

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian agregat halus, pengujian semen, pengujian pH air, pengujian konsistensi flow, uji kuat tekan mortar, uji kuat tarik mortar, dan uji penyerapan air mortar.

4.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat halus berupa pasir dan agregat halus berupa batu bata merah tumbuk. Data yang diperoleh dari pengujian agregat halus di Lab. Teknik Sipil, UBB dan analisa hasil pengujiannya adalah sebagai berikut:

4.1.1 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Pasir

Hasil dari pengujian analisa saringan agregat halus pasir yaitu diperoleh data gradasi agregat halus dan modulus halus butir. Berikut contoh perhitungan dalam pengolahan data yang diperoleh dari pengujian untuk mendapatkan hasil pengujian yang tertera pada tabel 4.1 dan 4.2 dibawah ini.

Berat Sampel : 978,10 gram

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Berat Tertahan} &= \text{Jumlah Berat Tertahan} + \text{Berat Tertahan} \\ &= 3,70 + 77,10 = 80,80 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persen Tertahan} &= (\text{Berat Tertahan}/\text{Berat Sampel}) \times 100 \\ &= (3,70/978,10) \times 100 = 0,38\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persen Lolos} &= \text{Jumlah Persen Lolos} - \text{Persen Tertahan} \\ &= 100 - 0,38 = 99,62\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persen Tertahan Kumulatif} &= 100 - \text{Persen Lolos} \\ &= 100 - 99,62 = 0,38\% \end{aligned}$$

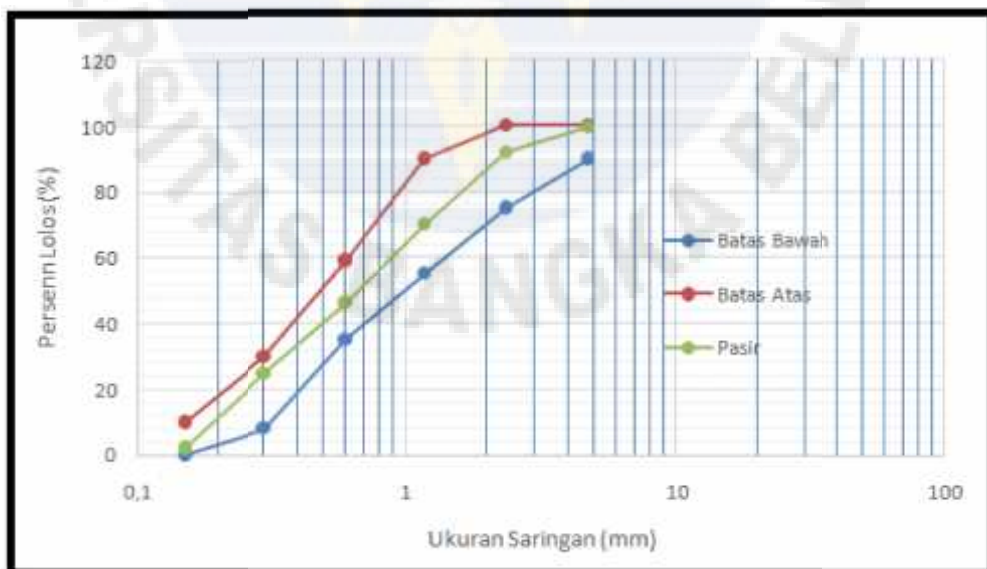
$$\begin{aligned} \text{Modulus Kehalusan} &= \text{Jumlah Persen Tertahan Kumulatif}/100 \\ &= 271,13/100 = 2,71 \end{aligned}$$

Tabel 4.1 Hasil pengujian analisa saringan agregat halus pasir

No. Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	Persen Tertahan (%)	Persen Lolos (%)	Persen Tertahan Kumulatif (%)
No. 4	4,75	3,70	3,70	0,38	99,62	0,38
No. 8	2,36	77,10	80,80	7,88	91,74	8,26
No. 16	1,18	219,60	300,40	22,45	69,29	30,71
No. 30	0,6	237,00	537,40	24,23	45,06	54,94
No. 50	0,3	214,50	751,90	21,93	23,13	76,87
No. 100	0,15	225,80	977,70	23,09	0,04	99,96
Pan		0,40	978,10	0,04	-	-
Jumlah		978,10	-	-	-	271,13
Modulus Kehalusan Butir					2,71	

Keterangan: Nilai Standar Modulus Kehalusan menurut SNI 03-1968-1990 yaitu 1,5 – 3,8.
 Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Berdasarkan Tabel 4.1 diperoleh bahwa modulus kehalusan agregat halus adalah 3,66. Nilai modulus kehalusan ini memenuhi syarat yang dalam SNI 033-1968-1990 sebagai material penyusun mortar.



Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Gambar 4.1 Analisa saringan agregat halus pasir yang berada pada daerah Gradasi Zona II (pasir agak kasar)

Berdasarkan gambar 4.1 diperoleh bahwa agregat halus yang digunakan pada penelitian ini termasuk dalam daerah Gradasi Zona II yaitu jenis pasir agak kasar (Tjokrodimuljo, 2007)

4.1.2 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Bata Merah Tumbuk

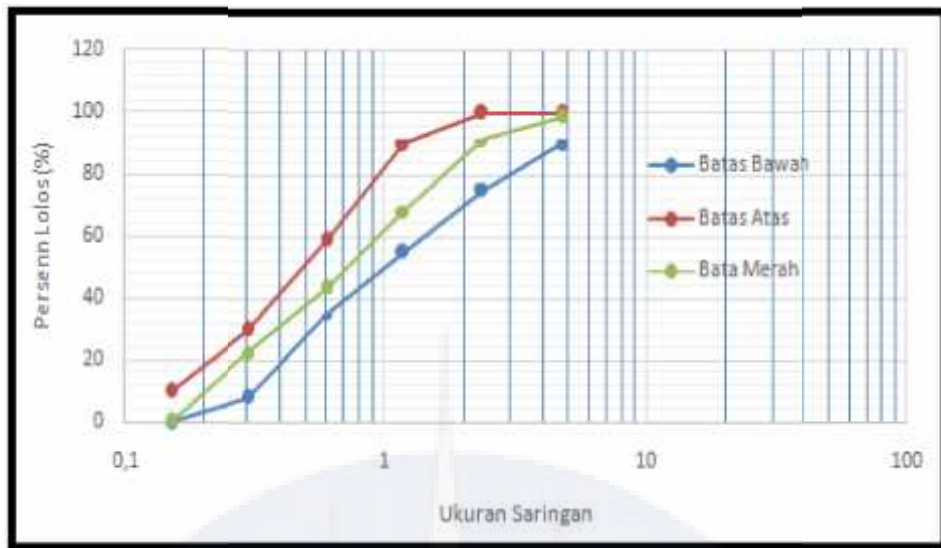
Pengujian analisa saringan agregat halus bata merah tumbuk dilakukan sebagaimana pengujian pada agregat halus pasir. Hasil dari pengujian analisa saringan agregat halus bata merah tumbuk yaitu diperoleh data gradasi agregat halus dan modulus halus butir. Adapun data hasil pengujian analisa saringan agregat halus bata merah tumbuk dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Hasil pengujian analisa saringan agregat halus bata merah tumbuk

No. Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	Persen Tertahan (%)	Persen Lolos (%)	Persen Tertahan Kumulatif (%)
No. 4	4,75	10,80	10,80	1,12	98,88	1,12
No. 8	2,36	73,40	84,20	7,60	91,29	8,71
No. 16	1,18	222,40	306,60	23,02	68,27	31,73
No. 30	0,6	240,20	546,80	24,86	43,41	56,59
No. 50	0,3	201,50	748,30	20,85	22,56	77,44
No. 100	0,15	214,30	962,60	22,18	0,38	99,62
Pan		3,70	966,30	0,38	-	-
Jumlah		966,30	-	-	-	275,20
Modulus Kehalusan Butir					2,75	

Keterangan: Nilai Standar Modulus Kehalusan menurut SNI 03-1968-1990 yaitu 1,5 – 3,8.
 Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Berdasarkan Tabel 4.2 diperoleh bahwa modulus kehalusan agregat halus adalah 3,68. Nilai modulus kehalusan ini memenuhi syarat dalam SNI 033-1968-1990 sebagai material penyusun mortar.



Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Gambar 4.2 Analisa saringan agregat halus bata merah tumbuk yang berada pada daerah Gradasi Zona II (pasir agak kasar)

Berdasarkan gambar 4.2 diperoleh bahwa agregat halus yang digunakan pada penelitian ini termasuk dalam daerah Gradasi Zona II yaitu jenis pasir agak kasar (Tjokrodinuljo, 2007).

4.1.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus Pasir

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai-nilai yang dipakai dalam perhitungan. Nilai-nilai tersebut antara lain berat benda uji kondisi SSD, berat benda uji kering oven, berat piknometer berisi air dan berat piknometer berisi air beserta benda uji. Contoh perhitungan yang digunakan untuk mendapatkan hasil pengujian adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Bulk} &= B_k / (B_a + B_j - B_t) \\ &= 496,80 / (668,50 + 500 - 977,90) = 2,607 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis SSD} &= B_j / (B_a + B_j - B_t) \\ &= 500 / (668,50 + 500 - 977,90) = 2,623 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis Semu} &= B_k / (B_a + B_k - B_t) \\ &= 496,80 / (668,50 + 496,80 - 977,90) = 2,651 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan} &= ((B_j - B_k) / B_k) \times 100\% \\ &= ((668,50 - 496,80) / 496,80) \times 100\% = 0,644 \end{aligned}$$

Adapun data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus pasir dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus pasir

Pengujian	Pengujian			Rata-Rata	Satuan
	I	II	III		
Berat benda uji SSD	500	500,3	500	500,1	gr
Berat benda uji kering oven	496,80	498,30	496,70	497,27	gr
Berat piknometer disisi air (250cc)	668,50	668,20	668,40	668,37	gr
Berat piknometer + benda uji (SSD)+ air (250cc)	977,90	978,00	977,60	977,83	gr
Berat jenis (Bulk)	2,607	2,616	2,603	2,609	-
Berat jenis SSD	2,623	2,626	2,621	2,623	-
Berat jenis semu (Apparent)	2,651	2,644	2,649	2,648	-
Penyerapan (Absorption)	0,644	0,401	0,664	0,570	%

Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

4.1.4 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus Bata Merah Tumbuk

Adapun data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus pasir dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.4 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus bata merah tumbuk

Pengujian	Pengujian			Rata-Rata	Satuan
	I	II	III		
Berat benda uji SSD	500,1	501,4	500	500,5	gr
Berat benda uji kering oven	458,70	457,70	457,30	457,90	gr
Berat piknometer disisi air (250cc)	668,70	668,30	668,50	668,50	gr
Berat piknometer + benda uji (SSD)+ air (250cc)	942,70	946,20	943,60	944,17	gr
Berat jenis (<i>Bulk</i>)	2,029	2,048	2,033	2,037	-
Berat jenis SSD	2,212	2,243	2,223	2,226	-
Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	2,483	2,546	2,510	2,513	-
Penyerapan (<i>Absorption</i>)	9,026	9,548	9,337	9,304	%

Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

4.1.5 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus Pasir

Pengolahan data hasil pengujian dilakukan dengan melakukan perhitungan. Berikut contoh perhitungan untuk mendapatkan berat isi agregat halus.

$$\begin{aligned} \text{Berat Benda Uji} &= (\text{Berat Bejana} + \text{Benda Uji}) - \text{Berat Bejana} \\ &= 18,9 - 11 = 7,9 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Isi Kering Oven} &= \text{Berat Benda Uji} / \text{Volume Bejana} \\ &= 7,9 / 0,0053 = 1490,566 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat isi SSD} &= \text{Berat Isi Kering Oven} (1 + (\text{Penyerpan} / 100)) \\ &= 1490,566 (1 + (0,570/100)) = 1492,736 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pemeriksaan agregat halus yang dilakukan didapat nilai berat isi lepas kondisi kering oven sebesar 1484,277 kg/m³ dan kondisi jenuh kering permukaan sebesar 1492,736 kg/m³.

Sedangkan untuk berat isi padat kondisi kering oven sebesar 1628,931 kg/m³ dan kondisi jenuh kering permukaan sebesar 1638,215 kg/m³. Menurut SNI 03-1973-1990 batas minimum berat isi untuk agregat halus adalah 400 – 1900 kg/m³, maka agregat halus pasir dalam penelitian ini memenuhi syarat berat isi sebagai bahan campuran mortar.

4.1.6 Hasil Pengujian Berat Isi Agregat Halus Bata Merah Tumbuk

Berdasarkan hasil pemeriksaan agregat halus yang dilakukan didapat nilai berat isi lepas kondisi kering oven sebesar 1191,824 kg/m³ dan kondisi jenuh kering permukaan sebesar 1302,706 kg/m³. Sedangkan untuk berat isi padat kondisi kering oven sebesar 1311,321 kg/m³ dan kondisi jenuh kering permukaan sebesar 1433,320 kg/m³.

4.1.7 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus Pasir dan Bata Merah Tumbuk

Pengolahan data hasil pengujian dilakukan dengan melakukan perhitungan. Berikut contoh perhitungan untuk mendapatkan kadar air agregat halus.

$$\begin{aligned} \text{Berat Benda Uji Awal (W}_3) &= (\text{Berat Tempat} + \text{Contoh Awal}) - \text{Berat Tempat} \\ &= 1490,30 - 345,00 = 1145,30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Benda Uji Kering (W}_5) &= (\text{Berat Tempat} + \text{Contoh Kering}) - \text{Berat Tempat} \\ &= 1430,30 - 345,00 = 1085,30 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Air} &= ((W_3 - W_5) / W_3) \times 100\% \\
 &= ((1145,30 - 1085,30)/1145,30) \times 100\% \\
 &= 5,528\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil pemeriksaan kadar air pasir kondisi di lapangan didapatkan kadar air sebesar 5,390%. Sedangkan hasil pemeriksaan kadar air bata merah tumbuk kondisi di lapangan sebesar 13,940%.

4.1.8 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus

Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus pasir yang diperoleh dapat dilihat dalam tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus pasir

No	Jenis Pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan	Standar Pengujian
1.	Analisa Saringan	2,71	1,5 – 3,8	Memenuhi Syarat	SNI 03-1968-1990
2.	Berat Jenis (<i>Bulk</i>)	2,609	Minimal 2,5	Memenuhi Syarat	SNI 03-1970-2008
3.	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (SSD)	2,623	Minimal 2,5	Memenuhi Syarat	
4.	Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	2,644	Minimal 2,5	Memenuhi Syarat	
5.	Penyerapan	0,570	Maksimal 3%	Memenuhi Syarat	
6.	Berat Isi Lepas - Kondisi Kering - Kondisi SSD	1,484 1,492	0,4 – 1,9 gr/cm ³	Memenuhi Syarat	
7.	Berat Isi Padat - Kondisi Kering - Kondisi SSD	1,628 1,638	0,4 – 1,9 gr/cm ³	Memenuhi Syarat	
8.	Kadar Air	5,390	-	-	SNI 03-1971-1990

Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Berdasarkan pada tabel 4.5 dapat dilihat bahwa setiap hasil pengujian pemeriksaan agregat halus pasir memenuhi syarat ketentuan pada masing-masing standar pengujian.

Adapun rekapitulasi hasil pengujian agregat halus bata merah tumbuk yang diperoleh dapat dilihat dalam tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rekapitulasi hasil pengujian agregat halus bata merah tumbuk

No	Jenis Pengujian	Hasil	Syarat	Keterangan	Standar Pengujian
1.	Analisa Saringan	2,75	1,5 – 3,8	Memenuhi Syarat	SNI 03-1968-1990
2.	Berat Jenis (<i>Bulk</i>)	2,037	Minimal 2,5	Tidak Memenuhi Syarat	SNI 03-1970-2008
3.	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (SSD)	2,226	Minimal 2,5	Tidak Memenuhi Syarat	
4.	Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	2,513	Minimal 2,5	Memenuhi Syarat	
5.	Penyerapan	9,337	Maksimal 3%	Tidak Memenuhi Syarat	
6.	Berat Isi Lepas - Kondisi Kering - Kondisi SSD	1,192 1,302	0,4 – 1,9 gr/cm ³	Memenuhi Syarat	
7.	Berat Isi Padat - Kondisi Kering - Kondisi SSD	1,311 1,433	0,4 – 1,9 gr/cm ³	Memenuhi Syarat	
8.	Kadar Air	13,940	-	-	SNI 03-1971-1990

Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Berdasarkan pada tabel 4.6 dapat dilihat beberapa hasil pada pengujian ini, nilai yang didapat pada agregat halus batu bata merah tumbuk tidak memenuhi syarat ketentuan pada standar pengujian. Hal ini dikarenakan batu bata merah

memiliki berat yang cukup ringan serta memiliki daya serap air yang tinggi serta mengingat bahwa bahan bata merah tumbuk merupakan bahan yang sedang diteliti oleh penguji dan standar pengujian yang digunakan merupakan standar pengujian pada agregat halus yang digunakan sebagai bahan susun beton atau mortar yaitu pasir.

4.2 Hasil Pengujian Nilai pH Air

Pengujian pH air dilakukan dengan menggunakan alat pH meter digital. Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari jaringan sumur bor di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Kep. Bangka Belitung. Standar pH air yang dapat digunakan dalam pengujian adalah 4,5 – 8,5. Berdasarkan hasil pengujian pH air menggunakan alat pH meter digital adalah 5,5.

4.3 Hasil Pengujian Semen

Pemeriksaan semen terdiri dari 2 jenis pemeriksaan:

1. Pemeriksaan visual

Dapat dilihat bahwa kemasan semen sebelum digunakan dalam keadaan tertutup rapat, tidak terdapat kerusakan pada segel maupun kantong. Semen tidak menggumpal dan halus, sehingga semen memenuhi persyaratan sebelum digunakan dalam adukan mortar.

2. Pemeriksaan berat isi semen

Pemeriksaan berat isi semen dilakukan untuk menghitung proporsi campuran mortar. Dari pengujian diperoleh nilai berat isi semen kondisi lepas sebesar $943,396 \text{ kg/m}^3$ dan kondisi padat sebesar $1166,667 \text{ kg/m}^3$.

4.4 Pengujian Konsistensi *Flow*

Pengujian konsistensi *flow* dilakukan sebelum memasukkan adukan mortar kedalam cetakan. Sebelum dilakukan pengujian konsistensi *flow* diperlukan perencanaan dan perhitungan proporsi (bahan penyusun) campuran mortar.

4.4.1 Perhitungan Proporsi Campuran Mortar

Proporsi campuran mortar pada penelitian ini menggunakan perhitungan berdasarkan SNI 03-6882-2002 yang dapat dilihat dalam Lampiran VI. Agregat halus yang digunakan dalam kondisi jenuh kering permukaan (SSD). Agregat halus yang dalam keadaan kering jenuh permukaan diharapkan dapat mencapai nilai konsistensi flow yang diinginkan, karena pasir tidak meyerap atau mengeluarkan air lagi. Hasil perencanaan campuran untuk 3 benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Proporsi campuran bahan penyusun mortar

Campuran	Berat Bahan Penyusun Mortar		
	Semen (gr)	Pasir (gr)	Air (ml)
1 Semen : 2 Pasir	890,2	2500	578,6
1 Semen : 2 Bata Merah Tumbuk	1017,5	2500	814,0

Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

4.4.2 Hasil Pengujian Konsistensi Flow

Syarat diameter adukan setelah dilakukan pengujian adalah 1 – 1,15 kali dari diameter awal. Adapun nilai diameter sebar setelah pengujian yang berada pada rentang syarat artinya adukan mortar memiliki sifat lecah yang baik yang berpengaruh pada kemudahan pengerjaan mortar. Berikut contoh perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai sebar mortar.

$$\begin{aligned}\text{Nilai Sebar Mortar} &= (d_1 - d_0) / d_0 \\ &= (21,03 - 10,08) / 10,08 \\ &= 1,09\end{aligned}$$

Hasil pengujian konsistensi *flow* dapat dilihat pada Tabel 4.8 untuk adukan dengan agregat halus pasir dan Tabel 4.9 untuk adukan dengan agregat halus bata merah tumbuk.

Tabel 4.8 Hasil pengujian konsistensi flow adukan mortar dengan agregat halus pasir

Proporsi Campuran 1 semen : 2 pasir (+ %kertas)	fas	Diameter Awal (d₀) (cm)	Diameter Setelah Pengujian (d₁) (cm)	Nilai Sebar Mortar
Normal	0,65	10,08	21,03	1,09
10% Kertas	0,85	10,10	20,70	1,05
15% Kertas	0,9	10,09	19,88	0,97
20% Kertas	1,0	10,06	19,30	0,92
25% Kertas	1,2	10,04	19,12	0,90

Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Tabel 4.9 Hasil pengujian konsistensi flow adukan mortar dengan agregat halus bata merah tumbuk

Proporsi Campuran 1 semen : 2 bata merah (+ %kertas)	fas	Diameter Awal (cm)	Diameter Setelah Pengujian (cm)	Nilai Sebar Mortar
Normal	0,8	10,18	21,03	1,07
10% Kertas	1,0	10,10	20,08	0,98
15% Kertas	1,15	10,04	19,59	0,95
20% Kertas	1,25	10,08	18,93	0,87
25% Kertas	1,3	10,14	18,28	0,81

Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Pada campuran mortar yang ditambahkan kertas dan mortar dengan agregat halus bata merah tumbuk sebagian besar adukan tidak memiliki kelecakan yang baik, hal ini dikarenakan bata merah dan kertas memiliki kemampuan menyerap air yang besar sehingga mempengaruhi kelecakan adukan mortar.

Kondisi bahan susun mortar pada saat pembuatan campuran mortar juga mempengaruhi kelecakan adukan. Pada pengujian ini bahan susun mortar berupa kertas memiliki daya serap air yang tinggi sehingga menyerap air yang berlebihan pada saat pembuatan campuran.

4.5 Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada umur benda uji 7 hari dan 28 hari dengan masing masing berjumlah 30 buah benda uji yang terdiri dari 5 variasi campuran mortar dengan agregat halus pasir dan 5 variasi campuran mortar dengan agregat halus bata merah tumbuk. Masing-masing variasi terdiri dari 3 benda uji.

Benda uji diberi perawatan berupa perendaman di dalam bak perendaman berisi air selama 7 dan 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan mortar kemudian dijadikan masukan dalam hitungan dengan menggunakan persamaan (2.9) pada Sub Bab 2.11. Pengujian kuat tekan mortar dilakukan menggunakan mesin uji kuat tekan (*Cement Compression Machine*) kapasitas 250 kN dan ketelitian 0,5 kN.

4.5.1 Nilai Kuat Tekan Mortar Umur 7 Hari

Berikut adalah contoh perhitungan kuat tekan mortar umur 7 hari:

$$f'm = P / A$$

Dengan:

$f'm$, adalah kuat tekan mortar (MPa)

P, adalah beban tekan (N)

A, adalah luas bidang tekan (mm²)

$$\begin{aligned} f'm &= \frac{45333,33}{2652} \\ &= 17,094 \text{ MP} \end{aligned}$$

Hasil pengujian kuat tekan mortar pada umur 7 hari dapat dilihat pada Tabel 4.10 untuk pasir dan Tabel 4.11 untuk bata merah tumbuk. Perbandingan kuat tekan antara mortar agregat halus pasir dengan mortar agregat halus bata merah tumbuk dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Tabel 4.10 Hasil uji kuat tekan mortar campuran 1 semen : 2 pasir (+ % kertas)
umur 7 hari

Benda Uji	No.	Ukuran Bidang Tekan		Luas Bidang Tekan (mm ²)	Rata-Rata A (mm ²)	Beban Tekan P (N)	Rata-Rata P (N)	Kuat Tekan (MPa)
		1 (mm)	2 (mm)					
0% Kertas	1	51	51	2601	2652	45000	45333,33	17,094
	2	52,5	52	2730		47000		
	3	50	52,5	2625		44000		
10% Kertas	1	52,5	50,2	2635,5	2625,85	5000	5000,00	1,904
	2	51,9	50	2595		4950		
	3	51,2	51,7	2647,04		5050		
15% Kertas	1	49,5	50	2475	2530,08	2000	2833,33	1,120
	2	51,9	50,2	2605,38		3500		
	3	50,5	49,7	2509,85		3000		
20% Kertas	1	50,1	50,3	2520,03	2559,36	1500	1166,67	0,456
	2	51,9	51,6	2678,04		1000		
	3	49,6	50	2480		1000		
25% Kertas	1	51,1	50,5	2580,55	2614,75	500	433,33	0,166
	2	50,1	51,3	2570,13		300		
	3	51,7	52,1	2693,57		500		

Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Pada campuran 1 Semen : 2 Pasir, nilai kuat tekan mortar tanpa campuran kertas (normal) sebesar 17,094 MPa. Nilai kuat tekan *papercrete* dengan penambahan kertas sebesar 10%; 15%; 20%; dan 25% dari berat semen memiliki penurunan yang cukup besar dibandingkan dengan mortar normal, dengan nilai kuat tekan berturut-turut sebesar 1,904 MPa; 1,120 MPa; 0,456 MPa; dan 0,166 MPa.

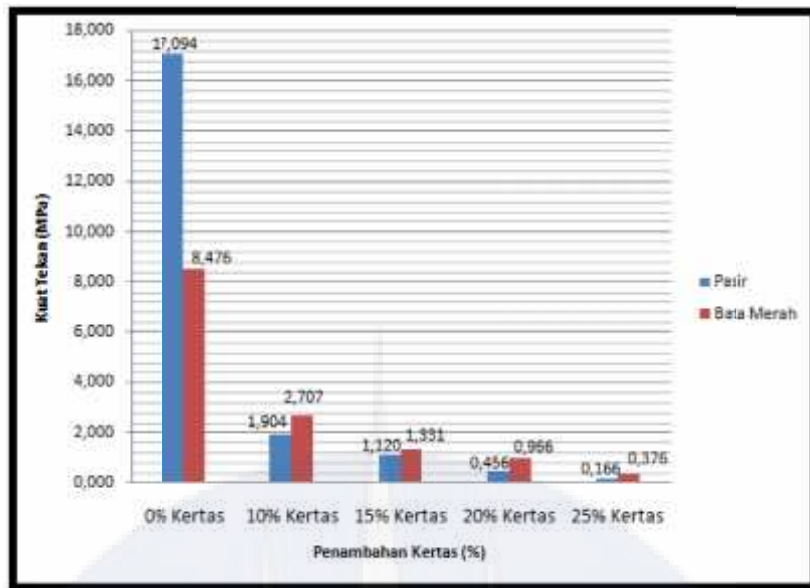
Nilai kuat tekan *papercrete* mengalami penurunan seiring dengan penambahan kertas. Kuat tekan umur 7 hari tertinggi *papercrete* didapat pada penambahan kertas 10% terhadap berat semen, sedangkan kuat tekan terendah didapat pada penambahan kertas 25%.

Tabel 4.11 Hasil uji kuat tekan mortar campuran 1 semen : 2 bata merah tumbuk
(+ % kertas) umur 7 hari

Benda Uji	No.	Ukuran Bidang Tekan		Luas Bidang Tekan (mm ²)	Rata-Rata A (mm ²)	Beban Tekan P (N)	Rata-Rata P (N)	Kuat Tekan (MPa)
		1 (mm)	2 (mm)					
0% Kertas	1	51,5	51	2626,5	2713,5	23500	23000,00	8,476
	2	54	53	2862		28500		
	3	52	51	2652		17000		
10% Kertas	1	50,4	50,5	2545,2	2585,84	6500	7000,00	2,707
	2	50,8	50,4	2560,32		7000		
	3	52	51	2652		7500		
15% Kertas	1	50,1	50,3	2520,03	2505,02	3500	3333,33	1,331
	2	48,9	50,1	2449,89		2500		
	3	50,2	50,7	2545,14		4000		
20% Kertas	1	50,3	51,4	2585,42	2588,90	2500	2500,00	0,966
	2	49,8	50,8	2529,84		2000		
	3	52,4	50,6	2651,44		3000		
25% Kertas	1	51,4	52,4	2693,36	2660,51	1200	1000,00	0,376
	2	52,2	50,9	2656,98		1000		
	3	52	50,6	2631,2		800		

Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Pada campuran 1 Semen : 2 Bata Merah Tumbuk, nilai kuat tekan mortar bata merah tanpa campuran kertas (normal) lebih kecil dibanding dengan mortar agregat pasir dengan nilai kuat tekan sebesar 8,476 MPa. Nilai kuat tekan *papercrete* bata merah dengan penambahan kertas sebesar 10%; 15%; 20%; dan 25% dari berat semen berturut-turut sebesar 2,707 MPa; 1,331 MPa; 0,966 MPa; dan 0,376 MPa. Nilai kuat tekan *papercrete* bata merah mengalami penurunan seiring dengan penambahan kertas. Akan tetapi kuat tekan *papercrete* bata merah lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tekan *papercrete* dengan agregat halus pasir. Kuat tekan umur 7 hari tertinggi *papercrete* bata merah didapat pada penambahan kertas 10% terhadap berat semen, sedangkan kuat tekan terendah didapat pada penambahan kertas 25%.



Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Gambar 4.3 Perbandingan kuat tekan mortar umur 7 hari

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa nilai kuat tekan mortar normal (tanpa penambahan kertas) jika dibandingkan dengan mortar agregat halus bata merah tumbuk mengalami penurunan sebesar 50,41%. Perbedaan kuat tekan pada penambahan 10% kertas terhadap berat semen sebesar 29,66%. Pada penambahan 15% kertas terhadap berat semen perbedaan kuat tekannya sebesar 15,85%; pada penambahan 20% kertas memiliki perbedaan kuat tekan sebesar 52,79%; dan pada penambahan 25% kertas memiliki perbedaan kuat tekan sebesar 55,85%. Penambahan kertas pada mortar sangat mempengaruhi kuat tekan mortar. Semakin banyak kertas yang ditambahkan kuat tekan mortar akan semakin menurun.

4.5.1 Nilai Kuat Tekan Mortar Umur 28 Hari

Hasil pengujian kuat tekan mortar pada umur 28 hari disajikan dalam Tabel 4.12 dan Tabel 4.13. Perbandingan kuat tekan antara mortar agregat halus pasir dengan agregat halus bata merah tumbuk dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Tabel 4.12 Hasil uji kuat tekan mortar campuran 1 semen : 2 pasir (+ % kertas)
umur 28 hari

Benda Uji	No.	Ukuran Bidang Tekan		Luas Bidang Tekan	Rata-Rata A (mm ²)	Beban Tekan P (N)	Rata-Rata P (N)	Kuat Tekan (MPa)
		1 (mm)	2 (mm)	(mm ²)				
0% Kertas	1	50,2	51,7	2595,34	2578,57	66000	67833,33	26,307
	2	51,2	50,1	2565,12		55500		
	3	50,2	51,3	2575,26		82000		
10% Kertas	1	51,5	50,8	2616,2	2676,32	8000	9000,00	3,363
	2	51,5	52,4	2698,6		9500		
	3	52,6	51,6	2714,16		9500		
15% Kertas	1	51,5	52,5	2703,75	2688,26	6500	6500,00	2,418
	2	52,2	51,2	2672,64		7000		
	3	52	51,7	2688,4		6000		
20% Kertas	1	52,5	50,9	2672,25	2643,67	4000	4166,67	1,576
	2	52,3	51,5	2693,45		4500		
	3	51	50,3	2565,3		4000		
25% Kertas	1	51,4	52,4	2693,36	2674,36	2500	2666,67	0,997
	2	52,7	51,4	2708,78		3500		
	3	50,5	51,9	2620,95		2000		

Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

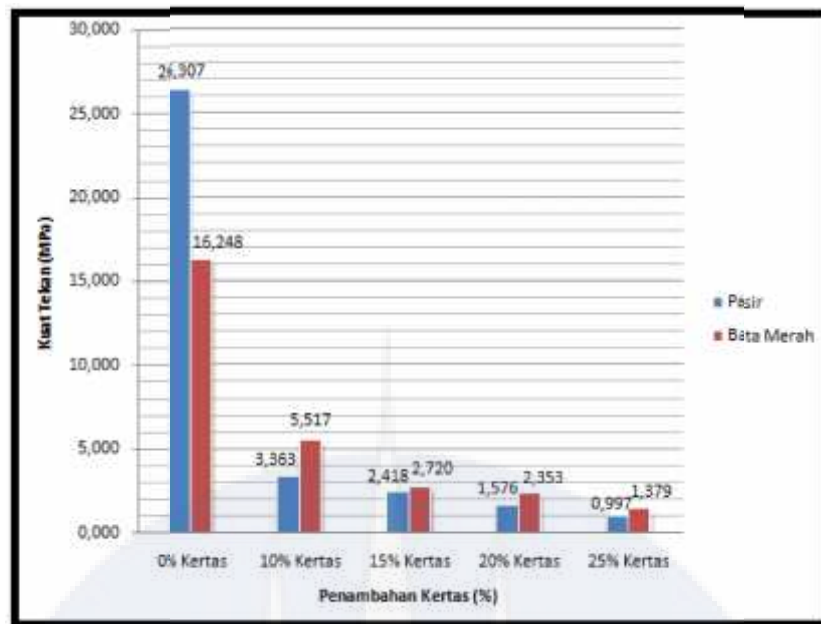
Pada campuran 1 Semen : 2 Pasir, nilai kuat tekan mortar tanpa campuran kertas (normal) sebesar 26,307 MPa. Nilai kuat tekan *papercrete* dengan penambahan kertas sebesar 10%; 15%; 20%; dan 25% dari berat semen memiliki penurunan yang cukup besar dibandingkan dengan mortar normal, dengan nilai kuat tekan berturut-turut sebesar 3,363 MPa; 2,418 MPa; 1,576 MPa; dan 0,997 MPa. Nilai kuat tekan *papercrete* mengalami penurunan seiring dengan penambahan kertas. Kuat tekan umur 28 hari tertinggi *papercrete* didapat pada penambahan kertas 10% terhadap berat semen, sedangkan kuat tekan terendah didapat pada penambahan kertas 25%.

Tabel 4.13 Hasil Uji kuat tekan mortar campuran 1 semen : 2 bata merah tumbuk
(+ % kertas) umur 28 hari

Benda Uji	No.	Ukuran Bidang Tekan		Luas Bidang Tekan	Rata-Rata A (mm ²)	Beban Tekan P (N)	Rata-Rata P (N)	Kuat Tekan (MPa)
		1 (mm)	2 (mm)	(mm ²)				
0% Kertas	1	51,8	50	2590	2554,09	35000	41500,00	16,248
	2	51,6	49,1	2533,56		41500		
	3	51,6	49,2	2538,72		48000		
10% Kertas	1	51,7	51	2636,7	2597,82	13500	14333,33	5,517
	2	50,4	50	2520		14000		
	3	51,1	51,6	2636,76		15500		
15% Kertas	1	51,6	50,7	2616,12	2634,86	7500	7166,67	2,720
	2	51,6	50,3	2595,48		6500		
	3	51,1	52,7	2692,97		7500		
20% Kertas	1	50,8	51,4	2611,12	2620,65	5500	6166,67	2,353
	2	51,4	50,8	2611,12		6500		
	3	49,9	52,9	2639,71		6500		
25% Kertas	1	52,2	52,7	2750,94	2659,58	4500	3666,67	1,379
	2	50,9	50,6	2575,54		3500		
	3	51,5	51,5	2652,25		3000		

Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Pada campuran 1 Semen : 2 Bata Merah Tumbuk, nilai kuat tekan mortar bata merah tanpa campuran kertas (normal) lebih kecil dibanding dengan mortar agregat pasir dengan nilai kuat tekan sebesar 16,248 MPa. Nilai kuat tekan *papercrete* bata merah dengan penambahan kertas sebesar 10%; 15%; 20%; dan 25% dari berat semen berturut-turut sebesar 5,517 MPa; 2,720 MPa; 2,353 MPa; dan 1,379 MPa. Nilai kuat tekan *papercrete* bata merah mengalami penurunan seiring dengan penambahan kertas. Akan tetapi kuat tekan *papercrete* bata merah lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tekan *papercrete* dengan agregat halus pasir. Kuat tekan umur 28 hari tertinggi *papercrete* bata merah didapat pada penambahan kertas 10% terhadap berat semen, sedangkan kuat tekan terendah didapat pada penambahan kertas 25%. Perbandingan kuat tekan mortar umur 28 hari dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

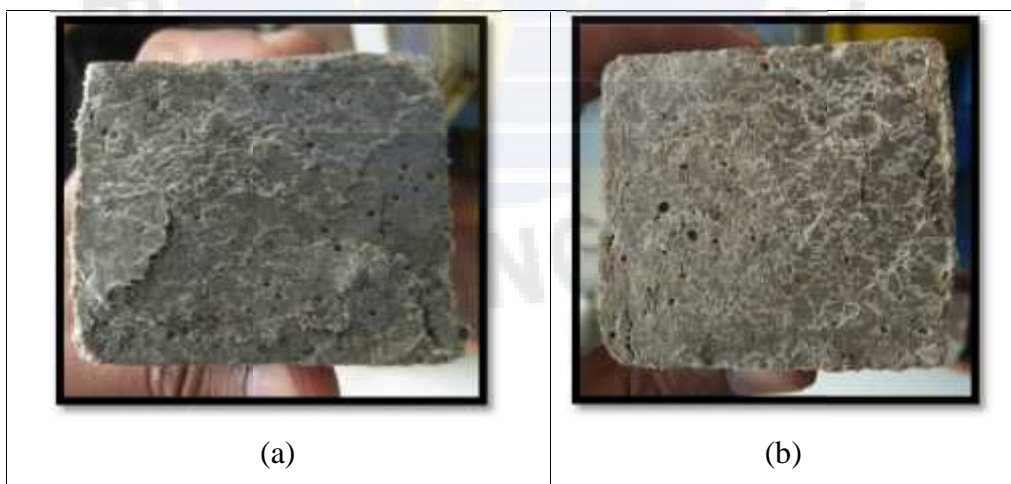
Gambar 4.4 Perbandingan kuat tekan mortar umur 28 hari

Nilai kuat tekan mortar normal (tanpa penambahan kertas) dengan agregat halus bata merah tumbuk umur 28 hari mengalami penurunan sebesar 38,24% dibandingkan dengan mortar normal dengan agregat halus pasir. Seperti pada hasil pengujian mortar umur 7 hari, pada mortar umur 28 hari dengan penambahan kertas mengalami hasil yang serupa dimana kuat tekan mortar dengan agregat halus bata merah tumbuk + kertas lebih besar dibandingkan dengan kuat tekan mortar dengan agregat halus pasir + kertas.

Pada pengujian kuat tekan mortar umur 28 hari, ditemukan tren yang sama dengan mortar umur 7 hari, dimana pengaruh penambahan kertas dapat mengurangi kuat tekan mortar normal. Perbedaan kuat tekan pada penambahan 10% kertas terhadap berat semen sebesar 39,04%. Pada penambahan 15% kertas perbedaan kuat tekannya sebesar 11,10%; pada penambahan 20% kertas memiliki perbedaan kuat tekan sebesar 33,02%; dan pada penambahan 25% kertas memiliki perbedaan kuat tekan sebesar 27,70%.

Dari keseluruhan hasil uji kuat tekan mortar normal yang didapat dalam penelitian ini, dapat dilihat tren penurunan kuat tekan. Substitusi agregat halus dengan bata merah tumbuk pada mortar dapat mengurangi kuat tekan mortar dengan agregat halus pasir. Hal ini disebabkan oleh sifat bahan yang berbeda antara pasir dan bata merah tumbuk (dapat dilihat pada hasil pengujian agregat halus). Pasir yang merupakan batuan halus hasil disintegrasi batuan alam memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan bata merah tumbuk yang telah melalui proses penumbukan. Kuat tekan mortar dengan agregat halus bata merah tumbuk pada umur 28 hari sebesar 16,248 MPa yang termasuk dalam kategori mortar tipe S. Menurut SNI 03-6882-2002 mortar tipe S adalah adukan dengan kuat tekan sedang, kuat tekan minimumnya sebesar 12,5 MPa.

Tidak dapat dipungkiri, kuat tekan *papercrete* jauh lebih rendah dibandingkan dengan kuat tekan mortar normal. Kertas pada campuran *papercrete* merupakan penyebab utama menurunnya kuat tekan jika dibandingkan dengan kuat tekan mortar normal. Dari hasil pengujian, dapat diketahui bahwa kuat tekan *papercrete* dengan agregat halus bata merah tumbuk lebih tinggi dibandingkan kuat tekan *papercrete* dengan agregat halus pasir.



Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Gambar 4.5 (a) *Papercrete* pasir setelah uji tekan, (b) *Papercrete* bata merah tumbuk setelah uji tekan

Dapat dilihat pada Gambar 4.5, *papercrete* dengan agregat halus pasir cenderung mengalami perubahan bentuk yang lebih besar jika dibandingkan dengan *papercrete* dengan agregat halus bata merah tumbuk pada saat pengujian kuat tekan. Berdasarkan hasil pengujian dapat dikatakan bahwa bata merah tumbuk lebih cocok digunakan sebagai agregat halus dalam campuran *papercrete* dibandingkan dengan pasir karena *papercrete* yang dihasilkan memiliki kuat tekan yang lebih baik. Hal ini disebabkan oleh kandungan senyawa kimia berupa Silika Oksida (SiO_2) dan Alumina Oksida (Al_2O_3) yang dimiliki oleh bata merah serta kertas merupakan senyawa kimia yang juga terdapat pada semen *portland* sehingga menghasilkan ikatan antar bahan susun menjadi lebih kuat. Kuat tekan mortar *papercrete* terbesar didapat pada campuran 1 Semen : 2 Bata Merah Tumbuk + 10% penambahan kertas terhadap berat semen yaitu sebesar 5,517 MPa yang termasuk dalam kategori mortar tipe N. Menurut SNI 03-6882-2002 mortar tipe N adalah adukan dengan kuat tekan sedang, kuat tekan minimumnya sebesar 5,2 MPa.

Dari keseluruhan hasil pengujian kuat tekan penggunaan bahan bangunan alternatif berupa bata merah tumbuk sebagai agregat halus, serta kertas sebagai bahan baku *papercrete* dapat digunakan sebagai material non struktural seperti dinding partisi atau komponen-komponen arsitektur yang tidak menahan beban. Bahan bangunan ini juga dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan bata ringan. Menurut Anders (1989) dalam *Material of Construction* bata ringan memiliki kuat tekan sebesar 1 – 15 MPa.

4.6 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Mortar

Jumlah benda uji pada pengujian kuat tarik belah mortar sebanyak 30 benda uji silinder yang terdiri dari 10 variasi campuran bahan penyusun dengan 3 benda uji pada setiap variasi campuran. Benda uji diberikan perawatan berupa perendaman dalam air selama 28 hari untuk kemudian diuji menggunakan *Cement Compression Machine*, dengan kapasitas kuat tekan 250 kN dan ketelitian 0,5 kN.

Hasil pengujian kuat tekan mortar kemudian dijadikan masukan dalam hitungan dengan menggunakan persamaan (2.10) pada Sub Bab 2.13. Berikut adalah contoh perhitungan kuat tarik belah mortar umur 28 hari.

$$T = \frac{2P}{\pi l d}$$

$$= \frac{2 \times 80666,667}{\pi \times 202,167 \times 102,167} = 2,49 \text{ MP}$$

Dengan:

T, adalah kuat tarik mortar (MPa)

P, adalah beban hancur (N)

L, adalah panjang benda uji (mm)

D, adalah diameter benda uji (mm)

Tabel 4.14 Hasil uji kuat tarik belah mortar campuran 1 semen : 2 pasir
(+ % kertas) umur 28 hari

Benda Uji	No	L (mm)	Rata-Rata L (mm)	D (mm)	Rata-Rata D (mm)	P (N)	Rata-Rata P (N)	T (MPa)
0% Kertas	1	202	202,2	101,8	102,2	62000	80666,7	2,485
	2	201,5		101,2		64000		
	3	203		103,5		116000		
10% Kertas	1	198	199,7	100,5	101,4	22000	22500	0,707
	2	201,5		101		17500		
	3	199,5		102,8		28000		
15% Kertas	1	200,5	199,8	101	101,2	17500	15500	0,488
	2	200,5		101,5		15000		
	3	198,5		101		14000		
20% Kertas	1	200	199,9	100,8	100,8	13000	11833,3	0,373
	2	200,1		101,2		10500		
	3	199,8		100,5		12000		
25% Kertas	1	198	199,8	101	101,1	6000	5000	0,158
	2	201		102		3500		
	3	200,5		100,2		5500		

Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Pada campuran 1 Semen : 2 Pasir, nilai kuat tarik belah mortar tanpa campuran kertas (normal) sebesar 2,485 MPa. Nilai kuat tarik belah *papercrete* pasir dengan penambahan kertas 10%; 15%; 20%; dan 25% terhadap berat semen berturut-turut sebesar 0,707 MPa; 0,488 MPa; 0,373 MPa; dan 0,158 MPa. Nilai kuat tarik belah *papercrete* pasir lebih kecil dibandingkan dengan kuat tarik belah mortar normal. Kuat tarik belah *papercrete* juga cenderung berkurang seiring dengan penambahan kertas. Kuat tarik belah tertinggi *papercrete* pasir didapat pada penambahan kertas 10% terhadap berat semen, sedangkan kuat tekan terendah didapat pada penambahan kertas 25%.

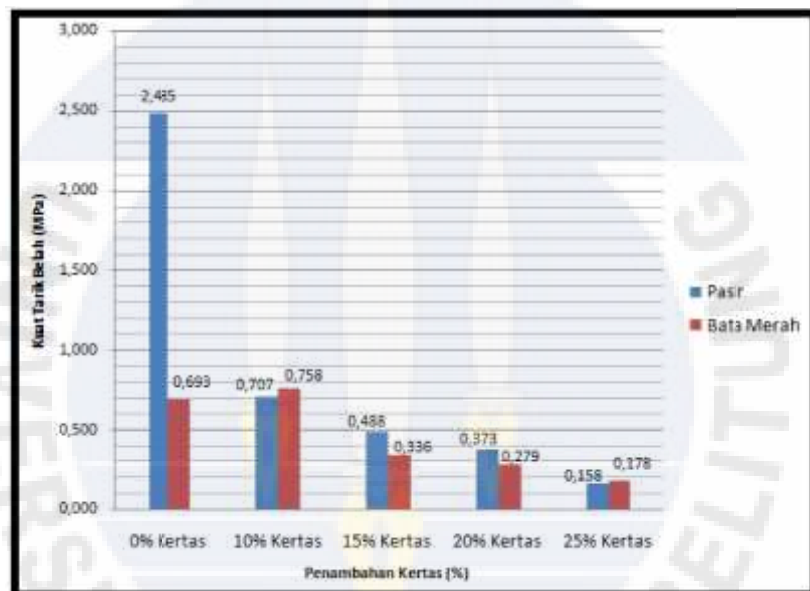
Tabel 4.15 Hasil uji kuat tarik belah mortar campuran 1 semen : 2 bata merah tumbuk (+ % kertas) umur 28 hari

Benda Uji	No	L (mm)	Rata-Rata L (mm)	D (mm)	Rata-Rata D (mm)	P (N)	Rata-Rata P (N)	T (MPa)
0% Kertas	1	203,1	203,5	103	102,3	20000	22666,7	0,693
	2	204,5		101,5		27000		
	3	203		102,5		21000		
10% Kertas	1	202,3	201,9	102,2	101,8	23500	24500	0,758
	2	202,1		101,8		25500		
	3	201,5		101,5		24500		
15% Kertas	1	199,8	200,2	101,5	100,8	10000	10666,7	0,336
	2	199,5		101		9500		
	3	201,2		100		12500		
20% Kertas	1	199	199,6	101	101,0	9500	8833,3	0,279
	2	200,2		100,8		9000		
	3	199,5		101,3		8000		
25% Kertas	1	201,8	201,1	102	100,8	6500	5666,7	0,178
	2	201,4		100		5500		
	3	200,2		100,5		5000		

Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Pada campuran 1 Semen : 2 Bata Merah Tumbuk, nilai kuat tarik belah mortar bata merah tanpa campuran kertas (normal) jauh lebih kecil dibanding dengan mortar agregat pasir, dengan nilai kuat tarik belah mortar sebesar 0,693 MPa. Nilai kuat tarik belah *papercrete* bata merah tumbuk dengan penambahan

kertas sebesar 10%; 15%; 20%; dan 25% terhadap berat semen berturut-turut sebesar 0,758 MPa; 0,336 MPa; 0,279 MPa; dan 0,178 MPa. Hasil pengujian kuat tarik belah *papercrete* bata merah tumbuk dengan penambahan kertas 10% memiliki nilai kuat tarik belah tertinggi, lebih tinggi dari kuat tarik belah mortar bata merah tumbuk tanpa campuran kertas. Pada penambahan kertas 15%, 20%, dan 25%, kuat tarik belah cenderung menurun. Kuat tarik belah tertinggi didapat pada penambahan kertas 10% terhadap berat semen, sedangkan kuat tekan terendah didapat pada penambahan kertas 25%.



Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Gambar 4.6 Perbandingan kuat tarik belah mortar umur 28 hari

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa kuat tarik belah mortar pasir jauh lebih tinggi dibandingkan mortar bata merah tumbuk. Kuat tarik belah *papercrete* bata merah tumbuk dengan penambahan kertas 15% dan 20% dari berat semen lebih kecil dibandingkan dengan kuat tarik belah *papercrete* pasir dengan penambahan kertas yang sama. Pada pengujian kuat tarik belah mortar, dapat disimpulkan bahwa penambahan kertas maupun penggantian agregat pasir dengan bata merah tumbuk tidak dapat memperbaiki kuat tarik belah atau ketahanan geser mortar normal. Hal ini disebabkan karena bata merah memiliki

sifat getas. Akan tetapi pada *papercrete* dengan penambahan kertas 10% dan 25% dari berat semen, kuat tarik belah *papercrete* bata merah tumbuk lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tarik belah *papercrete* pasir. Pada campuran dengan 10% kertas, kuat tarik belah *papercrete* dengan agregat halus bata merah tumbuk lebih tinggi dari kuat tarik belah mortar dengan agregat halus bata merah tumbuk. Hal ini membuktikan bahwa kertas dapat memperbaiki sifat getas dari bata merah walaupun peningkatan kuat tarik belahnya tidak banyak. Namun, seiring bertambahnya jumlah kertas pada variasi campuran *papercrete*, menunjukkan hasil dengan tren penurunan kuat tarik belah. Hal ini dikarenakan oleh sifat kertas koran yang mudah robek sehingga membuat kuat tarik belah *papercrete* menurun seiring dengan meningkatnya penambahan kertas.

4.7 Hasil Pengujian Penyerapan Air Mortar

Jumlah benda uji dalam pengujian ini sebanyak 30 benda uji kubus mortar dengan masing-masing 3 benda uji pada 10 variasi campuran bahan penyusun mortar. Pengujian dilakukan pada benda uji umur 28 hari. Pengujian dilakukan dengan mengeringkan benda uji kondisi SSD menggunakan oven selama 24 jam dengan suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ Hasil pengujian kemudian dijadikan masukan hitungan dalam rumus (2.11) pada Sub Bab 2.13. Berikut contoh perhitungan penyerapan air mortar.

$$\begin{aligned} \text{Serapan Air} &= \left(\frac{W_2 - W_1}{W_1} \right) \times 100\% \\ &= \left(\frac{296,5 - 268,5}{268,5} \right) \times 100\% = 10,44\% \end{aligned}$$

Dengan:

W1 = Berat benda uji kering oven

W2 = Berat benda uji kondisi SSD

Tabel 4.16 Hasil pengujian penyerapan air mortar campuran 1 semen : 2 pasir
(+ % kertas) umur 28 hari

Benda Uji	No.	W1 (gram)	Rata- Rata W1 (gram)	W2 (gram)	Rata- Rata W2 (gram)	Penyerapan Air (%)
0% Kertas	1	276,6	268,5	305,7	296,5	10,44
	2	258,2		284,8		
	3	270,6		299		
10% Kertas	1	170,8	175,9	221,8	229,3	30,33
	2	174,3		228,4		
	3	182,7		237,7		
15% Kertas	1	168,4	171,4	222,6	227,3	32,57
	2	173,6		229,4		
	3	172,3		229,8		
20% Kertas	1	151,9	157,1	207,6	213,9	36,18
	2	155,9		212,3		
	3	163,4		221,8		
25% Kertas	1	152,5	152,4	215,3	217,3	42,62
	2	151,3		219,1		
	3	153,3		217,5		

Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Pada campuran 1 Semen : 2 Pasir, nilai penyerapan air mortar tanpa campuran kertas (normal) sebesar 10,44%. Nilai penyerapan air mortar meningkat seiring dengan penambahan kertas. Penambahan kertas sebesar 10%; 15%; 20%; dan 25% terhadap berat semen menghasilkan nilai penyerapan air berturut-turut sebesar 30,33%; 32,57%; 36,18%; dan 42,62%.

Seiring penambahan kertas penyerapan air cenderung meningkat mengingat kemampuan kertas dalam menyerap air cukup tinggi. Akan tetapi dapat dilihat dari berat benda uji, terjadi penurunan berat benda uji seiring bertambahnya kertas, sehingga mortar atau *papercrete* yang dihasilkan menjadi lebih ringan.

Tabel 4.17 Hasil pengujian penyerapan air mortar campuran 1 semen : 2 bata merah tumbuk (+ % kertas) umur 28 hari

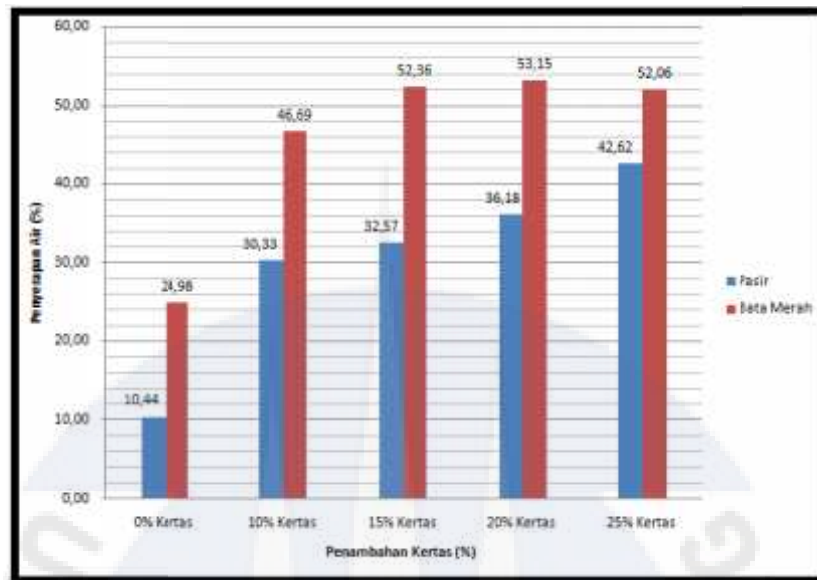
Benda Uji	No.	W1 (gram)	Rata- Rata W1 (gram)	W2 (gram)	Rata- Rata W2 (gram)	Penyerapan Air (%)
0% Kertas	1	214,6	212,0	269,2	264,9	24,98
	2	210,18		262,8		
	3	211,1		262,7		
10% Kertas	1	153	147,4	223,6	216,3	46,69
	2	143,3		209,8		
	3	146		215,4		
15% Kertas	1	143,5	142,7	217,9	217,5	52,36
	2	144		218,2		
	3	140,7		216,3		
20% Kertas	1	134,1	136,6	206	209,2	53,15
	2	142,2		215,3		
	3	133,5		206,3		
25% Kertas	1	132,4	134,3	202,5	204,3	52,06
	2	136,1		206,6		
	3	134,5		203,7		

Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Pada campuran 1 Semen : 2 Bata merah tumbuk, nilai penyerapan air mortar tanpa campuran kertas (normal) sebesar 24,98%. Nilai penyerapan air ini cukup besar mengingat daya serap air bahan batu bata merah yang tinggi. Penambahan kertas juga mengakibatkan penyerapan air mortar meningkat drastis. Penambahan kertas sebesar 10%; 15%; 20%; dan 25% terhadap berat semen menghasilkan nilai penyerapan air berturut-turut sebesar 46,69%; 52,36%; 53,15%; dan 52,06%. Seiring penambahan kertas penyerapan air cenderung meningkat.

Penggunaan agregat halus bata merah juga membuat penyerapan air mortar dan *papercrete* menjadi lebih besar jika dibandingkan dengan penggunaan agregat halus pasir, akan tetapi pengurangan berat benda uji yang dihasilkan lebih besar, sehingga dapat disimpulkan bahwa bata merah tumbuk menghasilkan

mortar dan *papercrete* yang lebih ringan dibandingkan dengan mortar dan *papercrete* dengan agregat halus pasir.



Sumber: Hasil Pengujian, 2020.

Gambar 4.7 Perbandingan nilai penyerapan air mortar umur 28 hari

Dari Gambar 4.7 diatas dapat dilihat secara jelas bahwa nilai penyerapan air campuran semen; bata merah tumbuk; kertas jauh lebih besar dibandingkan dengan campuran semen; pasir; kertas. Batu bata merah dan kertas yang memiliki daya serap air yang tinggi sangat berpengaruh terhadap peningkatan penyerapan air yang terjadi pada penelitian ini. Nilai penyerapan air tertinggi didapat pada campuran 1 semen : 2 bata merah tumbuk dengan penambahan 20% kertas terhadap berat semen, sebesar 53,15%.

Penambahan kertas serta penggantian agregat halus pasir dengan agregat halus bata merah tumbuk meningkatkan nilai penyerapan air mortar secara drastis. Tren kenaikan nilai penyerapan air dapat dilihat dengan jelas. Hal ini jelas disebabkan oleh sifat bahan kertas dan bata merah yang mampu menyerap air dalam jumlah yang besar dimana penyerapan air agregat halus pasir hanya sebesar 0,57%, sedangkan penyerapan air agregat halus bata merah tumbuk jauh lebih besar dengan nilai 9,026%.