

BAB IV

HASIL DAN ANALISI PENELITIAN

4.1 Hasil Uji Material

Sesuai dengan SNI 03-2847-2002 dalam menentukan standar agregat yang akan digunakan dalam penelitian ini perlu adanya pengujian agregat halus yang akan digunakan. Pada penelitian ini, pasir yang digunakan adalah pasir muntitan sebagai agregat halus yang memiliki ukuran gradasi maksimal 4.76 atau lolos saringan diameter 4.75 mm.

4.1.1 Uji Saringan

Dalam pengujian saringan adalah pengujian yang menggunakan alat *sieve shaker* yang digunakan satu set saringan yang memiliki tujuan untuk mengetahui distribusi besaran agregat atau mengetahui presentasi butiran agregat halus maupun agregat kasar. Syarat dalam pengujian ini adalah oasir hanya kehilangan agregat kurang dari 1% dari bobot total keseluruhan benda uji, berikut ini tabel 4.1 merupakan data yang diperoleh dari uji *sieve shaker*:

Tabel 4. 1 Hasil Analisis Gradasi Agregat Halus

ANALISIS GRADASI AGREGAT HALUS					
Berat Material = 1000 Gr					
Saringan		Berat Tertahan Di Saringan	Persen Berat Tertahan di Saringan	Persen Tertahan Kumulatif	Persen Lolos Kumulatif
NO.	Ukuran (mm)	Gr	%	%	%
		(1)	(2)	(3)	(4)
4	4,80	88,50	8,85	8,85	91,15
8	2,40	87,90	8,79	17,64	82,36
16	1,20	172,30	17,23	34,87	65,13

ANALISIS GRADASI AGREGAT HALUS					
Berat Material = 1000 Gr					
Saringan		Berat Tertahan Di Saringan	Persen Berat Tertahan di Saringan	Persen Tertahan Kumulatif	Persen Lolos Kumulatif
30	0,60	185,20	18,52	53,39	46,61
50	0,30	180,70	18,07	71,46	28,54
100	0,15	77,10	7,71	79,17	20,83
200	0,075	77,20	7,72	86,89	13,11
PAN		131,10	13,11	100,00	0,00
Total		1000,00	100	2,65	

Modulus Kehalusan:

$$FM = \frac{W - W_1}{W}$$

$$FM = \frac{1000 - 1000}{1000} \times 100\%$$

$$FM = 0\%$$

Berdasarkan data yang didapat, nilai modulus kehalusan sebesar 0% Nilai yang hilang dalam percobaan ini adalah 0%. Dari kedua hasil tersebut, pengujian *sieve shaker* dapat di simpulkan bahwan memenuhi SNI 03-1750-1990 modulus kehalusan dan memenuhi berat yang hilang saat percobaan ($0\% < 1\%$).

4.1.2 Uji Kadar Lumpur

Tujuan pada pemeriksaan ini adalah mengetahui kadar lumpur yang terdapat dalam agregat halus. Pada pengujian ini memiliki syarat yaitu kadar lumpur pada agregat halus kurang dari 5%. Hasil uji kadar lumpur ini dapat dilihat pada tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4. 2 Hasil Pemeriksaan Kandungan Lumpur

No.	Uraian	Satuan	Hasil
1.	Tinggi Pasir + Lumpur	Cc	134
2.	Tinggi Pasir	Cc	130
3.	Tinggi Lumpur	Cc	4

- Kandungan Lumpur = $\frac{4}{134} \times 100\%$
= 2,985%
- Kandungan Pasir Bersih = $\frac{130}{134} \times 100\%$
= 97%

Jadi, kandungan lumpur yang terdapat dalam pasir adalah 2,985%, sedang kandungan pasir bersih adalah 97% > 70% maka pasir aman digunakan.

4.1.3 Uji Penetapan Konsistensi Normal

Tujuan pada pemeriksaan ini adalah mengetahui kebutuhan air yang diperlukan dalam mencapai konsistensi normal pada semen. Hasil uji penetapan konsistensi normal ini dapat dilihat pada tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4. 3 Hasil Penetapan Konsistensi Normal Semen *Portland*

No.	Berat Semen (Gram)	Presentase Air (%)	Penurunan Jarum (mm)	Suhu (°C)	Keterangan
1.	300	26	3	28°	Merdeka Gresik
2.	300	27	10	28°	Merdeka Gresik
3.	300	28	24	28°	Merdeka Gresik

$$x = 27 + \frac{10-8}{24-8} = 27 + \frac{2}{16} = 27,125$$

Penetapan Konsistensi Normal = 27,125 %

Pada percobaan ini terjadi konsistensi normal sebesar 27,125% pada suhu 28°C, hal ini akan digunakan pada campuran 300 gram PC untuk mengetahui waktu uji ikat semen.

4.1.4 Uji Waktu Ikatan Semen

Pada pemeriksaan ini, memiliki tujuan yang mana mengetahui pengikatan permulaan dari semen yang digunakan, pada kali ini penguji menggunakan semen gresik. Hasil uji waktu ikatan semen ini dapat dilihat pada tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4. 4 Hasil Pemeriksaan Waktu Ikat Awal Semen *Portland*

No	Waktu Penurunan (Menit)	Penurunan Jarum (mm)				Suhu (°C)	Keterangan
		S0 %	S15 %	S20 %	S25 %		
1.	15	44	42	35	42	28°	Merdeka Gresik
2.	30	35	42	30	39	28°	Merdeka Gresik
3.	45	35	40	24	34	28°	Merdeka Gresik
4.	60	35	35	23	38	28°	Merdeka Gresik
5.	75	30	39	21	39	28°	Merdeka Gresik
6.	90	27	30	20	20	28°	Merdeka Gresik

Pada percobaan uji ikat awal semen ini, diperoleh pada 90 menit yang mana hal ini menunjukkan bahwa semen merdeka gresik memenuhi standart pengikatan awal.

4.1.5 Uji Berat Jenis

Pada pemeriksaan ini, memiliki tujuan untuk menentukan berat jenis agregat halus pada kondisi SSD dan berat jenis bahan substitusi yang digunakan. Pengujian berat jenis agregat halus dan tulang sapi diperlukan untuk perhitungan job mix design campuran. Hasil uji berat jenis ini dapat dilihat pada tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4. 5 Hasil Berat Jenis Agregat Halus

No.	Keterangan	Hasil
1.	Benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500
2.	Benda uji kering oven (BK)	484,0
3.	Berat <i>Picnometer</i> + Aquades (B)	568,8
4.	Berat <i>Picnometer</i> + Pasir SSD + Aquades (Bt)	773,5

Tabel 4. 6 Hasil Berat Jenis Tulang Sapi

No.	Keterangan	Hasil
1.	Benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	30
2.	Benda uji kering oven (BK)	28,2
3.	Berat <i>Picnometer</i> + Aquades (B)	134,5
4.	Berat <i>Picnometer</i> + Serbuk Tulang Sapi + Aquades (Bt)	143,5

Dari hasil 2 data pengujian pada tabel 4.5 dan 4.6 maka dari itu, berat jenis pasir dan serbuk tulang sapi di dapat dari rumus seperti berikut ini :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Pasir} &= \frac{BK}{((B+SSD)-Bt)} \\
 &= \frac{484,0}{((568,8+500)-773,5)} \\
 &= \frac{484,0}{295,3} \\
 &= 1,639 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Jenis Serbuk Tulang Sapi} &= \frac{BK}{((B+Serbuk)-Bt)} \\
 &= \frac{28,2}{((134,5+30)-143,5)}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{28,2}{21}$$

$$= 1,342 \text{ gram}$$

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh berat jenis pasir sebesar 1,639 gram dan diperoleh berat jenis serbuk tulang sapi sebesar 1,342 gram. Nilai ini menunjukkan bahwa pasir dan serbuk tulang sapi yang diuji memenuhi standar sebagai bahan bangunan yang baik, serta dapat digunakan dalam campuran beton atau mortar sesuai dengan ketentuan teknis yang berlaku.

4.2 Hasil Uji *Paving Block*

Paving block dengan substitusi bahan tulang sapi dan cacahan plastik ini memiliki volume total 1323 cm³ dengan rumus luas alas x tinggi. Bahan konvensional yang digunakan akan dihitung lalu dikurangi dengan bahan substitusi.

4.2.1 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pada *paving block* ini akan melakukan pengujian kuat tekan yang dilaksanakan pada umur *paving block* 7 hari dan akan dikonversi ke umur 28 hari. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Sipil Arsi Sekolah Vokasi menggunakan mesin *Compression Testing Machine*. Data yang diperoleh pada tabel tersebut merupakan konversi dari KN ke MPa, dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Mutu Paving} = \frac{\text{Hasil Kuat Tekan}}{\text{Luas Penampang}} \times 10$$

$$\text{Mutu Paving} = \text{MPa}$$

Contoh perhitungan :

$$\text{Mutu Paving} = \frac{370}{21 \times 10,5} \times 10$$

$$\text{Mutu Paving} = \frac{370}{220,5} \times 10$$

$$\text{Mutu Paving} = 16,78 \text{ MPa}$$

Berdasarkan hasil dari pengujian kuat tekan yang dilakukan pada *paving block* substitusi serbuk tulang sapi dan cacahan plastik PET.

Hasil uji kuat tekan pada umur 7 hari akan dilakukan konversi nilai kuat tekan pada umur 28 hari, untuk memperoleh gambaran hasil kuat tekan akhir *paving block* itu sendiri dengan menggunakan rumus sebagai berikut. Hasil uji kuat tekan ini dapat dilihat pada tabel 4.7 dan 4.8 di bawah ini.

$$f_{28} = \frac{f_7}{k}$$

Keterangan:

f_{28} : Kuat Tekan Umur 28 hari (Mpa)

f_7 : Kuat Tekan Umur 7 hari (Mpa)

k : Angka Konversi

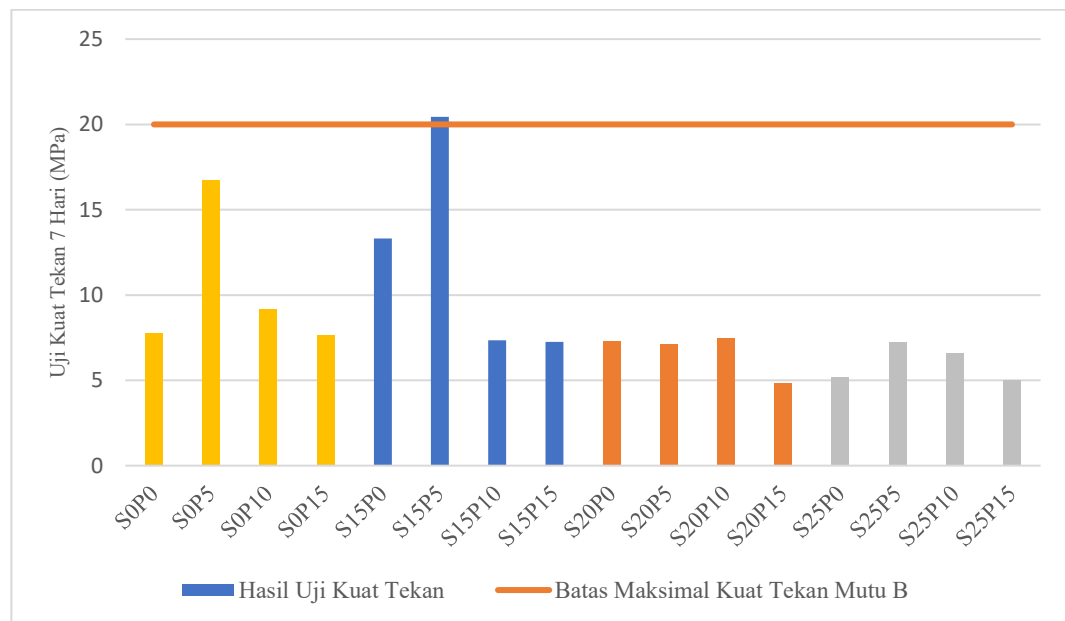
Tabel 4. 7 Data Uji Kuat Tekan *Paving Block* Umur 7 hari dan 28 hari

No.	Variasi	Sampel	Hasil Kuat Tekan (Kn)	Mutu <i>Paving Block</i> (MPa) 7 Hari	Mutu <i>Paving Block</i> (MPa) 28 Hari
1.	S0P0	Sampel 1	168	7,62	10,88
		Sampel 2	349	15,83	22,61
		Sampel 3	169	7,66	10,95
2.	S0P5	Sampel 1	404	18,32	26,17
		Sampel 2	343	15,56	22,22
		Sampel 3	361	16,37	23,39
3.	S0P10	Sampel 1	168	7,62	10,88
		Sampel 2	261	11,84	16,91
		Sampel 3	177	8,03	11,47
4.	S0P15	Sampel 1	145	6,58	9,39
		Sampel 2	149	6,76	9,65
		Sampel 3	212	9,61	13,74
5.	S15P0	Sampel 1	325	14,74	21,06
		Sampel 2	370	16,78	23,97
		Sampel 3	225	10,20	14,58
6.	S15P5	Sampel 1	453	20,54	29,35
		Sampel 2	430	19,50	27,86
		Sampel 3	470	21,32	30,45
7.	S15P10	Sampel 1	239	10,84	15,48
		Sampel 2	137	6,21	8,88
		Sampel 3	110	4,99	7,13
8.	S15P15	Sampel 1	174	7,89	11,27
		Sampel 2	173	7,85	11,21
		Sampel 3	133	6,03	8,62
		Sampel 1	209	9,48	13,54

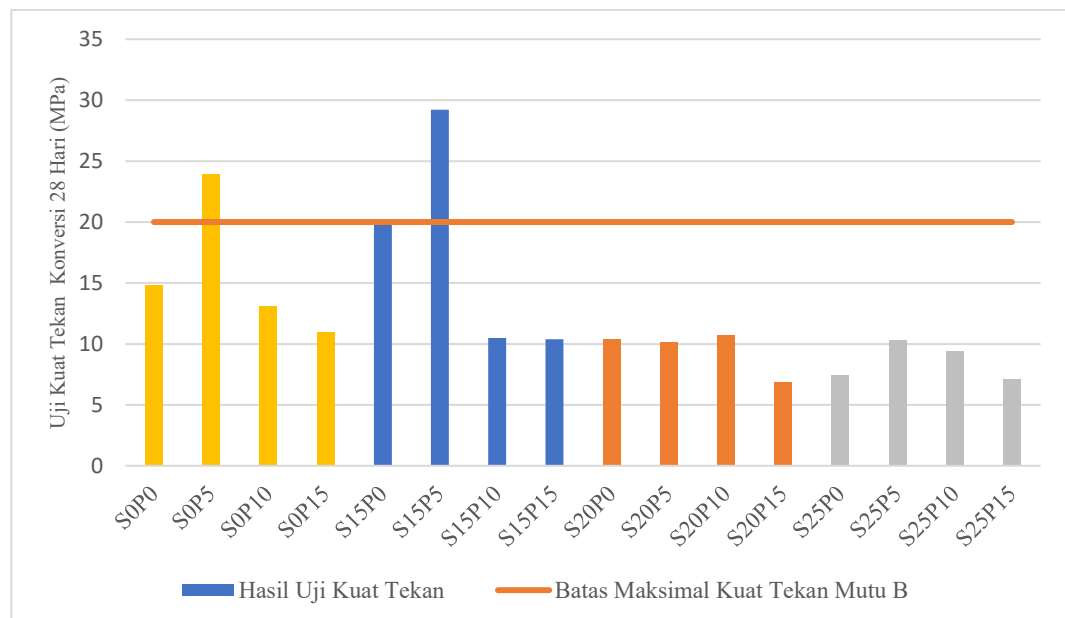
No.	Variasi	Sampel	Hasil Kuat Tekan (Kn)	Mutu <i>Paving Block</i> (MPa) 7 Hari	Mutu <i>Paving Block</i> (MPa) 28 Hari
9.	S20P0	Sampel 2	98	4,44	6,35
		Sampel 3	174	7,89	11,27
10.	S20P5	Sampel 1	184	8,34	11,92
		Sampel 2	158	7,17	10,24
		Sampel 3	129	5,85	8,36
11.	S20P10	Sampel 1	234	10,61	15,16
		Sampel 2	134	6,08	8,68
		Sampel 3	127	5,76	8,23
12.	S20P15	Sampel 1	117	5,31	7,58
		Sampel 2	106	4,81	6,87
		Sampel 3	96	4,35	6,22
13.	S25P0	Sampel 1	109	4,94	7,06
		Sampel 2	154	6,98	9,98
		Sampel 3	81	3,67	5,25
14.	S25P5	Sampel 1	201	9,12	13,02
		Sampel 2	130	5,90	8,42
		Sampel 3	147	6,67	9,52
15.	S25P10	Sampel 1	138	6,26	8,94
		Sampel 2	107	4,85	6,93
		Sampel 3	191	8,66	12,37
16.	S25P15	Sampel 1	121	5,49	7,84
		Sampel 2	121	5,49	7,84
		Sampel 3	88	3,99	5,70

Secara umum penambahan tulang sapi dan cacahan plastik PET di umur 7 hari mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 20,45 Mpa yang mana nilai kuat tekan meningkat sebesar 12,67 Mpa dari *paving block* konvensional di umur 7 hari. Sedangkan, *paving block* pada umur 28 hari dengan nilai konversi mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 29,22 Mpa pada variasi S15P5. Hal ini terjadi karena tulang sapi memiliki kandungan kalsium oksida yang membantu dalam proses hidrasi dan percepatan pengerasan pada beton dan meningkatkan nilai kuat tekan sebesar 12,67 Mpa dari *paving block* konvensional. Hal ini sesuai dengan penelitian lain yang dilakukan oleh Alfian, Andaryati, 2023 dan Abdulwahab dkk., 2025, yang menemukan bahwa serbuk tulang sapi dapat meningkatkan nilai kuat tekan karena kandungan kalsium oksidanya yang tinggi. Variasi S20P15 yang memiliki nilai kuat tekan pada umur 7 hari 4,82 Mpa, sedangkan nilai kuat tekan konversi pada umur 28 mendapatkan nilai kuat tekan sebesar

6,89 Mpa dimana variasi ini mengalami penurunan pada persentase lebih dari 15%. Pada penelitian ini, nilai kuat tekan ideal dicapai pada persentase 15% serbuk tulang sapi.



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan 7 Hari



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan Konversi 28 Hari

Jika disejajarkan dengan penelitian sebelumnya, hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan kuat tekan *paving block* yang lebih signifikan. Pada penelitian ini, *paving block* dengan campuran serbuk tulang sapi dan cacahan plastik PET menunjukkan nilai kuat tekan sebesar 20,45 MPa pada umur 7 hari, yang mengalami peningkatan sebesar 38,04% dibandingkan *paving block* konvensional. Pada umur 28 hari, nilai kuat tekan mencapai 29,22 MPa pada variasi optimal S15P5 (15% serbuk tulang sapi dan 5% cacahan plastik PET), dengan peningkatan sebesar 49,31%. Nilai ini lebih tinggi jika dipersandingkan dengan hasil penelitian oleh Alfian (2023), yang menggunakan limbah tulang sapi sebagai substitusi agregat halus. Dalam penelitiannya, nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada campuran tulang sapi 20% dengan nilai rata-rata sebesar 23,96 MPa. Selain itu, bila dikomparasikan dengan studi Amir (2016) yang menyelidiki pengaruh (PET) terhadap sifat fisik dan mekanik beton, penambahan plastik PET pada rasio 5% dan 10% mampu meningkatkan kuat tekan beton masing-masing sebesar 39% dan 7,6%, serta memperkuat kuat lentur beton. Substitusi tersebut juga memberikan efek terhadap deformabilitas beton yang lebih baik dan menurunkan elastisitasnya.

Berdasarkan perbandingan ini, dapat disimpulkan bahwa penggabungan dua jenis limbah, yaitu serbuk tulang sapi dan plastik PET, dalam campuran yang tepat dapat menghasilkan sinergi positif terhadap peningkatan kuat tekan dan karakteristik mekanik *paving block*, melebihi performa yang ditunjukkan oleh penelitian sebelumnya yang menggunakan satu jenis limbah. Perbedaan nilai kuat tekan antara kedua penelitian ini juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor lain, seperti komposisi campuran yang digunakan, karakteristik bahan limbah, metode pencampuran, dan prosedur curing yang digunakan. Namun demikian, kedua penelitian ini menunjukkan bahwa limbah tulang sapi berpotensi besar sebagai bahan alternatif dalam campuran *paving block* ramah lingkungan.

4.2.2 Pengujian Daya Resap Air

Pada uji daya resap air *paving block* dengan mutu b sesuai dengan SNI 03-0691-1996 memiliki ketentuan maksimal yaitu 6% yang mana *paving block* akan di rendam selama ± 24 jam, setelah direndam *paving block* ditimbang kembali

dalam keadaan basah. Setelah melakukan perendaman selama ± 24 jam selanjutnya *paving block* dimasukkan oven dengan suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam sampai berat *paving block* tahap terakhir memiliki selisih tidak lebih dari 0,2% dari penimbangan sebelumnya. Berikut ini adalah hasil dari resapan air pada *paving block*, dapat dilihat pada tabel 4.9 dan 4.10 :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = Berat *Paving Block* Basah

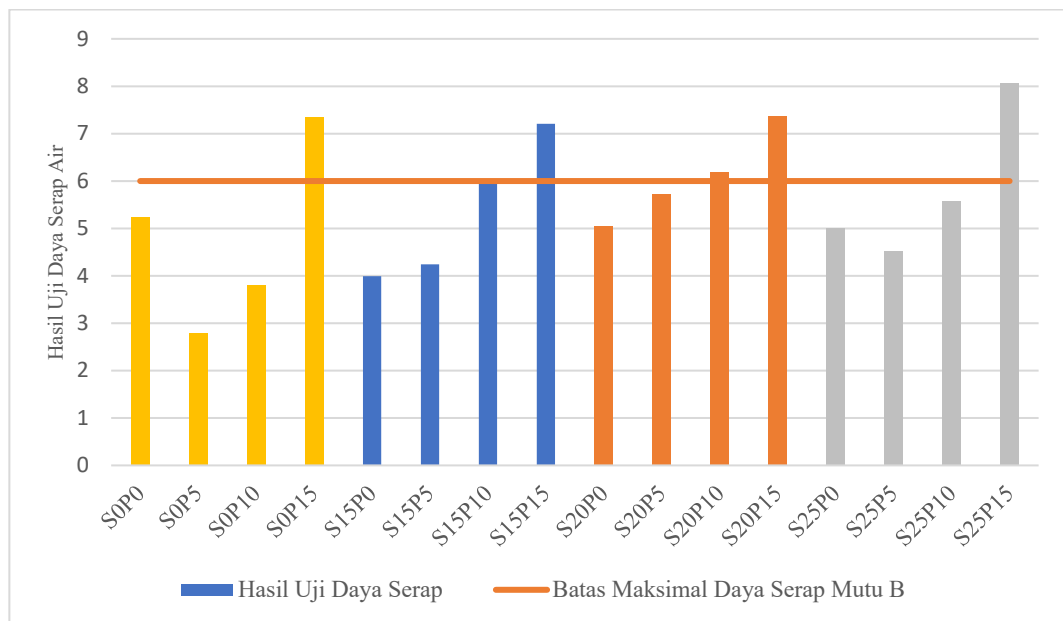
B = Berat *Paving Block* Kering

Tabel 4. 8 Data Hasil Daya Resap Air *Paving Block* Umur 7 Hari

No.	Variasi	Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Selisih (gr)	Resapan Air (%)	Rata – Rata
1.	S0P0	Sampel 1	2630	2480	150	6,05	5,23
		Sampel 2	2700	2610	90	3,45	
		Sampel 3	2655	2500	155	6,20	
2.	S0P5	Sampel 1	2750	2670	80	3,00	2,79
		Sampel 2	2685	2595	90	3,47	
		Sampel 3	2665	2615	50	1,91	
3.	S0P10	Sampel 1	2565	2460	105	4,27	3,81
		Sampel 2	2750	2650	100	3,77	
		Sampel 3	2750	2660	90	3,38	
4.	S0P15	Sampel 1	2550	2350	200	8,51	7,35
		Sampel 2	2595	2450	145	5,92	
		Sampel 3	2750	2555	195	7,63	
5.	S15P0	Sampel 1	2620	2485	135	5,43	3,99
		Sampel 2	2540	2475	65	2,63	
		Sampel 3	2660	2560	100	3,91	
6.	S15P5	Sampel 1	2545	2460	85	3,46	4,24
		Sampel 2	2595	2455	140	5,70	
		Sampel 3	2610	2520	90	3,57	
7.	S15P10	Sampel 1	2610	2505	105	4,19	5,94
		Sampel 2	2730	2540	190	7,48	
		Sampel 3	2505	2360	145	6,14	
8.	S15P15	Sampel 1	2565	2355	210	8,92	7,21
		Sampel 2	2495	2405	90	3,74	
		Sampel 3	2490	2285	205	8,97	
9.	S20P0	Sampel 1	2505	2390	115	4,81	5,05
		Sampel 2	2470	2330	140	6,01	

No.	Variasi	Sampel	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)	Selisih (gr)	Resapan Air (%)	Rata – Rata
		Sampel 3	2645	2535	110	4,34	
10.	S20P5	Sampel 1	2665	2530	135	5,34	5,73
		Sampel 2	2545	2445	100	4,09	
		Sampel 3	2640	2450	190	7,76	
		Sampel 3	2640	2450	190	7,76	
11.	S20P10	Sampel 1	2555	2515	40	1,59	6,18
		Sampel 2	2570	2420	150	6,20	
		Sampel 3	2630	2375	255	10,74	
		Sampel 3	2630	2375	255	10,74	
12.	S20P15	Sampel 1	2415	2215	200	9,03	7,37
		Sampel 2	2445	2300	145	6,30	
		Sampel 3	2445	2290	155	6,77	
		Sampel 3	2445	2290	155	6,77	
13.	S25P0	Sampel 1	2530	2375	155	6,53	5,00
		Sampel 2	2510	2415	95	3,93	
		Sampel 3	2415	2310	105	4,55	
		Sampel 3	2415	2310	105	4,55	
14.	S25P5	Sampel 1	2555	2450	105	4,29	4,58
		Sampel 2	2545	2440	105	4,30	
		Sampel 3	2535	2415	120	4,97	
		Sampel 3	2535	2415	120	4,97	
15.	S25P10	Sampel 1	2510	2390	120	5,02	5,58
		Sampel 2	2340	2200	140	6,36	
		Sampel 3	2355	2235	120	5,37	
		Sampel 3	2355	2235	120	5,37	
16.	S25P15	Sampel 1	2350	2165	185	8,55	8,06
		Sampel 2	2260	2115	145	6,86	
		Sampel 3	2165	1990	175	8,79	
		Sampel 3	2165	1990	175	8,79	

Pada uji daya serap, penambahan cacahan plastik PET dapat menurunkan daya serap *paving block* hingga sebesar 46,65% pada penampahan PET maksimum sebesar 5% pada variasi S0P5. Selain itu pada penambahan serbuk tulang sapi dapat mengurangi daya serap hingga 23,70% pada presentase optimum tulang sapi sebesar 15% pada variasi S15P0. Sedangkan untuk penambahan serbuk tulang sapi dan cacahan plastik PET dengan variasi S15P5 memperoleh nilai daya serap sebesar 4,24% yang mana nilai daya serap mengalami penurunan sebesar 18,92% dari *paving block* konvensional. Berikut ini diagram batang hasil daya serap *paving block* dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik Hasil Daya Serap

Berikut ini adalah hasil dari keseluruhan variasi *paving block* ramah lingkungan dengan serbuk tulang sapi dan cacahan plastik PET yang memenuhi atau tidak memenuhi standart SNI 03-1997-1990 :

Tabel 4. 9 Data Hasil Pengelompokan Mutu *Paving Block*

No.	Variasi	Sampel	Mutu <i>Paving Block</i> (MPa) 7 Hari	Mutu <i>Paving Block</i> (MPa) 28 Hari	Rata – Rata Mutu <i>Paving Block</i> (MPa) 28 Hari	Mutu <i>Paving Block</i>
1.	S0P0	Sampel 1	7,62	10,88	14,81	C
		Sampel 2	15,83	22,61		
		Sampel 3	7,66	10,95		
2.	S0P5	Sampel 1	18,32	26,17	23,93	B
		Sampel 2	15,56	22,22		
		Sampel 3	16,37	23,39		
3.	S0P10	Sampel 1	7,62	10,88	13,09	C
		Sampel 2	11,84	16,91		
		Sampel 3	8,03	11,47		
4.	S0P15	Sampel 1	6,58	9,39	10,93	D
		Sampel 2	6,76	9,65		
		Sampel 3	9,61	13,74		
5.	S15P0	Sampel 1	14,74	21,06	19,87	B
		Sampel 2	16,78	23,97		
		Sampel 3	10,20	14,58		
6.	S15P5	Sampel 1	20,54	29,35	29,22	B
		Sampel 2	19,50	27,86		

No.	Variasi	Sampel	Mutu <i>Paving Block</i> (MPa) 7 Hari	Mutu <i>Paving Block</i> (MPa) 28 Hari	Rata – Rata Mutu <i>Paving Block</i> (MPa) 28 Hari	Mutu <i>Paving Block</i>
		Sampel 3	21,32	30,45		
7.	S15P10	Sampel 1	10,84	15,48	10,50	D
		Sampel 2	6,21	8,88		
		Sampel 3	4,99	7,13		
8.	S15P15	Sampel 1	7,89	11,27	10,37	D
		Sampel 2	7,85	11,21		
		Sampel 3	6,03	8,62		
9.	S20P0	Sampel 1	9,48	13,54	10,39	D
		Sampel 2	4,44	6,35		
		Sampel 3	7,89	11,27		
10.	S20P5	Sampel 1	8,34	11,92	10,17	D
		Sampel 2	7,17	10,24		
		Sampel 3	5,85	8,36		
11.	S20P10	Sampel 1	10,61	15,16	10,69	D
		Sampel 2	6,08	8,68		
		Sampel 3	5,76	8,23		
12.	S20P15	Sampel 1	5,31	7,58	6,89	-
		Sampel 2	4,81	6,87		
		Sampel 3	4,35	6,22		
13.	S25P0	Sampel 1	4,94	7,06	7,43	-
		Sampel 2	6,98	9,98		
		Sampel 3	3,67	5,25		
14.	S25P5	Sampel 1	9,12	13,02	10,32	D
		Sampel 2	5,90	8,42		
		Sampel 3	6,67	9,52		
15.	S25P10	Sampel 1	6,26	8,94	9,42	D
		Sampel 2	4,85	6,93		
		Sampel 3	8,66	12,37		
16.	S25P15	Sampel 1	5,49	7,84	7,13	-
		Sampel 2	5,49	7,84		
		Sampel 3	3,99	5,70		

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dan daya serap *paving block* ramah lingkungan dengan menggunakan bahan substitusi serbuk tulang sapi dan cacahan plastik PET dapat disimpulkan bahwa penambahan serbuk tulang sapi dan cacahan plastik pada variasi S15P5 memenuhi mutu B sesuai dengan SNI 03-1997-1990 dengan nilai kuat tekan sebesar 29,22 Mpa dan daya serap dibawa 6% yaitu 4,24%. Namun pada variasi *paving block* yang menggunakan substitusi serbuk tulang sapi di atas 15% dan substitusi cacahan plastik PET di atas 5%

dapat menurunkan nilai kuat tekan secara signifikan serta meningkatkan nilai daya serap sehingga tidak memenuhi standar yang ditetapkan.

4.3 Uji Sifat Fisik

Berikut ini adalah hasil dari pengujian sifat fisik *paving block*, dari hasil yang didapat pengukuran dimensi *paving block* ini memenuhi standar yang ditetapkan sesuai dengan SNI 03-0691-1996 dengan panjang rata-rata yang didapat adalah 21 cm dan lebar yang didapat adalah 10,5 cm serta tinggi 6 cm. Dimensi *paving block* ini relatif sama antara sampel satu dengan lainnya, hal ini menunjukkan bahwa kualitas cetakan *paving block* yang digunakan memiliki kualitas yang baik. Selain adanya pengukuran dimensi.

Paving block juga dilakukan pengujian kerataan permukaan yaitu dengan dilakukan pengukuran menggunakan penggaris. Permukaan *paving block* yang memiliki kerataan yang baik adalah variasi S0P0, S0P5, S15P0, S15P5, S20P0, S20P5, S25P0, S25P5. Hal ini dapat disimpulkan bahwa *paving block* yang memiliki kerataan permukaan adalah *paving block* yang kandungan cacahan plastik tidak lebih dari 5%.

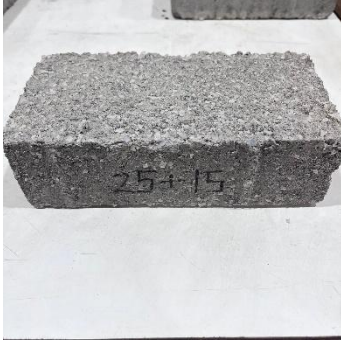
Tabel 4. 10 Tabel Hasil Uji Sifat Fisik

VARIASI	GAMBAR	HASIL		
		P (cm)	L (cm)	T (cm)
S0P0		21	10,5	6

VARIASI	GAMBAR	HASIL		
		P (cm)	L (cm)	T (cm)
S0P5		21	10,5	6
S0P10		21	10,5	6
S0P15		21	10,5	6
S15P0		21	10,5	6

VARIASI	GAMBAR	HASIL		
		P (cm)	L (cm)	T (cm)
S15P5	 A rectangular concrete block with a rough, grey surface. The top surface is slightly uneven. The front face has the handwritten text "15+5" in black ink.	21	10,5	6
S15P10	 A rectangular concrete block with a rough, grey surface. The top surface is slightly uneven. The front face has the handwritten text "15+10" in black ink.	21	10,5	6
S15P15	 A rectangular concrete block with a rough, grey surface. The top surface is slightly uneven. The front face has the handwritten text "15+15" in black ink.	21	10,5	6
S20P0	 A rectangular concrete block with a rough, grey surface. The top surface is slightly uneven. The front face has the handwritten text "20+0" in black ink.	21	10,5	6

VARIASI	GAMBAR	HASIL		
		P (cm)	L (cm)	T (cm)
S20P5		21	10,5	6
S20P10		21	10,5	6
S20P15		21	10,5	6
S25P0		21	10,5	6

VARIASI	GAMBAR	HASIL		
		P (cm)	L (cm)	T (cm)
S25P5		21	10,5	6
S25P10		21	10,5	6
S25P15		21	10,5	6

Pada data yang diperoleh pada Tabel 4.11 rata – rata panjang, lebar, dan tinggi *paving block* ramah lingkungan dengan bahas substitusi serbuk tulang sapi dan cacahan plastik yaitu 21 cm, 10,5 cm, dan 6 cm hal ini menunjukkan bahwa uji sifat fisik *paving block* memenuhi SNI 03-0691-1996.

4.4 Perhitungan Biaya

Pada pembuatan sampel *paving block* ini membutuhkan rencana biaya anggaran yang dilaksanakan dengan cara survey harga material di sekitar Semarang Timur.

Berdasarkan hasil survey dari ke – 3 suplier pada daerah Semarang Timur berikut ini adalah data hasil rata – rata harga material yang digunakan dalam penelitian *paving block* ramah lingkungan dengan bahan susbtitusi serbuk tulang sapi dan cacahan plastik. Pada penggunaan cacahan plastik PET didapat dari lingkungan sekitar dengan kondisi bersih tanpa noda, maka dari itu cacahan plastik tidak termasuk di dalam Rancangan Anggaran Biaya (RAB).

Tabel 4. 11 Tabel Perbandingan Harga Dengan Supplier Pada Daerah Semarang Timur

Material	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Rata - Rata
Semen	1.125	1.150	1.250	1.175
Pasir	266,66	308,33	366,66	313,88
Tulang Sapi	9.300			9.300

Tabel 4. 12 Tabel Hasil Survey Harga Satuan *Paving Block* Pada Daerah Semarang Timur

Material	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Rata - Rata
<i>Paving Block</i>	2.000	2.500	1.500	2.000

Berdasarkan hasil perhitungan biaya material *paving block* substitusi serbuk tulang sapi dan cacahan plastik per satuan *paving block* di dapat pada harga **Rp. 925,432** harga ini didapat lebih mahal Rp. 99,397 dari *paving block* konvensional. Namun, meskipun *paving block* inovasi lebih mahal sebesar Rp. 99,397 *paving block* inovasi ini memiliki kuat tekan lebih besar dan lebih kuat dibandingkan dengan *paving block* konvensional. Berikut ini adalah rincian biaya yang digunakan untuk pembuatan *paving block* ramah lingkungan dengan substitusi serbuk tulang sapi dan cacahan plastik PET:

Tabel 4. 13 Data Biaya Material Per *Paving Block* Variasi S0P0

Material	Qty (Gram)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Merdeka Gresik	413,43	1.175	485,780
Air	395,4235	100	39.542
Agregat Halus	1587,6	313,88	498.315
Total Biaya			1.023

Tabel 4. 14 Data Biaya Material Per *Paving Block* Variasi S0P5

Material	Qty (Gram)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Merdeka Gresik	413,43	1.175	485,780
Air	395,4235	100	39.542
Agregat Halus	1508,22	313,88	473.400

Total Biaya	998,723
--------------------	----------------

Tabel 4. 15 Data Biaya Material Per *Paving Block* Variasi S0P10

Material	Qty (Gram)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Merdeka Gresik	413,43	1.175	485,780
Air	395,4235	100	39.542
Agregat Halus	1428,84	313,88	448,484
Total Biaya			973,807

Tabel 4. 16 Data Biaya Material Per *Paving Block* Variasi S0P15

Material	Qty (Gram)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Merdeka Gresik	413,43	1.175	485,780
Air	395,4235	100	39.542
Agregat Halus	1349,46	313,88	423,569
Total Biaya			948,891

Tabel 4. 17 Data Biaya Material Per *Paving Block* Variasi S15P0

Material	Qty (Gram)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Merdeka Gresik	351,4155	1.175	412,91
Air	395,4235	100	39,542
Agregat Halus	1587,6	313,88	498,316
Serbuk Tulang Sapi	62,0145	9,300	577
Total Biaya			951,348

Tabel 4. 18 Data Biaya Material Per *Paving Block* Variasi S15P5

Material	Qty (Gram)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Merdeka Gresik	351,4155	1.175	412,91
Air	395,4235	100	39,542
Agregat Halus	1508,22	313,88	473,400
Serbuk Tulang Sapi	62,0145	9,300	577
Total Biaya			926,432

Tabel 4. 19 Data Biaya Material Per *Paving Block* Variasi S15P10

Material	Qty (Gram)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Merdeka Gresik	351,4155	1.175	412,91
Air	395,4235	100	39,542
Agregat Halus	1428,84	313,88	448,484
Serbuk Tulang Sapi	62,0145	9,300	577
Total Biaya			901,517

Tabel 4. 20 Data Biaya Material Per *Paving Block* Variasi S15P15

Material	Qty (Gram)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Merdeka Gresik	351,4155	1.175	412,91
Air	395,4235	100	39,542
Agregat Halus	1349,46	313,88	423,569
Serbuk Tulang Sapi	62,0145	9,300	577

Total Biaya	876,601
--------------------	----------------

Tabel 4. 21 Data Biaya Material Per *Paving Block* Variasi S20P0

Material	Qty (Gram)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Merdeka Gresik	330.744	1.175	388,624
Air	395.42	100	39,542
Agregat Halus	1587.6	313,88	498,316
Serbuk Tulang Sapi	82.686	9,300	769
Total Biaya			927,251

Tabel 4. 22 Data Biaya Material Per *Paving Block* Variasi S20P5

Material	Qty (Gram)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Merdeka Gresik	330.744	1.175	388,624
Air	395.42	100	39,542
Agregat Halus	1508.22	313,88	473,400
Serbuk Tulang Sapi	82.686	9,300	769
Total Biaya			902,336

Tabel 4. 23 Data Biaya Material Per *Paving Block* Variasi S20P10

Material	Qty (Gram)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Merdeka Gresik	330.744	1.175	388,624
Air	395.42	100	39,542
Agregat Halus	1428.84	313,88	448,484
Serbuk Tulang Sapi	82.686	9,300	769
Total Biaya			877,420

Tabel 4. 24 Data Biaya Material Per *Paving Block* Variasi S20P15

Material	Qty (Gram)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Merdeka Gresik	330.744	1.175	388,624
Air	395.42	100	39,542
Agregat Halus	1349.46	313,88	423,569
Serbuk Tulang Sapi	82.686	9,300	769
Total Biaya			852,504

Tabel 4. 25 Data Biaya Material Per *Paving Block* Variasi S25P0

Material	Qty (Gram)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Merdeka Gresik	310.0725	1.175	364,335
Air	395.42	100	39,542
Agregat Halus	1587.6	313,88	498,316
Serbuk Tulang Sapi	103.3575	9,300	961
Total Biaya			903,155

Tabel 4. 26 Data Biaya Material Per *Paving Block* Variasi S25P5

Material	Qty (Gram)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Merdeka Gresik	310.0725	1.175	364,335

Air	395.42	100	39,542
Agregat Halus	1508.22	313,88	473,400
Serbuk Tulang Sapi	103.3575	9,300	961
Total Biaya			878,239

Tabel 4. 27 Data Biaya Material Per *Paving Block* Variasi S25P10

Material	Qty (Gram)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Merdeka Gresik	310.0725	1.175	364,335
Air	395.42	100	39,542
Agregat Halus	1428.84	313,88	448,484
Serbuk Tulang Sapi	103.3575	9,300	961
Total Biaya			853,323

Tabel 4. 28 Data Biaya Material Per *Paving Block* Variasi S25P15

Material	Qty (Gram)	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
Semen Merdeka Gresik	310.0725	1.175	364,335
Air	395.42	100	39,542
Agregat Halus	1349.46	313,88	423,569
Serbuk Tulang Sapi	103.3575	9,300	961
Total Biaya			828,407