Jurnal Konstruksi
E-ISSN: 2302-7312 | P-ISSN: 1412-3630
INSTITUT TEKNOLOGI GARUT

https://jurnal.itg.ac.id/index.php/konstruksi
DOI: 10.33364/konstruksi/v.23-1.1875

Analisis Penambahan Limbah Kardus Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Belah Pada Beton Normal

Belva Prana Firzatulloh[1], Ganjar Jojon Johari[2*], Adhitya Surya Pratama[3]
[1,2,3]Institut Teknologi Garut, Indonesia

***email:** ganjar.johari@itg.ac.id

Info Artikel
Dikirim: 26 Augustus 2024
Diterima: 8 Februari 2025
Diterbitkan: 31 Mei 2025

Kata kunci:
Beton;
Bubur Kardus;
Kuat Tarik Belah;
Kuat Tekan;
Limbah Kardus;

ABSTRAK

Beton merupakan bahan yang banyak digunakan dan menjadi unsur utama pada bangunan. Seiring dengan peningkatan pembangunan infrastruktur, penggunaan dari kardus pun meningkat pada sektor industri atau masyarakat. Namun dengan adanya peningkatan penggunaan dari kardus maka limbah kardus meningkat. Dalam penelitian ini meninjau penggunaan bubur kardus sebagai bahan tambah. Bubur kardus memiliki senyawa oksida seperti silika. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui perbandingan nilai kuat tekan dan tarik belah beton selama 28 hari dengan menambahkan limbah kardus dengan variasi campuran 0%, 5%, 10%, dan 15% terhadap berat agregat halus. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimental di laboratorium. Perencanaan campuran beton dalam penelitian ini mengacu pada SNI 7656, 2012, Pengujian kuat tekan dan tarik belah beton menggunakan alat CTM (*Compression Testing Machine*). Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton setelah umur 28 hari didapatkan nilai rata-rata kuat tekan yang paling tinggi beton dengan campuran bubur kardus variasi 5% senilai 15,76 MPa dan yang paling rendah yaitu beton dengan campuran bubur kardus variasi 15% senilai 6,12 MPa. dan nilai rata-rata kuat tarik belah paling tinggi yaitu beton dengan campuran bubur kardus variasi 10% senilai 1,22 MPa dan yang paling rendah yaitu beton dengan campuran bubur kardus variasi 15% senilai 0,85 MPa.

1 PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara di Asia yang sangat pesat dalam pembangunan infrastruktur. Infrastruktur merupakan sarana penunjang dalam peningkatan kemajuan ekonomi [1]. Infrastruktur yang dibangun untuk memenuhi kemajuan tersebut antara lain adalah gedung-gedung, pabrik, jalan, jembatan, bendung, irigasi, pelabuhan, dan bandar udara [2]. Semua infrastruktur tersebut membutuhkan material pembentuk utama, salah satunya adalah beton [3]. Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dan beberapa material yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing–masing pembentuk [4].

Pengaruh limbah kardus dalam campuran beton ditinjau dari uji kuat tekan dan tarik belah beton hal ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan dan tarik belah [5]. Dalam penelitian ini meninjau penggunaan bubur kardus sebagai bahan tambah terhadap agregat halus. Bubur kardus memiliki beberapa senyawa oksida seperti Silikon Dioksida (SiO_2), Alumuniun Oksida (Al_2O_3), Magnesium Oksida (MgO), Kalium Oksida (CaO), Ferri Oksida (Fe_2O_3), dimana oksida-oksida tersebut merupakan bahan dasar untuk membuat produk

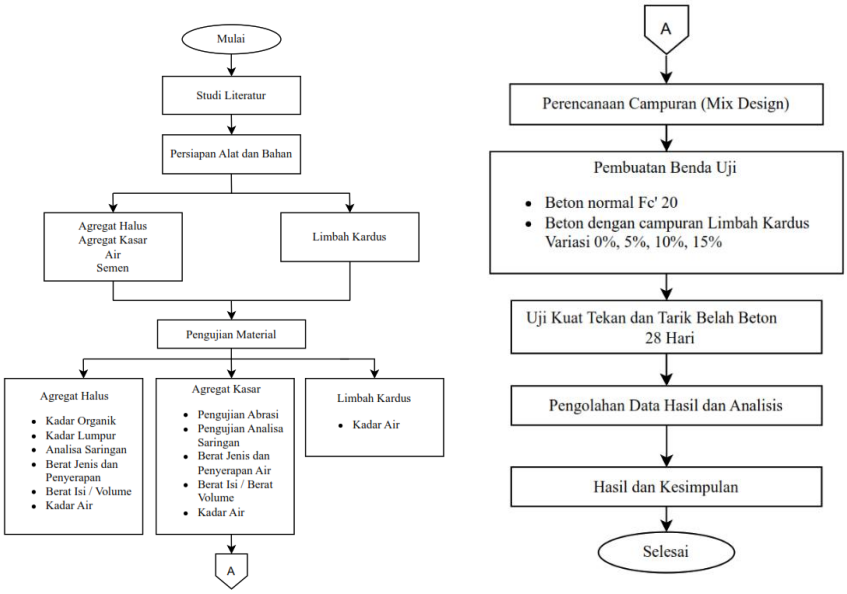
klinker semen seperti *Tricalsium Silikate* (C_3S = $3CaO.SiO_2$), *Dicalsium Silicate* (C_2S = $2CaO.SiO_2$), *Tricalsium Aluminate* (C_3A = $3CaO.Al_2O_3$), *Tetracalsium Aluminate Ferrit* (C_4AF = $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$) [6]. Senyawa yang paling dominan adalah Kasium Oksida (CaO) sebesar 56,38%, air (H_2O), Sulfur Trioksida (SO_3) 11,26% [7] dan Bubur kertas kardus mengandung *kaolinit* dan kalsium karbonat. Pembakaran pada suhu 1.223-1.373° K menghasilkan abu aluminium silikat amorf, jika bereaksi dengan alkali akan mengkristal, berubah menjadi *zeolit*. *Zeolit* sebagai bahan microporous material yang mampu memperkuat permukaan beton dari serangan asam [8].

Seiring dengan perkembangan zaman, penggunaan dari karduspun meningkat pada sektor industri atau masyarakat. Namun dengan adanya peningkatan penggunaan dari kardus maka limbah kardus meningkat [9]. Kertas merupakan bahan baku pembuatan kardus sesuai kebutuhan industri yang mudah terurai. Sehingga banyak sampah plastik yang tertimbun dan tidak terolah dengan baik dan benar [10]. Umumnya dimasyarakat maupun di TPA (Tempat Pembuangan Akhir), timbunan sampah kardus diambil lalu dijual ke pengepul atau sebagian dibakar yang tidak masuk kriteria untuk mengurangi jumlah sampah yang ada. Adapun pengolahan lain yang umum dilakukan adalah dengan cara mendaur ulang sampah [11]. Metode ini salah satu metode yang baik karena memanfaatkan kembali sampah kardus yang ada, karena itu limbah kardus merupakan salah satu produk yang sangat berguna [12]. Kegunaannya antara lain adalah sebagai kemasan, kantong, dan sebagainya. Pada dasarnya yang menyebabkan kardus banyak digunakan karena sifat terurai beserta *fleksibel* dan kuat. Selain itu bahan baku dari pembuatan kardus murah dan prosesnya juga murah, sehingga harga jual dari kardus tidak terlalu mahal [13].

Inovasi dari permasalahan tersebut yaitu penulis berusaha melakukan penelitian berupa inovasi yang di harapkan berguna untuk nantinya menekan jumlah limbah berupa kardus yang banyak menjadi persoalan di berbagai wilayah di Indonesia [14]. Memanfaatkan limbah kardus sebagai campuran beton yang di harapkan memunculkan baru kuat tekan dan tarik belah beton yang bernilai ekonomis dan sangat mudah dicari menjadikan ramah lingkungan, dengan judul "Analisis Penambahan Limbah Kardus Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Belah Pada Beton Normal."

2 METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diterapkan adalah metode eksperimental, yang dijalankan di dalam lingkungan laboratorium dengan pedoman SNI 03-2491-2002 [15] dan SNI 1974-2011 mengenai pengujian kuat tekan dan tarik belah beton [16]. Tahapan pada penelitian digambarkan dalam bentuk diagram alir yang tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Garut yang berlokasi di Jl. Mayor Syamsu No.2, Jayaraga, Kec. Tarogong Kidul, Kabupaten Garut, Jawa Barat 44151. Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Garut yang sudah mempunyai peralatan yang dapat menunjang pada pelaksanaan penelitian ini. Adapun variasi limbah kardus adalah 0%, 5%, 10% dan 15% dari berat agregat halus, pemilihan variasi tersebut mengikuti jurnal terdahulu yang ditulis oleh [6] terkait penambahan bubur kertas kardus terhadap beton. Jumlah sampel beton yang dibuat adalah 24 Sampel. Adapun proses pembuatan bubur kardus dalam penelitian ini adalah:

a) Kardus digunting hingga kecil-kecil dengan ukuran bervariasi ke dalam ember berisi air. Hal ini bertujuan agar kardus lebih mudah dalam proses pembuburan.
b) Setelah itu kardus direndam didalam ember selama kurang lebih 24 jam, agar kardus lebih lunak dan mudah untuk dihancurkan.
c) Setelah direndam, Kardus yang sudah lunak dihaluskan dengan cara di blender sampai halus seperti bubur.
d) Kemudian kertas kardus disaring dengan menggunakan saringan kain, hal ini bertujuan agar mengurangi kadar air. Setelah itu, simpan bubur kardus yang sudah siap untuk dijadikan bahan campuran beton.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Bahan

Pada penelitian ini, dilaksanakan pengujian bahan yang akan digunakan. Pengujian ini bertujuan guna mengetahui layak tidaknya bahan yang akan digunakan untuk penelitian sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Pengujian bahan meliputi pengujian agregat halus, agregat kasar dan pengujian bubur kardus. Pengujian agregat halus, agregat kasar dan pengujian bubur kardus dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Garut. Adapun tahapan dalam pengujian bahan pada penelitian ini mengacu pada SNI dan ASTM C-33 adalah sebagai berikut:

3.1.1 Pengujian Agregat Halus

Berdasarkan hasil dari pengujian di Laboratorium Institut Teknologi Garut, menyatakan bahwa pasir Cilopang memenuhi standar ditentukan sesuai dengan SNI dan ASTM C-33 yang berlaku. Berikut ini adalah data hasil pengujian agregat halus pada Tabel 1. adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Karakteristik Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Sertifikasi (SNI & ASTM)	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Kadar Lumpur	< 5 %	2,3 %	Memenuhi
2	Berat Isi	1,4 - 1,9 kg/l	1,77 kg/l	Memenuhi
3	Berat Jenis			
	Bj Curah (Bulk)	> 2,5 gr/cm³	2,52 gr/cm³	Memenuhi
	Bj SSD	> 2,5 gr/cm³	2,57 gr/cm³	Memenuhi
	Bj Apparent	> 2,5 gr/cm³	2,56 gr/cm³	Memenuhi
4	Persentase Absorpsi Air	< 5 %	2,04 %	Memenuhi
5	Modulus Kehalusan	< 5	2,19	Memenuhi
6	Kadar Air	< 5 %	0,27 %	Memenuhi

3.1.2 Pengujian Agregat Kasar

Berdasarkan hasil dari pengujian di Laboratorium Institut Teknologi Garut, menyatakan bahwa agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini telah memenuhi standar ditentukan sesuai dengan SNI dan ASTM C-33 yang berlaku. Berikut ini adalah data hasil pengujian agregat kasar pada Tabel 2. adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Karakteristik Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Sertifikasi (SNI & ASTM)	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Berat Isi	1,4 - 1,9 kg/l	1,42 kg/l	Memenuhi
2	Berat Jenis			
	Bj Curah (Bulk)	> 2,5 gr/cm³	3,18 gr/cm³	Memenuhi
	Bj SSD	> 2,5 gr/cm³	3,25 gr/cm³	Memenuhi
	Bj Apparent	> 2,5 gr/cm³	3,42 gr/cm³	Memenuhi
3	Persentase Absorpsi Air	< 3 %	2,29 %	Memenuhi
4	Keausan Agregat	< 40 %	13,64 %	Memenuhi
5	Kadar Air	< 5 %	1,17 %	Memenuhi

3.1.3 Pengujian Limbah Kardus (Bubur Kardus)

Pengujian limbah kardus (bubur kardus) bertujuan untuk untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung dalam bubur kardus. Pengujian ini di laksanakan berdasarkan SNI 1971-2011. Hasil pengujian kadar air bubur kardus dapat dilihat pada Tabel 3. adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Pengujian Kadar Air Limbah Kardus

No	Penimbangan	Hasil Uji (gram)	Satuan
A	Berat Wadah	288	gram.
B	Berat Wadah + Benda Uji	3266,1	gram.
C	Berat Benda Uji (B – A)	2978,1	gram.
D	Berat Benda Uji Kering	2571,5	gram
Kadar Air = (C-D)/(D) x 100%		15,81	%

3.2 Rencana Campuran *Mix Design*

Hasil rencana campuran *Mix Design* diambil dari data hasil pengujian bahan agregat halus dan agregat kasar yang dilakukan di laboratorium dapat dilihat pada tabel 4. adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Rencana Campuran *Mix Design*

Jenis Bahan	Berdasarkan Volume Absolut	Kebutuhan 1 Sample Beton	Kebutuhan 3 Sample Beton	Satuan
Air	213,9	1,24	3,73	Kg
Semen	355,93	2,07	6,22	Kg
Ag. Kasar	1024,25	5,97	17,91	Kg
Ag. Halus	965,99	5,63	16,89	Kg
Bubur kardus 5% dari berat agregat halus	48,30	0,28	0,84	Kg
Bubur kardus 10% dari berat agregat halus	96,60	0,56	1,69	Kg
Bubur kardus 15% dari berat agregat halus	144,90	0,84	2,53	Kg

3.3 Hasil Uji *Slump*

Hasil Uji Slump didapat dari pengujian yang dilakukan sebelum pengecoran ke dalam cetakan. Hasil uji slump beton dapat dilihat pada Tabel 5. adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Rencana Campuran *Mix Design*

Variasi Campuran	Nilai *Slump* (mm)	Keterangan
Bubur Kardus 0 %	50	Memenuhi
Bubur Kardus 5 %	60	Memenuhi
Bubur Kardus 10 %	70	Memenuhi
Bubur Kardus 15 %	70	Memenuhi

Pada tabel di atas menunjukan dapat disimpulkan bahwa, nilai *slump* dari hasil pengujian tersebut masuk ke dalam perencanaan yaitu 25 - 100 mm.

3.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

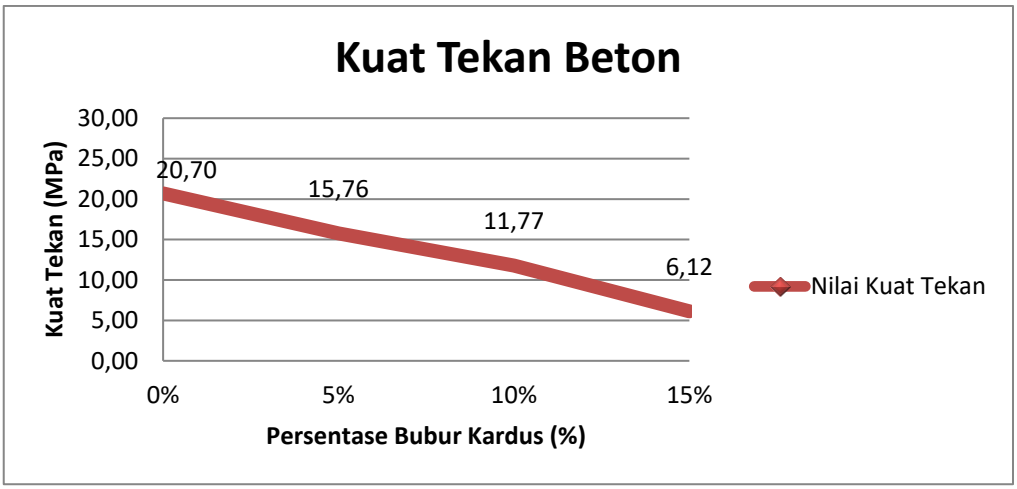
Dalam penelitian ini mutu rencana yang ditargetkan adalah 20 MPa, ini merupakan mutu rencana untuk kuat tekan beton normal. Benda uji yang di gunakan berbentuk silinder dengan ukuran lebar 15 cm dengan tinggi 30 cm dengan masing-masing sebanyak 3 benda uji. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh dengan nilai rata-rata kuat tekan beton normal pada umur 28 hari lebih besar dari mutu beton rencana, Berikut ini hasil dari pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 6. adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Variasi Campuran	Benda Uji	Umur	Berat Kering	Beban Tekan	Kuat Tekan	Kuat Tekan Rata-Rata
		(Hari)	(Kg)	(kN)	(MPa)	(MPa)
0% Bubur Kardus	1	28	11,94	353,8	20,03	20,70
	2	28	11,98	363,2	20,56	
	3	28	12,28	379,9	21.51	
5% Bubur Kardus	1	28	12,32	270,1	15,29	15,76
	2	28	11,24	287,4	16,27	
	3	28	11,40	277,7	15,72	
10% Bubur Kardus	1	28	10,74	207,9	11,77	11,77
	2	28	10,46	196,3	11,11	
	3	28	10,54	219,7	12,44	
15% Bubur Kardus	1	28	10,42	104,9	5,94	6,12
	2	28	10,14	109,1	6,18	
	3	28	10,44	110,4	6,25	

Berdasarkan hasil kuat tekan beton dari tabel 6. menunjukan rata-rata kuat tekan beton normal yang di peroleh pada umur 28 hari adalah 20,69 MPa, sedangkan beton dengan campuran bubur kardus variasi 5% senilai 15,76 MPa, 10% senilai 11,77 MPa, 15% senilai 6,12 MPa. Angka tersebut masih jauh dari mutu beton normal memenuhi > 20 MPa. Setelah diketahui, hal ini disebabkan karena sifat bubur kardus yang banyak menyerap air, sedangkan faktor air dalam campuran beton sangat mempengaruhi terhadap kekuatannya, sehingga beton dengan campuran bubur kardus memerlukan tambahan air yang banyak seiring dengan banyaknya persentase bubur kardus yang ditambahkan, tetapi jika bahan campuran tidak di tambahkan air maka akan terjadi *segregasi*. Dimana *segregasi* adalah peristiwa terpisah nya antara pasta semen dan agregat dalam satu adukan yang membuat bahan campuran tidak saling mengikat atau tidak *homogen.* Maka berdasarkan hasil penelitian eksperimen beton dengan campuran limbah kardus belum sesuai dengan nilai kuat tekan yang di rencanakan.
Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, diperoleh grafik perbandingan yang menunjukan nilai kuat tekan antara beton normal dengan campuran bubur kardus dengan campuran variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%

memperoleh penurunan nilai kuat tekan beton seiring dengan banyaknya variasi campuran bubur kardus. Grafik perbedaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2. sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Uji Kuat Tekan Beton

3.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Kekuatan tarik biasanya ditentukan dengan menggunakan percobaan pembebanan silinder, dimana silinder yang ukurannya sama dengan benda uji dalam percobaan kuat tekan diletakkan pada sisinya di atas mesin uji dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter disepanjang benda uji. Berikut ini hasil dari pengujian kuat tarik belah beton pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 7. adalah sebagai berikut:

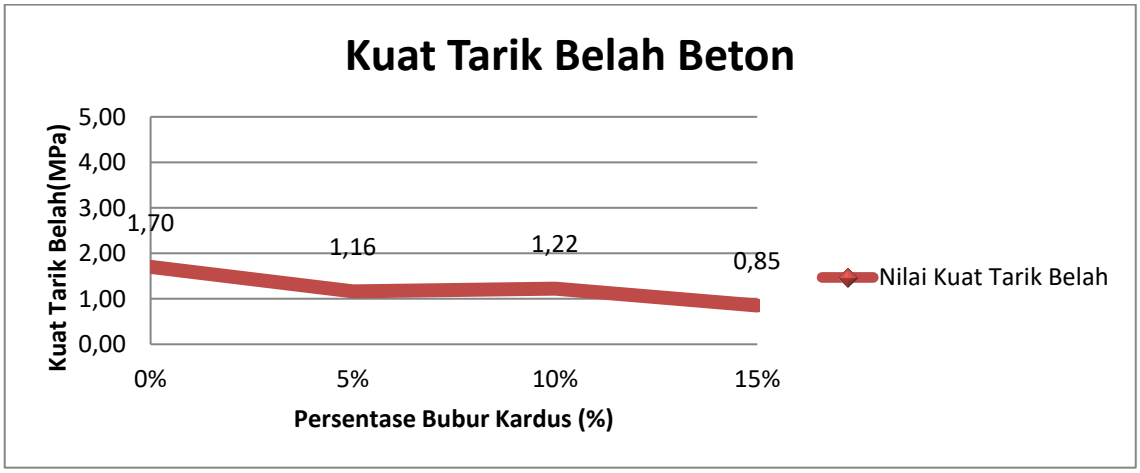
Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Variasi Campuran	Benda Uji	Umur	Berat Kering	Beban Tekan	Kuat Tarik Belah	Kuat Tarik Belah Rata-Rata
		(Hari)	(Kg)	(kN)	(MPa)	(MPa)
0% Bubur Kardus	1	28	12,32	127,3	1,80	1,70
	2	28	12,08	113,4	1,61	
	3	28	12,24	120,0	1,70	
5% Bubur Kardus	1	28	11,56	82,5	1,17	1,16
	2	28	10,84	92,4	1,31	
	3	28	11,66	71,6	1,01	
10% Bubur Kardus	1	28	11,14	95,0	1,34	1,22
	2	28	11,10	97,2	1,38	
	3	28	10,98	67,2	0,95	
15% Bubur Kardus	1	28	10,86	56,5	0,80	0,85
	2	28	10,72	62,0	0,87	
	3	28	10,72	62,2	0.88	

Berdasarkan hasil kuat tarik belah beton dari tabel 7. menunjukan rata-rata kuat tarik belah beton normal yang di peroleh pada umur 28 hari adalah 1,70 MPa, sedangkan rata-rata kuat tarik belah beton dengan campuran bubur kardus variasi 5% senilai 1,16 MPa, variasi 10% senilai 1,22 MPa, variasi 15% senilai 0,85 MPa. Angka tersebut masih jauh dari hasil kuat tarik belah pada beton normal yaitu memenuhi > 1,70 MPa. Setelah diketahui, hal ini disebabkan karena sifat bubur kardus yang banyak menyerap air, sedangkan faktor air dalam campuran beton sangat mempengaruhi terhadap kekuatannya, sehingga beton dengan campuran bubur kardus memerlukan tambahan air yang banyak seiring dengan banyaknya persentase bubur kardus yang ditambahkan, tetapi jika bahan campuran tidak di tambahkan air maka akan terjadi *segregasi*. Dimana *segregasi* adalah peristiwa terpisah nya antara pasta semen dan agregat dalam satu adukan yang membuat bahan campuran tidak

saling mengikat atau tidak *homogen*. Maka berdasarkan hasil penelitian eksperimen beton dengan campuran limbah kardus belum sesuai dengan nilai kuat tarik belah yang di harapkan.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik belah, diperoleh grafik perbandingan yang menunjukan nilai tarik belah antara beton normal dengan campuran bubur kardus dengan campuran variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% memperoleh penurunan nilai kuat tarik belah beton seiring dengan banyaknya variasi campuran bubur kardus, walaupun ada kenaikan di campuran variasi 10%, tetapi angka tersebut masih jauh dari hasil kuat tarik belah pada beton normal yaitu memenuhi > 1,70 Mpa. Grafik perbedaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Uji Kuat Tarik Belah Beton

4 KESIMPULAN

Pada eksperimen pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan penambahan limbah kardus dengan variasi campuran 0%, 5%, 10% dan 15% terhadap berat agregat halus dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian pada benda uji kuat tekan rata-rata yang paling tinggi beton dengan campuran bubur kardus variasi 5% senilai 15,76 MPa dan kuat tekan rata-rata yang paling rendah adalah beton dengan campuran bubur kardus variasi 15% senilai 6,12 MPa. Angka tersebut masih jauh dari mutu beton normal memenuhi > 20 MPa. Maka eksperimen beton dengan campuran limbah kardus belum sesuai dengan nilai kuat tekan yang di rencanakan.
2. Berdasarkan hasil pengujian pada benda uji kuat tarik belah rata-rata yang paling tinggi adalah beton dengan campuran bubur kardus variasi 10% senilai 1,22 MPa dan nilai rata-rata kuat tarik belah yang paling rendah adalah beton dengan campuran bubur kardus variasi 15% senilai 0,85 MPa. Angka tersebut masih jauh dari hasil kuat tarik belah pada beton normal yaitu memenuhi > 1,70 MPa. Maka eksperimen beton dengan campuran limbah kardus belum sesuai dengan nilai kuat tarik belah yang di harapkan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat disampaikan oleh penulis untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut:

1. Penggunaan limbah kardus tidak cocok digunakan dalam campuran beton karena hasil pengujian menunjukan bahwa bahan ini cenderung mengurangi kuat tekan dan kuat tarik belah beton.
2. Penggunaan limbah kardus menimbulkan kekurangan air pada campuran beton karena sifat bubur kardus yang tinggi menyerap air, sehingga perlu penambahan air, sedangkan faktor air dalam campuran beton sangan mempengaruhi kekuatannya. Maka disarankan untuk mencari alternatif bahan tambahan yang kurang menyerap air untuk mengoptimalkan kekuatan beton.

REFERENSI

[1] R. Putra Pradana, R. Nur Arini, and A. Andreas, “Analisa Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton Fly Ash Dengan Penambahan Serat Polypropylene,” J. ARTESIS, vol. 3, no. 1, pp. 103–108, 2023, doi:

10.35814/artesis.v3i1.5029.

[2] O. H. Hermawan, "Pengaruh Perawatan Pada Kuat Tekan Beton," Pengaruh Perawatan Pada Kuat Tekan Bet., vol. 16, no. 1, pp. 1–7, 2018, [Online]. Available: http://e-journal.upstegal.ac.id/index.php/eng/article/view/1195/0

[3] I. P. Simanullang, "Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Bahan Tambah Bestimittel," 2022.

[4] E. Oktavianus Zai, J. Oberlyn Simanjuntak, and E. Eddi Panri Hutagalung, "Terhadap Kuat Tekan Beton," J. Inersia, vol. 6, no. 1, pp. 1–14, 2022.

[5] J. Jenderal, A. Yani, and K. Parepare, "Analisa Pasir Pantai Bawasalo Sebagai Material Pengganti Pada Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Rusvita Rusvita Program Studi Teknik Sipil , Universitas Muhammadiyah Parepare , Indonesia Dimana : disepanjang benda uji . Hitung kuat tarik belah dari be," vol. 2, no. 1, 2024.

[6] H. Hartini, "Pengaruh Penambahan Limbah Kertas Kardus Dalam Campuran Beton Kertas (Paper Crete) Ditinjau Dari Uji Kuat Tekan Bata Beton," J. Media Inov. Tek. Sipil UNIDAYAN, vol. 7, no. 2, pp. 117–126, 2018, doi: 10.55340/jmi.v7i2.611.

[7] A. M. Shaleh and G. J. Johari, "Dengan Campuran Bubur Kertas Abstrak yang ramah lingkungan , salah satu inovasi yang dikembangkan adalah daur ulang limbah kertas," vol. 19, no. 02, pp. 171–175, 2023.

[8] F. Teknik, J. Sipil, U. Sam, and R. Manado, "37641-80040-1-Sm," vol. 8, no. 5, pp. 789–794, 2020.

[9] H. Mubarak, M. Toyeb, and M. Wiguna, "Pendampingan Pembuatan Batako Campuran Limbah Kardus dalam Mempertahankan dan Meningkatkan Ekonomi Keluarga Saat Pandemi Covid-19," Pros. Semin. Nas. Pengabdi. Kpd. Masy. Univ. Lancang Kuning, pp. 78–82, 2021, [Online]. Available: http://journal.unilak.ac.id/index.php/SNPKM/article/view/8052%0Ahttps://journal.unilak.ac.id/index.php/SNPKM/article/download/8052/3366

[10] M. Nuklirullah, H. Pathoni, and A. Wanda, "Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Serat Bambu dari Tusuk Gigi Sebagai Bahan Tambah," Fondasi J. Tek. Sipil, vol. 11, no. 1, p. 56, 2022, doi: 10.36055/fondasi.v0i0.11500.

[11] R. I. Haqiqi and M. Ghozi, "Pengaruh Limbah Bata Ringan Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Campuran Beton," J. Rekayasa Sipil dan Lingkung., vol. 6, no. 2, p. 111, 2022, doi: 10.19184/jrsl.v6i2.31914.

[12] I. Mirajhusnita, T. H. Santosa, and R. Hidayat, "Pemanfaatan Limbah B3 Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat Halus Dalam Pembuatan Beton," Eengineering, vol. 11, no. 1, pp. 24–33, 2020, [Online]. Available: http://e-journal.upstegal.ac.id/index.php/eng/article/view/1495

[13] A. Mulyadi, P. Suanto, and R. Meiza, "Analisis Kuat Tarik Belah Beton Pada Standar Kuat Tekan K200 Dengan Menggunakan Limbah Pecahan Tempurung Kelapa Sebagai Pengganti Agregat Kasar," J. Tek. Sipil, vol. 10, no. 2, pp. 69–76, 2021, doi: 10.36546/tekniksipil.v10i2.465.

[14] T. Haris Santoso, M. Basir, and O. Hendra Hermawan, "Pemanfaatan Limbah Bottom Ash sebagai Bahan Campuran Agregat Halus dengan Penambahan Tetes Tebu pada Pembuatan Beton Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton," Agustus, vol. 1, no. 2, pp. 45–53, 2021.

[15] SNI 03-2491-2002, "Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton.," Badan Standar Nas. Indones..

[16] SNI 2493:2011, "SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium," Badan Standar Nas. Indones., p. 23, 2011, [Online]. Available: www.bsn.go.id.