

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Metode Penelitian**

Metode penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang menggunakan metode uji coba laboratorium untuk mendapatkan hasil pengamatan secara kuantitatif mengenai pembuatan genteng dengan komposisi yang tepat dari campuran limbah serbuk kaca dan abu ampas tebu untuk mendapatkan hasil genteng yang optimum.

#### **3.2 Desain Penelitian**

##### **3.2.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian genteng beton dilaksanakan di Universitas Diponegoro pada laboratorium Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur dan Laboratorium Teknik Perkapalan.

##### **3.2.2 Metode Penelitian**

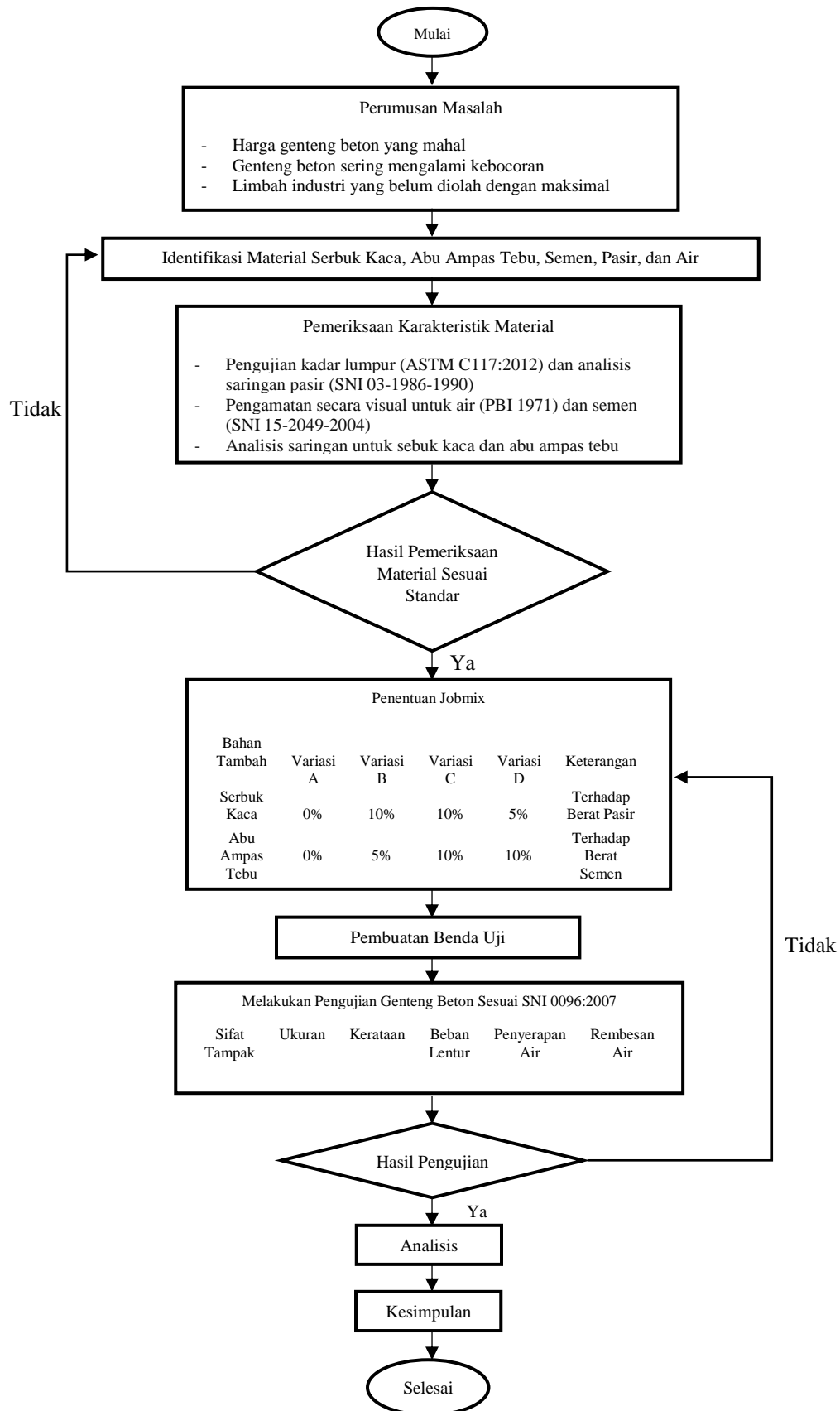
Pada penelitian ini, bahan yang digunakan sebagai substitusi bahan tambah dari genteng beton adalah serbuk kaca dan abu ampas tebu.

##### **3.2.3 Analisa Data Penelitian**

Analisa data dari penelitian ini meliputi pemeriksaan karakteristik material, pengujian dan perbandingan biaya produksi genteng beton dilakukan dengan cara :

1. Data hasil pemeriksaan karakteristik material, pengujian genteng beton, dan perbandingan biaya produksi dalam penyusunan tabel dan penggambaran grafik.
2. Tampilan grafik diperuntukkan unruk pemeriksaan karakteristik bahan pasir dan abu ampas tebu (gradasi butir).

### 3.2.4 Alur Penelitian



**Gambar 3. 1** Alur Penelitian

(Sumber : Alur Penelitian Penulis)

### 3.2.5 Sampel dan Jumlah Benda Uji Penelitian

Variasi penambahan campuran genteng beton dengan abu ampas tebu dan serbuk kaca dan tanpa penambahan serbuk kaca dan abu ampas tebu. Dalam penelitian ini terdapat 4 variasi dan jumlah benda uji ada 36 dengan masing-masing variasi berjumlah 9 sampel, terdapat pada tabel 3.1 :

**Tabel 3. 1** Sampel dan Jumlah Benda Uji

Sampel Benda Uji	Persentase				Jumlah (bh)
	Semen	Abu Ampas Tebu	Pasir	Serbuk Kaca	
A	100%	0%	100%	0%	9
B	95%	5%	90%	10%	9
C	90%	10%	90%	10%	9
D	90%	10%	95%	5%	9

(Sumber : Data Penelitian Penulis)

## 3.3 Pekerjaan Persiapan

### 3.3.1 Alat dan Bahan Penelitian

#### A. Alat

1. Jangka sorong

Alat ini digunakan pada pengujian ukuran ketebalan genteng beton.



**Gambar 3. 2** Jangka Sorong

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

2. Timbangan

Timbangan untuk menimbang bahan-bahan.



**Gambar 3. 3** Timbangan Digital

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

### 3. Meteran

Alat ini digunakan pada pengujian ukuran dari genteng beton.



**Gambar 3. 4** Meteran

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

### 4. Cetok

Alat ini digunakan untuk mengambil dan mencampur bahan penyusun genteng beton.



**Gambar 3. 5** Cetok

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

### 5. Gelas Ukur

Alat ini berfungsi sebagai pengukuran volume air yang dibutuhkan.



**Gambar 3. 6** Gelas Ukur

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

6. Bak Tempat Perendaman

Bak berfungsi sebagai tempat perendaman genteng beton yang telah dilakukan pengeringan 24 jam, selanjutnya dilakukan perendaman.



**Gambar 3. 7** Bak Tempat Perendaman

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

7. Cetakan Genteng Beton

Cetakan ini dibuat khusus dari pelat besi yang membentuk model genteng beton.



**Gambar 3. 8** Cetakan Genteng Beton

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

8. Ayakan

Ayakan berfungsi pada pengujian gradasi butir dari agregat halus.



**Gambar 3. 9** Ayakan

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

9. Seng

Seng ini untuk membantu menguji rembesan air pada genteng beton.



**Gambar 3. 10** Seng

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

10. Timba

Digunakan untuk menimbang bahan yang telah diukur beratnya dan telah dibersihkan.



**Gambar 3. 11** Timba

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

11. Oven

Untuk mengeringkan bahan dan benda uji.



**Gambar 3. 12** Oven

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

12. Shieve Shaker

Alat ini berfungsi untuk memeriksa gradasi butiran.



**Gambar 3. 13** Shieve Shaker

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

13. Wadah Pengaduk

Sebagai wadah untuk pengadukan bahan-bahan.



**Gambar 3. 14** Wa Pengaduk

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

14. Senter

Senter untuk mengetahui kondisi karakteristik tampak.



**Gambar 3. 15 Senter**

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

15. Plastik Cor

Plastik cor digunakan sebagai pembatas antara cetakan matras dan sampel beton untuk menghindari pengikatan.



**Gambar 3. 16 Plastik Cor**

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

16. Oli

Oli digunakan untuk melumas cetakan genteng untuk menghindari pengikatan benda uji.



**Gambar 3. 17 Oli**

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

17. Kuas dan Wadah

Kuas dan wadah digunakan untuk mengoles oli pada cetakan genteng.





**Gambar 3. 18** Kuas dan Wadah

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

18. Lilin Gondorukem

Untuk merekatkan seng dengan genteng saat pengujian rembesan.



**Gambar 3. 19** Lilin Gondorukem

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

19. Gunting Seng

Gunting seng digunakan untuk menggunting seng untuk membuat wadah air.



**Gambar 3. 20** Gunting Seng

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

20. Bantak

Berfungsi untuk tumpuan genteng beton ketika pengujian kuat lentur.



**Gambar 3. 21** Bantalan Kayu  
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

21. Batang Baja Tebal 3 mm

Batang baja digunakan untuk pengujian kerataan.



**Gambar 3. 22** Batang Baja Tebal 3 mm  
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

22. Universal Testing Machine (UTM)

Mesin ini untuk mengetahui nilai kuat lentur genteng beton.



**Gambar 3. 23** Universal Testing Machine (UTM)  
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

23. Alat Vicat

Alat ini digunakan untuk pengujian daya ikat semen.



**Gambar 3. 24** Alat Vicat, dan Cincin Ebonit

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

## **B. Bahan**

### **1. Pasir**

Pasir digunakan untuk agregat halus tambahan pada campuran genteng beton.



**Gambar 3. 25** Pasir

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

### **2. Semen**

Semen digunakan sebagai perekat tambahan pada campuran.



**Gambar 3. 26** Semen

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

### 3. Air

Air dibutuhkan untuk membasahi semua bahan penyusun genteng beton dengan memicu proses kimiawi yang terkandung didalamnya.



**Gambar 3. 27** Air

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

### 4. Serbuk Kaca

Serbuk kaca yang digunakan adalah hasil pemilahan kaca, penumbukan, dan proses penyaringan butir halus yang lolos berdasarkan ukuran saringan yang ditentukan.



**Gambar 3. 28** Serbuk Kaca

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

### 5. Abu Ampas Tebu

Berasal dari hasil pembakaran limbah ampas tebu, digunakan sebagai substitusi parsial semen.



**Gambar 3. 29** Abu Ampas Tebu

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

### 3.3.2 Mix Design Proportion

Campuran pada setiap variasi menggunakan perbandingan *Portland Cement*: Pasir sebesar 1 : 3, dengan konversi volume dalam perhitungan job mix. Faktor air semen yang digunakan adalah 0,35 sesuai dengan kebutuhan semen (Winarto, 2017). Hal ini dilakukan untuk menentukan jumlah kebutuhan bahan per adukan saat membuat benda uji genteng beton. Serbuk kaca digunakan dengan komposisi variasi A 0%, B 10%, C 10%, dan D 5% dari berat pasir, sedangkan abu ampas tebu digunakan dengan komposisi variasi A 0%, B 5%, C 10%, dan D 10% dari berat semen.

**Tabel 3. 2** Tabel Komposisi Tiap Variasi

Bahan Tambah	Variasi A	Variasi B	Variasi C	Variasi D	Keterangan
Serbuk Kaca	0%	10%	10%	5%	Terhadap Berat Pasir
Abu Ampas Tebu	0%	5%	10%	10%	Terhadap Berat Semen

(Sumber : Data Penelitian Penulis)

Berikut merupakan rincian perhitungan job mix genteng beton :

#### A. Komposisi Campuran Tiap Sampel

##### 1. Sampel A

Komposisi bahan-bahan untuk volume satu genteng beton 2331 cm<sup>3</sup> dengan penggunaan semen dan pasir sebanyak 1:3 dan faktor air semen 0,35 yaitu

$$\begin{aligned}
 \text{-Kebutuhan Semen} &= \frac{1}{4} \times \text{volume genteng} \\
 &= \frac{1}{4} \times 2331 \text{ cm}^3 \\
 &= 582,75 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi berat kebutuhan semen} &= 582,75 \times 2,291 \text{ gr/cm}^3 \\
 &= 1335,08 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Kebutuhan Pasir} &= \frac{3}{4} \times \text{volume genteng} \\
 &= \frac{3}{4} \times 2331 \text{ cm}^3 \\
 &= 1748,25 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jadi berat kebutuhan pasir} &= 1748,25 \times 2,654 \text{ gr/cm}^3 \\
&= 4639,856 \text{ gram} \\
\text{- Faktor Air Semen } 0,35 &= 0,35 \times \text{berat semen} \\
&= 0,35 \times 1335,08 \text{ gram} \\
&= 467.278 \text{ gram}
\end{aligned}$$

## 2. Sampel B

Komposisi bahan-bahan untuk volume satu genteng beton  $2331 \text{ cm}^3$  dengan 0,95 semen : 0,05 AAT : 2,7 pasir : 0,3 serbuk kaca, dan faktor air semen 0,35 yaitu

$$\begin{aligned}
\text{- Kebutuhan Semen} &= \frac{1}{4} \times 95\% \times \text{volume genteng} \\
&= 0,95/4 \times \text{volume genteng} \\
&= 0,95/4 \times 2331 \text{ cm}^3 \\
&= 553.612 \text{ cm}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jadi kebutuhan semen} &= 553,612 \times 2,291 \text{ gr/cm}^3 \\
&= 1268,326 \text{ gram}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{- Kebutuhan AAT} &= \frac{1}{4} \times 5\% \times \text{volume genteng} \\
&= 0,05/4 \times \text{volume genteng} \\
&= 0,05/4 \times 2331 \text{ cm}^3 \\
&= 29,137 \text{ cm}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jadi kebutuhan ATT} &= 29,137 \times 1,551 \text{ gr/cm}^3 \\
&= 45,193 \text{ gram}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{- Kebutuhan Pasir} &= \frac{3}{4} \times 90\% \times \text{volume genteng} \\
&= 2,7/4 \times \text{volume genteng} \\
&= 2,7/4 \times 2331 \text{ cm}^3 \\
&= 1573,425 \text{ cm}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jadi, Kebutuhan Pasir} &= 1573,425 \times 2,654 \text{ gr/cm}^3 \\
&= 4175,87 \text{ gram}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{- Kebutuhan Serbuk kaca} &= \frac{3}{4} \times 10\% \times \text{volume genteng} \\
&= 0,3/4 \times \text{volume genteng} \\
&= 0,3/4 \times 2331 \text{ cm}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 174,825 \text{ cm}^3 \\
\text{Jadi kebutuhan serbuk kaca} &= 174,825 \times 2,546 \text{ gr/cm}^3 \\
&= 445,104 \text{ gram} \\
\text{- Faktor Air Semen } 0,35 &= 0,35 \times (\text{semen} + \text{AAT}) \\
&= 0,35 \times (1268.326 \text{ gr} + 45,193 \text{ gr}) \\
&= 459,731 \text{ gram}
\end{aligned}$$

### 3. Sampel C

Komposisi bahan-bahan untuk volume satu genteng beton 2331 cm<sup>3</sup> dengan 0,9 semen : 0,1 AAT : 2,7 pasir : 0,3 serbuk kaca, dan faktor air semen 0,35 yaitu

$$\begin{aligned}
\text{- Kebutuhan Semen} &= \frac{1}{4} \times 90\% \times \text{volume genteng} \\
&= 0,9/4 \times \text{volume genteng} \\
&= 0,9/4 \times 2331 \text{ cm}^3 \\
&= 524,475 \text{ cm}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jadi kebutuhan semen} &= 524,475 \times 2,291 \text{ gr/cm}^3 \\
&= 1201,572 \text{ gram}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{- Kebutuhan AAT} &= \frac{1}{4} \times 10\% \times \text{volume genteng} \\
&= 0,1/4 \times \text{volume genteng} \\
&= 0,1/4 \times 2331 \text{ cm}^3 \\
&= 58,275 \text{ cm}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jadi kebutuhan AAT} &= 58,275 \times 1,551 \text{ gr/cm}^3 \\
&= 90,384 \text{ gram}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{- Kebutuhan Pasir} &= \frac{3}{4} \times 90\% \times \text{volume genteng} \\
&= 2,7/4 \times \text{volume genteng} \\
&= 2,7/4 \times 2331 \text{ cm}^3 \\
&= 1573,425 \text{ cm}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Jadi berat yang diperlukan} &= 1573,425 \times 2,654 \text{ gr/cm}^3 \\
&= 4175,87 \text{ gram}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{- Kebutuhan Serbuk kaca} &= \frac{3}{4} \times 10\% \times \text{volume genteng} \\
&= 0,3/4 \times \text{volume genteng} \\
&= 0,3/4 \times 2331 \text{ cm}^3
\end{aligned}$$

$$= 174,285 \text{ cm}^3$$

Jadi kebutuhan serbuk kaca =  $174,285 \times 2,546 \text{ gr/cm}^3$   
 $= 445,104 \text{ gram}$

- Faktor air semen 0,35 =  $0,35 \times (\text{semen} + \text{AAT})$   
 $= 0,35 \times (1201,572 \text{ gr} + 58,275 \text{ gr})$   
 $= 452,185 \text{ gram}$

#### 4. Sampel D

Komposisi bahan-bahan untuk volume satu genteng beton  $2331 \text{ cm}^3$  dengan 0,9 semen : 0,1 AAT : 2,85 pasir : 0,15 serbuk kaca.

- Kebutuhan Semen =  $\frac{1}{4} \times 90\% \times \text{volume genteng}$   
 $= 0,9/4 \times \text{volume genteng}$   
 $= 0,9/4 \times 2331 \text{ cm}^3$   
 $= 524,475 \text{ cm}^3$

Jadi kebutuhan semen =  $524,475 \times 2,291 \text{ gr/cm}^3$   
 $= 1201,572 \text{ gr}$

- Kebutuhan AAT =  $\frac{1}{4} \times 10\% \times \text{volume genteng}$   
 $= 0,1/4 \times \text{volume genteng}$   
 $= 0,1/4 \times 2331 \text{ cm}^3$   
 $= 58,275 \text{ cm}^3$

Jadi Kebutuhan AAT =  $58,275 \times 1,551 \text{ gr/cm}^3$   
 $= 90,384 \text{ gram}$

- Kebutuhan Pasir =  $\frac{3}{4} \times 95\% \times \text{volume genteng}$   
 $= 2,85/4 \times \text{volume genteng}$   
 $= 2,85/4 \times 2331 \text{ cm}^3$   
 $= 1660,838 \text{ cm}^3$

Jadi kebutuhan pasir =  $1660,838 \times 2,654 \text{ gr/cm}^3$   
 $= 4407,863 \text{ gram}$

- Kebutuhan Serbuk kaca =  $\frac{3}{4} \times 5\% \times \text{volume genteng}$   
 $= 0,15/4 \times \text{volume genteng}$   
 $= 0,15/4 \times 2331 \text{ cm}^3$



$$= 87,412 \text{ cm}^3$$

Jadi kebutuhan serbuk kaca =  $87,412 \times 2,546 \text{ gr/cm}^3$

$$= 222,552 \text{ gram}$$

- Faktor air semen 0,35 =  $0,35 \times (\text{semen} + \text{AAT})$

$$= 0,35 \times (1201,572 \text{ gr} + 90,384 \text{ gr})$$

$$= 452,185 \text{ gram}$$

**Tabel 3. 3 Job Mix Design**

VOLUME	VARIASI	AIR (liter)	SEMEN (gr)	ABU AMPAS TEBU (AAT) (gr)	PASIR (gr)	SERBUK KACA (SK) (gr)
2331 cm <sup>3</sup>	VARIASI A (1 Semen : 3 Pasir)	467,278 (8%)	1335,08 (21%)	-	4639,856 (71%)	-
	VARIASI B (0,95 Semen : 0,05 AAT : 2,7 Pasir : 0,3 SK)	459,731 (7%)	1268,326 (19%)	45,193 (2%)	4175,87 (61%)	445,104 (11%)
	VARIASI C (0,9 Semen : 0,1 AAT : 2,7 Pasir : 0,3 SK)	452,185 (6%)	1201,572 (18%)	90,384 (4%)	4175,87 (60%)	445,104 (12%)
	VARIASI D (0,9 Semen : 0,1 AAT : 2,85 Pasir : 0,15 SK)	452,185 (6%)	1201,572 (18%)	90,384 (4%)	4407,863 (65%)	222,552 (6%)

(Sumber : Data Penulis)

### 3.4 Pemeriksaan Karakteristik Bahan

#### 3.4.1 Pasir

##### A. Kadar Lumpur

ASTM C117:2012 merinci prosedur untuk menguji kadar lumpur dalam agregat halus. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kadar lumpur dalam agregat halus, yang biasanya dinyatakan dalam persentase. Berdasarkan SK-SNI-S-04-1989-F, kadar lumpur dalam agregat halus tidak boleh melebihi 5%. Berikut adalah langkah-langkah yang harus diikuti dalam pengujian kadar lumpur:

1. Mengisi pasir ke dalam gelas ukur secukupnya.
2. Mengisi air pada gelas ukur untuk mengendapkan lumpur pada pasir.



**Gambar 3. 30** Gelas Ukur yang Terisi Air

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

3. Menutup gelas ukur denganplastik dan kocok gelas ukur.



**Gambar 3. 31** Mengocok Gelas Ukur

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

4. Mendingkan gelas ukur selama 24 jam untuk mengetahui endapan lumpur.



**Gambar 3. 32** Mendingkan Gelas Ukur

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

5. Mengukur tinggi air dan tinggi lumpur.



**Gambar 3. 33** Gelas Ukur Setelah 24 Jam

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

6. Menghitung dengan :

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(w1-w2)}{w1} \times 100 \% \text{ dengan}$$

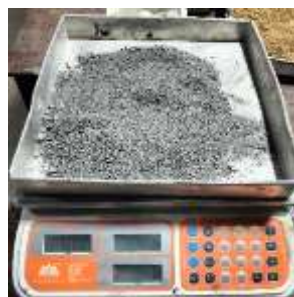
A = Tinggi dari lumpur (ml)

B = Tinggi dari pasir (ml)

#### B. Gradasi Butiran Pasir

Metode pengujian Analisis Saringan Pasir telah diatur dalam SNI 03-1986-1990. Pengujian ini bertujuan untuk menilai kualitas pasir berdasarkan ukuran partikelnya. Berikut adalah langkah-langkah atau prosedur yang diikuti dalam melakukan pengujian Analisis Saringan Pasir:

1. Menimbang pasir kering secara akurat sebanyak 1000 gram.



**Gambar 3. 34** Menimbang Pasir Kering

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

2. Menyusun saringan dengan lubang ayakan mulai dari yang terbesar di bagian atas, kemudian memasukkan pasir ke dalam saringan yang telah disusun.



**Gambar 3. 35** Menyusun Saringan

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

3. Mengayak pasir dengan menggunakan sieve shaker selama 10-15 menit, kemudian mengambil saringan dan memasukkan sisa pasir dari setiap saringan, lalu dimasukkan ke wadah.



**Gambar 3. 36** Pengayakkan Pasir

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

4. Menimbang dan mencatat berat dari sisa pasir di masing-masing saringan.



**Gambar 3. 37** Penimbangan Pasir dan Pencatatan Data

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

5. Menghitung modulus halus butir (MHB) dan menentukan gradasi pasir dari hasil penimbangan sesuai dengan rumus yang ditentukan sebagai berikut :

$$\text{MHB} = \frac{\Sigma \text{ Berat tertinggal kumulatif}}{100}$$

#### C. Berat Jenis

Sesuai SNI 03-1970-1990, metode ini digunakan sebagai pedoman dalam pengujian untuk mengukur berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu, serta angka penyerapan dari agregat halus.

Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan piknometer yang telah terisi air sampai ambang batas, menimbang dan mengukur suhu awal dengan termometer.



**Gambar 3. 38** Piknometer yang Terisi Air

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

2. Mengosongkan piknometer yang terisi air suling untuk diisi dengan pasir.

3. Memasukkan 200 gram benda uji ke dalam piknometer, memasukkan air suling sampai mencapai 2/3 isi piknometer, memutar sambil di guncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.
4. Menambahkan air sampai mencapai tanda batas.
5. Menimbang piknometer berisi air dan benda uji dan membiarkan hingga 24 jam.



**Gambar 3. 39** Menimbangan Piknometer

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

6. Mengukur suhu piknometer berisi air dan benda uji menggunakan termometer.



**Gambar 3. 40** Mengukur Suhu Piknometer

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

7. Hasil penimbangan digunakan untuk menentukan berat jenis sesuai dengan rumus yang ditentukan sebagai berikut :  
Harga Air Piknometer :  
$$W_T = (W_2 - W_1) \times T_1$$
$$W_1 = \text{Berat Piknometer kosong}$$
$$W_2 = \text{Berat Piknometer + Aquades}$$

$t$  = Suhu Piknometer + Aquades

$T_1$  = Koreksi Suhu Piknometer + Aquades

Diikuti dengan perhitungan Berat Jenis :

$$G_s = \frac{W_3 - W_1}{W_t - (W_4 - W_3) \times T_2}$$

$W_3$  = Berat Piknometer + Pasir

$W_4$  = Berat Piknometer + Pasir + Aquades

$t$  = Suhu Piknometer + Aquades + Pasir

$T_2$  = Koreksi Suhu Piknometer + Aquades + Pasir

### 3.4.2 Air

Pemeriksaan kualitas air, dilakukan dengan cara inspeksi visual di mana air harus bersih dan bebas dari lumpur, minyak, dan garam sesuai dengan standar air minum atau PBI 1971. Dalam penelitian ini, air yang digunakan berasal dari lokasi pembuatan sampel benda uji dan juga dari Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

### 3.4.3 Semen

Dalam penelitian ini harus menggunakan semen yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Semen yang digunakan adalah jenis semen PCC merk tiga roda 40 kg. Pengamatan secara visual dilihat dari semen tidak terbuka lama dan tidak adanya gumpalan untuk selanjutnya dilakukan pengujian daya ikat semen.

#### A. Keadaan Kemasan Semen

Pengujian ini dilakukan dengan cara melihat secara visual kondisi semen yang masih dalam kemasan yang tidak terbuka dan semen dalam keadaan bagus.

#### B. Tampak Butiran Semen

Pengujian secara visual mengetahui kondisi dari butiran semen.

#### C. Daya Ikat Semen

Pengujian Waktu Pengikatan Semen Portland dilakukan untuk mengetahui waktu pengikatan awal pada pasta semen terjadi, atau setting

time pasta semen, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui waktu pasta semen kehilangan sifat elastisitasnya dan untuk mengetahui kapan pasta menjadi kaku atau pengikatan akhir menurut standar SNI 03-6827-2002 minimum 45 menit, sedangkan waktu ikat akhir maksimum 360 menit. Berikut adalah langkah-langkah atau prosedur yang harus diikuti dalam pengujian daya ikat semen:

1. Menyiapkan semen sebanyak 300 gr.



**Gambar 3. 41** Menyiapkan Semen

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

2. Menyiapkan air untuk beberapa sampel uji.
3. Mencampur semen dengan air dengan kadar air tertentu dan mengaduk pasta semen sehingga membentuk seperti bola.
4. Memasukkan pasta semen ke dalam alat vicat dan menempelkan jarum vicat pada permukaan pasta dan melepaskan jarum vicat.



**Gambar 3. 42** Menempelkan Jarum Vicat

(Sumber : Dokumentasi Penulis)



5. Mengulangi penunjukkan jarum vicat setelah 15 menit sampai hasil penetrasi lebih kecil dari 25 mm.
6. Mencata waktu dan menghitung hasilnya.

$$\text{Konsistensi} = \frac{\text{berat air}}{\text{berat semen}} \times 100\%$$

### 3.4.4 Serbuk Kaca

#### A. Kadar Lumpur

Menurut SK-SNI-S-04- 1989-F, kadar lumpur pada agregat halus, setidaknya memiliki nilai maksimum sebesar 5%. Berikut adalah langkah-langkah atau prosedur yang harus diikuti dalam pengujian kadar lumpur:

1. Mengisi gelas ukur dengan serbuk kaca secukupnya.
2. Menambahkan air untuk membantu mengendapkan lumpur yang ada pada serbuk kaca.
3. Menutup ujung gelas ukur menggunakan plastik dan kocok gelas ukur.



**Gambar 3. 43** Menutup Gelas Ukur dengan Plastik

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

4. Mendingkan selama 24 jam untuk mengetahui endapan lumpur.
5. Mengukur tinggi air dan tinggi lumpur.



**Gambar 3. 44** Gelas Ukur Setelah 24 Jam

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

6. Menghitung kadar lumpur dengan :

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(w_1 - w_2)}{w_1} \times 100 \% \text{ dengan}$$

A = Tinggi dari lumpur (ml)

B = Tinggi dari pasir (ml)

#### B. Berat Jenis

Sesuai SNI 03-1970-1990, metode ini digunakan sebagai pedoman dalam pengujian untuk mengukur berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu, serta angka penyerapan dari agregat halus. Pengujian ini dilakukan pada substitusi parsial pasir pada serbuk kaca.

Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan piknometer yang telah terisi air sampai ambang batas, menimbang dan mengukur suhu awal dengan termometer.



**Gambar 3. 45** Piknometer yang Terisi Air

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

2. Mengosongkan piknometer yang terisi air suling untuk diisi dengan serbuk kaca.
3. Memasukkan 200 gram benda uji pada piknometer, memasukkan air suling sebanyak 2/3 isi piknometer, memutar dan diguncang kanan kiri, untuk menghilangkan gelembung di dalam piknometer.
4. Menambahkan air sampai tanda batas garis di piknometer.
5. Timbang berat piknometer yang terisi air dan benda uji yang telah didiamkan hingga 24 jam.



**Gambar 3. 46** Menimbangan Piknometer

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

6. Mengukur suhu air di dalam piknometer serta benda uji menggunakan termometer.



**Gambar 3. 47** Mengukur Suhu Piknometer

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

7. Hasil penimbangan digunakan untuk menentukan berat jenis sesuai dengan rumus yang ditentukan sebagai berikut :

Harga Air Piknometer :

$$W_T = (W_2 - W_1) \times T_1$$

$W_1$  = Berat Piknometer kosong

$W_2$  = Berat Piknometer + Aquades

$t$  = Suhu Piknometer + Aquades

$T_1$  = Koreksi Suhu Piknometer + Aquades

Diikuti dengah perhitungan Berat Jenis :

$$G_s = \frac{W_3 - W_1}{W_t - (W_4 - W_3) \times T_2}$$

$W_3$  = Berat Piknometer + Serbuk kaca

$W_4$  = Berat Piknometer + Serbuk kaca + Aquades

$t$  = Suhu Piknometer + Aquades + Serbuk kaca

$T_2$  = Koreksi Suhu Piknometer + Aquades + Serbuk kaca

### 3.4.5 Abu Ampas Tebu (Bagasse Ash)

#### A. Gradasi Butiran

Metode pengujian Analisis Saringan Pasir telah diatur dalam SNI 03-1986-1990. Pengujian ini bertujuan untuk menilai kualitas abu ampas tebu berdasarkan ukuran partikelnya. Prosedur yang diikuti untuk melakukan pengujian Analisis Saringan :

1. Menimbang abu ampas tebu kering secara akurat.
2. Menyusun saringan dengan lubang ayakan mulai dari yang terbesar di bagian atas, kemudian memasukkan abu ampas tebu ke dalam saringan yang telah disusun.



**Gambar 3. 48** Menyusun Saringan

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

3. Mengayak abu ampas tebu dengan shieve shaker selama 15 menit, lalu mengambil saringan dan memasukkan abu ampas tebu yang tersisa di setiap saringan ke dalam wadah.



**Gambar 3. 49** Mengayak Abu Ampas Tebu

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

4. Melakukan penimbangan dan mencatat berat abu ampas tebu yang tersisa di masing-masing saringan.



**Gambar 3. 50** Penimbangan dan Pencatatan

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

5. Hasil penimbangan digunakan untuk menentukan gradasi abu ampas tebu dan menghitung modulus halus butir (MHB) sesuai dengan rumus yang ditentukan sebagai berikut :

$$MHB = \frac{\Sigma \text{ Berat tertinggal kumulatif}}{100}$$

#### B. Berat Jenis

Sesuai SNI 03-1970-1990, metode ini digunakan sebagai pedoman dalam pengujian untuk mengukur, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis curah, maupun berat jenis semu, serta angka penyerapan dari agregat halus. Pengujian ini dilakukan pada substitusi parsial semen pada abu ampas tebu.

Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan piknometer yang telah terisi air sampai ambang batas, menimbang dan mengukur suhu awal dengan termometer.



**Gambar 3. 51** Piknometer yang Terisi Air

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

2. Mengosongkan piknometer yang terisi air suling untuk diisi dengan abu ampas tebu.
3. Memasukkan 200 gram AAT ke dalam piknometer, memasukkan air sebanyak 2/3 isi piknometer, memutar sambil di guncang kanan kiri hingga gelembung udara tidak terlihat.
4. Menambahkan air sampai mencapai tanda batas.
5. Menimbang piknometer air dan AAT serta membiarkan hingga 24 jam.



**Gambar 3. 52** Menimbangan Piknometer

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

6. Mengukur suhu air dan AAT di dalam piknometer menggunakan termometer.



**Gambar 3. 53** Mengukur Suhu Piknometer

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

7. Hasil penimbangan digunakan untuk menentukan berat jenis sesuai dengan rumus yang ditentukan sebagai berikut :

Harga Air Piknometer :

$$W_T = (W_2 - W_1) \times T_1$$

$W_1$  = Berat Piknometer kosong

$W_2$  = Berat Pikhnometer + Aquades

$t$  = Suhu Pikhnometer + Aquades

$T_1$  = Koreksi Suhu Pikhnometer + Aquades

Diikuti dengah perhitungan Berat Jenis :

$$G_s = \frac{W_3 - W_1}{W_t - (W_4 - W_3) \times T_2}$$

$W_3$  = Berat Pikhnometer + AAT

$W_4$  = Berat Pikhnometer + AAT + Aquades

$t$  = Suhu Pikhnometer + Aquades + AAT

$T_2$  = Koreksi Suhu Pikhnometer + Aquades + AAT

### 3.5 Pembuatan Benda Uji Genteng Beton

#### A. Tahap Persiapan

1. Menyaring pasir menggunakan saringan dengan ukuran lubang 4,75 mm.



**Gambar 3. 54** Pasir Lolos dengan Saringan 4,75 mm

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

2. Menyaring serbuk kaca menggunakan saringan dengan ukuran lubang 4,75 mm.



**Gambar 3. 55** Serbuk Kaca Lolos dengan Saringan 4,75 mm

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

3. Menyaring abu ampas tebu menggunakan saringan dengan ukuran lubang 0,075 mm.



**Gambar 3. 56** Abu Ampas Tebu Lolos Saringan 0,075 mm

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

4. Menyiapkan air dan semen untuk bahan campuran.



**Gambar 3. 57** Air dan semen

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

5. Menimbang setiap bahan sesuai dengan desain campuran yang ditetapkan.



**Gambar 3. 58** Menimbang Bahan – bahan

(Sumber : Dokumentasi Penulis)



6. Menyiapkan wadah cor beton dari plastik.



**Gambar 3. 59** Plastik Cor

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

7. Menyiapkan cetakan beton berupa matras genteng, mal besi dan cetakan kaitan dari kayu.



**Gambar 3. 60** Cetakan Genteng dan Kaitan

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

8. Menyiapkan bak pengaduk dan alat cetok untuk mencetak bahan genteng beton.



**Gambar 3. 61** Bak Pengaduk dan Cetok

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

## **B. Tahap Pembuatan Benda Uji**

1. Menyiapkan takaran bahan setiap variasi.



**Gambar 3. 62** Menyiapkan Takaran

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

2. Menuang bahan ke dalam wadah pengaduk dan mengaduk campuran hingga tercampur rata (homogen).



**Gambar 3. 63** Mengaduk Bahan

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

3. Mengoleskan oli pada matras genteng.



**Gambar 3. 64** Mengoleskan Oli

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

4. Memberi plastik cor pada cetakan dan mengoles dengan oli.



**Gambar 3. 65** Mengoleskan Oli Pada Plastik Cor  
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

5. Memasang mal pada cetakan yang sudah dioles dengan oli.



**Gambar 3. 66** Memasang Mal Besi  
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

6. Menuang adonan ke cetakan dan melakukan perataan.



**Gambar 3. 67** Menuangkan Adonan ke Cetakan  
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

7. Mencetak kaitan menggunakan cetakan kaitan dari kayu pada benda uji yang dibuat.



**Gambar 3. 68** Mencetak Kaitan  
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

8. Melepaskan mal besi dan meletakkan benda uji pada permukaan rata dan mendiamkan benda uji selama 24 jam.



**Gambar 3. 69** Pengeringan Benda Uji  
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

9. Melakukan curing selama 3 hari.



**Gambar 3. 70** Curing  
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

10. Memindahkan sampel uji di tempat yang terhindar dari paparan sinar matahari langsung dan membiarkan sampai waktu pengujian.



**Gambar 3. 71** Perawatan Benda Uji

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

### **3.6 Pengujian Genteng Beton**

Pengujian dilakukan pada umur beton 7 hari dan 14 hari. Pengujian yang dilakukan diantaranya pengujian karakteristik tampak, dimensi (ukuran), kerataan, beban lentur, rembesan dan penyerapan air pada setiap variasi.

#### **3.6.1 Karakteristik Tampak**

Menurut SNI 0096-2007 pada pengujian sifat tampak, genteng beton harus memiliki permukaan yang rata dan mulus tanpa retak atau cacat lain yang dapat memengaruhi kinerjanya. Berikut adalah langkah-langkah pengujian yang harus dilakukan:

- a. Menyiapkan sampel uji.
- b. Mengamati secara visual menggunakan senter.



**Gambar 3. 72** Pengujian Karakteristik Tampak

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

- c. Mencatat kondisi yang memengaruhi sifat genteng beton seperti genteng memiliki tampak yang baik atau mengalami keretakan, pecah, atau cacat fisik lain.

### 3.6.2 Ukuran

Berdasarkan standar SNI 0096-2007, ukuran genteng beton mencakup beberapa persyaratan sebagai berikut :

**Tabel 3. 4** Ukuran bagian genteng beton

No	Genteng Beton		Persyaratan
1.	Ketebalan	Rata	$\geq 8$ mm
		Penampang	$\geq 6$ mm
2.	Kaitan	Panjang	$\geq 30$ mm
		Lebar	$\geq 12$ mm
		Tinggi	$\geq 9$ mm
3.	Penampang	Kedalaman Alur	$\geq 3$ mm
		Lebar	$\geq 25$ mm
		Jumlah Alur	$\geq 1$ buah

(Sumber : SNI 0096-2007)

Berikut adalah langkah-langkah pengujian yang harus diikuti:

- Menyiapkan alat jangka sorong dan sampel.
- Mengukur ketebalan dari genteng beton pada setiap variasi.



**Gambar 3. 73** Pengujian Ukuran Ketebalan

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

- Mengukur penumpangan dari genteng beton.



**Gambar 3. 74** Pengukuran Penumpangan

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

- d. Mengukur dimensi berupa panjang, lebar, dan tinggi kaitan.



**Gambar 3. 75** Pengukuran Kaitan

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

- e. Mencatat hasil pengukuran dan melakukan perhitungan rata-rata.

### **3.6.3 Kerataan**

Berdasarkan standar SNI 0096-2007, ketebalan maksimum genteng beton adalah 3 mm, yang dapat diamati dari permukaan pelat yang rata. Konsistensi ini penting untuk memastikan konsistensi dalam pemasangan genteng nantinya. Berikut adalah langkah-langkah pengujian yang harus dilakukan:

- a. Menyiapkan permukaan yang rata dan pelat baja dengan ketebalan minimal 3 mm.
- b. Menyiapkan sampel uji, melakukan penekanan bagian atas genteng pada permukaan plat bersentuhan.
- c. Melakukan pengecekan pada jarak antara permukaan plat dengan permukaan bawah genteng.
- d. Memasukkan batang baja pada rongga jarak tersebut.



**Gambar 3. 76** Pengujian Kerataan

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

- e. Mencatat hasil data kerataan.

#### **3.6.4 Beban Lentur**

Menurut SNI 0096:2007, genteng beton harus mampu menahan beban lentur. Adapun langkah-langkah pengujian beban lentur antara lain :

- a. Menyiapkan mesin penguji kuat lentur dilengkapi alat penumpu dan pembebanan. Papan kayu sebagai tempat perletakan penekanan beban.
- b. Meletakkan sampel uji di atas alat penumpu hingga posisi tengah alat pembebanan, lalu meletakkan papan kayu yang disebut bantalan karet.



**Gambar 3. 77** Meletakkan Benda Uji

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

- c. Melakukan proses kuat lentur dengan 1 putaran mesin *Universal Testing Machine* (UTM).



**Gambar 3. 78** Pengujian Kuat Lentur

(Sumber : Dokumentasi Penulis)



- d. Menghitung dan mencatat hasil dari uji kuat lentur pada setiap variasi benda uji dengan rumus:

$$F_c = F - 1,64 \times s_d$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(F_i - F)^2}{(n-1)}}$$

dengan

$F_c$  = beban lentur (N)

$F$  = rata-rata beban lentur (N)

$S_d$  = standar deviasi

$n$  = jumlah sampel

$F_i$  = beban lentur setiap sampel (N)

### 3.6.5 Penyerapan Air (Porositas)

Penyerapan air (porositas) merupakan faktor kunci dalam menilai kapasitas penyimpanan air dalam suatu material. Untuk mengungkapkannya sebagai persentase, volume ruang kosong di dalam batuan dibandingkan dengan total volume batuan, kemudian dikalikan dengan 100. Sebagai contoh, untuk menilai porositas, genteng beton yang berkualitas harus memiliki nilai sekitar 10%, sebagaimana yang diatur dalam standar SNI 0096:2007. Berikut adalah langkah-langkah pengujian yang perlu dilakukan:

- Menyiapkan oven, timbangan, bak rendaman dan lap lembab.
- Menyiapkan sampel uji dan memasukan genteng beton ke dalam oven suhu  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .



**Gambar 3. 79** Memasukkan Benda Uji ke dalam Oven

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

- c. Melakukan penimbangan genteng beton yang telah dioven.



**Gambar 3. 80** Melakukan Penimbangan Setelah Oven

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

- d. Merendam genteng beton selama 24 jam.



**Gambar 3. 81** Perendaman

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

- e. Melap permukaan genteng beton dengan lap lembab dan menimbang genteng.



**Gambar 3. 82** Penimbangan Setelah Rendaman

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

- f. Menghitung dan mencatat penyerapan air di setiap variasi genteng beton menggunakan rumus :

$$\text{Penyerapan air} = (w-k)/k \times 100\%$$

Dimana : W = Berat basah dari genteng (gram)

K = Berat kering dari (gram)

- g. Melakukan perhitungan rata-rata penyerapan air.

### 3.6.6 Rembesan Air (Impermeabilitas)

Menurut standar SNI 0096:2007, genteng beton dianggap berkualitas jika setelah direndam dalam air selama 20 jam dengan toleransi waktu  $\pm 5$  menit, tidak mengalami kebocoran. Berikut adalah langkah-langkah pengujian rembesan air antara lain :

- Menyiapkan kerangka yang terbuat dari seng untuk pengujian rembesan air, lilin gondorukem, dan air.
- Menyiapkan sampel uji dan meletakkan kerangka di atas genteng beton dan memberi lilin gondorukem yang sudah dipanaskan di sekelilingnya.



**Gambar 3. 83** Perletakan Seng dan Pelapisan Lilin Gondorukem

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

- Menuangkan air ke dalam kerangka dan lakukan pencatatan hasil rembesan.



**Gambar 3. 84** Pengujian Impermeabilitas

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

### 3.7 Rencana Output Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menekan biaya produksi genteng beton dengan penggunaan limbah abu ampas tebu dan serbuk kaca untuk menghasilkan genteng beton sesuai dengan standar SNI 0096-2007. Genteng beton inovatif ini diharapkan dapat digunakan untuk material penutup atap.



**Gambar 3. 85** Rencana Genteng Beton

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Rencana output yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Paten Genteng Beton dengan Substitusi Parsial Serbuk Kaca dan Abu Ampas Tebu

Penelitian genteng beton dengan substitusi parsial serbuk kaca dan abu ampas tebu ini akan menghasilkan output paten yang tercatat pada Direktorat Jendral Kekayaan Intelektual Kementerian Hukum.

2. Prototipe Genteng Beton dengan Substitusi Parsial Serbuk Kaca dan Abu Ampas Tebu

Sebuah prototipe berupa genteng beton dengan substitusi parsial serbuk kaca dan abu ampas tebu yang memiliki kualitas SNI 0096:2007.

3. Publikasi Ilmiah pada Jurnal JCDC

Publikasi penelitian melalui jurnal JCDC (*Journal of Construction in Developing Countries*) yang memiliki perancangan dari inovasi genteng beton dengan substitusi parsial abu ampas tebu dan serbuk kaca.

#### 4. Publikasi Ilmiah di Jurnal Teknik Sipil

Publikasikan penelitian melalui jurnal teknik sipil yang memiliki perancangan dari inovasi genteng beton dengan substitusi parsial serbuk kaca dan abu ampas tebu.