

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Bab ini menguraikan hasil penelitian yang mencakup perhitungan persentase bahan campuran, tahapan pembuatan, serta pengujian terhadap benda uji. Selain itu, dibahas pula analisis terkait komposisi campuran yang paling optimal, nilai kuat tekan, daya serap batu bata merah, serta estimasi biaya yang dibutuhkan dalam proses produksi dan pengolahan limbah.

4.2.1 Pengolahan Limbah Bonggol Jagung

Pada penelitian ini menggunakan bonggol jagung yang berasal dari petani di daerah Ungaran, Kabupaten Semarang. Bonggol jagung yang sudah bersih dan dikeringkan dibakar manual hingga menghasilkan abu bonggol jagung, kemudian disaring menggunakan saringan no. 16 (1,18 mm). Pada penelitian ini digunakan persentase abu bonggol jagung sebesar 3%, 4%, dan 5%.

4.2.2 Pengolahan Limbah Cangkang Kerang Darah

Pada Penelitian ini menggunakan cangkang kerang darah yang diperoleh dari rumah makan *seafood* di Tembalang, Kota Semarang. Cangkang kerang darah yang telah dibersihkan, kemudian dioven hingga tidak ada kandungan air yang tersisa. Cangkang kerang darah yang sudah kering dimasukkan ke dalam alat *furnace* dengan suhu 600° C selama 30 menit agar cangkang kerang darah mudah dihaluskan. Lalu, cangkang kerang darah yang sudah dihaluskan menjadi serbuk disaring menggunakan saringan no. 200 (0,075 mm). Pada penelitian ini digunakan persentase serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan tambah sebanyak 5%.

4.2 Perhitungan Persentase Bahan Campuran

Sebanyak 7 variasi campuran batu bata merah digunakan dalam penelitian ini, dan setiap variasi diuji menggunakan 3 sampel. Persentase komposisi untuk masing-masing variasi sebagai berikut:

1. Variasi 1 (Batu Bata Merah Konvensional)

Variasi 1 dengan bahan tanah liat 95% dan sekam padi 5% dengan air yang digunakan sebanyak 0,3 L. Berat total benda uji dalam keadaan basah adalah 2,3 kg.

- a. Tanah liat $= 95\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 2,185 \text{ kg}$
- b. Sekam padi $= 5\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 0,115 \text{ kg}$
- c. Air $= 0,3 \text{ L}$

2. Variasi 2

Variasi 2 dengan bahan tanah liat 95%, sekam padi 2%, dan abu bonggol jagung 3% dengan air yang digunakan sebanyak 0,3 L. Berat total benda uji dalam keadaan basah adalah 2,3 kg.

- a. Tanah liat $= 95\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 2,185 \text{ kg}$
- b. Sekam padi $= 2\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 0,046 \text{ kg}$
- c. Abu bonggol jagung $= 3\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 0,069 \text{ kg}$
- d. Air $= 0,3 \text{ L}$

3. Variasi 3

Variasi 3 dengan bahan tanah liat 95%, sekam padi 2%, abu bonggol jagung 3%, dan serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan tambah 5% dengan air yang digunakan sebanyak 0,3 L. Berat total benda uji dalam keadaan basah adalah 2,3 kg.

- a. Tanah liat $= 95\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 2,185 \text{ kg}$
- b. Sekam padi $= 2\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 0,046 \text{ kg}$
- c. Abu bonggol jagung $= 3\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 0,069 \text{ kg}$
- d. Serbuk Cangkang kerang Darah $= 5\% \times 2,3 \text{ kg}$

(bahan tambah)

$$= 0,115 \text{ kg}$$

e. Air

$$= 0,3 \text{ L}$$

4. Variasi 4

Variasi 4 dengan bahan tanah liat 95%, sekam padi 1%, dan abu bonggol jagung 4% dengan air yang digunakan sebanyak 0,3 L. Berat total benda uji dalam keadaan basah adalah 2,3 kg.

a. Tanah liat $= 95\% \times 2,3 \text{ kg}$

$$= 2,185 \text{ kg}$$

b. Sekam padi $= 1\% \times 2,3 \text{ kg}$

$$= 0,023 \text{ kg}$$

c. Abu bonggol jagung $= 4\% \times 2,3 \text{ kg}$

$$= 0,092 \text{ kg}$$

d. Air $= 0,3 \text{ L}$

5. Variasi 5

Variasi 5 dengan bahan tanah liat 95%, sekam padi 1%, abu bonggol jagung 4%, dan serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan tambah 5% dengan air yang digunakan sebanyak 0,3 L. Berat total benda uji dalam keadaan basah adalah 2,3 kg.

a. Tanah liat $= 95\% \times 2,3 \text{ kg}$

$$= 2,185 \text{ kg}$$

b. Sekam padi $= 1\% \times 2,3 \text{ kg}$

$$= 0,023 \text{ kg}$$

c. Abu bonggol jagung $= 4\% \times 2,3 \text{ kg}$

$$= 0,092 \text{ kg}$$

d. Serbuk Cangkang kerang Darah $= 5\% \times 2,3 \text{ kg}$

(bahan tambah) $= 0,115 \text{ kg}$

e. Air

$$= 0,3 \text{ L}$$

6. Variasi 6

Variasi 6 dengan bahan tanah liat 95% dan abu bonggol jagung 5% dengan air yang digunakan sebanyak 0,3 L. Berat total benda uji dalam keadaan basah adalah 2,3 kg.

- a. Tanah liat $= 95\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 2,185 \text{ kg}$
- b. Abu bonggol jagung $= 5\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 0,115 \text{ kg}$
- c. Air $= 0,3 \text{ L}$

7. Variasi 7

Variasi 7 dengan bahan tanah liat 95, abu bonggol jagung 5%, dan serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan tambah 5% dengan air yang digunakan sebanyak 0,3 L. Berat total benda uji dalam keadaan basah adalah 2,3 kg.

- a. Tanah liat $= 95\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 2,185 \text{ kg}$
- b. Abu bonggol jagung $= 5\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 0,115 \text{ kg}$
- c. Serbuk Cangkang kerang Darah $= 5\% \times 2,3 \text{ kg}$
(bahan tambah) $= 0,115 \text{ kg}$
- d. Air $= 0,3 \text{ L}$

Tabel 4. 1 *Job mix design*

No.	Benda Uji	Perbandingan Bahan				Bahan Tambah an	Jumlah sample
		Bahan Campuran					
		Tanah Liat (kg)	Sekam Padi (kg)	Abu Bonggol Jagung (kg)	Air (L)	Serbuk Cangkang Kerang (kg)	
1	Variasi 1 (batu bata merah konvensional)	2,185	0,115	-	0,3	-	3
2	Variasi 2	2,185	0,046	0,069	0,3	-	3
3	Variasi 3	2,185	0,046	0,069	0,3	0,115	3

No.	Benda Uji	Perbandingan Bahan				Bahan Tambahan	Jumlah sample
		Bahan Campuran					
		Tanah Liat (kg)	Sekam Padi (kg)	Abu Bonggol Jagung (kg)	Air (L)	Serbuk Cangkang Kerang (kg)	
4	Variasi 4	2,185	0,023	0,092	0,3	-	3
5	Variasi 5	2,185	0,023	0,092	0,3	0,115	3
6	Variasi 6	2,185	-	0,115	0,3	-	3
7	Variasi 5	2,185	-	0,115	0,3	0,115	3

4.4 Analisa Hasil Pengujian Material

Pengujian material berpedoman pada SNI-15-2094-2000 yaitu Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding. Adapun pengujian yang dilakukan adalah pengujian sifat tampak dan ukuran, densitas (kerapatan), daya serap air, dan kuat tekan batu bata merah.

4.4.1 Sifat Tampak dan Ukuran

Berikut merupakan ukuran dan toleransi batu bata merah berdasarkan SNI-15-2094-2000:

Tabel 4. 2 Sifat tampak dan ukuran batu bata

Variasi	Kode Variasi	Ukuran	Standar SNI	Keterangan	Dokumentasi
V1	A	22 x 9,5 x 4,5	Tabel 2.1 (M6-a)	Panjang: memenuhi Lebar: memenuhi Tinggi: tidak memenuhi	
	B	22 x 9,5 x 4,5			Gambar 4. 1 Batu Bata Variasi 1
	C	22 x 9,5 x 4,5			
V2	A	22 x 9,5 x 4,5			
	B	22 x 9,5 x 4,5			Gambar 4. 2 Batu Bata Variasi 2
	C	22 x 9,5 x 4,5			

Variasi	Kode Variasi	Ukuran	Standar SNI	Keterangan	Dokumentasi
V3	A	22 x 9,5 x 4,5			 Gambar 4. 3 Batu Bata Variasi 3
	B	22 x 9,5 x 4,5			 Gambar 4. 4 Batu Bata Variasi 4
	C	22 x 9,5 x 4,5			
V4	A	22 x 9,5 x 4,5			 Gambar 4. 5 Batu Bata Variasi 5
	B	22 x 9,5 x 4,5			
	C	22 x 9,5 x 4,5			
V5	A	22 x 9,5 x 4,5			 Gambar 4. 6 Batu Bata Variasi 6
	B	22 x 9,5 x 4,5			
	C	22 x 9,5 x 4,5			
V6	A	22 x 9,5 x 4,5			 Gambar 4. 7 Batu Bata Variasi 7
	B	22 x 9,5 x 4,5			
	C	22 x 9,5 x 4,5			
V7	A	22 x 9,5 x 4,5			
	B	22 x 9,5 x 4,5			
	C	22 x 9,5 x 4,5			

Menurut SNI-15-2094-2000 batu bata merah yang baik adalah berbentuk balok segi empat dengan setiap rusuknya berbentuk siku, memiliki permukaan datar dan

tidak ada retakan. Seluruh variasi pada inovasi batu bata yang menggunakan campuran abu bonggol jagung dan serbuk cangkang kerang telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan, tetapi permukaannya bertekstur dikarenakan proses pencetakan batu bata dilakukan secara manual.

Batu bata merah ini juga memiliki ukuran yang sama dari semua variasinya, karena memakai satu cetakan yang sama. Ukuran cetakan batu bata merah yang digunakan adalah 240 x 110 x 50 mm, tetapi setelah dikeringkan dan dibakar ukurannya menyusut menjadi 220 x 95 x 45 mm. Menurut standar SNI yang dapat dilihat pada tabel 2.1, ukuran batu bata merah inovasi ini tergolong ke dalam Modul M6-a dengan toleransi ukuran tinggi 52 ± 3 , lebar 110 ± 2 , dan panjang 23 ± 5 . Pada inovasi batu bata ini lebar dan panjangnya memenuhi, akan tetapi tingginya belum memenuhi standar SNI.

4.4.2 Pengujian Densitas Batu Bata Merah

Pengujian densitas pada penelitian ini berpedoman pada SNI-15-2094-2000.

Rumus densitas (kerapatan batu bata merah) dapat dilihat pada persamaan (2):

$$\rho = \frac{m}{V} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

P = Densitas suatu bahan (gr/cm^3)

m = Massa kering benda uji (gr)

V = Volume benda uji (cm^3)

1. Variasi 1

$$\begin{aligned} \text{a.V1A} &= \frac{920 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,03 \text{ gr}/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b.V1B} &= \frac{940 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,05 \text{ gr}/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c.V1C} &= \frac{920 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,03 \text{ gr}/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

2. Variasi 2

$$\text{a.V2A} = \frac{990 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,11 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{b.V2B} = \frac{1025 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,15 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{c.V2C} = \frac{1000 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,12 \text{ gr/cm}^3$$

3. Variasi 3

$$\text{a.V3A} = \frac{1020 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,14 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{b.V3B} = \frac{1015 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,14 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{c.V3C} = \frac{1025 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,15 \text{ gr/cm}^3$$

4. Variasi 4

$$\text{a.V4A} = \frac{1065 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,20 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{b.V4B} = \frac{1085 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,22 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{c.V4C} = \frac{1059 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,19 \text{ gr/cm}^3$$

5. Variasi 5

$$\text{a.V5A} = \frac{1150 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,29 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{b.V5B} = \frac{1150 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,29 \text{ gr/cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{c.V5C} &= \frac{1145 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,29 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

6. Variasi 6

$$\begin{aligned} \text{a.V6A} &= \frac{1065 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,20 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b.V6B} &= \frac{1045 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,17 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c.V6C} &= \frac{1047 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,18 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

7. Variasi 7

$$\begin{aligned} \text{a.V7A} &= \frac{1155 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,30 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b.V7B} &= \frac{1139 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,28 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c.V7C} &= \frac{1150 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,29 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

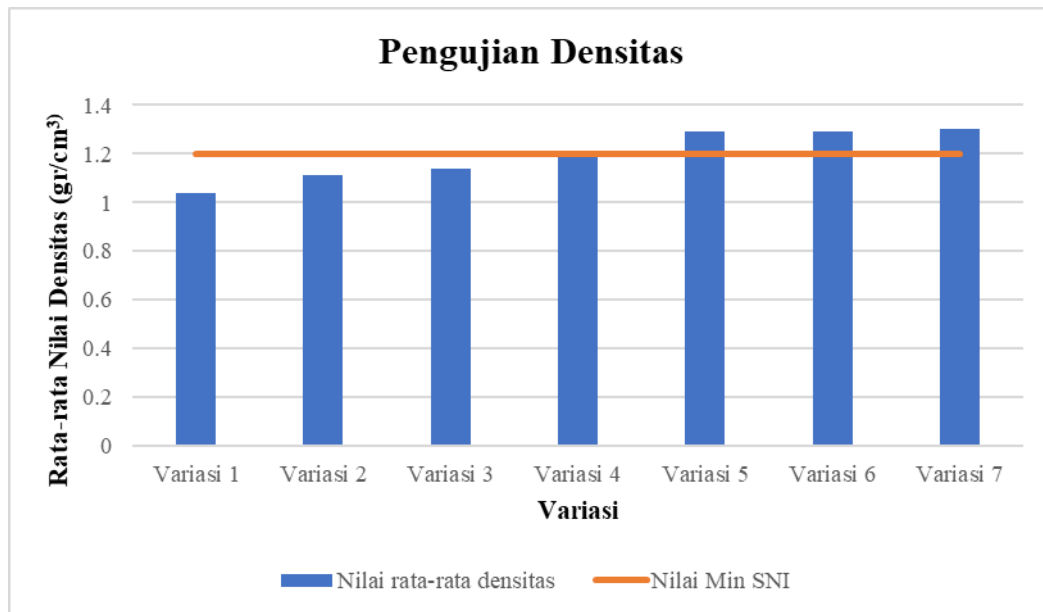
Tabel 4. 3 Nilai Uji Densitas

Variasi	Sampel	Berat Awal (g)	Volume (cm ³)	Massa jenis (g/cm ³)	Nilai Rata-Rata (g/cm ³)
V1	A	920	891	1,03	1,04
	B	940	891	1,05	
	C	920	891	1,03	
V2	A	990	891	1,11	1,11
	B	1025	891	1,15	
	C	1000	891	1,12	
V3	A	1020	891	1,14	1,14
	B	1015	891	1,14	

Variasi	Sampel	Berat Awal (g)	Volume (cm ³)	Massa jenis (g/cm ³)	Nilai Rata-Rata (g/cm ³)
	C	1025	891	1,15	
V4	A	1065	891	1,20	1,20
	B	1085	891	1,22	
	C	1059	891	1,19	
V5	A	1150	891	1,29	1,29
	B	1150	891	1,29	
	C	1145	891	1,29	
V6	A	1065	891	1,20	1,29
	B	1045	891	1,17	
	C	1047	891	1,18	
V7	A	1155	891	1,3	1,3
	B	1140	891	1,28	
	C	1150	891	1,29	

Tabel 4. 4 Nilai Rata-Rata Uji Densitas

Variasi	Nilai Rata-Rata Densitas (gr/cm ³)	SNI 15-2094-2000 (gr/cm ³)	Keterangan
V1	1,04	≥ 1,2 gr/cm ³	Tidak memenuhi
V2	1,11		Tidak memenuhi
V3	1,14		Tidak memenuhi
V4	1,20		Memenuhi
V5	1,29		Memenuhi
V6	1,29		Memenuhi
V7	1,30		Memenuhi



Grafik 4. 1 Hasil Pengujian Densitas

Berdasarkan pada Grafik 4.1, dapat disimpulkan bahwa pengujian densitas telah dilakukan terhadap seluruh variasi inovasi dengan ukuran 220 x 95 x 45 mm, variasi yang memenuhi standar SNI dengan nilai densitas minimum 1,2 gr/cm³ yaitu variasi 4 sebesar 1,2 gr/cm³, variasi 5 dan 6 sebesar 1,29 gr/cm³, serta variasi 7 sebesar 1,3 gr/cm³. Variasi 7 merupakan variasi terbaik dengan campuran bahan 95% tanah liat, 5% abu bonggol jagung, 5% serbuk cangkang kerang. Nilai densitas terendah pada variasi 1 sebagai batu bata merah konvensional campuran 95% tanah liat dan 5% sekam padi dengan nilai 1,04 gr/cm³.

Berdasarkan hasil penelitian (Kapasiang et al., 2017) nilai densitas berpengaruh terhadap nilai daya serap. Semakin besar nilai densitasnya maka daya serap air semakin kecil karena kerapatannya semakin bagus. Hal ini menunjukkan ketika densitas batu bata meningkat partikel-partikelnya menjadi lebih rapat dan solid, sehingga volume rongga udara di dalamnya berkurang (Wahyuni Ardi et al., 2016). Faktor lain yang dapat menyebabkan nilai densitas atau kerapatan kecil adalah pada saat proses pembuatannya. Pada proses mencetak secara manual batu bata merah harus ditekan dan dipadatkan sehingga tidak ada rongga pada saat batu bata dikeringkan atau dibakar.

4.4.3 Pengujian Daya Serap Air

Uji daya serap air dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan acuan SNI-15-2094-2000, dengan perhitungan menggunakan rumus persamaan (3):

$$\frac{A-B}{B} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

A = Berat massa basah (gr)

B = Berat massa kering (gr)

1. Variasi 1 (konvensional)

$$\text{a. V1A} = \frac{1200-920}{920} \times 100\%$$

$$= \frac{270}{920} \times 100\%$$

$$= 30.43\%$$

$$\text{b. V1B} = \frac{1230-940}{940} \times 100\%$$

$$= \frac{280}{950} \times 100\%$$

$$= 30.85\%$$

$$\text{c. V1C} = \frac{1190-920}{920} \times 100\%$$

$$= \frac{270}{920} \times 100\%$$

$$= 29.35\%$$

2. Variasi 2

$$\text{a. V2A} = \frac{1280-990}{990} \times 100\%$$

$$= \frac{290}{990} \times 100\%$$

$$= 29,29\%$$

$$\text{b. V2B} = \frac{1310-1025}{1025} \times 100\%$$

$$= \frac{285}{1025} \times 100\%$$

$$= 27,80\%$$

$$\text{c. V2C} = \frac{1295-1000}{1000} \times 100\%$$

$$= \frac{295}{1000} \times 100\%$$

$$= 29,50\%$$

3. Variasi 3

$$\begin{aligned}\text{a. V3A} &= \frac{1260-1020}{1020} \times 100\% \\ &= \frac{240}{1020} \times 100\% \\ &= 23,53\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. V3B} &= \frac{1260-1015}{1015} \times 100\% \\ &= \frac{245}{1015} \times 100\% \\ &= 24,14\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{c. V3C} &= \frac{1270-1025}{1025} \times 100\% \\ &= \frac{245}{1025} \times 100\% \\ &= 23,90\%\end{aligned}$$

4. Variasi 4

$$\begin{aligned}\text{a. V4A} &= \frac{1325-1065}{1065} \times 100\% \\ &= \frac{250}{1065} \times 100\% \\ &= 24,41\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. V4B} &= \frac{1340-1085}{1085} \times 100\% \\ &= \frac{255}{1085} \times 100\% \\ &= 23,50\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{c. V4C} &= \frac{1320-1059}{1059} \times 100\% \\ &= \frac{261}{1059} \times 100\% \\ &= 24,65\%\end{aligned}$$

5. Variasi 5

$$\begin{aligned}\text{a. V5A} &= \frac{1355-1150}{1150} \times 100\% \\ &= \frac{135}{1150} \times 100\% \\ &= 17,83\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. V5B} &= \frac{1360-1150}{1150} \times 100\%\end{aligned}$$

$$= \frac{210}{1150} \times 100\%$$

$$= 18,26\%$$

$$\text{c. V5C} = \frac{1355-1145}{1145} \times 100\%$$

$$= \frac{210}{1145} \times 100\%$$

$$= 18,34\%$$

6. Variasi 6

$$\text{a. V6A} = \frac{1320-1070}{1070} \times 100\%$$

$$= \frac{250}{1070} \times 100\%$$

$$= 23,36\%$$

$$\text{b. V6B} = \frac{1290-1065}{1065} \times 100\%$$

$$= \frac{225}{1065} \times 100\%$$

$$= 21,13\%$$

$$\text{c. V6C} = \frac{1340-1070}{1070} \times 100\%$$

$$= \frac{270}{1070} \times 100\%$$

7. Variasi 7

$$\text{a. V7A} = \frac{1355-1155}{1155} \times 100\%$$

$$= \frac{200}{1155} \times 100\%$$

$$= 17,32\%$$

$$\text{b. V7B} = \frac{1349-1140}{1140} \times 100\%$$

$$= \frac{209}{1140} \times 100\%$$

$$= 17,32\%$$

$$\text{c. V7C} = \frac{1362-1150}{1150} \times 100\%$$

$$= \frac{212}{1150} \times 100\%$$

= 18,43%

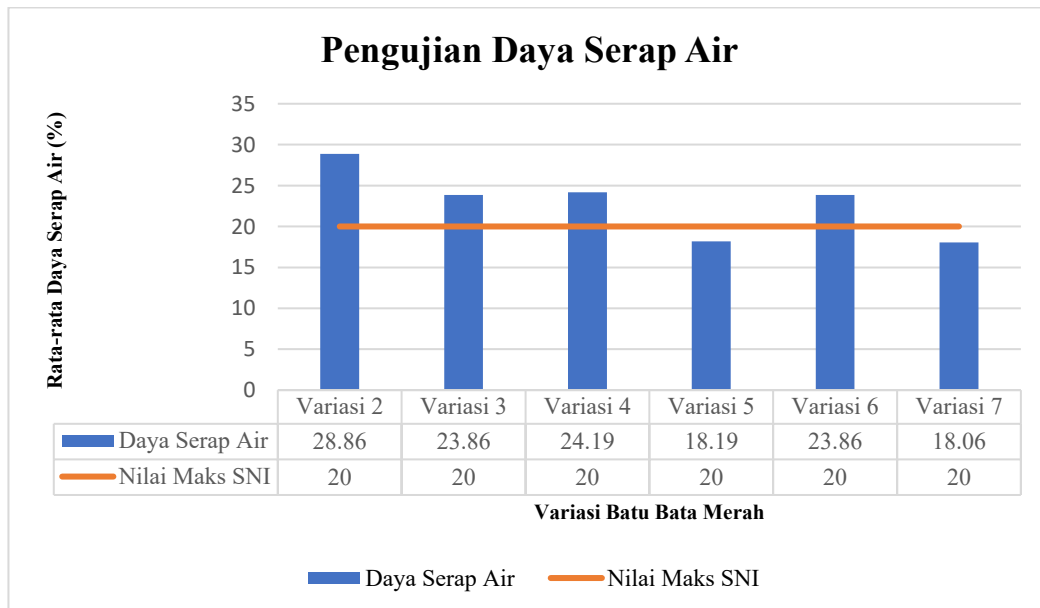
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Daya Serap

Variasi	Kode Variasi	Daya Serap Air	Daya Serap Air rata-rata	SNI 15-2094-2000.
V1	A	30,43%	30,21%	<20%
	B	30.85%		
	C	29,35%		
V2	A	29,29%	28,86%	
	B	27,80%		
	C	29,50%		
V3	A	23,53%	23,86%	
	B	24.14%		
	C	23,90%		
V4	A	24,41%	24,19%	
	B	23,50%		
	C	24,65%		
V5	A	17,83%	18,14%	
	B	18,26%		
	C	18,34%		
V6	A	23,94%	23,85	
	B	22,44%		
	C	24,16%		
V7	A	17,32%	18,06%	
	B	18,33%		
	C	18,43%		

Keterangan:

Variasi terbaik : Variasi 7

Variasi terendah : Variasi 1



Grafik 4. 2 Rata-Rata Daya Serap Air

Berdasarkan Grafik 4.2, dapat disimpulkan bahwa pengujian densitas telah dilakukan terhadap seluruh variasi inovasi dengan ukuran 220 x 95 x 45 mm, variasi yang memenuhi standar SNI dengan daya serap <20% yaitu variasi 5 dan 7. Variasi 5 dengan campuran 95% tanah liat, 1% sekam padi, 4% abu bonggol jagung, 5% serbuk cangkang kerang, dan 0,3 L air memperoleh nilai daya serap sebesar 18,19%, sedangkan variasi terbaik adalah variasi 7 dengan campuran 95% tanah liat, 5% abu bonggol jagung, 5% serbuk cangkang kerang, dan 0,3 L air menghasilkan nilai daya serap sebesar 18,06%. Pengujian daya serap air ini mengacu pada SNI-15-2094-2000. Berdasarkan dari data hasil pengujian daya serap air yang telah dilakukan, inovasi batu bata merah variasi 5 dan 7 memenuhi standar SNI-15-2094-2000, sedangkan variasi 1, 2, 3, 4, dan 6 hasilnya belum memenuhi standar SNI karena memiliki nilai daya serap air >20%.

Setelah melakukan pengujian daya serap ini dapat disimpulkan bahwa semakin banyak campuran abu bonggol jagung dan pengurangan sekam padi membuat nilai daya serap air semakin menurun. Adanya sekam padi pada campuran batu bata merah berpotensi menimbulkan banyak pori-pori (Nugroho et al., 2019b).

Menurut penelitian (Mujedu et al., 2014) abu bonggol jagung mengandung silika sebesar 67,41%. Penambahan silika dapat membuat kedap terhadap air (Fajrin & Pratama, 2016), terbukti dari penurunan daya serap pada batu bata merah variasi 1 hingga 7. Namun, penggunaan abu bonggol jagung tanpa tambahan bahan lain masih menghasilkan batu bata merah dengan daya serap air yang melebihi 20%. Oleh karena itu, pada variasi 5 & 7 dengan penambahan serbuk cangkang kerang 5% daya serap air semakin menurun dan memenuhi standar SNI-15-2094-2000, karena menurut penelitian (Arbi, 2015), serbuk cangkang kerang meresap air lebih sedikit. Kandungan CaO (Kalsium Oksida) sebesar 67,07% dalam serbuk cangkang kerang darah memiliki sifat perekat saat bercampur dengan air (Andika & Safarizki, 2019), sehingga dapat meminimalisir adanya rongga pada batu bata.

4.4.4 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini berpedoman pada SNI-15-2094-2000 dengan rumus sebagai berikut:

$$F = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

F = kuat tekan (kg/cm²)

P = beban maksimum (kg)

A = luas rata-rata benda uji (cm²)

1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 1

$$F_A = \frac{3568,95}{121} = 29,50 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_B = \frac{3466,98}{121} = 28,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_C = \frac{3568,95}{121} = 29,50 \text{ kg/cm}^2$$

2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 2

$$F_A = \frac{3772,89}{121} = 31,18 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_B = \frac{3772,89}{121} = 31,18 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_C = \frac{3874,86}{121} = 32,02 \text{ kg/cm}^2$$

3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 3

$$FA = \frac{3976,83}{121} = 32,87 \text{ kg/cm}^2$$

$$FB = \frac{3976,83}{121} = 32,87 \text{ kg/cm}^2$$

$$FC = \frac{3976,83}{121} = 32,87 \text{ kg/cm}^2$$

4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 4

$$FA = \frac{3976,83}{121} = 32,87 \text{ kg/cm}^2$$

$$FB = \frac{3874,86}{121} = 32,02 \text{ kg/cm}^2$$

$$FC = \frac{3874,86}{121} = 32,02 \text{ kg/cm}^2$$

5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 5

$$FA = \frac{5098,5}{121} = 42,14 \text{ kg/cm}^2$$

$$FB = \frac{4996,53}{121} = 41,29 \text{ kg/cm}^2$$

$$FC = \frac{4996,53}{121} = 41,29 \text{ kg/cm}^2$$

6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 6

$$FA = \frac{4792,59}{121} = 39,61 \text{ kg/cm}^2$$

$$FB = \frac{4792,59}{121} = 39,61 \text{ kg/cm}^2$$

$$FC = \frac{4792,59}{121} = 39,61 \text{ kg/cm}^2$$

7. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 7

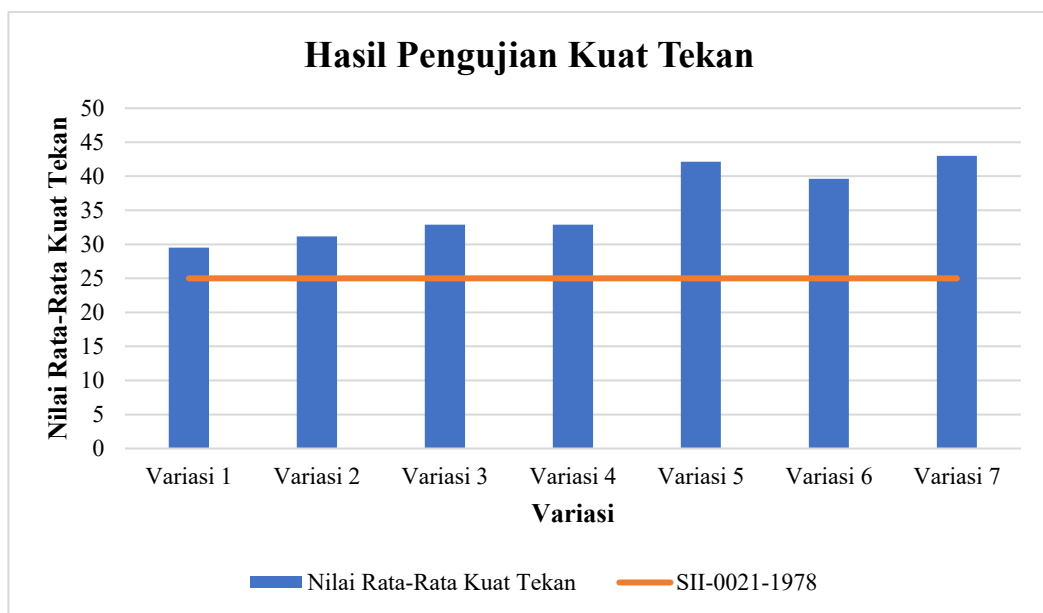
$$FA = \frac{5200,47}{121} = 42,98 \text{ kg/cm}^2$$

$$FB = \frac{5200,47}{121} = 42,98 \text{ kg/cm}^2$$

$$FC = \frac{5200,47}{121} = 42,98 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 4. 6 Nilai Rata-Rata Kuat Tekan

Variasi	Nilai Rata-Rata Kuat Tekan (kg/cm ²)	SII-0021-1978 (kg/cm ²)	Keterangan
V1	29,21	>25 kg/cm ²	Memenuhi
V2	31,46		Memenuhi
V3	32,87		Memenuhi
V4	32,20		Memenuhi
V5	41,57		Memenuhi
V6	39,61		Memenuhi
V7	42,98		Memenuhi

**Grafik 4. 3** Hasil Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan Grafik 4.3, hasil pengujian kuat tekan pada masing-masing benda uji dengan ukuran 220 x 95 x 45 mm menunjukkan bahwa seluruh variasi telah dianalisis, menghasilkan kuat tekan paling tinggi terdapat pada variasi 7 dengan campuran 95% tanah liat, 5% abu bonggol jagung, 5% serbuk cangkang kerang, dan 0,3 L air menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 42,98 kg/cm², sedangkan variasi dengan nilai kuat tekan terendah yaitu variasi 1 sebesar 29,21 kg/cm² sebagai batu bata merah konvensional. Pengujian kuat tekan ini mengacu pada SNI-15-2094-2000. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan semua variasi

memenuhi SII-0021-1978 yaitu $>25 \text{ kg/cm}^2$ menurut tabel 2.2 halaman 14 , tetapi hanya mencapai kuat tekan mutu tingkat III menurut SNI-15-2094-2000.

Setelah melakukan pengujian kuat tekan ini dapat disimpulkan bahwa terjadinya kenaikan nilai kuat tekan dari batu bata konvensional dengan batu bata inovasi. Nilai kuat tekan pada variasi 1 sebesar $29,50 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan pada variasi 2 meningkat 5,70%, variasi 3 dan 4 11,42%, variasi 5 42,85%, variasi 6 34,25%, dan variasi 7 45,68%.

Berdasarkan hasil penelitian (Arbi, 2015) Nilai kuat tekan optimum tercapai pada penambahan serbuk cangkang kerang darah sebesar 5%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penambahan serbuk cangkang kerang darah sebesar 5% pada penelitian ini dapat menambah kuat tekan pada batu bata merah. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Andika & Safarizki, 2019), kandungan senyawa CaO (Kalsium Oksida) sebesar 67,07% dan MgO (Magnesium Oksida) sebesar 22,65% dalam serbuk cangkang kerang darah, apabila digunakan dalam proporsi yang tepat dapat meningkatkan kuat tekan. Hal ini disebabkan oleh senyawa CaO yang menghasilkan energi panas selama proses reaksi.

Selain pengaruh dari penambahan serbuk cangkang kerang darah, abu bonggol jagung juga berperan signifikan dalam meningkatkan kuat tekan batu bata merah pada inovasi ini. Semakin rendah daya serap air batu bata, maka semakin tinggi nilai kuat tekannya, karena kedua sifat tersebut memiliki hubungan yang berbanding terbalik (Dian Ardhiansyah, 2018).

4.5 Analisis Biaya

Pada penelitian ini diperlukan adanya analisa biaya pembuatan bata merah konvensional dengan inovasi batu bata merah sebagai perbandingan. Perhitungan volume bahan yang digunakan menggunakan ukuran batu bata merah $220 \times 90 \times 45 \text{ mm}$. Satuan yang harga yang digunakan adalah hasil dari wawancara langsung pemilik usaha produksi batu bata merah konvensional. Tanah liat yang digunakan didapatkan langsung dari tempat produksi batu bata merah yang berada di daerah Kecamatan Mranggen Kabupaten Demak dengan harga Rp.150,-/kg. Lalu abu bonggol jagung di ambil dari sisa panen para petani di daerah Ungaran Kabupaten Semarang dengan harga Rp. 1.000,-/kg. sedangkan untuk limbah cangkang kerang

diambil dari restoran *seafood* yang berada di daerah Tembalang Kota Semarang dengan harga Rp. 0,-/kg. Biaya pembuatan batu bata merah konvensional dapat dilihat berdasarkan tabel 4.7 dibawah:

Tabel 4. 7 Analisa Biaya Variasi 1

Rincian Harga Pembuatan Batu Bata Merah				
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Di Pasaran (Rp)	Harga Total (Rp)
Tanah Liat	2,185	Kg	Rp. 150,-	Rp 327.75,-
Sekam Padi	0,115	Kg	Rp. 500,-	Rp. 57.5,-
Air	0,3	L	-	-
Total Harga Kebutuhan Bahan				Rp. 385.25,-
Pekerja	Harga Per batu bata			Rp. 214,75-
Total Biaya Produksi				Rp. 600,-

Biaya produksi batu bata merah dengan inovasi campuran substitusi abu bonggol jagung dan serbuk cangkang kerang sebagai bahan tambahan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 8 Analisa Biaya Variasi 2

Rincian Harga Pembuatan Bata Merah Dengan Campuran Variasi 2				
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Di Pasaran (Rp)	Harga Total (Rp)
Tanah Liat	2,185	Kg	Rp. 150,-	Rp 327.75,-
Sekam Padi	0,046	Kg	Rp. 500,-	Rp. 23,-
Abu Bonggol jagung	0,069	Kg	Rp. 1.000,-	Rp. 69,-
Serbuk Cangkang Kerang	0	kg	Rp. 0,-	
Air	0,3	L	-	-
Total Harga Kebutuhan Bahan				Rp. 419,75,-
Pekerja	Harga Per batu bata			Rp. 200,-
Total Biaya Produksi				Rp. 619,75,-

Tabel 4. 9 Analisa Biaya Variasi 3

Rincian Harga Pembuatan Bata Merah Dengan Campuran Variasi 3				
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Di Pasaran (Rp)	Harga Total (Rp)
Tanah Liat	2,185	Kg	Rp. 150,-	Rp 327.75,-
Sekam Padi	0,046	Kg	Rp. 500,-	Rp. 23,-
Abu Bonggol jagung	0,069	Kg	Rp. 1.000,-	Rp. 69,-
Serbuk Cangkang Kerang	0,115	kg	Rp. 0,-	
Air	0,3	L	-	-
Total Harga Kebutuhan Bahan				Rp. 419,75,-
Pekerja	Harga Per batu bata			Rp. 200,-
Total Biaya Produksi				Rp. 619,75,-

Tabel 4. 10 Analisa Biaya Variasi 4

Rician Harga Pembuatan Bata Merah Dengan Campuran Variasi 4				
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Di Pasaran (Rp)	Harga Total (Rp)
Tanah Liat	2,185	Kg	Rp. 150,-	Rp 327.75,-
Sekam Padi	0,023	Kg	Rp. 500,-	Rp. 11,5,-
Abu Bonggol jagung	0,092	Kg	Rp. 1.000,-	Rp. 92,-
Serbuk Cangkang Kerang	0	kg	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Air	0,3	L	-	-
Total Harga Kebutuhan Bahan				Rp. 431.25,-
Pekerja	Harga Per batu bata			Rp. 200-
Total Biaya Produksi				Rp. 631,25,-

Tabel 4. 11 Analisa Biaya Variasi 5

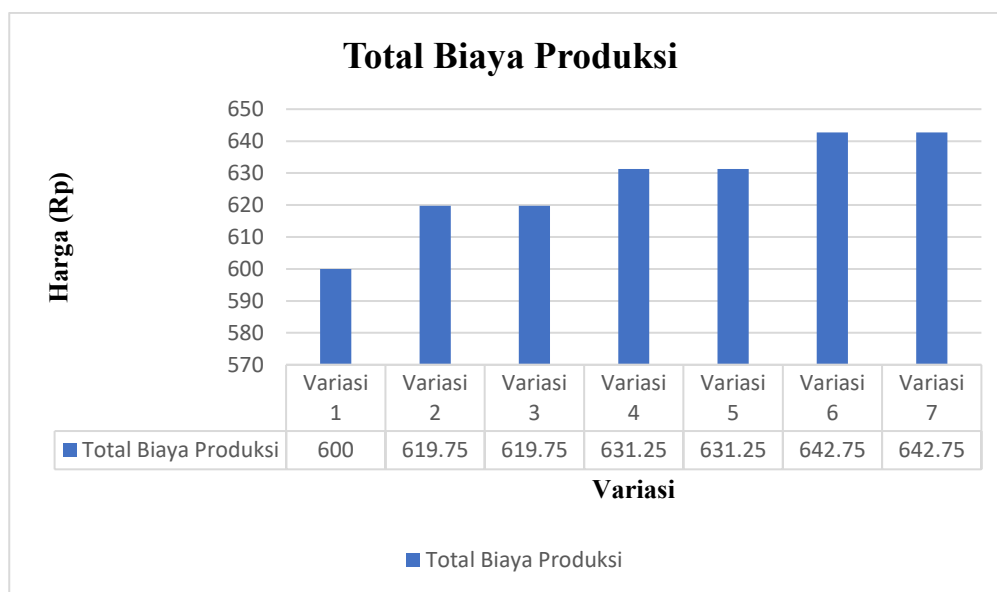
Rician Harga Pembuatan Bata Merah Dengan Campuran Variasi 5				
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Di Pasaran (Rp)	Harga Total (Rp)
Tanah Liat	2,185	Kg	Rp. 150,-	Rp 327.75,-
Sekam Padi	0,023	Kg	Rp. 500,-	Rp. 11,5,-
Abu Bonggol jagung	0,092	Kg	Rp. 1.000,-	Rp. 92,-
Serbuk Cangkang Kerang	0,115	kg	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Air	0,3	L	-	-
Total Harga Kebutuhan Bahan				Rp. 431.25,-
Pekerja	Harga Per batu bata			Rp. 200-
Total Biaya Produksi				Rp. 631,25,-

Tabel 4. 12 Analisa Biaya Variasi 6

Rincian Harga Pembuatan Bata Merah Dengan Campuran Variasi 6				
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Di Pasaran (Rp)	Harga Total (Rp)
Tanah Liat	2,185	Kg	Rp. 150,-	Rp 327.75,-
Sekam Padi	0	Kg	Rp. 500,-	Rp. 0,-
Abu Bonggol jagung	0,115	Kg	Rp. 1.000,-	Rp. 115,-
Serbuk Cangkang Kerang	0	kg	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Air	0,3	L	-	-
Total Biaya Material				Rp. 442.75,-
Upah	Per batu bata			Rp. 200-
Total Biaya Produksi				Rp. 642,75,-

Tabel 4. 13 Analisa Biaya Variasi 7

Rincian Harga Pembuatan Bata Merah Dengan Campuran Variasi 7				
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Di Pasaran (Rp)	Harga Total (Rp)
Tanah Liat	2,185	Kg	Rp. 150,-	Rp 327.75,-
Sekam Padi	0	Kg	Rp. 500,-	Rp. 0,-
Abu Bonggol jagung	0,115	Kg	Rp. 1.000,-	Rp. 115,-
Serbuk Cangkang Kerang	0,115	kg	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Air	0,3	L	-	-
Total Biaya Material				Rp. 442.75,-
Upah	Per batu bata			Rp. 200-
Total Biaya Produksi				Rp. 642,75,-

**Grafik 4. 4** Harga Biaya Produksi

Dapat dilihat pada grafik 4.4 harga produksi untuk satu batu bata merah konvensional yang dijual di pasaran dengan ukuran 220 x 90 x 45 mm sebesar Rp. 600,-, sedangkan biaya produksi dari inovasi batu bata merah menggunakan campuran abu bonggol jagung dan serbuk cangkang kerang sebagai bahan tambah dengan ukuran 220 x 90 x 45 mm sebesar Rp. 619,75,- untuk variasi 1 dan variasi

2, Rp. 631,25,- untuk variasi 3 dan variasi 4, dan Rp. 642,75 untuk variasi 6 dan variasi 7. Dengan demikian, biaya produksi batu bata merah inovatif yang menggunakan campuran abu bonggol jagung dan serbuk cangkang kerang sebagai bahan tambahan memiliki harga lebih tinggi dibandingkan dengan batu bata merah konvensional di pasaran. Selisih harga tercatat sebesar Rp 19,75,- untuk variasi 2 dan 3, Rp 31,25,- untuk variasi 4 dan 5, serta Rp 42,75,- untuk variasi 6 dan 7.

4.6 Persentase Optimum

Persentase optimum yang dihasilkan dari pengujian densitas, daya serap air dan kuat tekan pada inovasi batu bata merah didapatkan pada variasi 7, dengan bahan campuran 95% tanah liat, 5% abu bonggol jagung, dan 5% serbuk cangkang kerang darah. Hasil pengujian densitas didapatkan hasil $1,3 \text{ gr/cm}^3$, daya serap air 18,04%, dan kuat tekan sebesar $42,98 \text{ kg/cm}^2$.