

## ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN KERTAS HVS SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN BETON

Ayu Sinta Aprilia<sup>1,\*</sup>, Rawid Panji Asmara<sup>2</sup>, Kirtinanda P<sup>3</sup>, Ahmad Yudi<sup>4</sup>, Arif Rahman Hakim Sitepu<sup>5</sup>, Putri Ayu Dwiyana<sup>6</sup>, Ayu Kamila Khanza<sup>7</sup>, Miskar Maini<sup>8</sup>, Bernaditha Catur Marina<sup>9</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9</sup> Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayah, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan

\*E-mail : ayu.aprilia@si.itera.ac.id

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengatasi masalah lingkungan akibat limbah kertas sekaligus mencari alternatif material ramah lingkungan dalam konstruksi dengan mengkaji pemanfaatan limbah kertas sebagai substitusi agregat halus pada beton. Substitusi limbah kertas dilakukan dengan variasi 2%, 5%, dan 7,5%, dan hasil menunjukkan bahwa kuat tekan beton menurun seiring peningkatan substitusi kertas, dengan nilai berturut-turut 20,18 MPa, 19,05 MPa, 18,30 MPa, dan 17 MPa. Penurunan ini terjadi karena kertas menyerap air yang dibutuhkan dalam hidrasi semen. Meskipun demikian, beton dengan substitusi kertas HVS pada variasi yang digunakan masih dapat diaplikasikan untuk beton non-struktural dan struktural ringan. Penggunaan limbah kertas dalam variasi tersebut mampu mengurangi limbah kertas masing-masing sebesar 3,380 kg/m<sup>3</sup>, 8,449 kg/m<sup>3</sup>, dan 12,673 kg/m<sup>3</sup>, serta menawarkan alternatif material yang lebih ramah lingkungan.

**Kata kunci:** Beton, Limbah Kertas HVS, Agregat Halus, Ramah Lingkungan

### 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan tempat tinggal terus meningkat seiring bertambahnya populasi manusia setiap tahun. Hal ini memicu tingginya permintaan bahan bangunan, dengan beton sebagai salah satu material utama yang banyak digunakan dalam mendirikan struktur bangunan. Beton, yang terdiri dari campuran semen, agregat, dan air, dikenal karena kekuatannya yang tinggi dan ketahanannya yang lama, sehingga menjadi pilihan utama dalam konstruksi bangunan. Namun, peningkatan kebutuhan beton juga menyebabkan permintaan bahan baku meningkat, sehingga diperlukan solusi yang berkelanjutan dalam industri konstruksi. Di sisi lain, limbah kertas menjadi salah satu masalah lingkungan yang signifikan.

Seiring dengan perkembangan penelitian di bidang ini, beton kertas atau papercrete menawarkan peluang yang signifikan dalam mendukung konstruksi berkelanjutan. Selain mengurangi penggunaan material alam seperti pasir dan kerikil, inovasi ini juga dapat

memberikan solusi terhadap permasalahan penumpukan limbah kertas yang semakin meningkat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji penggunaan kertas sebagai alternatif material pengganti agregat halus dalam beton, dengan fokus pada variasi proporsi kertas HVS sebesar 2%, 5%, dan 7,5%. Uji kuat tekan beton yang dihasilkan dari variasi campuran tersebut akan dianalisis untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan kertas terhadap kekuatan beton, serta untuk mengevaluasi potensi papercrete sebagai material konstruksi yang berkelanjutan di masa depan.

Dalam kegiatan konstruksi, bahan yang paling sering digunakan pada struktur bangunan adalah beton di bandingkan dengan penggunaan baja, karena beton memiliki harga yang lebih murah dan tidak memerlukan perawatan jangka panjang. Beton merupakan campuran dari bahan-bahan berupa semen, pasir, batu pecah, dan air. Namun ada juga yang dicampur dengan bahan tambah lainnya. Beton dapat digunakan

sebagai konstruksi bangunan, jalan, jembatan, dan paving blok (1)

Menurut (6) terdapat beberapa jenis beton berdasarkan berat per volume, material penyusun, maupun kekuatan nya, adapun sebagai berikut :

#### 1. Beton Normal

Material penyusun beton normal terdiri atas batu sebagai agregat kasar, pasir sebagai agregat halus, semen sebagai pengikat dan air sebagai bahan pencampur. Pada umum nya beton normal memiliki berat jenis  $2200 \text{ kg/m}^3$  hingga  $2400 \text{ kg/m}^3$  dan mampu menghasilkan kuat tekan sekitar  $15 \text{ MPa}$  hingga  $40 \text{ MPa}$ .

#### 2. Beton Ringan

Beton ringan merupakan jenis beton yang memiliki nilai kekuatan dan berat jenis yang lebih rendah jika dibandingkan dengan beton normal. Berat jenis beton ringan biasanya berkisar antara  $1440 \text{ kg/m}^3$  hingga  $1850 \text{ kg/m}^3$  tergantung kebutuhan, dengan kuat tekan minimal  $17,2 \text{ MPa}$  pada umur 28 hari.

#### 3. Beton Pracetak

Beton pracetak atau beton *precast* adalah beton yang dibuat terlebih dahulu atau dibuat diluar tempat konstruksi dengan memesan terlebih dahulu sesuai dengan kebutuhan dan mutu yang di inginkan.

#### 4. Beton Berat

Beton berat merupakan beton dengan agregat yang memiliki *density* yang lebih tinggi jika di bandingkan dengan beton normal dan mampu menghasilkan berat jenis yang lebih tinggi dari beton normal yaitu lebih dari  $2400 \text{ kg/m}^3$ .

#### 5. Beton Bertulang

Beton bertulang adalah perpaduan antara campuran beton dengan tulangan baja. Menambahkan tulangan baja pada beton akan meningkatkan kekuatan tarik sehingga mampu menahan reaksi yang terjadi.

#### 6. Beton Prategang

Beton prategang pada dasarnya sangat mirip dengan beton bertulang, perbedaanya adalah baja yang akan dimasukan kedalam beton harus di tegangkan terlebih dahulu.

#### 7. Beton Serat

Beton serat adalah jenis beton yang memasukan serat-serat tertentu kedalam campuran beton. Penambahan serat disini berfungsi agar memperkuat struktur beton terhadap keretakan yang terjadi pada beton.

#### 8. Beton Hampa

Beton jenis ini kandungan air yang ada didalam campuran beton akan diserap dengan mesin vakum khusus sehingga menghasilkan struktur beton yang sangat. Beton jenis ini sering kali digunakan pada bangunan tinggi seperti pencakar langit, dan bangunan tinggi lainnya.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan benda uji berbentuk silinder berukuran  $150 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ , yang diuji untuk mengukur kuat tekan di laboratorium. Bahan campuran beton yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen, air, dan limbah kertas HVS sebagai substitusi sebagian agregat halus. Proses pembuatan material kertas sebagai substitusi agregat halus dilakukan melalui beberapa tahapan. Pertama, limbah kertas HVS dipotong menjadi ukuran kecil untuk mempermudah proses penghancuran. Potongan kertas tersebut kemudian direndam dalam air selama 24 jam. Setelah perendaman, kertas yang telah menjadi bubur dihancurkan menggunakan blender hingga berbentuk bulir-bulir kertas. Selanjutnya, bulir kertas dijemur selama 2 hingga 3 hari hingga benar-benar kering.

## Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton atau biasa disebut dengan mix design merupakan proses merencanakan jumlah masing-masing material yang diperlukan dalam campuran beton. Metode yang digunakan dalam perencanaan campuran beton ini adalah metode volume absolut dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Volume Semen} = \frac{\text{Berat Semen}}{\text{Berat Jenis Semen}}$$

$$\text{Volume Air} = \frac{\text{Berat Semen}}{\text{Berat Jenis Semen}}$$

$$\text{Volume Agregat Kasar} = \frac{\text{Berat Agregat Kasar}}{\text{Berat Jenis Agregat Kasar}}$$

$$\text{Volume Udara} = \frac{\text{Kadar Udara}}{100}$$

$$\text{Total Volume} = \text{Volume Semen} + \text{Volume Air} + \text{Volume Agregat Kasar} + \text{Volume Udara}$$

$$\text{Volume Agregat Halus} = 1 - \text{Total Volume}$$

## Pengujian Sampel Beton

Pengujian pada sampel beton dilakukan pada benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm, yang mencakup pengujian nilai slump, berat volume, dan kuat tekan beton. Pengujian slump dilakukan setelah proses pencampuran dan sebelum beton dituangkan ke dalam cetakan. Sedangkan, pengujian berat volume dan kuat tekan dilakukan setelah beton mencapai umur 28 hari. Berat volume dihitung menggunakan Persamaan (7), sedangkan kuat tekan dihitung menggunakan Persamaan (8) berikut.

$$\text{Berat Volume Beton} = \frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Volume Benda Uji}}$$

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

- $f'_c$  = Kuat Tekan (MPa)
- P = Tekanan yang dihasilkan (N)
- A = Luas penampang beton (mm<sup>2</sup>)

### 3. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut data dari (3), kertas merupakan salah satu penyumbang terbesar sampah di Indonesia, dengan jumlah mencapai lebih dari 76 juta kilogram, di mana hanya sekitar 3% yang berhasil dikelola ulang. Limbah kertas ini memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali, salah satunya sebagai bahan alternatif dalam pembuatan beton. Beton kertas, atau *papercrete*, merupakan inovasi yang menggabungkan kertas daur ulang dengan pasir dan semen portland. Penggunaan kertas daur ulang diharapkan dapat mengurangi limbah sekaligus menjadi solusi material ramah lingkungan untuk konstruksi bangunan.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi potensi penggunaan kertas dalam campuran beton. Penelitian (4) menunjukkan bahwa penambahan kertas dalam campuran beton dapat menurunkan nilai slump dan kuat tekan, meskipun penelitian lanjutan diperlukan untuk meningkatkan hasil yang lebih optimal.

Studi lain oleh (5) menyimpulkan bahwa substitusi agregat halus dengan 4% kertas pada beton menghasilkan kuat tekan yang memenuhi standar beton ringan, sehingga berpotensi sebagai bahan bangunan ramah lingkungan.

Penelitian (6) juga menemukan bahwa meskipun penambahan bubur kertas dapat menurunkan kuat tekan beton, proporsi kertas 40-50% masih dapat menghasilkan beton ringan yang sesuai untuk bangunan sederhana.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian material diperlukan sebelum melakukan pencampuran beton untuk mengecek kondisi agregat dalam kondisi layak untuk dijadikan bahan campuran sesuai dengan standar SNI 1968:2008 untuk Pemeriksaan Berat Volume, SNI ASTM C136:2012 untuk Analisis Saringan, ASTM C117 untuk Pengujian Kadar Lumpur, ASTM C556 untuk Pengujian Kadar Air Agregat, SNI 2816:2014 untuk Pengujian Zat Organik, SNI 03-1970-2008 untuk Berat Jenis dan Absorbsi Agregat, dan SNI 2513-2015 untuk Pemeriksaan Berat Jenis Semen. Pengujian material dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Material

No	Jenis Pengujian	Hasil	Syarat	Satuan
<b>1 Pengujian Agregat Halus</b>				
a.	Berat Volume	1457	1400 - 1900	Kg/m <sup>3</sup>
b.	Modulus Kehalusan Analisis Saringan	2.71	1.5 - 3.8	-
c.	Kadar Air	2.25	< 5	%
d.	Penyerapan dari Berat Jenis	1.62	0.2 - 2	%
e.	Kadar Lumpur	4.25	< 5	%
f.	Kadar Organik	No. 2	< No. 3	-
<b>2 Pengujian Material Agregat Kasar</b>				
a.	Berat Volume	1332	>1200	Kg/m <sup>3</sup>
b.	Modulus Kehalusan Analisis Saringan	6.55	6 - 7.1	-
c.	Kadar Air	1.15	0.5 - 2.0	%
d.	Penyerapan dari Berat Jenis	2.95	maks 5	%
e.	Keausan	23.44	< 40	%
<b>3 Pengujian Semen</b>				
a.	Berat Jenis	3.2	3 - 3.2	-
b.	Waktu Ikat Semen	105	60 - 480	Menit

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa agregat halus, agregat kasar, dan semen memenuhi persyaratan SNI 1968:2008 untuk Pemeriksaan Berat Volume, SNI ASTM C136:2012 untuk Analisis Saringan, ASTM C117 untuk Pengujian Kadar Lumpur, ASTM

C556 untuk Pengujian Kadar Air Agregat, SNI 2816:2014 untuk Pengujian Zat Organik, SNI 03-1970-2008 untuk Berat Jenis dan Absorbsi Agregat, dan SNI 2513-2015 untuk Pemeriksaan Berat Jenis Semen, sehingga layak digunakan.

### Hasil Pengujian Sampel Beton

Berdasarkan pengujian material yang telah dilakukan, diperoleh data perencanaan campuran beton untuk  $1\text{m}^3$  yang mengacu pada (7), dengan hasil yang disajikan pada Tabel 2. Data tersebut mencakup beberapa variasi proporsi kertas HVS sebagai substitusi agregat halus.

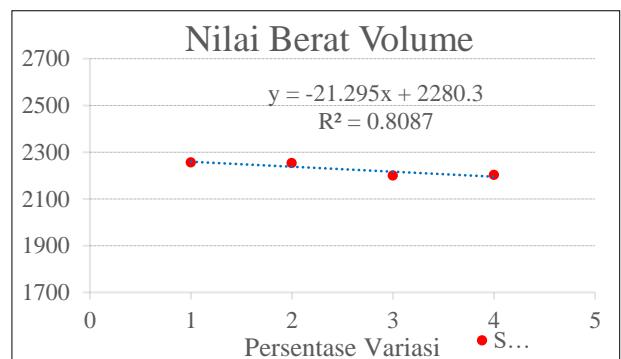
**Tabel 2.** Perencanaan Campuran Beton dalam  $1\text{m}^3$

Material	Komposisi Material per $1\text{m}^3$			
	0%	2%	5%	7,5%
Semen	315.0 7	315.0 74	315.0 74	315.0 74
Air	214.6 7	214.6 69	214.6 69	214.6 69
Agregat Kasar	880.7 1	880.7 07	880.7 07	880.7 07
Agregat Halus	966,1 3	962,7 54	957,6 85	953,4 61
Kertas HVS	-	3,380	8.449	12.67 3

Beton dari setiap variasi pada Tabel 2 dibuat dalam 3 sampel. Setiap sampel tersebut diuji untuk nilai slump, berat volume beton, dan kuat tekan beton. Pengujian slump dilakukan sebagai acuan untuk mengetahui perubahan kadar air pada beton. Jika material dan gradasi agregat seragam, namun jumlah air tetap konstan, perbedaan nilai slump dapat menunjukkan adanya variasi dalam gradasi atau kesalahan proporsi berat campuran (8). Hasil pengujian nilai slump ditampilkan pada Tabel 3 berikut.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Berat Volume Variasi

	Massa Benda Uji (kg)	Berat Volume (Kg/m <sup>3</sup> )	Rata-Rata (Kg/m <sup>3</sup> )
	11.993	2263.36	
0%	11.883	2242.60	2255.25
	11.974	2259.78	
	11.98	2260.91	
2%	11.924	2250.34	2251.79
	11.891	2244.11	
	11.741	2215.81	
5%	11.598	2188.82	2199.64
	11.627	2194.29	
	11.658	2200.14	
7,5%	11.600	2189.20	2201.65
	11.74	2215.62	



**Gambar 1.** Grafik Hubungan Nilai Berat Volume

Nilai berat volume beton dipengaruhi oleh nilai berat jenis pada setiap material, apabila nilai berat jenis material nya rendah maka akan semakin kecil juga nilai berat volume beton nya. Seperti hal nya yang terjadi pada penelitian (4) nilai berat volume beton berkurang seiring dengan panambahan substitusi kertas hvs. Seperti yang diketahui bahwa bulir kertas memiliki berat per volume yang rendah yaitu  $169 \text{ Kg/m}^3$ , sehingga penggunaan kertas hvs sebagai substitusi agregat halus dapat membuat beton menjadi lebih ringan.

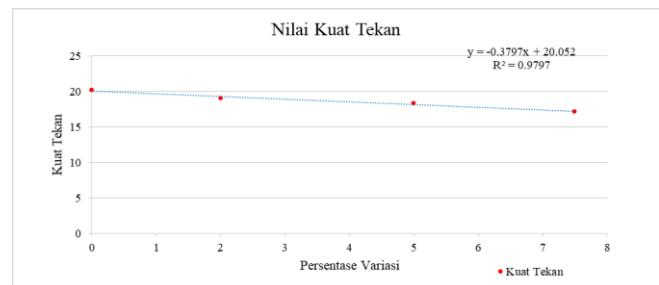
Untuk pengujian kuat tekan pada dilakukan juga pada umur beton 28 hari. Pengujian dilakukan dengan alat *Compression Testing Machine* dengan cara diberikan beban hingga beton silinder tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan. Adapun hasil pengujian nilai kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut, serta Hubungan antara nilai kuat tekan beton dari masing-masing variasi dapat dilihat pada grafik di Gambar 2.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata (MPa)
0%	370	20.94	
	345	19.52	20.18
	355	20.09	
2%	340	19.24	
	340	19.24	19.05
	330	18.67	
5%	335	18.96	
	315	17.83	18.30
	320	18.11	
7,5%	315	17.83	
	290	16.41	17.17
	305	17.26	

Hasil pengujian kuat tekan beton pada Tabel 4 serta hubungan antara nilai kuat tekan beton dari masing-masing variasi campuran yang ditampilkan pada Gambar 2 menunjukkan bahwa kuat tekan beton menurun seiring dengan peningkatan kadar kertas HVS sebagai substitusi agregat halus, sebagaimana juga dilaporkan dalam penelitian (9) dimana kuat tekan beton menurun semakin tinggi kadar kertas HVS yang digunakan sebagai substitusi agregat halus. Dalam campuran beton, agregat halus berperan sebagai pengisi celah yang dihasilkan agregat kasar agar tidak terjadi rongga di dalam beton sehingga dapat memperkuat nilai struktural beton.

Kertas HVS tidak sepadat agregat halus sehingga menjadi faktor penting dalam mempengaruhi nilai kuat tekan beton. Sifat kertas yang menyerap air juga dapat menjadi pengaruh penting dalam menurunnya nilai kuat tekan. Dalam campuran beton, agregat halus berfungsi sebagai pengisi celah yang dihasilkan oleh agregat kasar untuk mencegah terbentuknya rongga, sehingga memperkuat struktur beton. Kertas HVS, yang tidak memiliki kerapatan seperti agregat halus, menjadi faktor utama yang mempengaruhi penurunan kuat tekan beton. Selain itu, sifat kertas yang menyerap air juga turut berkontribusi pada penurunan nilai kuat tekan.

**Gambar 2.** Grafik Hubungan Nilai Kuat Tekan

Berdasarkan (10) kuat tekan beton yang dihasilkan dari penelitian ini masuk kedalam kategori struktural pada variasi 2% dan 5% dengan kuat tekan minimum 17,24 MPa, dan pada variasi 7,5% masuk kedalam kategori struktural ringan dengan kuat tekan 6,89 MPa hingga 17,24 MPa. Sedangkan menurut Pedoman Pelaksanaan Pekerjaan Beton oleh [11] menjelaskan bahwa mutu beton dengan nilai kuat tekan antara 15 MPa hingga <20 MPa termasuk kedalam kategori beton mutu rendah dan dapat diaplikasikan untuk beton non struktural seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong. Penggunaan kertas HVS sebagai substitusi dapat mengurangi nilai kuat tekan beton, dengan nilai kuat tekan yang dihasilkan dapat digunakan pada struktur beton ringan, namun dengan variasi tersebut dapat mengurangi limbah kertas pada variasi 2% sebanyak 3,380 Kg/m<sup>3</sup> campuran beton, variasi 5% sebanyak 8,449 Kg/m<sup>3</sup> campuran beton, dan variasi 7,5% sebanyak 12,673 Kg/m<sup>3</sup> campuran beton.

### Analisis Statistik

Pada penelitian ini dilakukan analisis statistik menggunakan *Analysis of Variance* dan *Tukey Method*. Pengujian ANOVA merupakan sebuah metode analisis statistik data yang menguji perbedaan data pada masing-masing kelompok untuk mencari apakah ada perbedaan yang signifikan antar data. Anova bertujuan untuk menguji hipotesis memiliki pengaruh terhadap hasilnya. Uji ANOVA dilakukan untuk mendapatkan nilai F tabel didapatkan dari tabel distribusi F dengan nilai  $\alpha$  sebesar 0,05, mendapatkan nilai F tabel sebesar 4,07. Hasil ANOVA tersaji pada Tabel 5 berikut:

**Tabel 5. Analysis of Variance**

Sumber Variansi	JK	d f	F-Hitung	F-Tabel
Antar Kelompok Dalam Kelompok	14.5 2 2.94	3 8 1		
Total	17.4	5	13.19	4.07

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 6, didapatkan bahwa nilai F-Hitung > F-Tabel, sehingga  $H_0$  ditolak. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh signifikan antara nilai kuat tekan beton dengan penggunaan kertas HVS sebagai substitusi agregat halus. Berdasarkan hasil tersebut, diperlukan uji lanjut menggunakan *Tukey Method*, yaitu metode uji lanjut yang digunakan ketika hasil ANOVA menunjukkan penolakan terhadap  $H_0$ . Hasil uji *Tukey Method* dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

**Tabel 6. Tukey Method**

Sampel Tukey	Selisih Data	Ti	Kesimpulan
(1,2)	1.13	1. 41	berbeda, tidak signifikan
(1,3)	1.89	1. 41	berbeda, signifikan
(1,4)	3.02	1. 41	berbeda, signifikan
(2,3)	0.75	1. 41	berbeda, tidak signifikan
(2,4)	1.89	1. 41	berbeda, signifikan
(3,4)	1.13	1. 41	berbeda, tidak signifikan

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan pada grup 1 memiliki perbedaan yang tidak signifikan pada grup 2, namun memiliki perbedaan yang signifikan pada grup 3 dan 4. Grup 2 mirip dengan grup 3, namun memiliki perbedaan signifikan pada grup 4. Sedangkan untuk grup 3 dan 4 memiliki hasil yang serupa tanpa perbedaan yang signifikan. Dapat disimpulkan bahwa grup 2 lebih optimal dari pada grup 3 dan 4 karena terdapat perbedaan yang tidak signifikan terhadap grup 1.

## 5. KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian mengenai penggunaan kertas HVS sebagai substitusi

agregat halus adalah sebagai berikut :

- Pada umur beton 28 hari, diperoleh nilai kuat tekan rata-rata sebagai berikut: variasi 0% menghasilkan 20,2 MPa, variasi 2% menghasilkan 19,1 MPa, variasi 5% menghasilkan 18,3 MPa, dan variasi 7,5% menghasilkan 17,2 MPa. Terdapat penurunan kuat tekan seiring dengan peningkatan penggunaan kertas HVS sebagai substitusi agregat halus. Penurunan ini disebabkan oleh sifat kertas yang menyerap air, sehingga mengurangi kadar air dalam campuran beton
- Berdasarkan hasil uji Analysis of Variance (ANOVA), terdapat pengaruh yang signifikan terhadap nilai kuat tekan akibat penggunaan kertas HVS sebagai substitusi agregat halus. Uji lanjutan dengan metode Tukey menunjukkan bahwa variasi penggunaan kertas HVS dibandingkan dengan beton normal memberikan pengaruh terhadap kuat tekan beton.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

Adapun daftar pustaka pada jurnal ini sebagai berikut :

- Kesuma AS. Pengaruh Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi sebagai Substitusi Parsial Semen terhadap Kuat Tekan Beton. Lampung Selatan; 2023.
- Mulyono T. Teknologi Beton Edisi II. Yogyakarta: Andi; 2006.
- Direktorat Jendral Pengelolaan Sampah Limbah dan B3. <https://pslb3.menlhk.go.id/dashboard/bankSampah/komposisi>. 2022. Data Komposisi Sampah - Sistem Informasi Ditjen PSLB3 KLHK.
- Tandipayuk RP, Adiwijaya, Martha Manganta. KUAT TEKAN BETON MENGGUNAKAN LIMBAH KERTAS SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL AGREGAT HALUS. Makassar; 2017.

5. Bima Vladimir M, Umara Dewi S, Susanti R, Widodo P. Jurnal Sipil dan Arsitektur Pemanfaatan sampah plastik PET dan kertas sebagai substitusi agregat pada beton ringan pada kolom praktis bangunan. 2023 Jun;1(1):8–20315. Available from: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pilars>
6. Bermansyah S, Huzaim, Sanneti Hevianis. ANALISIS PROPORSI BUBUR KERTAS DAN PASIR TERHADAP KUAT TEKAN BETON KERTAS. 2011.
7. Badan Standarisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia. SNI 7656 [Internet]. 2012; Available from: [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
8. Fadli M Gobel. Nilai Kuat Tekan Beton pada Slump Beton Tertentu. Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa, dan Teknologi. 2019;
9. Pebriyanto S, Alzahri S. Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu dan Bubur Kertas Koran terhadap Kuat Tekan Beton Mutu K-225. Jurnal Teknik Sipil [Internet]. 2021;7(Hal):79–87. Available from: <https://doi.org/10.26760/rekaracana>
10. Badan Standarisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia Indonesia. SNI 03-3449-2002 [Internet]. 2002 [cited 2024 Sep 29]; Available from: [bsn.go.id](http://bsn.go.id)
11. Departemen Pekerjaan Umum. Pelaksanaan pekerjaan beton untuk jalan dan jembatan. 2005.