

BAB IV

HASIL PENELITIAN

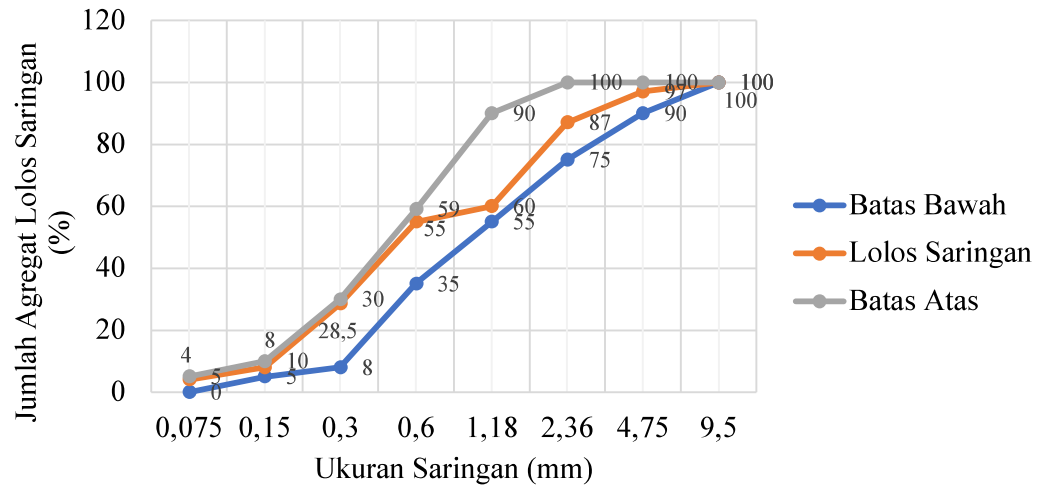
4.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

4.1.1 Uji Sieve Shaker

Tujuan dari pengujian agregat halus dengan menggunakan mesin sieve shaker ini adalah untuk mengetahui distribusi jumlah persentase agregat yang tertahan di tiap saringan. Pengujian ini dilakukan dengan saringan yang memiliki ukuran 9,5 mm; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,30 mm; 0,6 mm; 0,150 mm; 0,075 mm; dan PAN.

Tabel 4. 1 Hasil Uji Analisis Saringan Agregat Halus (Pasir)

Nomor Saringan	Berat	Persentase				
	Tertahan di Saringan (gr)	% Berat tertahan	% Kumulatif tertahan	% lolos saringan	Batas Bawah %	Batas Atas %
	(1)	$(2) = ((1)/W) \times 100\%$	(3)	$(4) = 100 - (3)$	(5)	(6)
No. 3/8	0	0	0	100	100	100
No. 4	30	3	3	97	90	100
No. 8	100	10	13	87	75	100
No. 16	270	27	40	60	55	90
No. 30	50	5	45	55	35	59
No. 50	265	26,5	71,5	28,5	8	30
No. 100	205	20,5	92	8	5	10
No. 200	40	4	96	4	0	5
PAN	3	3	99	1	0	0
BERAT TOTAL W1	990	99%				



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Uji Analisis Saringan Agregat Halus (Pasir)

Dari pengujian agregat halus didapatkan hasil data seperti pada **Tabel 4.1** dan dilakukan analisis dengan perhitungan:

Kehilangan = berat awal – berat akhir (Persamaan.3)

$$= 1000 - 990$$

$$= 10 \text{ gram}$$

$$\text{Persentase} = \frac{10}{1000} \times 100 \%$$

$$= 1 \% < 2 \% \text{ (OK)}$$

Modulus kehalusan (FM)

$$FM = \frac{\text{jumlah tertahan saringan di atas } 0,105 \text{ mm}}{100} \quad \text{(Persamaan.4)}$$

$$FM = \frac{0+3+13+40+45+71,5+90}{100}$$

$$FM = 2,625$$

Tabel 4. 2 Modulus Kehalusan

Jenis Pasir	Modulus Kehalusan
Sangat Kasar	3,7
Kasar	2,6 – 3,6
Sedang	1,9 – 2,5
Halus	1,5 – 2,0
Sangat Halus	1,1 – 1,6

Berdasarkan hasil uji *sieve shaker* dan berpedoman pada SNI 03-2843-2000 diperoleh hasil analisis sebagai berikut:

- a. Agregat diameter saringan 0,075 mm **memenuhi**
- b. Agregat diameter saringan 0,15 mm **memenuhi**
- c. Agregat diameter saringan 0,3 mm **memenuhi**
- d. Agregat diameter saringan 0,6 mm **memenuhi**
- e. Agregat diameter saringan 1,18 mm **memenuhi**
- f. Agregat diameter saringan 2,36 mm **memenuhi**
- g. Agregat diameter saringan 4,75 mm **memenuhi**
- h. Agregat diameter saringan 9,5 mm **memenuhi**

Berdasarkan hasil analisis pada uji sieve shaker, didapatkan persentase kehilangan berat agregat halus sebanyak 1% sehingga memenuhi persyaratan kehilangan berat yang diizinkan yaitu maksimal 2% dari berat agregat halus mula-mula. Merujuk pada batas atas dan batas bawah untuk total persen lolos saringan, agregat halus yang sesuai dan memenuhi syarat SNI untuk pembuatan batako adalah pasir yang lolos pada saringan dengan ukuran 0,075 mm sampai 4,80 mm atau pasir yang lolos saringan dengan ukuran dibawah 5 mm. Kemudian didapatkan juga nilai modulus kehalusan agregat halus sebesar 2,625 yang termasuk dalam jenis pasir kasar, jenis pasir kasar merupakan jenis pasir yang sesuai untuk digunakan dalam pembuatan batako. Berdasarkan pada SNI 03 - 1750 - 1990 modulus kehalusan agregat sebesar 1,5 hingga 3,8 sehingga agregat halus yang diuji dan digunakan dalam pembuatan benda uji ini telah memenuhi persyaratan agregat halus.

4.1.2 Uji Kadar Lumpur (Uji Kocokan)

Pengujian terhadap agregat halus berupa pasir dilakukan untuk mengetahui kandungan kadar lumpur pada pasir. Mengacu pada SNI S-04-1989-F, kandungan lumpur yang terdapat pada pasir diharuskan kurang dari 5% untuk dapat digunakan sebagai bahan campuran yang telah sesuai dengan ketentuan standar yang ada.

Tabel 4. 3 Hasil Kandungan Kadar Lumpur pada Agregat Halus

Material	Awal (ml)	Akhir (ml)
Pasir	130	127
Lumpur	0	3

- Kandungan Pasir Bersih = $\frac{127}{130} \times 100\%$
= 97,693%
- Kandungan Lumpur = $\frac{A}{B} \times 100\%$ (Persamaan.5)
= $\frac{3}{130} \times 100\%$
= 2,307% < 5% (OK)

Keterangan :

A = Tinggi Lumpur (ml)

B = Tinggi Pasir Awal (ml)

Berdasarkan data pada **Tabel 4.3** dilakukan perhitungan sehingga didapatkan kadar lumpur yang terkandung pada agregat halus berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan sebesar 2,307% dan lebih kecil dari syarat yang telah ditentukan. Maka, didapatkan kesimpulan bahwa pasir telah memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai bahan utama dari benda uji batako yang dibuat.

4.1.3 Pemeriksaan Waktu Ikat Semen

Pengujian waktu ikat semen berdasar pada SNI 2049-2015 yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan semen hingga mengeras. Pengujian waktu ikat semen akan dilakukan melalui pengujian pada 2 variasi yaitu variasi A semen normal tanpa substitusi dan variasi B semen dengan substitusi cangkang kerang 5%.

Tabel 4. 4 Waktu Ikat Semen

Variasi	Penurunan ke-1 (mm)	Penurunan ke-2 (mm)	Penurunan ke-3 (mm)	Penurunan ke-4 (mm)	Penurunan ke-5 (mm)
A	42	40	34	29	25
B	39	35	31	25	20

Keterangan :

Penurunan ke-1 terjadi pada menit pertama

Penurunan ke-2 hingga ke-5 terjadi pada kelipatan 15 menit setelahnya

Diperoleh hasil pengujian waktu ikat semen didapatkan waktu ikat pada variasi B semen dengan substitusi cangkang kerang 5% lebih cepat dibandingkan dengan waktu ikat variasi B yaitu semen normal tanpa substitusi. Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa semen dengan substitusi cangkang kerang memiliki kemampuan ikat yang lebih baik.

Pengikatan awal semen dapat dihitung saat penetrasi jarum vicat mencapai 25 mm dengan rumus perhitungan pengikatan awal semen sebagai berikut:

$$\text{Pengikatan awal (menit)} = a + \frac{x-25}{x-y} \times (b - a) \quad (\text{Persamaan.6})$$

Keterangan :

a : waktu sebelum penetrasi terakhir (menit)

b : waktu penetrasi terakhir (menit)

x : penurunan jarum sebelum penetrasi terakhir (mm)

y : penurunan jarum jam terakhir (mm)

Perhitungan nilai pengikatan awal semen tiap variasi didapatkan sebagai berikut:

1. Pengikatan awal variasi A

$$\begin{aligned} \text{Pengikatan awal (menit)} &= 45 + \frac{29-25}{29-25} \times (60-45) \\ &= 60 \text{ menit} \geq 45 \text{ menit (Memenuhi)} \end{aligned}$$

2. Pengikatan awal variasi B

$$\begin{aligned} \text{Pengikatan awal (menit)} &= 30 + \frac{31-25}{31-25} \times (45-30) \\ &= 45 \text{ menit} \geq 45 \text{ menit (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2049-1015 diketahui syarat awal ikat semen melalui pengukuran memakai alat vicat yaitu minimum srebesar 45 menit. Sehingga berdasarkan perhitungan pengikatan awal tiap variasi memenuhi syarat untuk waktu pengikatan awal semen.

4.2 Hasil Pengujian Benda Uji Batako

4.2.1 Uji Kuat Tekan

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 didapatkan nilai kekuatan tekan minimal batako pejal sebesar 21 kg/cm². Pengujian kekuatan tekan dilakukan ketika benda uji telah mencapai umur 14 hari dengan 3 sampel benda uji pada tiap variasinya dan dilaksanakan pada Laboratorium Bahan Bangunan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro menggunakan *compression testing machine*. Hasil dari kuat tekan tersebut nantinya akan dikonversi menjadi umur 28 hari. Konversi umur kuat tekan batako dapat diasumsikan menggunakan angka konversi bata ringan pada Tabel 4.3 karena batako termasuk dalam kategori beton ringan.

Tabel 4. 5 Angka Konversi Bata Ringan

Umur Beton (Hari)	Angka Konversi
3	0,40
7	0,65
14	0,88
21	0,95
28	1,00

(Sumber : PBI-1971)

Uji kuat tekan bertujuan untuk mengetahui kemampuan batako menahan beban maksimum sebelum mengalami keretakan. Salah satu indikator penting dalam uji kuat tekan adalah bentuk fisik retakan yang muncul setelah beban maksimum tercapai. Menurut penelitian Hermanto et al., (2014) batako tanpa tambahan serat mengalami keretakan lebih cepat dan tidak terarah saat pengujian tekan. Hal tersebut juga terjadi pada penelitian ini bahwa pada batako normal bentuk fisik yang terjadi setelah pengujian kuat tekan adalah bentuk batako menjadi patah atau langsung membelah batako menjadi dua bagian atau lebih, retakan terjadi dari bawah hingga atas permukaan benda uji, dan lebar ukuran retakan >5mm dan dapat dilihat secara visual. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin lebar ukuran retakan batako maka semakin rendah daya dukung batako tersebut. Sedangkan pada batako variasi dengan campuran serbuk cangkang kerang dan serat *polypropylene*

menghasilkan retakan seperti retak halus, retak tidak menjalar dari atas ke bawah dan tidak membelah benda uji, lebar retakan berukuran $<5\text{mm}$ retakan lebih kecil bahkan sulit dilihat secara visual. Hal ini sesuai dengan penelitian (Syamsuddin, 2019) bahwa luas retakan menurun karena pengisian pori-pori oleh bahan substitusi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa batako variasi dengan campuran serbuk cangkang kerang dan serat *polypropylene* menunjukkan ketahanan fisik yang lebih baik terhadap retak.



Gambar 4. 2 Retak Batako Normal



Gambar 4. 3 Retak Batako Variasi Campuran Cangkang Kerang dan Serat *Polypropylene*

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Kuat Tekan

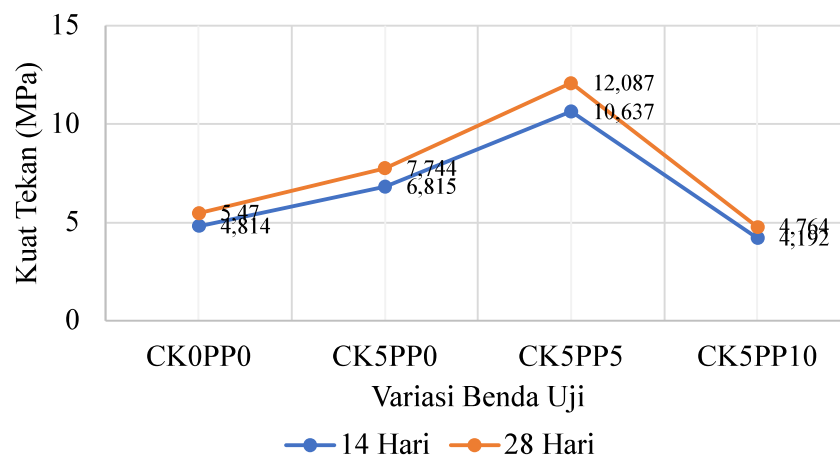
Variasi	Sampel	Kuat Tekan (14 Hari) (Mpa)	Kuat Tekan (Konversi 28 Hari) (Mpa)	Rata-rata 28 Hari (MPa)	Rata-rata 28 Hari (kg/cm ²)	SNI 03-0349-1989
CK0PP0	1	5,022	5,707	5,470	55,778	Tidak Memenuhi
	2	4,666	5,302			
	3	4,755	5,403			

Variasi	Sampel	Kuat Tekan (14 Hari) (Mpa)	Kuat Tekan (Konversi 28 Hari) (Mpa)	Rata-rata 28 Hari (MPa)	Rata-rata 28 Hari (kg/cm ²)	SNI 03-0349-1989
CK5PP0	1	6,978	7,929	7,744	78,967	Tidak Memenuhi
	2	7,111	8,081			
	3	6,355	7,222			
CK5PP5	1	11,511	13,081	12,087	123,253	Memenuhi
	2	10,933	12,424			
	3	9,466	10,756			
CK5PP10	1	4,177	4,747	4,764	48,579	Tidak Memenuhi
	2	4,222	4,797			
	3	4,177	4,747			

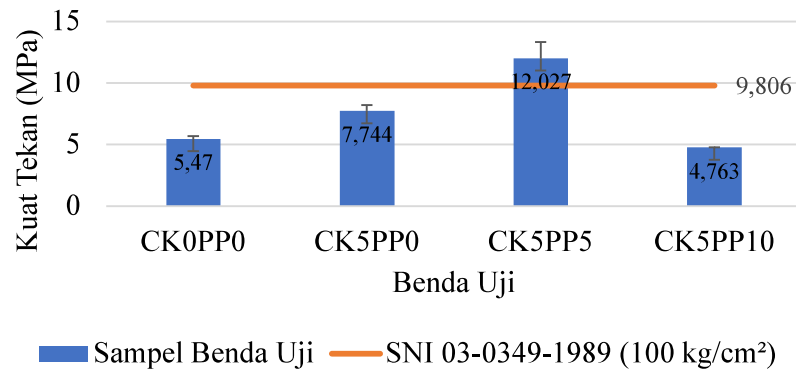
Keterangan :

CK = Cangkang Kerang Darah

PP = Serat *Polypropylene*



Gambar 4. 4 Grafik Hasil Kuat Tekan



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Kuat Tekan Pervariasi

Berdasarkan **Tabel 4.4** diperoleh hasil dari uji kekuatan tekan sampel batako yang berumur 14 hari dan dikonversi menggunakan koefisien konversi seperti pada **Tabel 4.3** menjadi hasil kekuatan tekan optimal pada umur 28 hari didapatkan nilai kekuatan tekan rata-rata variasi batako konvensional atau batako normal adalah sebesar 55,778 kg/cm², variasi batako dengan campuran cangkang kerang 5% sebesar 78,967 kg/cm², variasi batako campuran cangkang kerang 5% dan serat *polypropylene* 5% sebesar 123,253 kg/cm², dan variasi campuran cangkang kerang 5% dan serat *polypropylene* 10% sebesar 48,579 kg/cm². Hal ini dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi benda uji telah memenuhi syarat kuat tekan berdasarkan SNI 03-0349-1989, dengan hasil kekuatan tekan optimum pada variasi batako yang menggunakan campuran cangkang kerang 5% dan serat *polypropylene* 5% sebesar 123,253 kg/cm², sedangkan nilai kuat tekan terendah ditunjukkan pada variasi batako dengan campuran cangkang kerang 5% dan serat *polypropylene* 10% sebesar 48,579 kg/cm². Berdasarkan **Gambar 4.2** diperoleh hasil kekuatan tekan optimum berada pada batako variasi dengan campuran cangkang kerang 5% dan *polypropylene* 5% masuk dalam klasifikasi batako dengan mutu tingkat I berdasarkan SNI 03-0349-1989 dengan kekuatan tekan rata-rata minimal sebesar 100 kg/cm², sehingga batako tersebut mampu menahan beban dan digunakan sebagai material konstruksi yang tidak terlindung atap. Untuk variasi lain yang meliputi CK0PP0 dan CK5PP10 dapat dikategorikan dalam batako mutu tingkat III dengan rata-rata kekuatan tekan minimum sebesar 40 kg/cm². Sedangkan batako pada variasi CK5PP5 dapat diklasifikasikan sebagai batako mutu tingkat II dengan rata-rata kekuatan tekan minimum sebesar 70 kg/cm².

Pada benda uji dengan variasi CK5PP0 yang mana variasi ini merupakan variasi dengan substitusi cangkang kerang sebanyak 5% mengalami peningkatan kuat tekan sebanyak 41,6% dibanding dengan variasi CK0PP0 yang merupakan benda uji tanpa campuran cangkang kerang dan serat *polypropylene*. Peningkatan kuat tekan disebabkan karena adanya penggunaan serbuk cangkang kerang sebagai bahan substitusi semen, kandungan silika pada cangkang kerang mampu meningkatkan kandungan silika yang terdapat dalam semen pada batas optimum sehingga pada variasi CK5PP5 lebih banyak mengandung silika dibanding dengan variasi CK0PP0 sehingga terjadi peningkatan kuat tekan. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yaitu substitusi sebanyak 5% serbuk cangkang kerang menghasilkan kuat tekan optimum (Arbi, 2015). Pada variasi benda uji CK5PP5 didapatkan peningkatan kuat tekan sebesar 121% lebih tinggi daripada variasi normal CK0PP0, sehingga variasi ini dapat menjadi komposisi optimum yang disebabkan oleh penambahan 5% serbuk cangkang kerang dan serat *polypropylene* dalam jumlah tidak sebanyak variasi lainnya yaitu 5%. Peningkatan kuat tekan optimum ini dikarenakan serat *polypropylene* berpengaruh juga dalam meningkatkan kuat tekan dan berfungsi meningkatkan ikatan antar partikel dalam campuran, terutama jika distribusinya homogen. Penambahan 5% serat *polypropylene* ini tidak mengganggu ikatan semen-agregat secara signifikan dan justru dapat membantu mendistribusikan tegangan sehingga kuat tekan yang didapatkan optimum. Hal ini juga sesuai dengan penelitian (Saputra et al., 2023) penambahan serat *polypropylene* memperbaiki daya ikat matriks beton sehingga dapat mengurangi adanya keretakan. Sedangkan pada benda uji CK5PP10 dimana benda uji tersebut merupakan benda uji dengan campuran variasi cangkang kerang 5% dan serat *polypropylene* 10% didapatkan hasil pengujian kekuatan tekan mengalami penurunan kuat tekan sebanyak 13% dibandingkan dengan variasi normal CK0PP0, hal ini disebabkan karena persentase penambahan serat *polypropylene* yang lebih tinggi dari benda uji sebelumnya yaitu sebesar 10%. Kuat tekan yang menurun pada variasi penambahan serat *polypropylene* sebanyak 10% disebabkan oleh rendahnya daya rekat material semen dan agregat akibat penambahan serat sehingga menghasilkan kuat tekan yang rendah. Kandungan serat *polypropylene* yang tinggi sebagai bahan substitusi dapat mengurangi jumlah

agregat halus yang berperan dalam ikatan struktural, sehingga kekuatan tekan menurun. Hal ini terjadi juga pada penelitian terdahulu, yaitu semakin besar penambahan serat *polypropylene* maka akan semakin menurunkan berat dan kekuatan tekan pada benda uji akibat benda uji yang kurang padat akibat terlalu banyak serat (Deshandy, 2020).

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dengan adanya penggunaan campuran serbuk cangkang kerang dan serat *polypropylene* sebagai bahan substitusi pada pembuatan benda uji berupa batako mampu meningkatkan kekuatan tekan. Persentase optimal kekuatan tekan batako yang dihasilkan pada variasi CK5PP5 yaitu dengan substitusi serbuk cangkang kerang sebanyak 5% dan substitusi serat *polypropylene* sebanyak 5%.

4.2.2 Uji Daya Penyerapan Air

Pengujian daya penyerapan air memiliki tujuan untuk mengetahui persentase kadar air yang diserap oleh benda uji. Pengujian daya penyerapan air dilakukan ketika benda uji telah berumur 14 hari. Keseluruhan sampel yang diuji berjumlah 12 buah sampel dengan 3 sampel tiap variasinya. Pengujian dilakukan dengan merendam benda uji selama 24 jam kemudian dilakukan perhitungan perbandingan antara berat benda uji pada kondisi basah dan saat kondisi benda uji kering. Perhitungan daya penyerapan air dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Penyerapan Batako} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (\text{Persamaan.7})$$

Keterangan:

A = Berat benda uji basah (kg)

B = Berat benda uji kering (kg)

Tabel 4. 7 Hasil Uji Daya Serap Air

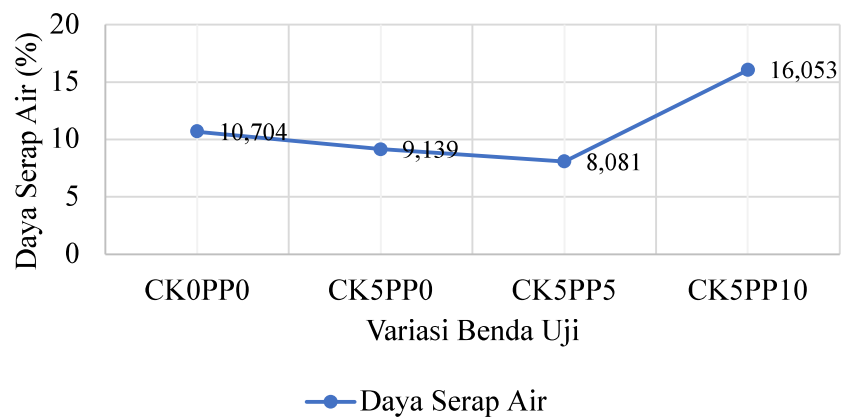
Variasi	Sampel	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata (%)	Keterangan
CK0PP0	1	6,755	6,080	11,102	10,704	Memenuhi
	2	6,605	6,000	10,083		
	3	6,750	6,085	10,928		

Variasi	Sampel	Berat Basah (kg)	Berat Kering (kg)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata (%)	Keterangan
CK5PP0	1	6,725	6,165	9,084	9,139	Memenuhi
	2	6,630	6,080	9,046		
	3	6,765	6,190	9,289		
CK5PP5	1	6,470	5,980	8,194	8,081	Memenuhi
	2	6,430	5,955	7,976		
	3	6,250	5,945	8,074		
CK5PP10	1	6,080	5,200	16,923	16,053	Memenuhi
	2	6,130	5,320	15,225		
	3	6,050	5,215	16,012		

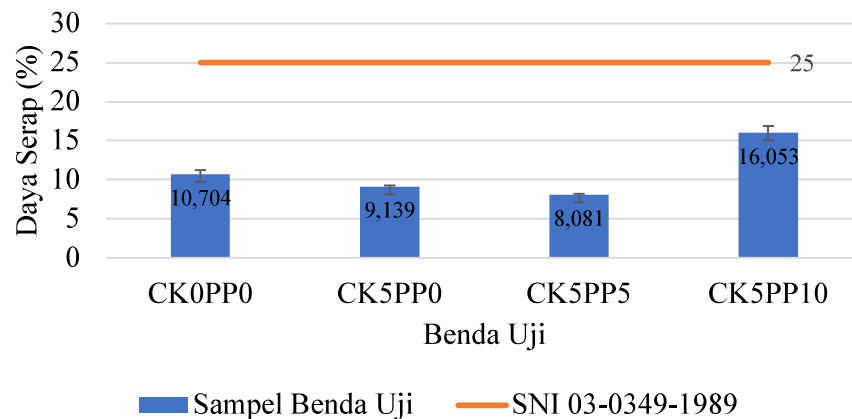
Keterangan :

CK = Cangkang Kerang Darah

PP = Serat *Polypropylene*



Gambar 4. 6 Grafik Hasil Daya Serap Air



Gambar 4. 7 Grafik Hasil Daya Serap Air Pervariasi

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada **Tabel 4.5** untuk mengetahui kemampuan daya penyerapan air batako, grafik pada **Gambar 4.4** menunjukkan hasil berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap batako berumur 14 hari. Penyerapan pada benda uji batako variasi CK0PP0 diperoleh hasil 10,704%. Sedangkan daya penyerapan air pada variasi CK5PP0 dan CK5PP5 mengalami penurunan pada persentase sebesar 9,139% dan 8,081%. Namun terjadi peningkatan kembali pada daya serap benda uji yang cukup signifikan pada variasi CK5PP10 sebesar 16,053%. Sehingga didapatkan kemampuan daya penyerapan air optimum terdapat pada benda uji dengan variasi CK5PP5 sebesar 8,081%. Adapun pada variasi CK5PP10 yang telah dilakukan pengujian, didapatkan hasil bahwa benda uji mengalami daya penyerapan air paling tinggi yaitu sebesar 16,053%, yang juga menunjukkan bahwa variasi tersebut mendapatkan hasil yang tidak optimum. Berdasarkan hasil yang telah didapatkan, dapat disimpulkan seluruh variasi meliputi CK0PP0, CK5PP0, CK5PP5, CK5PP10 memenuhi persyaratan maksimal daya serap batako untuk mutu tingkat I yang mengacu pada SNI 03-0349-1989 yaitu dibawah 25%.

Pada benda uji dengan variasi CK5PP0 yang merupakan variasi dengan substitusi cangkang kerang sebanyak 5% mengalami penurunan daya serap air sebanyak 15% dibanding dengan benda uji variasi normal dikarenakan partikel cangkang kerang yang berbentuk serbuk halus dapat mengisi celah atau rongga kecil pada campuran material. Hal ini sesuai dengan penelitian David (2019) penambahan cangkang kerang mampu menurunkan daya serap air karena semakin kecil atau semakin

sedikit pori pada benda uji maka semakin kecil pula ruang bagi air untuk masuk dan terserap pada benda uji. Pada variasi CK5PP5 daya serap air mengalami penurunan sebanyak 25% dibanding dengan variasi benda uji normal, hal ini dikarenakan adanya penambahan serat polypropylene sebanyak 5%, penambahan serat ini menutup rongga-rongga kecil atau memperbaiki distribusi partikel halus membentuk struktur benda uji menjadi lebih padat dan rapat sehingga daya serap airnya menurun (Syafiarti, 2015). Sedangkan pada benda uji CK5PP10 dimana sampel tersebut merupakan benda uji dengan campuran variasi cangkang kerang 5% dan serat *polypropylene* 10% didapatkan hasil pengujian mengalami peningkatan daya penyerapan air yang signifikan sebanyak 50% dibandingkan dengan variasi normal. Hal ini dikarenakan ketika semakin banyak serat yang ditambahkan maka akan semakin banyak celah atau rongga pada benda uji yang berakibat pada semakin banyaknya air yang terserap dan tertahan pada benda uji. Pada penelitian terdahulu juga didapatkan bahwa semakin besar penggunaan serat *polypropylene* sebagai bahan substitusi pengganti pasir maka nilai daya penyerapan yang dihasilkan akan semakin besar (Syefringga, 2020).

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dengan adanya penggunaan campuran serbuk cangkang kerang darah dan serat *polypropylene* sebagai bahan substitusi dalam membuat benda uji berupa batako mampu menurunkan daya penyerapan air. Persentase daya penyerapan air terendah dihasilkan pada variasi CK5PP5 yaitu dengan substitusi serbuk cangkang kerang darah sebanyak 5% dan substitusi serat *polypropylene* sebanyak 5%.

4.2.3 Uji Densitas (Massa Jenis)

Setiap benda memiliki densitas atau yang biasa disebut dengan kerapatan yang juga merupakan kemampuan dari benda tersebut untuk mengisi kekosongan ruang yang ada di dalamnya. Untuk mendapatkan densitas pada sampel batako yang digunakan sebagai benda uji, dilakukan perhitungan terhadap perbandingan antara massa benda dengan volumenya. Pengujian dilakukan pada 4 variasi batako meliputi CK0PP0, CK5PP0, CK5PP5, dan CK5PP10 dengan 3 sampel untuk setiap variasi yang sudah mencapai umur 14 hari. Berdasarkan SNI 03-2847-2002 batako ringan

memiliki densitas $<1900 \text{ kg/m}^3$, batako ringan didefinisikan sebagai batako yang dibuat dengan menambah agregat ringan untuk mengurangi berat batako.

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{Persamaan.8})$$

Keterangan:

m = Massa benda uji batako (kg)

V = Volume benda uji (m^3)

Tabel 4. 8 Hasil Uji Densitas

Variasi	Sampel	Massa (kg)	Volume (m^3)	Densitas (kg/m^3)	Rata-rata (kg/m^3)
CK0PP0	1	6,080	0,003375	1801,48	1794,07
	2	6,000	0,003375	1777,78	
	3	6,085	0,003375	1802,96	
CK5PP0	1	6,165	0,003375	1826,67	1820,74
	2	6,190	0,003375	1834,07	
	3	6,080	0,003375	1801,48	
CK5PP5	1	5,980	0,003375	1771,85	1765,92
	2	5,955	0,003375	1764,44	
	3	5,945	0,003375	1761,48	
CK5PP10	1	5,200	0,003375	1540,74	1554,07
	2	5,320	0,003375	1576,29	
	3	5,215	0,003375	1545,19	

Tabel 4. 9 Rekapitulasi Hasil Uji Densitas

Variasi	Rata-rata (kg/m ³)	SNI 03-2847-2002 (kg/m ³)	Keterangan
CK0PP0	1794,07	<1900	Memenuhi
CK5PP0	1820,74	<1900	Memenuhi
CK5PP5	1765,92	<1900	Memenuhi
CK5PP10	1554,07	<1900	Memenuhi

Berdasarkan hasil pengujian massa jenis (densitas) pada **Tabel 4.8** diketahui bahwa hasil nilai optimum pada benda uji variasi campuran cangkang kerang 5% dengan hasil sebesar 1820,74 kg/m³, dan mengalami penurunan pada variasi dengan penambahan serat polypropylene sebesar 5% dan 10% masing-masing sebesar 1765,92 kg/m³ dan 1554,07 kg/m³. Pada benda uji dengan variasi CK5PP0 mengalami peningkatan densitas akibat adanya campuran serbuk cangkang kerang sebanyak 5% dari jumlah semen, hal ini menyebabkan densitas benda uji meningkat karena massa jenis serbuk cangkang kerang lebih besar daripada massa jenis semen. Selain itu, tekstur serbuk cangkang kerang yang halus dan padat juga mampu mengisi rongga yang ada dalam campuran sehingga menghasilkan benda uji dengan struktur yang lebih rapat dan volume yang lebih besar. Sedangkan pada variasi benda uji CK5PP5 dan CK5PP10 densitas benda uji mengalami penurunan yang signifikan dibanding dengan benda uji CK0PP0 tanpa campuran serbuk cangkang kerang dan serat *polypropylene*. Penurunan densitas ini disebabkan karena adanya penambahan campuran serat *polypropylene* sebagai material substitusi pasir. Pada **Tabel 4.9** rekapitulasi hasil pengujian densitas didapatkan penurunan yang signifikan pada batako inovasi dengan penambahan serat *polypropylene*, hal ini dikarenakan berat jenis dari serat *polypropylene* sendiri lebih kecil dibanding dengan berat jenis pasir sehingga mengurangi massa total butiran padat yang menyebabkan pembentukan rongga pada benda uji sehingga menghasilkan benda uji dengan struktur yang lebih ringan dibanding dengan benda

uji tanpa campuran serat *polypropylene*. Batako ringan merupakan batako yang dalam proses pembuatannya menggunakan campuran agregat ringan, Berdasarkan SNI 03-2847-2002 batako ringan memiliki densitas $<1900 \text{ kg/m}^3$, sehingga batako konvensional dan batako dengan campuran cangkang kerang dan serat *polypropylene* telah memenuhi persyaratan tersebut.

4.3 Analisis Perhitungan Perbandingan Biaya Produksi

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan komposisi variasi campuran terbaik yang dapat digunakan pada inovasi batako pejal adalah *mix design* CK5PP5. Sesuai dengan tujuan penelitian yaitu menghasilkan batako pejal dengan biaya produksi yang lebih ekonomis namun mampu menghasilkan kekuatan tekan tinggi dan daya penyerapan air yang rendah dibanding batako konvensional, maka dilakukan perhitungan rencana biaya produksi dengan ukuran 30 x 15 x 10 cm dan berdasarkan harga satuan Kota Semarang sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Rencana Biaya Produksi Variasi CK0PP0

Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
Semen	2,025	kg	Rp 1.400	Rp 2.835
Pasir	5,4	kg	Rp 256	Rp 1.382,4
Air	0,709	liter	Rp 215	Rp 152,43
Total Biaya				Rp 4.369,83

Tabel 4. 11 Rencana Biaya Produksi Variasi CK5PP0

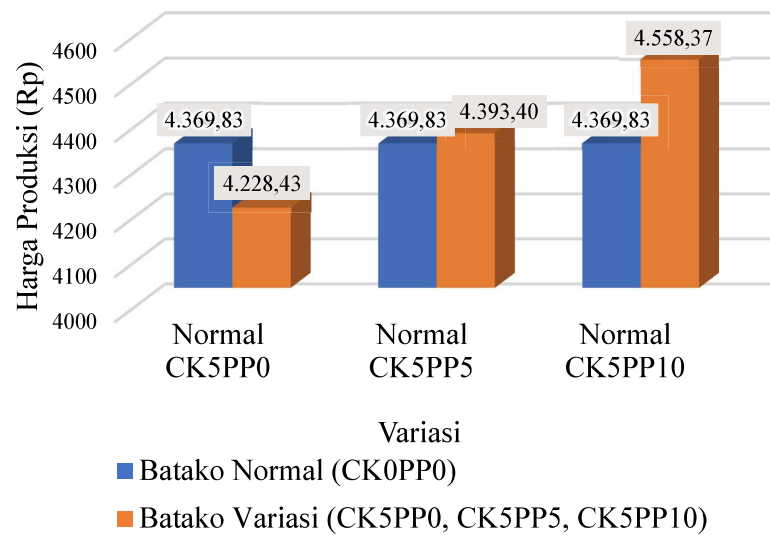
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
Semen	1,924	kg	Rp 1.400	Rp 2.693,6
Pasir	5,4	kg	Rp 256	Rp 1.382,4
Air	0,709	liter	Rp 215	Rp 152,43
CK	0,101	kg	Rp 0	Rp 0
PP	0	kg	Rp 867	Rp 0
Total Biaya				Rp 4.228,43

Tabel 4. 12 Rencana Biaya Produksi Variasi CK5PP5

Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
Semen	1,924	kg	Rp 1.400	Rp 2.693,6
Pasir	5,13	kg	Rp 256	Rp 1.313,28
Air	0,709	liter	Rp 215	Rp 152,43
CK	0,101	kg	Rp 0	Rp 0
PP	0,27	kg	Rp 867	Rp 234,09
Total Biaya				Rp 4.393,40

Tabel 4. 13 Rencana Biaya Produksi Variasi CK5PP10

Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
Semen	1,924	kg	Rp 1.400	Rp 2.693,6
Pasir	4,86	kg	Rp 256	Rp 1.244,16
Air	0,709	liter	Rp 215	Rp 152,43
CK	0,101	kg	Rp 0	Rp 0
PP	0,54	kg	Rp 886700	Rp 468,18
Total Biaya				Rp 4.558,37



Gambar 4. 8 Perbandingan Biaya

Berdasarkan perbandingan rencana biaya produksi yang berpedoman pada Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Kota Semarang Tahun 2025, seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4.10**, **Tabel 4.11**, **Tabel 4.12**, dan **Tabel 4.13** diperoleh harga terendah dihasilkan oleh batako konvensional, namun pada batako inovasi dengan campuran cangkang kerang 5% dan serat polypropylene 5% yang mana merupakan batako inovasi variasi terbaik didapatkan selisih harga lebih besar senilai Rp 23,57 namun pada variasi ini mampu menghasilkan batako dengan mutu yang lebih baik dengan kekuatan tekan yang tinggi serta daya penyerapan air rendah dibanding batako konvensional. Sehingga adanya perbedaan harga tersebut sebanding dengan kualitas dari batako yang dihasilkan. Hal ini disebabkan lebih mahalnya material substitusi serat *polypropylene* terhadap pasir sehingga kebutuhan biaya yang dihasilkan lebih besar dibanding dengan batako konvensional. Dalam proses perhitungan biaya produksi batako, biaya yang digunakan hanya meliputi bahan baku utama campuran batako seperti semen, air, dan pasir, dimana perhitungan yang dilakukan tidak termasuk proses pengolahan serat *polypropylene* dan cangkang kerang darah yang digunakan sebagai bahan substitusi hingga siap digunakan.

4.4 Rekapitulasi Hasil Penelitian

Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap benda uji yang telah dibuat, berikut merupakan hasil yang diperoleh:

1. Pengujian kekuatan benda uji batako pada variasi CK0PP0, CK5PP0, CK5PP5, dan CK5PP10 pada umur 14 hari yang telah dikonversi kedalam umur benda uji 28 hari mendapatkan rata-rata hasil kekuatan tekan sebesar 55,878 kg/cm² ; 78,967 kg/cm² ; 123,253 kg/cm² ; dan 48,579 kg/cm². Dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi benda uji telah memenuhi persyaratan kuat tekan yang telah ditentukan dalam SNI 03-0349-1989, dengan kekuatan tekan terbesar dimiliki oleh variasi CK5PP5 sebesar 123,253 kg/cm².
2. Berdasarkan hasil pengujian daya penyerapan air batako yang dilakukan pada seluruh variasi sampel batako yang meliputi CK0PP0, CK5PP0, CK5PP5, dan CK5PP10 diperoleh hasil daya penyerapan air dengan rata-rata dalam persentase sebesar 10,704% ; 9,139% ; 8,081% ; dan 16,053%. Daya serap air terkecil dimiliki oleh variasi CK5PP5 dengan 8,081%, sedangkan kemampuan daya serap air paling tinggi dimiliki oleh variasi CK5PP10 yaitu sebesar 16,053%. Berdasarkan hal ini, disimpulkan bahwa variasi CK0PP0, CK5PP0, CK5PP5, dan CK5PP10 telah memenuhi daya penyerapan air untuk mutu batako tingkat I karena dibawah nilai rata-rata maksimum sebesar 25%.
3. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terhadap benda uji batako untuk variasi CK0PP0, CK5PP0, CK5PP5, dan CK5PP10 didapatkan hasil berupa densitas dengan sebesar 1794,07 kg/m³ ; 1820,74 kg/m³ ; 1765,92 kg/m³ ; dan 1554,07 kg/m³ pada masing-masing dari tiap variasinya. Dapat ditarik kesimpulan bahwa seluruh variasi yang meliputi CK0PP0, CK5PP0, CK5PP5, dan CK5PP10 memiliki densitas atau massa jenis benda uji yang telah memenuhi syarat mengacu pada SNI 03-2847-2002 batako ringan dengan densitas kurang dari 1900 kg/m³, dimana batako yang telah memenuhi persyaratan tersebut layak digunakan sebagai material bangunan.
4. Benda uji dengan hasil yang paling optimum terdapat pada variasi CK5PP5 dengan substitusi cangkang kerang darah pada pasir sebanyak 5% dan penambahan serat *polypropylene* pada semen sejumlah 5%. Benda uji pada variasi ini memiliki kuat tekan sebesar 123,253 kg/cm² dengan kemampuan

daya penyerapan air pada persentase sebesar 8,081%, dimana hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa benda uji pada variasi CK5PP5 memenuhi persyaratan mengacu pada SNI 03-0349-1989 yang dapat diklasifikasikan kedalam batako mutu tingkat I dengan kekuatan tekan minimum sebesar 100 kg/cm² dan rata-rata daya penyerapan air maksimum sebesar 25%. Sedangkan untuk densitas dari benda uji pada variasi ini diperoleh sebesar 1765,92 kg/m³. Berpedoman pada SNI 03-2847-2002, batako ini dikategorikan sebagai batako ringan dengan densitas <1900 kg/m³ yang juga telah memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai material bangunan.

5. Berdasarkan analisis harga produksi batako, harga produksi untuk satu buah batako pada setiap variasinya adalah Rp 4.369,83 untuk variasi CK0PP0, Rp 4.228,43 untuk variasi CK5PP0, Rp 4.393,40 untuk variasi CK5PP5, dan Rp 4.558,37 untuk variasi CK5PP10. Didapatkan kesimpulan bahwa harga produksi mengalami sedikit peningkatan seiring bertambahnya penggunaan serat *polypropylene* sebagai bahan substitusi. Namun pada variasi CK5PP5 adanya peningkatan harga sebesar Rp 23,57 sebanding dengan hasil dari batako yang dibuat karena memiliki kekuatan tekan tinggi, daya penyerapan yang rendah, dan ramah lingkungan.
6. Pengujian pada sifat fisik batako yang meliputi kekuatan tekan, daya penyerapan air, dan densitas saling memiliki keterkaitan satu sama lain yang berpengaruh pada kualitas batako secara keseluruhan. Batako dengan densitas yang tinggi umumnya memiliki ikatan antar partikel yang lebih padat, sehingga mampu menahan kekuatan tekan yang juga lebih besar serta dapat meminimalisir penyerapan air yang dimiliki oleh batako. Sebaliknya, batako dengan densitas yang rendah memiliki rongga atau pori-pori yang lebih banyak sehingga mampu menyerap lebih banyak air yang nantinya akan berakibat pada kelembaban batako. Selain itu, adanya rongga yang lebih besar pada batako menunjukkan bahwa ikatan antar partikelnya lebih lemah, yang juga berakibat pada menurunnya kemampuan batako dalam menerima beban.