4	11,653		-0,523	0,273911				
5	13,268		1,092	1,191449				
6	12,886		0,710	0,503454				
1	9,872	11,41	-1,536	2,360246	6	6,230	1,038	1,018983
2	13,105		1,697	2,879917				
3	12,152		0,744	0,552944				
4	11,433		0,024	0,000587				
5	10,893		-0,515	0,265275				
6	10,995		-0,414	0,170989				
1	6,522	6,15	0,376	0,141731	6	4,957	0,826	0,908899
2	5,650		-0,495	0,245303				
3	6,818		0,673	0,453234				
4	5,554		-0,591	0,348996				
5	4,791		-1,354	1,833789				
6	7,536		1,391	1,933533				
1	6,466	7,18	-0,715	0,510749	6	3,293	0,549	0,740836
2	8,537		1,356	1,839104				
3	7,330		0,149	0,022216				
4	6,742		-0,439	0,192515				
5	6,428		-0,753	0,567291				
6	7,582		0,401	0,161149				

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium, Penulis (2024)

Tabel 7. Hasil Perhitungan Standart Deviasi Benda Uji Umur 28 Hari

NO	T hancur f'c	Rata-rata T hancur f'c	xi-x	(xi-x)^2	n	$\sum(xi-x)^2$	$(\sum(xi-x)^2)/n$	Standart Deviasi
1	10,760	12,50	-1,736	3,012244	6	17,380	2,897	1,701954
2	11,862		-0,633	0,401172				
3	10,113		-2,382	5,673837				
4	13,369		0,874	0,764030				
5	14,516		2,021	4,083788				
6	14,351		1,856	3,444804				
1	10,260	12,30	-2,043	4,174939	6	8,665	1,444	1,201722
2	11,536		-0,767	0,588453				
3	12,083		-0,220	0,048478				
4	12,708		0,405	0,164076				
5	13,268		0,965	0,930633				
6	13,964		1,661	2,758234				
1	7,396	6,98	0,412	0,169576	6	5,363	0,894	0,945457
2	5,292		-1,692	2,863942				
3	7,822		0,838	0,702164				
4	6,283		-0,701	0,491455				
5	8,047		1,063	1,129679				
6	7,065		0,081	0,006520				
1	6,679	7,24	-0,558	0,311360	6	6,557	1,093	1,045397
2	9,390		2,153	4,634541				
3	6,637		-0,600	0,360135				
4	6,466		-0,771	0,594820				
5	7,687		0,450	0,202599				
6	6,563		-0,674	0,453676				

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium, Penulis (2024)

Sesuai dengan pengertian standart deviasi diatas, maka hasil perhitungan standart deviasi menunjukkan bahwa rata-rata hasil standar deviasi keempat variasi tersebut memiliki kesamaan nilai pada tiap benda ujinya dengan rata-rata nilai standart deviasi yang kecil, sehingga dapat dikatakan tidak terjadi penyimpangan antara benda uji satu dengan yang lain pada setiap variasinya.

PEMBAHASAN

Pada tabel hasil kuat tekan beton, untuk rata-rata kuat tekan beton untuk beton campuran 5% yaitu 7,18 Mpa pada umur 21 hari dan 7,24 Mpa pada umur 28 hari. Dari data tersebut menunjukkan bahwa variasi campuran 5% memiliki rata-rata kuat tekan lebih tinggi jika dibandingkan dengan variasi campuran 2,5%. Ditinjau dari nilai rata-rata kuat tekan beton normal, terjadi penurunan pada variasi 2,5% sebesar 49,5% pada umur 21 hari dan 44,16 % pada umur 28 hari. Sedangkan pada variasi 5% terjadi penurunan sebesar 41,05% pada umur 21 hari dan 42,08% pada umur 28 hari.

Dilihat dari peneliti sebelumnya, pada umur 28 hari dengan variasi 0% didapatkan kuat tekan sebesar 17,342 Mpa dan variasi campuran kardus 10% memperoleh hasil kuat tekan 20,324

Mpa. Terjadi peningkatan dari campuran 0% dengan variasi campuran 10%. Sedangkan dari penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti memperoleh hasil yang menurun pada variasi normal dan variasi campuran 2,5% dan 5% yaitu dari normal sebesar 12,50 Mpa dan menurun menjadi 6,98 Mpa di variasi 2,5% dan 7,24 Mpa di variasi 5% pada umur 28 hari.

Berdasarkan hasil kuat tekan beton yang telah dilakukan, diperoleh hasil yang bervariasi disetiap benda ujinya. Hal ini disebabkan karena kurang cermatnya peneliti pada proses pembuatan mix design beton dan proses pembuatan campuran beton yang menyebabkan material tidak tercampur merata, serta kurang memperhatikan setting time saat pembuatan campuran beton sehingga menyebabkan nilai kuat tekan beton tidak sesuai yang direncanakan.

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa hasil uji kuat tekan benda uji variasi substitusi limbah kardus 2,5 % dan 5% terhadap agregat halus pada beton ringan mempengaruhi kuat tekan yaitu dengan hasil uji pada umur 21 hari 6,15 Mpa untuk variasi 2,5% dan 7,18 Mpa untuk variasi 5%. Sedangkan pada umur 28 hari sebesar 6,98 Mpa untuk variasi 2,5% dan 7,24 Mpa untuk variasi 5%.

Dari data tersebut diketahui nilai optimum kuat tekan beton pada umur 21 dan 28 hari berada pada variasi beton variasi 5% yaitu sebesar 7,18 Mpa dan 7,24 Mpa.

SARAN

1. Saat melakukan proses pembuatan beton harus diperhatikan setting time agar tidak terjadi kegagalan adukan beton
2. Pembuatan benda uji sebaiknya dibuat dalam waktu yang bersamaan setiap variasinya.
3. Penelitian menggunakan penambahan campuran limbah kardus dengan interval $\leq 10\%$ tanpa campuran zat additive Superplasticizer.

DAFTAR PUSTAKA

- Basid, A., Wahyudi, D., & Jafar, M.J . (2020). Analisis Beton Ringan Dengan Penambahan Batu Apung Dan Zat Additive Untuk Pengujian Kuat Tekan Beton.
- Firda, A., Permatasari, R., & Fuad, I.S . (2021). Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Sebagai Material Pengganti Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Ringan (Vol. 6).
- Adila, A. (2023). Pengaruh Batu Apung Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dan Bahan Tambah Silica Fume Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton (The Effect Of Pumice Stone As A Replacement Of Coard Aggregate And Silica Fume Additional Materials On The Concrete Compressio.
- Pujianto, A., Prayuda, H., Zega, B.C., & Afriandini, B. (2019). Kuat Tekan Beton dan Nilai Penyerapan dengan Variasi Perawatan Perendaman Air Laut dan Air Sungai. *Semesta Teknika*, 22(2), 112–122. <https://doi.org/10.18196/st.222243>
- Pujianto, A., Faizah, R., Widiyanto, A., Putra, T. A., Prayuda, H., & Firdausa, F. (2021). Pemanfaatan Limbah Bata Ringan Sebagai Bahan Penyusun Pengganti Pada Beton. *Bangunan*, 26(2), 1. <https://doi.org/10.17977/um071v26i22021p1-8>
- Febryandi, Devi, B.S., Julio, R. R., & Cristine, A. (2022). Analisis Pengaruh Penambahan Kaolin Sebagai Pengganti Sebagian Semen.

- HADI, H. S. (2018). Diterima Disetujui Dipublish Hal Analisis Penambahan Limbah Kertas Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan, 12(1). Retrieved from <http://journal.unmasmataram.ac.id/index.php/>
- Hartini. (2018). Pengaruh Penambahan Limbah Kertas Kardus Dalam Campuran Beton Kertas (Paper Crete) Ditinjau Dari Uji Kuat Tekan Bata Beton.
- Purwanto, H., & Wardani, U.C . (2020). Pengaruh Penambahan Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K225, 5(2).
- Herwani, Imran, I., Budiono, B., Pane, I., Zulkifli, E., & Elvira. (2018). Efektivitas Superplasticizer Tekan Beton Geopolimer, 10(2), 12–18.
- Miswar, K. (2020). Pemanfaatan Batu Apung Sebagai Material Beton Ringan. PORTAL Jurnal Teknik Sipil, 12(01), 25–32.
- Fauzi, M., Puspita, N., & Julio, R. R. (2022). Pengaruh Penambahan Kaolin Sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen Pada Beton Ringan.
- Adriasnyah, M. R., & Yusril, M. (2024). Analisis Perbandingan Kuat Tekan Beton Antara Campuran Agregat Kasar Batu Pecah (Split) dan Agregat Kasar Batu Alam Sungai Noling. Jurnal Ilmiah Ecosystem, 24(1), 47–54. <https://doi.org/10.35965/eco.v24i1.4188>
- Firdaus, M. R., Nisumanti, S., & Qubro, K. A. (2022). Pengaruh Pengerasan Beton Menggunakan Superplasticizer Terhadap Kuat beton Busa.
- Putri, N. I. K., Zainuddin, & Ikhwan, M. Z. (2023). Seminar Nasional Teknik Sipil Studi Pengaruh Substitusi Limbah Thermosetting Polymers Terhadap Mutu Beton Ringan.
- Tandipayuk, R.P., Adiwijaya, & Manganta, M. (2017). Kuat Tekan Beton Menggunakan Limbah Kertas Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus.
- Manuahe, R., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2014). Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash). Jurnal Sipil Statik, 2(6), 277–282.
- Damayanti, R. (2022). DINAMIKA TEKNIK SIPIL MAJALAH ILMIAH TEKNIK SIPIL. Retrieved from <https://journals.ums.ac.id/index.php/DTS/index>
- Megasari, S. W., & Winayati. (2017). Analisis Pengaruh Penambahan Sikament-Nn Terhadap Karakteristik Beton. SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil, 3(2), 117–128. <https://doi.org/10.31849/siklus.v3i2.398>