

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KERTAS KARDUS DALAM CAMPURAN BETON KERTAS (*PAPER CRETE*) DITINJAU DARI UJI KUAT TEKAN BATA BETON

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan dan penyerapan air bata beton dengan menggunakan agregat halus berupa kapur alam dan substitusi bubur kertas kardus. Dalam penelitian ini meninjau penggunaan bubur kertas kardus sebagai bahan substitusi. Sifat mekanik bata beton yang diuji dengan total benda uji sebanyak 60 buah. Yang meliputi kuat tekan sebanyak 36 benda uji dan absorpsi sebanyak 24 benda uji dengan standart SNI 030349-1989. Pengujian dilakukan pada umur perawatan 3 hari, 7 hari, dan 28 hari, dengan dimensi benda uji 20 cm x 10 cm x 10 cm. Dengan 4 variasi campuran penambahan yaitu 0%, 0,5%, 0,75% dan 1%. Pada umur 28 hari untuk kuat tekan dengan campuran 0%, 0,5%, 0,75% dan 1% mendapat hasil masing-masing 68,83 kg/cm² (6,7 Mpa), 75,63 kg/cm² (7,4 Mpa), 54,39 kg/cm² (5,3 Mpa), dan 39,94 kg/cm² (3,9 Mpa), untuk absorpsinya masing-masing mendapat 15,13%, 15,33%, 15,62% dan 16,80%. Maka berdasarkan SNI 03-0349-1989, bata beton dengan campuran 0,5%, dengan nilai kuat tekan sebesar 75,63 kg/cm² dan nilai serapan air yang mencapai 15,33% dapat digolongkan sebagai bata beton dengan mutu II yang dapat digunakan untuk konstruksi yang memikul beban tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terindung dari cuaca luar (untuk konstruksi di bawah atap).

A. PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan di Indonesia baik dalam bidang perumahan maupun sarana lain semakin meningkat seiring dengan bertambahnya penduduk. Eksploitasi material yang berlebihan ini dapat merusak lingkungan akibat adanya penggunaan terus menerus dan juga menyebabkan material-material tersebut menjadi langka untuk memenuhi kebutuhan dimasa yang akan datang

Permasalahan lain yang harus dihadapi adalah terus meningkatnya kebutuhan perumahan yang mengakibatkan kebutuhan akan bahan bangunan semakin meningkat pula. Seperti kita ketahui salah satu masalah dilapangan saat ini yang perlu segera diatasi adalah masalah kebutuhan batu bata sebagai bahan dinding perumahan dan efek kerusakan lingkungan yang ditimbulkannya. Oleh karena itu, salah satu bahan bangunan yang dianjurkan untuk dipakai dalam pembangunan perumahan adalah bata beton atau batako. Material yang akan digunakan adalah Agregat Halus dari Desa Warinta Kecamatan Pasarwajo. Dalam penelitian ini pasir yang digunakan diganti dengan kapur alam yang berfungsi sebagai bahan campuran pembuat bata beton.

Peningkatan konsumsi kertas berdampak pada peningkatan permintaan bahan baku kayu dan peningkatan sampah kertas. Produk sampah indonesia mencapai 64 Juta ton/tahun, dengan komposisi sampah terdiri dari sampah organik sekitar 60%, plastik 15%, kertas 10%, dan lainnya(metal, kaca, kain, kulit) 15% (Kementrian Lingkungan Hidup, 2017). Sampah kertas menduduki peringkat ke-3 dari komposisi total sampah di Indonesia dan merupakan jenis sampah yang dapat didaur ulang. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan pemanfaatan daur ulang sampah kertas adalah dengan mengkombinasikan daur ulang sampah kertas dengan agregat halus menjadi sebuah alternatif material baru yang dapat digunakan dalam beton ringan dan juga sebagai upaya pemanfaatan limbah kertas.

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh penggunaan agregat halus (kapur alam) dan bubur kertas kardus terhadap kuat tekan dan penyerapan air bata beton pada umur 3, 7, dan 28 hari.

Batasan Masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Pengujian fisik spesimen bata beton, terdiri dari pemeriksaan kondisi fisik materialnya, baik itu agregat halus, kertas kardus, sampai dengan pengujian kuat tekan dan penyerapan air.
2. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland Komposit (PCC) yaitu semen Tonasa.
3. Nilai faktor air semen (fas) awal ditetapkan berdasarkan nilai sebar campuran antara air, semen dan kapur alam sampai memenuhi tingkat kelecakan yang cukup.
4. Menggunakan perbandingan volume semen : kapur = 1 : 4, dengan persentase bubur kertas kardus yang ditambahkan adalah : 0%, 0,5%, 0,75% dan 1% dari berat kapur alam.
5. Kuat Tekan yang direncanakan adalah 7 Mpa.
6. Agregat halus yang berupa kapur alam yang digunakan berasal dari Desa Warinta Kecamatan Pasarwajo Kabupaten Buton.
7. Jenis kertas yang digunakan adalah kertas kardus yang diperoleh dari limbah rumah tangga dan pertokoan sekitar kota Baubau.
8. Tidak dilakukan penelitian tentang komposisi kimia yang ada dalam kertas.
9. Pengaruh tinta pada kertas kardus diabaikan.
10. Penelitian ini dilakukan hanya sebatas uji kuat tekan dan penyerapan air.
11. Benda uji berbentuk batako dengan ukuran 20 x 10 x 10 cm dengan jumlah benda uji yang direncanakan adalah 60 buah, pengujian dilakukan pada umur 3, 7 dan 28 hari.
12. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan dan Struktur Program Studi Teknik Sipil Universitas Dayanu Ikhsanudin Baubau.

B. KAJIAN PUSTAKA

1. Beton Kertas

Beton kertas (*papercrete*) adalah suatu material bangunan yang dibuat dengan karton/kertas daur ulang, pasir, dan portland semen. Kertas yang digunakan adalah kertas bekas yang diolah menjadi bubur kertas dengan tujuan mempermudah proses pengadukan campuran. Limbah kertas yang digunakan umumnya dalam bentuk bubur kertas (*pulp*). Bubur kertas memiliki beberapa senyawa oksida seperti Silikon Dioksida (SiO_2), Aluminium Oksida (Al_2O_3), Magnesium Oksida (MgO), Kalium Oksida (CaO), Ferri Oksida (FeO_3), dimana oksida-oksida tersebut merupakan bahan dasar untuk membuat produk klinker semen seperti Tricalcium Silicate = C_3S ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}$), Dicalcium Silicate ($\text{C}_2\text{S} = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), Tricalcium Aluminate ($\text{C}_3\text{A} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), Tetracalcium Aluminate Ferrit ($\text{C}_4\text{AF} = 4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$). Senyawa yang paling dominan adalah Kalsium Oksida (CaO) sebesar 56,38%, air (H_2O), Sulfur Trioksida (SO_3) 11,26% (Norman, dan Juis, 2009).

2. Bata Beton

Menurut Departemen Pekerjaan Umum 1989 - (SNI 03-0348-1989), bata beton atau juga disebut batako ialah suatu jenis unsur bangunan berbentuk bata yang dibuat dari campuran bahan perekat hidrolis atau sejenisnya, air dan agregat, dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak merugikan sifat beton itu. Bentuk dari bata beton/batako itu sendiri terdiri dari dua jenis, yaitu bata beton yang berlubang (*hollow block*) dan bata beton pejal (*solid block*) serta mempunyai ukuran yang bervariasi.

3. Kertas Kardus

Bahan utama pembuatan kardus adalah *corrugated paper*. *Corrugated paper* adalah bahan kemasan berbentuk gelombang yang terbuat dari suatu atau beberapa lembar kertas *kraft* liner dan kertas medium sebagai lapisan gelombangnya. *Corrugated* merupakan bahan kemasan transport atau kemasan distribusi yang paling umum digunakan saat ini. Dalam pembuatan kardus dibutuhkan bahan kertas dengan jenis bahan dan berat yang berbeda-beda. Menurut jenis kertasnya dibagi menjadi beberapa jenis yaitu : *Kraft* (Coklat) dan Medium (abu-abu). Kertas *kraft* dibuat dari bahan baku kayu jenis pinus dengan serat memanjang yang diolah menjadi pulp/bubur kertas. *Kraft* adalah 60% *pulp* + 40% *waste* (bahan hasil daur ulang) + bahan kimia. Bahan medium biasanya dipakai pada bagian dalam kardus atau dipakai untuk kertas gelombang. Bahan medium dibuat dari bahan daur ulang (*waste*) kemudian dijadikan bubur kertas lalu diproses menjadi kertas medium, komposisi bahan medium 100% bahan daur ulang kertas + bahan kimia.

4. Kapur Alam Kapur alam ialah jenis batuan sedimen yang mengandung senyawa karbonat. Kapur alam terbentuk dari sisa-sisa kerang di laut maupun dari proses presipitasi kimia. Berat jenis kapur alam berkisar 2,6-2,8 gr/cm³, dalam keadaan murni dengan bentuk kristal kalsit (CaCO₃), sedangkan berat volumenya berkisar 1,7–2,6 gr/cm³. Jenis batuan karbonat dapat dibagi menjadi 2 bagian utama yaitu batu kapur (*limestone*) dan dolomit (*dolostone*) (Boggs, 1987).

Komposisi dari kapur alam yang dianalisa dengan pengujian XRF dapat ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian XRF Batu Kapur

No	Komposisi Kimia	% Wt
1	Ca	92,1
2	Fe	2,38
3	Mg	0,9
4	Si	3,0
5	In	1,4
6	Ti	0,14
7	Mn	0,03
8	Lu	0,14

Sumber : Arifin 2010

D. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat halus (kapur alam) yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi : gradasi, berat jenis, kadar air, dan berat satuan, seperti yang diuraikan berikut ini:

a. Pengujian gradasi kapur alam

Berdasarkan hasil pemeriksaan distribusi ukuran butir (gradasi) kapur alam, diperoleh nilai modulus halus butir kapur alam sebesar 4,22, tingkat kekasaran kapur alam ini termasuk dalam kelompok Daerah III yaitu kapur alam dengan butiran agak halus.

b. Pengujian berat jenis kapur alam

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan kapur alam adalah sebagai berikut :

- 1) Berat jenis bulk (*bulk specific gravity*) 2,21
- 2) Berat jenis permukaan (SSD) sebesar 2,33

3) Berat jenis semu sebesar 2,53 4) Penyerapan sebesar 5,73

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis kapur alam, diperoleh berat jenis kapur alam sebesar 2,33. pengujian kadar air

Dari hasil pengujian kadar air kapur alam, didapatkan kadar air kapur alam sebesar 1,99 %.

c. Pengujian berat satuan kapur alam

Berat satuan dihitung berdasarkan berat agregat dalam suatu wadah tertentu. Dari hasil pengujian didapatkan berat satuan batu kapur tanpa pemadatan (dalam kondisi lepas/gembur) sebesar 1,40 kg/ltr dan berat satuan batu kapur dengan pemadatan (dalam kondisi padat) sebesar 1,47 kg/ltr.

2. Perencanaan Campuran (Mix Desain)

Pada penelitian ini perencanaan campuran bata beton menggunakan perbandingan berat antara 1 bagian semen portland dan 4 bagian kapur alam atau 1 : 4. Komposisi mix desain bata beton dapat dilihat pada tabel 4

3. Pengujian Bata Beton

Adapun hasil penelitian dan pembahasan yang diperoleh dari penelitian ini, diuraikan sebagai berikut : a. Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan bata beton dilakukan setelah masa perawatan pada **Tabel 4**. Komposisi mix desain untuk benda uji 20 x 10 x 10 cm dengan perbandingan 1 : 4

Jenis Bahan	Berat / m ³ Bata Beton (Kg)	1 Sampel Bata Beton (Kg)	15 Sampel Bata Beton (Kg)
Semen	3,12	0,78	11,70
Kapur Alam 0%	11,77	2,94	44,17
Kapur Alam 0,5%	11,72	2,93	43,95
Kapur Alam 0,75%	11,69	2,92	43,84
Kapur Alam 1%	11,66	2,91	43,73
Bubur Kertas 0%	-	-	-
Bubur Kertas 0,5%	0,05	0,01	0,22
Bubur Kertas 0,75%	0,08	0,02	0,33
Bubur Kertas 1%	0,11	0,02	0,44
Air	261,90	0,520	7,85

umur 3, 7, dan 28 hari, dengan penambahan bubur kertas kardus 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1% dari berat kapur alam dapat dilihat pada tabel 5, 6, dan 7.

Tabel 5. Kuat tekan bata beton umur 3 hari

Kode Sampel Penambahan Bubur Kertas Kardus (%)	Umur	Dimensi			Berat Bata Beton	Beban tekan P_{max}	Kuat Tekan f_c^t	Kuat Tekan Rata-rata (f_{cr})
		P	L	A				
		(Panjang) (cm)	(Lebar) (cm)	(Luas) (cm ²)				
					Kg	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)

BT 0-1	3	20	10	200	3,650	6628,19	33,14	29,74
BT 0-2	3	20	10	200	3,650	4078,89	20,39	
BT 0-3	3	20	10	200	3,650	7138,05	35,69	
BT 0,5-1	3	20	10	200	3,60	7138,05	35,69	32,29
BT 0,5-2	3	20	10	200	3,35	6628,19	33,14	
BT 0,5-3	3	20	10	200	3,55	5608,47	28,04	
BT 0,75-1	3	20	10	200	3,30	5098,61	25,49	30,59
BT 0,75-2	3	20	10	200	3,350	6628,19	33,14	
BT 0,75-3	3	20	10	200	3,550	6628,19	33,14	
BT 1-1	3	20	10	200	3,50	4078,89	20,39	23,79
BT 1-2	3	20	10	200	3,50	5098,61	25,49	
BT 1-3	3	20	10	200	3,50	5098,61	25,49	

Tabel 6. Kuat tekan bata beton umur 7 hari

Kode Sampel Penambahan Bubur Kertas Kardus (%)	Umur	Dimensi			Berat Bata Beton Kg	Beban tekan P_{max} (kg)	Kuat Tekan f_c^l (kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (f_{cr}) (kg/cm ²)
		P (Panjang)	L (Lebar)	A (Luas)				
		(cm)	(cm)	(cm ²)				
BT 0-1	7	20	10	200	3,500	8667,63	43,34	41,64
BT 0-2	7	20	10	200	3,500	9177,49	45,89	
BT 0-3	7	20	10	200	3,550	7138,05	35,69	
BT 0,5-1	7	20	10	200	3,390	11216,94	56,08	52,69
BT 0,5-2	7	20	10	200	3,700	9177,49	45,89	
BT 0,5-3	7	20	10	200	3,400	11216,94	56,08	
BT 0,75-1	7	20	10	200	3,500	9177,49	45,89	43,34
BT 0,75-2	7	20	10	200	3,440	8667,63	43,34	
BT 0,75-3	7	20	10	200	3,500	8157,77	40,79	
BT 1-1	7	20	10	200	3,430	5098,61	25,49	29,74
BT 1-2	7	20	10	200	3,330	6118,33	30,59	
BT 1-3	7	20	10	200	3,340	6628,19	33,14	

Tabel 7. Pengujian kuat tekan bata beton umur 28 hari

Kode Sampel Penambahan Bubur Kertas Kardus (%)	Umur	Dimensi			Berat Bata Beton	Beban tekan P_{max}	Kuat Tekan f_c^l	Kuat Tekan Rata-rata (f_{cr})
		P (Panjan g)	L (Leba r)	A (Luas)				
		(cm)	(cm)	(cm ²)				
BT 0-1	28	20	10	200	3,460	12746,52	63,73	68,83
BT 0-2	28	20	10	200	3,300	13256,38	66,28	
BT 0-3	28	20	10	200	3,370	15295,82	76,48	
BT 0,5-1	28	20	10	200	3,800	16315,54	81,58	75,63
BT 0,5-2	28	20	10	200	3,670	14785,96	73,93	
BT 0,5-3	28	20	10	200	3,570	14276,10	71,38	
BT 0,75-1	28	20	10	200	3,210	10707,07	53,54	54,39
BT 0,75-2	28	20	10	200	3,460	12236,66	61,18	
BT 0,75-3	28	20	10	200	3,220	9687,35	48,44	
BT 1-1	28	20	10	200	3,360	8157,77	40,79	39,94
BT 1-2	28	20	10	200	3,350	7647,91	38,24	
BT 1-3	28	20	10	200	3,260	8157,77	40,79	

Grafik gabungan kuat tekan rata-rata sampel bata beton untuk semua campuran dan semua umur uji dapat dilihat pada gambar 1.

Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah penambahan bubur kertas kardus pada bata beton, semakin kecil pula kuat tekan bata beton. Namun, pada campuran bata beton tanpa penambahan bubur kertas kardus pada umur 3, 7, dan 28 hari menjadi lebih rendah nilai kuat tekannya dibandingkan dengan campuran bata beton dengan 0,5% penambahan bubur kertas kardus.

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 bata baton, bata beton dengan campuran bubur kertas kardus sebesar 1% dengan kuat tekan rata-rata sebesar 39,94 kg/cm² (3,9 Mpa) dimasukkan ke dalam kategori mutu kelas IV. Bata beton dengan campuran bubur kertas kardus sebesar 0,75% dengan kuat tekan rata-rata sebesar 54,39 kg/cm² (5,3 Mpa) dimasukkan ke dalam kategori mutu kelas III. Sedangkan bata beton dengan campuran bubur kertas kardus sebesar 0% dan 0,5% dapat dimasukkan ke dalam kategori mutu kelas II dengan kuat tekan rata-rata 68,83 kg/cm² (6,7 Mpa) dan 75,63 kg/cm² (7,4 Mpa) yang dapat digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (untuk konstruksi di bawah atap).

b. Pengujian penyerapan air bata beton

Pengujian penyerapan air bata beton dilakukan setelah masa perawatan pada umur 3, 7, dan 28 hari, dengan penambahan bubur kertas kardus 0%, 0,5%, 0,75%, dan 1% dari berat kapur alam dapat dilihat pada tabel 8, 9, dan 10.

Tabel 8. Pengujian serapan air bata beton umur 3 hari

Kode	Penambahan Bubur Kertas dari Berat Kapur Alam (%)	Berat bata beton kering (W ₁) (gr)	Berat bata beton setelah direndam (W ₂) (gr)	Serapan Air (S _{air}) (%)	Serapan Air Rata-rata (S _{air rata-rata}) (%)
BT – 1 BT – 2	0	3,270 3,270	3,650 3,700	11,62 13,15	12,39
BT – 1 BT – 2	0,5	3,700 3,400	4,200 3,800	13,51 11,76	12,64
BT – 1 BT – 2	0,75	3,450 3,400	3,850 3,900	11,59 14,71	13,15
BT – 1 BT – 2	1	3,570 3,400	3,950 3,950	10,64 16,18	13,41

Tabel 9. Pengujian serapan air bata beton umur 7 hari

Kode	Penambahan Bubur Kertas dari Berat Kapur Alam (%)	Berat bata beton kering (W_1) (gr)	Berat bata beton setelah direndam (W_2) (gr)	Serapan Air (S_{air}) (%)	Serapan Air Rata-rata ($S_{air\ rata-rata}$) (%)
BT – 1 BT – 2	0	3,350 3,500	3,900 3,900	16,42 11,43	13,92
BT – 1 BT – 2	0,5	3,380 3,440	3,720 4,060	10,06 18,02	14,04
BT – 1 BT – 2	0,75	3,200 3,200	3,580 3,750	11,88 17,19	14,53
BT – 1 BT – 2	1	3,350 3,260	3,920 3,730	17,01 14,42	15,72

Tabel 10. Pengujian serapan air bata beton umur 28 hari

Kode	Penambahan Bubur Kertas dari Berat Kapur Alam (%)	Berat bata beton kering (W_1) (gr)	Berat bata beton setelah direndam (W_2) (gr)	Serapan Air (S_{air}) (%)	Serapan Air Rata-rata ($S_{air\ rata-rata}$) (%)
BT – 1 BT – 2	0	3,310 3,300	3,850 3,760	16,31 13,94	15,13
BT – 1 BT – 2	0,5	3,360 3,290	3,890 3,780	15,77 14,89	15,33
BT – 1 BT – 2	0,75	3,140 3,390	3,630 3,920	15,61 15,63	15,62
BT – 1 BT – 2	1	3,190 3,240	3,730 3,780	16,93 16,67	16,80

Berdasarkan grafik serapan air bata beton umur 28, dapat dilihat bahwa bata beton tanpa penambahan bubur kertas kardus memiliki serapan air terendah sebesar 15,13 %, lebih rendah dari serapan air dengan penambahan 0,5% dan 0,75% bubur kertas kardus dengan masing-masing persentase serapan airnya yaitu 15,33 % dan 15,62 %, sedangkan serapan air tertinggi pada penambahan 1% sebesar 16,80 %.

Grafik gabungan kuat tekan rata-rata sampel bata beton untuk semua campuran dan semua umur uji dapat dilihat pada gambar 2.

Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah campuran bubur kertas kardus, semakin besar pula absorpsi dari bata beton. Semakin lama umur bata beton saat diuji, absorpsi dari bata beton akan semakin bertambah.