

## BAB III

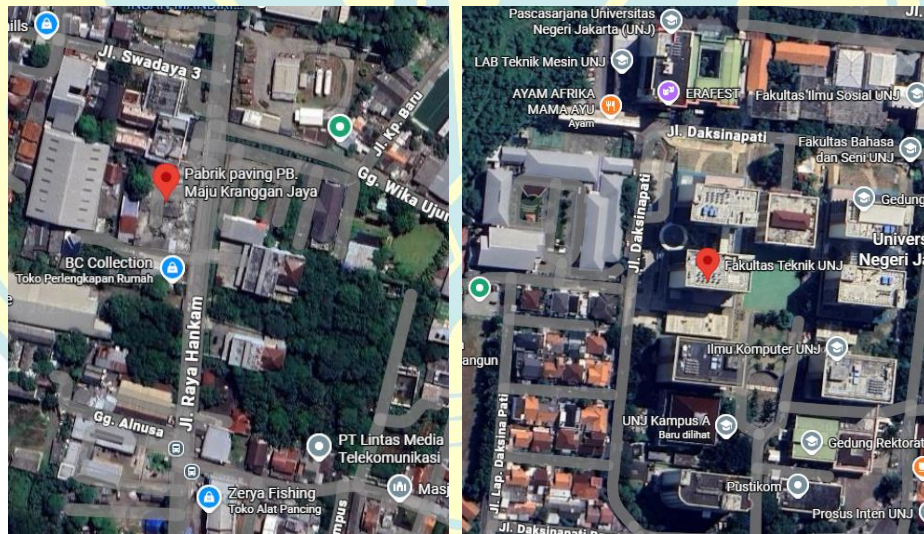
### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Proses penelitian ini dilakukan dari bulan Maret 2025 – Desember 2025, berikut tempat pelaksanaan yang dilakukan dalam penelitian ini:

1. Pembuatan produk *paving block* dilakukan di PB Maju Bersama, yang beralamat di Jl. Lurah Namat No. 53, Kota Bekasi, Jawa Barat, 17434.
2. Laboratorium Praktek Uji Bahan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta yang beralamat di Jl. Rawamangun Muka Raya No 11, RT.11/RW.14, Rawamangun, Kec. Pulo Gadung, Kota Jakarta Timur. Untuk dilakukan pengujian bahan seperti Semen, abu kulit durian, pasir, pemeriksaan sifat tampak, ukuran, penyerapan air, dan pengujian kuat tekan *paving block*.

Adapun lokasi tempat dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pembuatan dan Pengujian *Paving Block*  
Sumber: Google Maps, 2025

#### 3.2 Metode Pengembangan Produk

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian *Research and Development* (R&D) dengan menggunakan pengembangan metode 4D pembuatan *paving block* menggunakan limbah abu kulit durian sebagai

substitusi sebagian semen terhadap semen dengan persentase 0%, 6%, 8%, dan 10%

Adapun tahapan metode 4D yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. *Define* (Pendefinisian)

Tahap ini merupakan analisis kebutuhan untuk mengidentifikasi dan menentukan masalah yang akan diteliti. Analisis dilakukan melalui studi literatur, penelitian terdahulu, serta observasi langsung terhadap kebutuhan akan inovasi material ramah lingkungan dalam pembuatan *paving block*. Hasil dari tahap ini adalah pemetaan kebutuhan dan penentuan spesifikasi awal produk yang akan dikembangkan.

2. *Design* (Perancangan)

Pada tahap ini dilakukan perancangan awal produk. Perancangan meliputi penyusunan formula campuran *paving block* dengan substitusi abu kulit durian, *paving block* desain benda uji (spesifikasi ukuran *paving block*), serta penyusunan prosedur uji kekuatan tekan dan daya serap air. Rancangan ini bertujuan untuk menghasilkan prototipe *paving block* yang memenuhi standar kualitas tertentu.

3. *Develop* (Pengembangan)

Tahap ini merupakan proses menghasilkan produk pengembangan berdasarkan desain yang telah dibuat. Pada tahap ini dilakukan dua langkah utama, yaitu penilaian ahli dan uji coba produk. Penilaian ahli dilakukan untuk mendapatkan masukan dari para ahli di bidang teknik sipil terkait formula campuran, prosedur pembuatan, dan standar pengujian *paving block*. Setelah mendapatkan masukan, dilakukan revisi terhadap produk yang dikembangkan. Selanjutnya, produk hasil revisi diuji melalui uji kuat tekan dan daya serap air untuk menilai performa *paving block* dengan substitusi abu kulit durian, serta memastikan kesesuaiannya dengan standar mutu yang diharapkan.

4. *Disseminate* (Penyebarluasan)

Pada tahap ini, hasil produk dikomunikasikan dan disebarluaskan melalui laporan penelitian, publikasi jurnal, seminar, atau media lainnya. Tujuannya adalah untuk memperkenalkan inovasi penggunaan limbah kulit

durian sebagai bahan bangunan alternatif kepada masyarakat luas, industri konstruksi, serta pihak-pihak terkait lainnya.

### 3.3 Bahan dan Alat

Adapun bahan serta alat yang digunakan dalam penelitian ini untuk pembuatan *paving block* adalah sebagai berikut

#### 3.3.1 Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa jenis bahan utama dalam proses pembuatan *paving block*. Adapun bahan-bahan yang digunakan dijelaskan sebagai berikut.

##### 1. Semen

Semen digunakan sebagai bahan pengikat utama dalam pembuatan *paving block* untuk mengikat agregat sehingga membentuk struktur yang padat dan kuat. Jenis semen yang dipakai adalah PCC (*Portland Composite Cement*) merek SCG dengan kemasan 40 kg, seperti terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Semen PCC

##### 2. Pasir

Pasir yang digunakan berasal dari pabrik *paving block*, yaitu pasir alam yang telah melewati proses pencucian serta tahap pemeriksaan awal. Pengujian yang dilakukan meliputi kadar lumpur, kandungan zat organik, kadar air, berat jenis, dan analisis saringan. Jenis pasir yang digunakan



adalah pasir abu batu yang tersedia di pabrik, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Pasir Abu Batu

### 3. Abu Kulit Durian

Abu yang digunakan adalah kulit durian yang telah melewati proses pembakaran dengan oven pembakaran dengan suhu mencapai  $700^{\circ}\text{C}$  selama 6 jam dan melewati proses ayakan dengan saringan No. 200 (0,075 mm), yang digunakan sebagai bahan tambah dalam penelitian ini.

Adapun tahapan pembakaran abu kulit durian hingga menjadi abu sebagai berikut:

- a) Mengumpulkan limbah kulit durian yang terdapat di daerah Cimone Jaya, Tangerang dan pengepul durian di daerah Jakarta. Limbah kulit durian dikumpulkan sebagai bahan baku pembuatan abu, terlihat pada gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Limbah Kulit Durian yang telah dikumpulkan

- b) Kemudian kulit durian yang telah dikeringkan dijemur terlebih dahulu untuk mengurangi kadar air. Untuk mengurangi kadar air sebelum

proses pembakaran, kulit durian dijemur seperti yang terlihat pada gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 Kulit Durian yang Dijemur untuk Dikeringkan

- c) Memasukan kulit durian yang sudah dikeringkan ke dalam oven untuk proses pembakaran. Kulit durian yang telah dikeringkan dibakar di oven pembakaran atau *incinerator* dengan maksimal 50 kg dengan suhu tinggi yang ditunjukkan pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Proses Pembakaran Kulit Durian

- d) Melakukan pembakaran pada suhu sekitar  $700^{\circ}\text{C}$  selama 6 jam. Pembakaran kulit durian dilakukan hingga mencapai suhu  $700^{\circ}\text{C}$ , tampak pada gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Suhu Pembakaran Kulit Durian hingga 700 °C

- e) Setelah pembakaran selesai diamkan selama 24 jam di dalam oven, untuk meminimalisir abu yang terbang jika dibuka langsung. Hasil pembakaran berupa abu kulit durian terlihat pada gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.8 Abu Kulit Durian Hasil Pembakaran

- f) Proses pengayakan abu kulit durian dengan menggunakan saringan no. 200 (0,0075 mm) dan digunakan untuk mendapatkan ukuran partikel halus, sebagaimana terlihat pada gambar 3.9 berikut.





Gambar 3.9 Melakukan Pengayakan Abu Kulit Durian No. 200

Setelah disaring, inilah hasil abu kulit durian siap digunakan sebagai bahan substitusi pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Hasil Ayakan Abu kulit Durian

#### 4. Air

Berfungsi untuk mengaktifkan reaksi kimia pada semen (hidrasi) dan membantu dalam proses pencampuran agar campuran lebih homogen. Air yang digunakan adalah air yang tersedia di pabrik *paving block* dan di lab bahan Universitas Negeri Jakarta.

### 3.3.2 Alat

Alat-alat yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian ini meliputi:

#### 1. Ayakan (saringan)

Saringan yang digunakan adalah alat perangkat saringan dimensi lubang 0 – 9,5 mm dan alat *Sieve Shaker* sebagai penggetar saringan untuk

mendapatkan agregat halus yang lolos. Untuk memperlihatkan alat saringan dan penggetar saringan yang digunakan, dapat dilihat pada gambar 3.11 berikut



Gambar 3.11 Alat Saringan dan *Sieve Shaker*

## 2. Oven Pengering dengan suhu $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$

Oven pengering digunakan untuk menghilangkan kadar air dari sampel seperti tanah, agregat, atau bahan kimia sebelum dilakukan analisis lebih lanjut. Pengeringan pada suhu ini memastikan air menguap tanpa merusak struktur atau komposisi material, sehingga hasil pengujian seperti kadar air, berat kering, atau reaksi kimia menjadi akurat dan konsisten. Peralatan ini ditunjukkan pada gambar 3.12 berikut



Gambar 3.12 Oven Pengering

## 3. Oven Pembakaran

Oven pembakaran digunakan di laboratorium dan industri untuk membakar sampel pada suhu tinggi hingga hanya menyisakan abu, seperti pada proses pembakaran kulit durian untuk menghasilkan abu sebagai bahan



penelitian. Alat oven pembakaran yang digunakan ditampilkan pada gambar 3.13 berikut



Gambar 3.13 Oven Pembakaran

#### 4. Gelas ukur

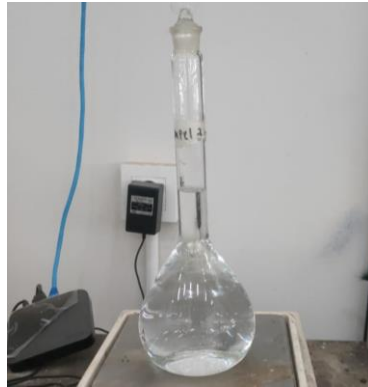
Gelas ukur berfungsi untuk mengukur volume air secara tepat. Alat ini digunakan di laboratorium untuk mengukur volume cairan dengan cara yang cepat dan praktis. Dalam penelitian ini, gelas ukur dimanfaatkan pada pengujian kadar lumpur dan kandungan zat organik, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Gelas Ukur

#### 5. Piknometer

Piknometer digunakan untuk menghilangkan kadar udara pada saat dicampurkan dengan air pada pengujian berat jenis agregat halus. Berikut piknometer yang digunakan pada gambar 3.15 berikut.



Gambar 3.15 Piknometer

#### 6. Botol *Le Chatelier*

Botol *Le Chatelier* digunakan untuk menentukan berat jenis (densitas) semen dan abu kulit durian. Botol *Le Chatelier* digunakan untuk mengukur volume semen dan volume minyak tanah (atau kerosin) yang digunakan sebagai zat acuan. Gambar 3.16 berikut menampilkan botol yang digunakan



Gambar 3.16 Botol Le Chatelier

#### 7. Termometer

Termometer digunakan pada pengujian berat jenis semen untuk memastikan suhu larutan di dalam botol ukur sama dengan suhu air, sehingga hasil pengukuran dapat diperoleh dengan lebih tepat. Gambar 3.17 berikut menampilkan termometer yang digunakan.



Gambar 3.17 Termometer

#### 8. Alat Vicat

Alat Vicat digunakan untuk menentukan konsistensi normal dan waktu pengikatan semen. Alat vicat yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.18 berikut.



Gambar 3.18 Alat Vicat

#### 9. Kerucut Kuningan

Kerucut kuningan digunakan dalam uji kadar air pasir pada kondisi *saturated surface dry* (SSD). Kerucut ini digunakan untuk menentukan apakah pasir telah mencapai kondisi SSD, yaitu ketika pasir dalam keadaan jenuh air di permukaan dan tidak ada air yang mengalir di dalamnya. Alat kerucut yang digunakan pada gambar 3.19 berikut.





Gambar 3.19 Kerucut Kuningan

#### 10. Timbangan

Digunakan untuk menimbang bahan-bahan dengan ketelitian tinggi sesuai proporsi campuran yang ditentukan. Timbangan yang digunakan pada gambar 3.20 berikut.



Gambar 3.20 Timbangan Digital

#### 11. Cetakan Mortar

Dipakai untuk membuat benda uji mortar dalam pengujian pendahuluan untuk membentuk dan menguji sampel mortar. Alat cetakan mortar yang digunakan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.21



Gambar 3.21 Cetakan Mortar

#### 12. Mixer

Mortar *mixer* atau adukan mortar, yang digunakan di laboratorium untuk mencampur bahan-bahan uji seperti semen, pasir, dan air secara

merata dalam pengujian mortar atau pasta semen. Alat *mixer* ditunjukkan pada gambar 3.22 berikut



Gambar 3.22 Mixer

13. Mesin Cetak *Paving Block*

Alat untuk membentuk *paving block* sesuai ukuran dan desain yang diinginkan. Mesin cetak *paving block* yang dipergunakan terdapat gambar 3.23 berikut.



Gambar 3.23 Mesin Cetak Benda Uji

#### 14. Mesin Pemotong

Mesin pemotong ini berfungsi untuk memotong *paving block* apabila diperlukan untuk tahap pengujian atau proses perbaikan. Alat pemotong tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.24 berikut ini.



Gambar 3.24 Mesin Pemotong

#### 15. *Concrete Compression Machine (CCM)*

Mesin yang digunakan untuk menguji kekuatan tekan *paving block* sehingga dapat diketahui performa produk yang dihasilkan. Berikut adalah tampilan mesin uji tekan pada gambar 3.25 berikut.



Gambar 3.25 Mesin Uji Kuat Tekan

#### 16. Mesin Aus *Böhme Abrasion Tester*

Mesin yang digunakan untuk menguji ketahanan aus pada *paving block* sehingga dapat diketahui kualitas dan performa permukaan produk. Berikut adalah tampilan alat uji abrasi Böhme pada gambar 3.26 berikut.

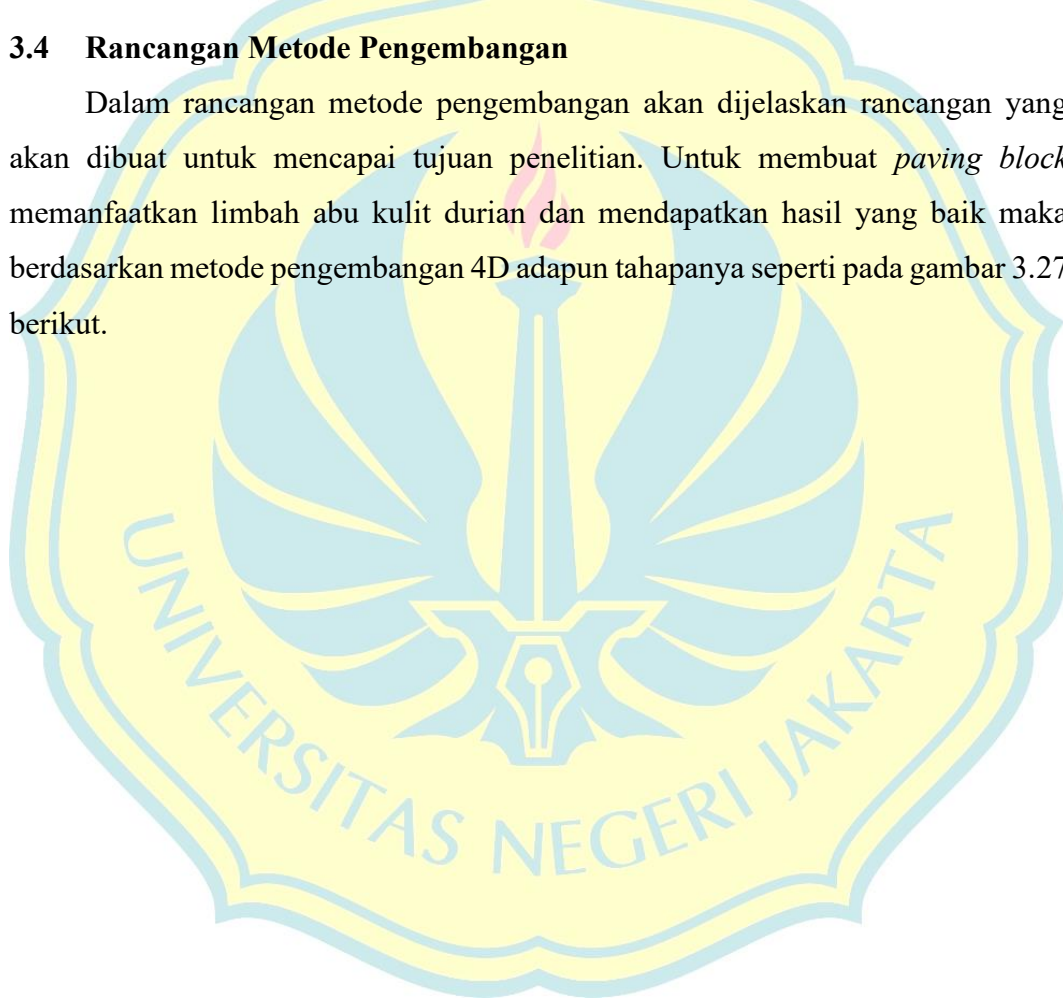


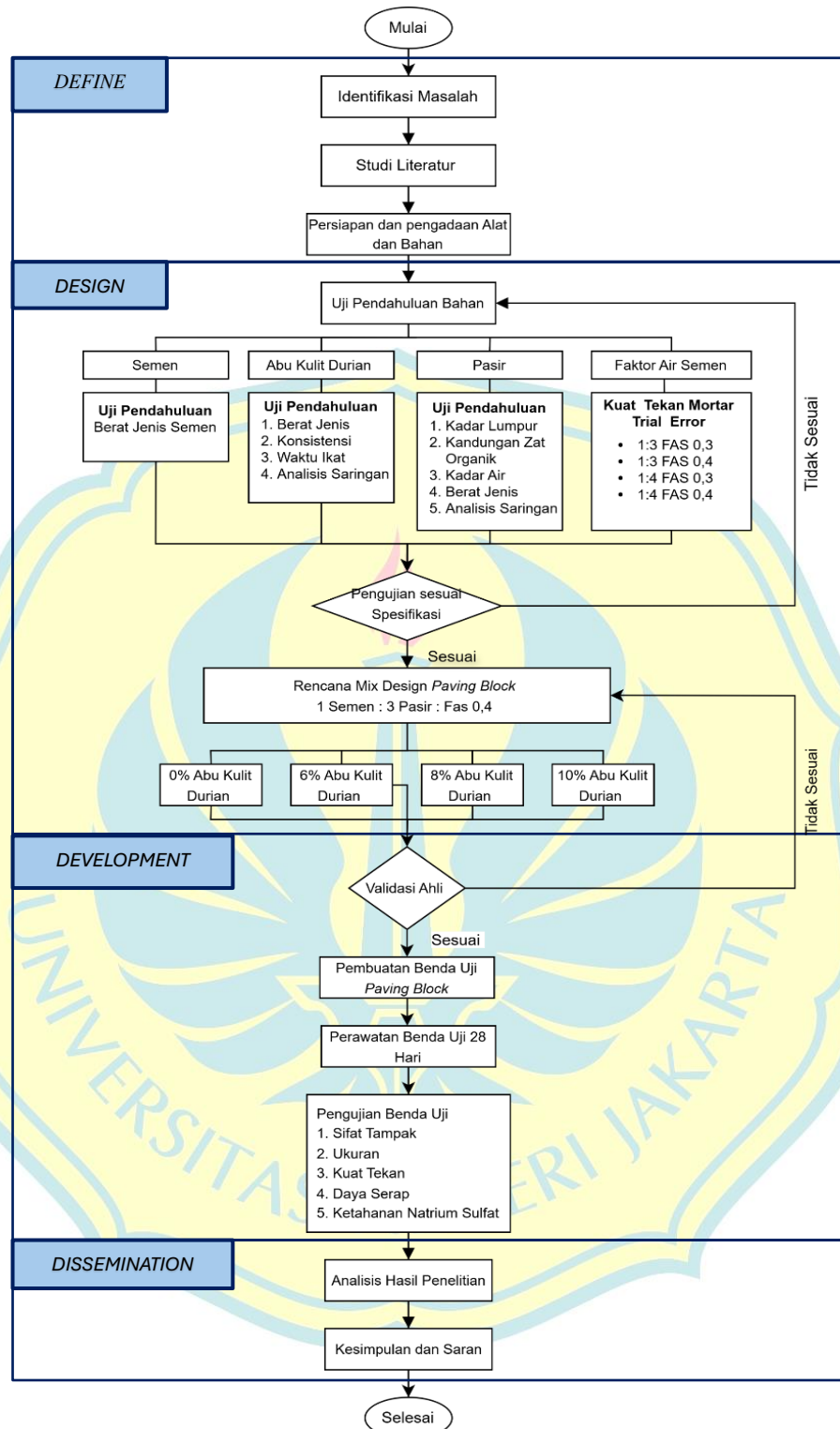


Gambar 3.26 Mesin Aus *Böhme Abrasion Tester*

### 3.4 Rancangan Metode Pengembangan

Dalam rancangan metode pengembangan akan dijelaskan rancangan yang akan dibuat untuk mencapai tujuan penelitian. Untuk membuat *paving block* memanfaatkan limbah abu kulit durian dan mendapatkan hasil yang baik maka berdasarkan metode pengembangan 4D adapun tahapanya seperti pada gambar 3.27 berikut.





Gambar 3.27 Flowchart Alur Rancangan Metode R&D (Penulis, 2025)

Penjelasan alur penelitian rancangan metode pengembangan pembuatan *paving block* dengan memanfaatkan limbah abu kulit durian sebagai substitusi sebagian semen dijelaskan sebagai berikut :

## 1. Mulai

Penelitian ini dimulai pada bulan Maret 2025 dengan tahapan awal berupa pengurusan administrasi dan perizinan pelaksanaan penelitian, termasuk surat permohonan izin pelaksanaan uji bahan ke Laboratorium Uji Bahan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

## 2. *Define* (Pendefinisian)

### a) Identifikasi Masalah

Mengidentifikasi permasalahan terkait meningkatnya kebutuhan material bangunan yang berdampak terhadap eksploitasi sumber daya alam seperti semen. Sementara itu, limbah kulit durian yang belum dimanfaatkan secara optimal dan justru mencemari lingkungan dapat dijadikan solusi sebagai substitusi sebagian semen untuk menghasilkan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan.

### b) Studi Literatur

Melakukan kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu dan literatur ilmiah terkait pemanfaatan limbah organik, khususnya kulit durian, sebagai bahan substitusi semen dalam pembuatan *paving block*. Studi ini bertujuan mendapatkan data serta informasi sebagai dasar pengembangan produk.

## 3. *Design* (Perancangan)

Tahapan *design* ini merupakan tahap perancangan awal pembuatan *paving block*. Komposisi bahan dasar mencakup semen, pasir, dan air, ditambah abu kulit durian dengan substitusi sebagian semen. Sebelum pencetakan *paving block*, dilakukan uji coba awal (*trial and error*) menggunakan benda uji mortar untuk menentukan campuran yang tepat.

Hasil uji menunjukkan bahwa campuran 1 semen : 3 pasir : FAS 0,4 memberikan hasil paling optimal dibandingkan variasi campuran lainnya, baik dari segi kekuatan maupun daya serap air. Berdasarkan hal tersebut, *paving block* kemudian dibuat dengan variasi substitusi abu kulit durian sebesar 0%, 6%, 8%, dan 10% dari semen. Variasi ini bertujuan untuk mengetahui kadar optimal dalam menghasilkan *paving block* dengan kuat tekan tinggi dan daya serap air rendah.



#### 4. *Development* (Pengembangan)

Setelah mempersiapkan material dan alat untuk desain produk, tahapan selanjutnya adalah merealisasikan rancangan desain yang telah direncanakan berdasarkan desain atau persiapan yang sudah dibuat sebelumnya. Sebelum tahap produksi, dilakukan validasi ahli terhadap rancangan *mix design* yang telah disusun. Validasi ahli ini bertujuan untuk memastikan bahwa komposisi campuran, proporsi bahan, dan metode pencampuran yang dirancang sudah sesuai dengan standar teknis serta layak untuk diterapkan dalam produksi *paving block*.

Setelah mendapatkan masukan dan persetujuan dari ahli, dilanjutkan dengan tahap pencampuran bahan sesuai komposisi yang telah ditentukan, yaitu dengan variasi abu kulit durian sebesar 0%, 6%, 8%, dan 10% dari berat semen. Proses produksi *paving block* dilakukan di pabrik paving, mulai dari pencampuran bahan, pencetakan menggunakan mesin cetak, proses perawatan selama 28 hari, hingga pengujian benda ujinya sesuai SNI.

#### 5. *Dissemination* (Penyebaran)

Setelah melalui sejumlah tahapan dalam pembuatan benda uji dan pengujian, tahap selanjutnya adalah menyebarkan hasil penelitian ini. Penyebaran dilakukan melalui publikasi hasil penelitian berupa laporan akhir, artikel ilmiah, serta presentasi pada seminar atau forum akademik yang relevan. Langkah ini bertujuan agar hasil penelitian mengenai pemanfaatan abu kulit durian sebagai substitusi sebagian semen dalam pembuatan *paving block* dapat diketahui dan dimanfaatkan oleh pihak terkait, baik akademisi, praktisi, maupun industri, sehingga memberikan kontribusi bagi pengembangan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan.

## 6. Selesai

Penelitian ditutup setelah seluruh proses pengujian selesai dilakukan dan data hasil pengujian telah dianalisis dan dibandingkan dengan standar SNI.

### 3.4.1 Analisis Kebutuhan

Perhitungan Rencana Campuran (*Mix Design*) *paving block* adalah sebagai berikut:

1. Agregat halus, menurut ASTM C33, agregat halus biasanya terdiri dari pasir dengan partikel butir yang lebih kecil dari 5 mm atau lolos dari saringan No. 4.
2. jenis semen yang digunakan adalah semen PCC yang telah sesuai dengan SNI 15-7064-2004. Pemilihan jenis ini berdasarkan ketersediaan di lapangan serta penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa semen PCC mampu memberikan kuat tekan terbaik pada campuran dengan bahan tambahan abu limbah organik.
3. Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari air PDAM karena air tersebut telah memenuhi standar air untuk konstruksi.
4. Faktor air-semen yang diterapkan adalah 0,4. Berdasarkan pengujian mortar yang dilakukan di laboratorium uji bahan, FAS 0,4 menghasilkan kuat tekan terbaik dan daya serap air terendah sebesar 5,76%, sehingga digunakan dalam campuran *paving block*.
5. Komposisi semen dan pasir yang digunakan adalah 1:3. Perbandingan ini dipilih karena hasil uji pendahuluan menunjukkan kuat tekan *optimum* pada komposisi tersebut, dan lebih efisien dibandingkan komposisi 1:4.
6. Persentase abu kulit durian yang digunakan variasi 0%, 6%, 8%, dan 10% dari berat semen. Variasi ini bertujuan untuk mengkaji titik optimal yang dapat memberikan kualitas terbaik dan memenuhi standar mutu B sesuai SNI 03-0691-1996 untuk penggunaan *paving block* di pelataran parkir.

Berikut merupakan perhitungan campuran benda uji dengan perbandingan semen 1: pasir 3: FAS 0,4 dengan kebutuhan bahan yang dapat dilihat pada tabel berikut. digunakan komposisi campuran pada tabel 3.1 berikut

Tabel 3.1 Perbandingan Campuran *Paving Block*

No	Semen	Abu Kulit Durian (%)	Agregat Halus (Pasir)	Air
1	1 Semen	0	3 Pasir	FAS 0,4
2	1 Semen	6	3 Pasir	FAS 0,4
3	1 Semen	8	3 Pasir	FAS 0,4
4	1 Semen	10	3 Pasir	FAS 0,4

### 1. Bahan

Faktor Air Semen = 0,4 (Uji Pendahuluan)  
 Berat jenis semen = 3,1 g/cm<sup>3</sup> (Uji Pendahuluan Semen)  
 Berat jenis pasir = 2,2 g/cm<sup>3</sup> (Uji Pendahuluan Pasir)  
 Ukuran *paving block* = 21 cm × 10,5 cm × 6 cm  
 Volume *paving block* =  $P \times L \times T$   
 = 21cm × 10,5cm × 6cm  
 = 1323cm<sup>3</sup>

### 2. Perbandingan Campuran

Semen : Pasir : Air = 1 : 3 : 0,4  
 Jumlah bagian = 1 + 3 + 0,4 = 4,4 bagian

### 3. Kebutuhan Material untuk 1 Benda Uji

#### a) Semen

$$\begin{aligned}
 \text{Semen} &= \frac{1}{4,4} \times \text{Berat jenis semen} \times \text{Volume Paving Block} \\
 \text{Semen} &= \frac{1}{4,4} \times 3,1 \text{ g/cm}^3 \times 1323 \text{ cm}^3 \\
 \text{Semen} &= 932,11 \text{ gram} = 0,932 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### b) Pasir

$$\begin{aligned}
 \text{Pasir} &= \frac{3}{4,4} \times \text{Berat jenis pasir} \times \text{volume paving block} \\
 \text{Pasir} &= \frac{3}{4,4} \times 2,2 \text{ g/cm}^3 \times 1323 \text{ cm}^3 \\
 \text{Pasir} &= 1984,50 \text{ gram} = 1,984 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### c) Air

$$\begin{aligned}
 \text{Air} &= 0,4 \times \text{kebutuhan semen} \\
 \text{Air} &= 0,4 \times 1242,82 \text{ gram} \\
 \text{Air} &= 372,85 \text{ gram} = 0,373 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



#### 4. Kebutuhan Bahan Untuk Setiap Varian

Adapun jumlah sampel *paving block* pada penelitian ini dan dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut

Tabel 3.2 Jumlah Sampel *Paving Block*

No	Variasi	Kuat Tekan	Serap Air	Ketahanan Natrium Sulfat	Ketahanan Aus	Sampel Cadangan
1	0%	10 buah	5 buah	2 buah	5 buah	8 buah
2	6%	10 buah	5 buah	2 buah	5 buah	8 buah
3	8%	10 buah	5 buah	2 buah	5 buah	8 buah
4	10%	10 buah	5 buah	2 buah	5 buah	8 buah
Total		120 buah				

Kebutuhan bahan untuk setiap variasi dengan benda uji sebanyak 30 sampel dan untuk menghindari bahan yang hilang atau bahan yang menempel di cetakan/adukan pada saat pencampuran maka dilakukan *safety factor* (SF) = 1,3 untuk setiap bahan, maka:

##### A. Kebutuhan Semen dan Abu Kulit Durian

Berat kebutuhan semen dan abu kulit durian sebagai substitusi sebagian semen sebesar (0%, 6%, 8%, dan 10%) dari semen untuk 30 benda uji sebagai berikut:

###### a) Berat kebutuhan abu kulit durian 0%:

$$\text{Semen} = \text{Berat semen} - (\text{Berat semen} \times \text{variasi Abu Kulit Durian})$$

$$\text{Semen} = 0,932 \text{ kg} - (1,24 \times 0\%)$$

$$\text{Semen} = 0,932 \text{ kg} \times 30 \text{ benda uji} \times 1,3 = 36,35 \text{ kg}$$

$$\text{Abu Kulit Durian} = \text{Berat semen} \times \text{variasi Abu Kulit Durian}$$

$$\text{Abu Kulit Durian} = 0 \text{ kg} \times 0\%$$

$$\text{Abu Kulit Durian} = 0 \text{ kg}$$

###### b) Berat kebutuhan abu kulit durian 6%:

$$\text{Semen} = \text{Berat semen} - (\text{Berat semen} \times \text{variasi Abu Kulit Durian})$$

$$\text{Semen} = 0,932 \text{ kg} - (0,932 \times 6\%) = 0,876 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 0,876 \text{ kg} \times 30 \text{ benda uji} \times 1,3 = 34,17 \text{ kg}$$

$$\text{Abu Kulit Durian} = \text{Berat semen} \times \text{variasi Abu Kulit Durian}$$

$$\text{Abu Kulit Durian} = 0,932 \text{ kg} \times 6\% = 0,056 \text{ kg}$$

$$\text{Abu Kulit Durian} = 0,056 \text{ kg} \times 30 \text{ benda uji} \times 1,3 = 2,18 \text{ kg}$$

c) Berat kebutuhan abu kulit durian 8%:

$$\text{Semen} = \text{Berat semen} - (\text{Berat semen} \times \text{variasi Abu Kulit Durian})$$

$$\text{Semen} = 0,932 \text{ kg} - (0,932 \times 8\%) = 0,858 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 0,858 \text{ kg} \times 30 \text{ benda uji} \times 1,3 = 33,44 \text{ kg}$$

$$\text{Abu Kulit Durian} = \text{Berat semen} \times \text{variasi Abu Kulit Durian}$$

$$\text{Abu Kulit Durian} = 0,056 \text{ kg} \times 8\% = 0,0745 \text{ kg}$$

$$\text{Abu Kulit Durian} = 0,0745 \text{ kg} \times 30 \text{ benda uji} \times 1,3 = 2,91 \text{ kg}$$

d) Berat kebutuhan abu kulit durian 10%:

$$\text{Semen} = \text{Berat semen} - (\text{Berat semen} \times \text{variasi Abu Kulit Durian})$$

$$\text{Semen} = 0,932 \text{ kg} - (0,932 \times 10\%) = 0,839 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} = 0,839 \text{ kg} \times 30 \text{ benda uji} \times 1,3 = 32,72 \text{ kg}$$

$$\text{Abu Kulit Durian} = \text{Berat semen} \times \text{variasi Abu Kulit Durian}$$

$$\text{Abu Kulit Durian} = 0,932 \text{ kg} \times 10\% = 0,0932 \text{ kg}$$

$$\text{Abu Kulit Durian} = 0,0932 \text{ kg} \times 30 \text{ benda uji} \times 1,3 = 3,64 \text{ kg}$$

#### B. Kebutuhan Pasir

$$\text{Kebutuhan Pasir} = \text{berat pasir} \times 30 \text{ benda uji} \times 1,3$$

$$\text{Kebutuhan Pasir} = 1,98 \text{ kg} \times 30 \times 1,3$$

$$\text{Kebutuhan Pasir} = 77,22 \text{ kg}$$

#### C. Kebutuhan Air

$$\text{Kebutuhan Air} = \text{berat Air} \times 30 \text{ benda uji} \times 1,3$$

$$\text{Kebutuhan Air} = 0,372 \text{ kg} \times 30 \text{ benda uji} \times 1,3$$

$$\text{Kebutuhan Air} = 14,54 \text{ kg}$$

Maka didapatkan komposisi untuk 30 benda uji pada setiap persentase Abu Kulit Durian yang dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut

Tabel 3.3 Kebutuhan Bahan Material

No	Variasi (%)	Abu kulit durian (kg)	Semen (kg)	Air (l)	Pasir (kg)
1	0%	0,00	36,35	14,54	77,22
2	6%	2,18	34,17	14,54	77,22
3	8%	2,91	33,44	14,54	77,22
4	10%	3,64	32,72	14,54	77,22
Jumlah		8,72	136,69	58,16	308,88

### 3.4.2 Sasaran Produk

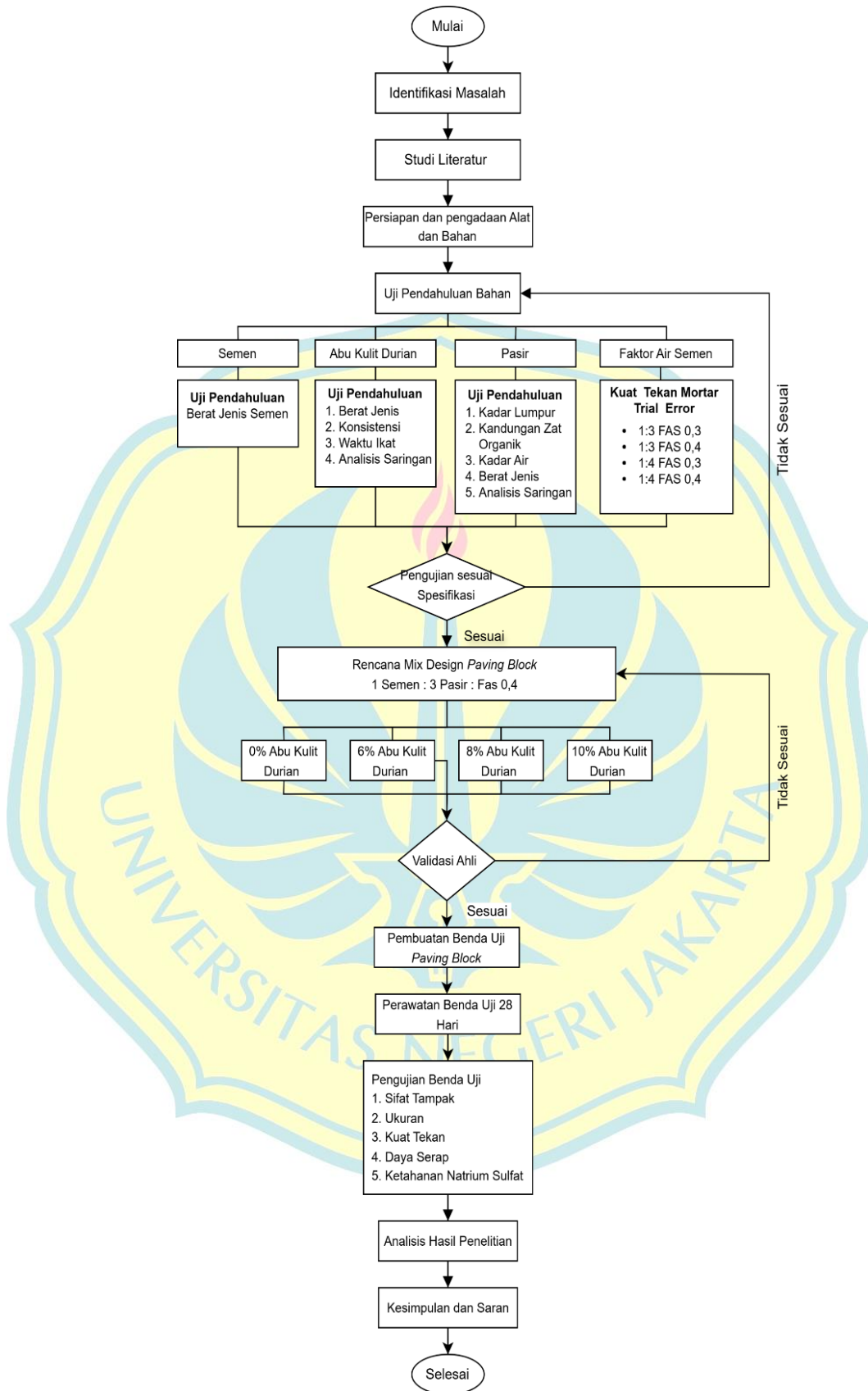
Penelitian ini ditujukan kepada industri di bidang konstruksi serta masyarakat umum sebagai pengguna *paving block*. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah dihasilkannya produk dengan kualitas yang baik dan dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan konstruksi. Penelitian ini memanfaatkan limbah yang sebelumnya tidak digunakan, yaitu kulit durian, sebagai bagian dari material penyusun *paving block* guna meningkatkan pemanfaatan bahan yang tersedia.

### 3.4.3 Rancangan Produk

Dalam rancangan produk akan dijelaskan tahapan perancangan yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian. Rancangan produk pembuatan *paving block* dengan pemanfaatan abu kulit durian disajikan dalam bentuk diagram alir sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.28.





Gambar 3.28 Diagram Alir *Paving Block* Produk (Penulis, 2025)

Penjelasan tahapan *flowchart paving block* produk sebagai berikut:

### 1. Mulai

Penelitian dimulai dengan menentukan tujuan penelitian, mengidentifikasi masalah yang akan diteliti, ruang lingkup penelitian, batasan masalah, dan merumuskan masalah.

### 2. Studi Literatur

Melakukan studi literatur dari berbagai sumber yang relevan bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai topik yang diteliti, serta untuk mengidentifikasi celah pengetahuan atau area yang belum banyak diteliti sebelumnya.

### 3. Persiapan Alat dan Bahan

Menyiapkan alat dan bahan adalah langkah pertama yang penting dalam setiap pekerjaan. Tahap ini bertujuan memastikan semua alat dan bahan yang diperlukan sudah tersedia, dalam kondisi baik, dan siap dipakai.

### 4. Uji Pendahuluan Bahan

Pengujian bahan adalah proses penting untuk memastikan bahwa bahan yang digunakan memenuhi standar kualitas dan spesifikasi. Adapun pengujian bahan yang dilaksanakan meliputi:

#### A. Semen

Pemeriksaan semen dilakukan dengan pengujian berat jenis, konsistensi normal dan waktu ikat

#### 1) Berat Jenis

Pengujian berat jenis semen dilakukan untuk mengetahui nilai berat jenis semen yang digunakan dalam penelitian sesuai dengan SNI 2531:2015 tentang Metode Uji Berat Jenis Semen Hidraulis. Nilai ini digunakan sebagai dasar perhitungan volume semen dalam perencanaan campuran serta untuk memastikan semen yang digunakan memiliki karakteristik fisik yang sesuai dengan standar dalam pembuatan *paving block*.

Alat dan bahan yang digunakan:

- a) Semen *Portland Composite Cement* (PCC)

- b) Kerosin atau cairan naphta bebas air sebagai media pengisi botol *Le Chatelier*
- c) Air untuk bak perendaman
- d) Timbangan
- e) Termometer
- f) Botol *Le Chatelier*
- g) Spatula
- h) Corong kecil
- i) Sarung tangan karet
- j) Pipet / sendok kecil
- k) Kertas tisu

Prosedur pelaksanaan:

- a) Persiapan alat dan bahan dengan memastikan semua alat bersih dan kering.
- b) Bersihkan botol *Le Chatelier* dan keringkan bagian dalamnya.
- c) Tuangkan kerosin/minyak tanah ke dalam botol hingga mencapai skala antara 0 dan 1 ml.
- d) Siapkan air es dalam bak air untuk merendam botol. Suhu air harus dijaga konstan pada  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ .
- e) Masukkan botol ke dalam bak air hingga ketinggian kerosin sama dengan ketinggian air luar botol.
- f) Biarkan hingga suhu cairan dalam botol dan air di luar botol sama ( $25^{\circ}\text{C}$ ).
- g) Catat volume awal kerosin dalam botol ( $V_1$ ).
- h) Timbang abu limbah kulit durian sebanyak 64 gram.
- i) Keringkan bagian atas permukaan cairan di dalam botol dengan kertas tisu.
- j) Masukkan semen secara perlahan ke dalam botol menggunakan corong, hindari penempelan abu pada dinding botol.
- k) Setelah semua abu masuk, goyangkan botol secara perlahan selama  $\pm 30$  menit untuk menghilangkan gelembung udara.
- l) Ulangi langkah pengendapan suhu air hingga kembali ke  $25^{\circ}\text{C}$ .



m) Catat volume akhir cairan dalam botol ( $V_2$ ).

2) Konsistensi Normal dan waktu ikat

Nilai konsistensi normal adalah jumlah air yang dibutuhkan untuk menghasilkan pasta dengan tingkat plastisitas tertentu. Sedangkan waktu ikat awal, yaitu waktu dari pencampuran awal hingga pasta kehilangan sebagian besar sifat plastisnya.

Alat dan bahan yang digunakan:

- a) Semen
- b) Air suling suhu kamar
- c) Mesin pengaduk (*mixer*)
- d) Alat Vicat (jarum vicat, batang penunjuk, skala ukur)
- e) Cetakan benda uji kerucut terpancung dari karet keras (diameter bawah 70 mm, atas 60 mm, tinggi 40 mm)
- f) Pelat kaca 150 x 150 x 3 mm
- g) Timbangan digital
- h) Gelas ukur 200 ml
- i) Stop watch
- j) Alat pengorek dari karet
- k) Sarung tangan karet

Prosedur pelaksanaan:

1. Konsistensi Normal

- a) Persiapkan peralatan yang bersih dan kering.
- b) Lembapkan mangkuk pengaduk dengan lap basah.
- c) Tuangkan air ke dalam mangkuk  $\pm 75\text{--}100$  ml.
- d) Tambahkan 300 gram abu ke dalam air, biarkan selama 30 detik.
- e) Jalankan mixer dengan kecepatan rendah ( $140 \pm 5$  rpm) selama 30 detik.
- f) Hentikan 15 detik, kumpulkan pasta dari dinding mangkuk.
- g) Jalankan mixer kecepatan sedang ( $285 \pm 10$  rpm) selama 1 menit.
- h) Bentuk pasta menjadi bola, lemparkan 6 kali antar tangan (jarak  $\pm 15$  cm).

- i) Masukkan ke dalam cetakan kerucut melalui bagian bawah, padatkan, dan ratakan.
- j) Letakkan cetakan di pelat kaca, ratakan permukaan atas dengan sendok secara halus.
- k) Lakukan uji penetrasi jarum Vicat dalam waktu 60 detik setelah pencampuran selesai.
- l) Catat kedalaman penetrasi dalam mm.
- m) Ulangi langkah di atas dengan kadar air berbeda, hingga didapat penetrasi  $10 \pm 1$  mm.
- n) Buat grafik Konsistensi (%) vs Penetrasi (mm).
- o) Titik pada penetrasi 10 mm adalah nilai konsistensi normal.

## 2. Waktu Ikat

- a) Gunakan pasta abu dengan konsistensi normal dari pengujian sebelumnya.
- b) Simpan dalam ruangan lembap selama 30 menit dalam cetakan.
- c) Setelah itu, lakukan uji penetrasi dengan jarum Vicat setiap 15 menit.
- d) Catat waktu (menit) dan kedalaman penetrasi (mm).
- e) Lanjutkan hingga penetrasi jarum  $\leq 25$  mm.
- f) Waktu saat penetrasi mencapai 25 mm adalah waktu ikat awal.

## B. Abu Kulit Durian

Pemeriksaan Abu Kulit Durian dilakukan uji dengan uji berat jenis semen, konsistensi dan waktu ikat.

### 1) Berat Jenis Abu

- a) Persiapan alat dan bahan dengan memastikan semua alat bersih dan kering
- b) Bersihkan botol Le Chatelier dan keringkan bagian dalamnya.
- c) Tuangkan kerosin/minyak tanah ke dalam botol hingga mencapai skala antara 0 dan 1 ml.
- d) Siapkan air es dalam bak air untuk merendam botol. Suhu air harus dijaga konstan pada  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ .

- e) Masukkan botol ke dalam bak air hingga ketinggian kerosin sama dengan ketinggian air luar botol.
- f) Biarkan hingga suhu cairan dalam botol dan air di luar botol sama ( $25^{\circ}\text{C}$ ).
- g) Catat volume awal kerosin dalam botol ( $V_1$ ).
- h) Timbang abu limbah kulit durian sebanyak 64 gram.
- i) Keringkan bagian atas permukaan cairan di dalam botol dengan kertas tisu.
- j) Masukkan abu secara perlahan ke dalam botol menggunakan corong, hindari penempelan abu pada dinding botol.
- k) Setelah semua abu masuk, goyangkan botol secara perlahan selama  $\pm 30$  menit untuk menghilangkan gelembung udara.
- l) Ulangi langkah pengendapan suhu air hingga kembali ke  $25^{\circ}\text{C}$ .
- m) Catat volume akhir cairan dalam botol ( $V_2$ ).

## 2) Konsistensi Normal

- a) Persiapkan peralatan yang bersih dan kering.
- b) Lembapkan mangkuk pengaduk dengan lap basah.
- c) Tuangkan air ke dalam mangkuk  $\pm 75\text{--}100$  ml.
- d) Tambahkan 300 gram abu ke dalam air.
- e) Jalankan mixer.
- f) Bentuk pasta menjadi bola, lemparkan 6 kali antar tangan (jarak  $\pm 15$  cm).
- g) Masukkan ke dalam cetakan kerucut melalui bagian bawah, padatkan, dan ratakan.
- h) Letakkan cetakan di pelat kaca, ratakan permukaan atas dengan sendok secara halus.
- i) Lakukan uji penetrasi jarum Vicat dalam waktu 60 detik setelah pencampuran selesai.
- j) Catat kedalaman penetrasi dalam mm.
- k) Ulangi langkah di atas dengan kadar air berbeda, hingga didapat penetrasi  $10 \pm 1$  mm.
- l) Buat grafik Konsistensi (%) vs Penetrasi (mm).



m) Titik pada penetrasi 10 mm adalah nilai konsistensi normal.

3) Waktu Ikat

- a) Gunakan pasta abu dengan konsistensi normal dari pengujian sebelumnya.
- b) Simpan dalam ruangan lembap selama 30 menit dalam cetakan.
- c) Setelah itu, lakukan uji penetrasi dengan jarum Vicat setiap 15 menit.
- d) Catat waktu (menit) dan kedalaman penetrasi (mm).
- e) Lanjutkan hingga penetrasi jarum  $\leq 25$  mm.
- f) Waktu saat penetrasi mencapai 25mm.

C. Agregat Halus

Pemeriksaan pasir sebagai agregat halus dilakukan sebagai bagian dari pengujian bahan dalam penelitian ini.

1) Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Pemeriksaan kadar air dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak air yang terdapat pada permukaan butir-butir pasir. Pengujian ini dilakukan berdasarkan metode yang tercantum dalam SNI 1971:2011, yaitu "Metode Pengujian Kadar Air Total pada Agregat Melalui Proses Pengeringan".

Alat yang digunakan:

- a) Timbangan (*balance*) dengan akurasi hingga 0,001 gram
- b) Wadah (*container*)
- c) Oven dengan suhu  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- d) Cawan atau piring yang tahan panas
- e) Sendok untuk mengaduk pasir

Prosedur pemeriksaan kadar air pada agregat halus:

- a) Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan
- b) Timbang talam dan catat beratnya
- c) Masukkan pasir sebanyak 2000 gram ke dalam talam dan timbang.
- d) Hitung berat benda uji.
- e) Keringkan sampel uji dalam oven pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam hingga beratnya stabil.

f) Setelah 24 jam, keluarkan sampel dari oven, timbang, dan catat berat sampel

g) Hitung berat benda uji kering.

Perhitungan kadar air pada agregat halus dalam dua kondisi, yaitu:

a) Kondisi Jenuh Kering Permukaan pada persamaan 3.1

$$W_{SSD} = \frac{W_1 + W_2}{W_2} \times 100\% \quad (3.1)$$

b) Kondisi Kering Tungku pada persamaan 3.2

$$W_{Oven} = \frac{W_1 + W_3}{W_3} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dimana:

$W_1$  = Berat sampel pasir dalam keadaan basah (gram)

$W_2$  = Berat sampel pasir dalam kondisi SSD (*saturated surface dry*) (gram)

$W_3$  = Berat sampel pasir setelah dikeringkan dalam oven (gram)

## 2) Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis agregat halus atau pasir dalam keadaan jenuh kering permukaan (SSD), berat jenis semu (*apparent specific gravity*), serta tingkat penyerapan air oleh agregat halus. Metode yang digunakan merujuk pada standar SNI 1970:2016 tentang "Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat Halus".

Alat yang digunakan:

- a) Timbangan (balance) dengan akurasi hingga 0,001 gram
- b) Piknometer
- c) Batang pemadat (tamping rod)
- d) Wadah (container)
- e) Cetakan berbentuk kerucut
- f) Saringan No.40 (Sieve No.40) dan penampung serta penutup
- g) Oven pemanas dengan suhu  $100 \pm 5^\circ\text{C}$
- h) Botol air (wash bottle)
- i) Sendok atau sekop

Prosedur pelaksanaan pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus:

Persiapan benda uji:

- a) Siapkan sampel agregat halus sebanyak 1000 gram yang telah lolos dari saringan No.40, sesuai prosedur berdasarkan SNI 13-6717-2002.
- b) Apabila alat pembagi sampel tidak tersedia, gunakan metode quartering (seperempat) dengan cara mengambil dua bagian yang berseberangan. Prosesnya dilakukan dengan menumpuk sampel hingga membentuk kerucut (cone), kemudian diratakan. Bagi sampel menjadi empat bagian yang sama besar menggunakan dua garis tegak lurus, lalu pilih dua bagian yang berlawanan.
- c) Rendam sampel dalam wadah pencampur selama 24 jam penuh.
- d) Setelah proses perendaman selesai, tuangkan air dengan pelan-pelan supaya pasirnya tidak ikut terbawa.
- e) Sebarkan sampel secara merata ke dalam wadah pemanggang dan aduk agar proses pengeringan berlangsung merata.
- f) Letakkan corong kuningan di atas permukaan datar yang tidak menyerap air. Masukkan pasir ke dalam corong hingga melewati batas atas.
- g) Padatkan sampel menggunakan tamper dengan menjatuhkannya setinggi 5 cm sebanyak 25 kali. Tekanan harus dilakukan merata dan tanpa gangguan.
- h) Bersihkan sisa butiran di sekitar corong, lalu angkat corong perlahan secara vertikal.
- i) Periksa kondisi permukaan sampel. Jika masih terlihat air, ulangi langkah f hingga h. Bila tidak ada air dan permukaan hanya sedikit turun, maka kondisi jenuh kering permukaan (SSD) telah tercapai.

Persiapan benda uji:

- a) Masukkan sampel ke dalam pan, tutup rapat dan timbang 500 gram. Berat ini disebut  $W_1$ , yaitu massa pasir dalam kondisi SSD.
- b) Isi piknometer hingga setengahnya dengan air suling, lalu tambahkan sampel 500 gram tersebut ke dalamnya, pastikan tidak ada butiran yang tertinggal. Setelah itu, tambahkan air suling hingga volumenya mencapai sekitar 90% dari kapasitas piknometer.
- c) Gunakan pompa vakum untuk mengeluarkan gelembung udara yang terjebak di dalam piknometer.
- d) Jika pompa vakum tidak tersedia, gunakan pemanas listrik selama kurang lebih 15 menit. Pastikan volume air dalam piknometer saat proses ini mencapai 75% dari total kapasitasnya.
- e) Rendam piknometer di air hingga suhu  $25^{\circ}\text{C}$ , lalu tambahkan air suling sampai volume air berada di batas maksimum piknometer.
- f) Bila menggunakan kompor listrik sebagai pemanas, tunggu beberapa saat hingga suhu piknometer turun dan cukup dingin. Setelah itu, rendam kembali dalam air hingga suhu  $25^{\circ}\text{C}$  dan tambahkan air suling hingga penuh.
- g) Timbang piknometer yang telah berisi sampel dan air untuk memperoleh massa total ( $W_2$ ).
- h) Pindahkan sampel ke mangkuk dan pastikan tidak ada butiran yang hilang. Keringkan sampel di dalam oven pada suhu  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam, lalu timbang untuk mendapatkan berat keringnya ( $W_3$ ).
- i) Isi kembali piknometer hanya dengan air suling hingga penuh, lalu timbang untuk memperoleh  $W_4$ , yaitu berat piknometer berisi air murni.

Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

- a) Berat jenis curah kering ( $G_{S_{dry}}$ )

$$G_{S_{dry}} = \frac{W_3}{W_4 + W_1 - W_2} \quad (3.3)$$

- b) Berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan ( $G_{SSD}$ )



$$GS_{SSD} = \frac{W_1}{W_4 + W_1 - W_2} \quad (3.4)$$

c) Berat jenis semu ( $G_{sa}$ )

$$G_{sa} = \frac{W_3}{W_4 + W_3 - W_2} \quad (3.5)$$

d) Penyerapan air

$$\text{penyerapan (A)} = \frac{W_1 + W_3}{W_3} \times 100\% \quad (3.6)$$

Dimana:

$GS_{dry}$  = Berat jenis agregat dalam kondisi kering

$GS_{SSD}$  = Berat jenis agregat dalam kondisi jenuh kering permukaan

$G_{sa}$  = Berat jenis agregat semu

A = Persentase penyerapan air (%)

$W_1$  = Berat agregat dalam kondisi jenuh kering permukaan (gram)

$W_2$  = Berat piknometer berisi sampel uji dan air (gram)

$W_3$  = Berat agregat setelah dikeringkan di oven (gram)

$W_4$  = Berat piknometer berisi air (gram)

### 3) Uji Kandungan Zat Organik dalam Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar SNI 2816:2014 dengan judul "*Metode uji bahan organik dalam agregat halus untuk beton*".

Alat yang digunakan:

- Silinder ukur berkapasitas 1000 ml yang tahan terhadap larutan NaOH
- Larutan standar sebagai pembanding warna
- Larutan NaOH 3% yang dibuat dengan mencampur 3 bagian berat NaOH ke dalam 97 bagian berat air suling
- Cawan sebagai tempat bahan

Prosedur pemeriksaan kandungan zat organik pada agregat halus:

- Ambil pasir sebanyak  $\pm 130$  ml dan masukkan ke dalam silinder 1000 ml.

- b) Tambahkan larutan NaOH 3% hingga volume campuran mencapai sekitar 200 ml, kemudian kocok hingga homogen.
  - c) Kocok campuran tersebut selama satu jam agar tercampur sempurna, lalu tutup rapat dan diamkan selama 24 jam agar partikel mengendap.
  - d) Setelah 24 jam, bandingkan warna larutan dengan larutan standar pembanding. Jika larutan berwarna lebih gelap, maka menandakan kandungan bahan organik tinggi; sebaliknya, semakin terang warnanya, semakin rendah kandungan organik dalam sampel.
- 4) Pemeriksaan Kandungan Lumpur pada Agregat Halus

Pengujian ini bertujuan untuk memperkirakan jumlah partikel halus pada pasir yang lolos dari saringan No. 200 (0,075 mm). Metode yang digunakan merujuk pada SNI 03-4142-1996 tentang Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm).

Alat yang digunakan:

- a) Ayakan No.16 (1,2 mm) dan No.200 beserta penutup dan pan
- b) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- c) Oven dengan suhu  $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- d) Cawan tahan panas
- e) Kuas halus

Prosedur pemeriksaan kandungan lumpur pada agregat halus:

- a) Persiapkan benda uji dalam kondisi kering oven, dengan berat minimum yang disesuaikan berdasarkan ukuran maksimum agregat seperti tercantum dalam Tabel 3.4 berikut:

Tabel 3.4 Berat Minimum Agregat

Ukuran Saringan	Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Berat Kering Benda Uji (Gram)
No. 8	2,36	100
No. 4	4,75	500
3/8	9,50	1000
3/4	19,00	2500

Ukuran Saringan	Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Berat Kering Benda Uji (Gram)
$\geq 1\ 1/2$	$\geq 38,10$	5000

- b) Timbang wadah kosong yang akan digunakan untuk menampung benda uji, lalu catat sebagai  $W_2$  (gram).
- c) Masukkan benda uji (pasir) ke dalam wadah, lalu timbang kembali dan catat sebagai  $W_1$  (gram).
- d) Tambahkan air pencuci yang telah dicampur dengan sejumlah bahan pembersih ke dalam wadah hingga seluruh benda uji terendam.
- e) Aduk pasir dalam wadah secara menyeluruh untuk melepaskan bahan halus yang menempel pada agregat. Proses pengadukan ini bertujuan agar terjadi pemisahan sempurna antara butiran kasar dan bahan halus yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Pastikan bahan halus melayang dalam larutan agar mudah terpisah saat penyaringan.
- f) Tuangkan larutan pencuci secara perlahan ke atas saringan No.16 (1,18 mm) yang diletakkan di atas saringan No. 200 (0,075 mm). Lakukan dengan hati-hati agar agregat kasar tidak ikut terbang.
- g) Ulangi langkah pengadukan dan penyaringan (langkah 3–5) hingga air pencuci yang keluar tampak jernih.
- h) Setelah pencucian selesai, semua agregat yang tertahan pada saringan No.16 dan No.200 dikembalikan ke dalam wadah, lalu dikeringkan kembali di dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  hingga mencapai berat tetap.
- i) Timbang kembali berat total (wadah + agregat kering hasil pencucian), lalu catat sebagai  $W_4$  (gram).

Perhitungan kandungan lumpur dalam agregat halus:

- a) Berat benda uji kering awal:

$$W_3 = W_1 - W_2 \quad (3.7)$$

- b) Berat benda uji kering setelah pencucian:

$$W_5 = W_4 - W_2 \quad (3.8)$$

- c) Persentase bahan yang lolos saringan No. 200:

$$W_6 = \frac{W_3 + W_5}{W_3} \times 100\% \quad (3.9)$$

Dimana:

$W_1$  = Berat wadah + benda uji sebelum pencucian

$W_2$  = Berat wadah kosong

$W_3$  = Berat kering awal benda uji

$W_4$  = Berat wadah + benda uji setelah pencucian dan pengeringan

$W_5$  = Berat kering benda uji setelah pencucian

$W_6$  = Persentase bahan halus (lumpur) yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm)

#### 5) Pemeriksaan Analisis Saringan pada Agregat Halus

Metode pengujian Analisis saringan sesuai dengan "Metode pengujian analisis saringan Agregat halus dan kasar" (SNI 03-1968-1990).

Pengujian untuk analisis saringan dilakukan seperti berikut:

- a) Siapkan sekitar 1000 gram agregat halus untuk dilakukan pengujian. Agregat yang akan diuji harus diaduk secara merata dengan menggunakan alat pembagi sampel (*sample splitter*) atau melalui teknik pembagian seperempat. Pastikan agregat dalam kondisi sedikit lembap agar debu tidak hilang selama proses pembagian.
- b) Keringkan agregat yang akan diuji di dalam oven.
- c) Timbang berat kosong masing-masing ayakan dan catat sebagai  $W_1$ .
- d) Susun ayakan sesuai dengan urutan ukuran yang telah ditentukan.
- e) Untuk agregat halus, gunakan susunan ayakan berdasarkan *British Standard* 1882 (ukuran dalam mm): 10, 4.8, 2.4, 1.2, 0.6, 0.3, 0.15, dan Pan. Jika menggunakan standar ASTM C-33-86, urutan ukuran (dalam mm) adalah: 9.5, 4.75, 2.36, 1.18, 0.6, 0.3, 0.15, dan Pan.
- f) Untuk agregat kasar, susunan ayakan dapat mengacu pada standar *British Standard* (ukuran dalam mm): 50, 38, 19, 9.6, 4.8, 2.4, dan Pan. Jika menggunakan standar ASTM C-330-80, urutannya adalah: 50.8, 37.5, 19.0, 9.5, 4.75, 2.36, dan Pan.



- g) Pasang susunan ayakan ke dalam mesin *sieve shaker*, dimulai dari ayakan dengan ukuran terbesar di bagian atas dan ayakan Pan di bagian bawah.
- h) Masukkan sampel agregat ke saringan paling atas, lalu rapatkan penutupnya. Kencangkan tumpukan saringan, sambungkan mesin ke listrik, tekan tombol power, dan jalankan mesin pengayak selama 10 menit.
- i) Setelah proses pengayakan selesai, diamkan selama sekitar 5 menit agar debu yang beterbangan dapat mengendap.
- j) Lepaskan penjepit, kemudian timbang berat masing-masing ayakan beserta material yang tertahan di dalamnya, dan catat sebagai  $W_2$ .
- k) Hitung berat material yang tertahan di masing-masing ayakan dengan rumus:  $(W_3) = W_2 - W_1$ , lalu tentukan persentase berat tertahan pada setiap ayakan, persentase kumulatif, dan nilai modulus kehalusan agregat

## 5. Pembuatan *Mix Design*

Rencana *mix design* merupakan tahapan penting dalam merancang komposisi material beton secara optimal, dengan mempertimbangkan aspek teknis, efisiensi penggunaan material, dan mutu beton yang diharapkan. Dalam proses ini, dilakukan penentuan perbandingan komposisi material berdasarkan data dan kebutuhan pengujian.

Pada penelitian ini, digunakan komposisi campuran dengan perbandingan semen : pasir = 1 : 3 dan faktor air semen (FAS) sebesar 0,4. Komposisi ini diterapkan pada pembuatan *paving block* dengan penambahan variasi limbah abu kulit durian sebagai substitusi sebagian massa semen, yaitu pada variasi 0%, 6%, 8%, dan 10%.

Jumlah benda uji *paving block* yang digunakan disajikan pada Tabel 3.2, dengan total sebanyak 120 buah. Masing-masing variasi dilakukan pengujian kekuatan tekan, penyerapan air, dan ketahanan permukaan terhadap aus, serta disiapkan sampel cadangan. Perhitungan kebutuhan material dilakukan berdasarkan volume *paving block* dan proporsi campuran, dengan tambahan safety factor (SF) sebesar 1,3 untuk

mengantisipasi kehilangan material saat proses pencampuran dan pencetakan. Hasil perhitungan jumlah bahan yang dibutuhkan untuk 30 benda uji pada setiap variasi bisa dilihat pada Tabel 3.3.

Berdasarkan Tabel 3.3, kebutuhan material untuk pembuatan benda uji *paving block* pada variasi penambahan abu kulit durian sebesar 0%, 6%, 8%, dan 10% meliputi semen sebanyak 136,69 kg, pasir 308,88 kg, air 58,16 liter, dan abu kulit durian 8,72 kg. Seluruh material tersebut digunakan dalam pembuatan benda uji yang selanjutnya setiap variasi campuran dilakukan pengujian *paving block*.

## 6. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan di pabrik *paving block*, sedangkan proses pengujian dilaksanakan di Laboratorium Praktik Uji Bahan Universitas Negeri Jakarta. Bahan penyusun *paving block* ditimbang sesuai rencana komposisi campuran. Semen, pasir, serta abu kulit durian yang telah ditakar kemudian dimasukkan ke dalam molen atau mesin pengaduk, lalu dicampur hingga homogen. Setelah campuran merata, air ditambahkan secara bertahap sedikit demi sedikit sampai mencapai tingkat kekentalan atau konsistensi yang diperlukan. Campuran bahan kemudian dimasukkan ke dalam cetakan *paving block* berukuran  $21 \times 10,5 \times 6$  cm, lalu dipadatkan menggunakan mesin secara mekanis. Setelah terbentuk, *paving block* disusun dan dibiarkan mengering secara alami. Agar *paving block* dengan komposisi material tertentu dapat mencapai kekuatan yang diinginkan, pelaksanaan penelitian harus dilakukan dengan teliti dan hati-hati. Oleh karena itu, setiap langkah dalam prosedur perancangan perlu diperhatikan secara seksama, seperti yang dijelaskan dalam penjelasan berikut ini.

Alat dan bahan yang digunakan:

- a) Mesin press *paving block*
- b) Pasir
- c) Air
- d) Semen
- e) Abu kulit durian

Proses pembuatan *paving block*:

- a) Siapkan semua bahan dan peralatan yang dibutuhkan untuk pembuatan *paving block*.
- b) Masukkan pasir, semen, dan abu kulit durian ke dalam wadah pencampuran secara bertahap.
- c) Aduk bahan-bahan tersebut hingga tercampur merata dan mencapai konsistensi yang sesuai.
- d) Tambahkan air sedikit demi sedikit sesuai dengan jumlah yang telah direncanakan, pastikan penambahan air dilakukan secara bertahap untuk mencapai konsistensi yang diinginkan.
- e) Tuangkan campuran ke dalam cetakan *paving block* berukuran  $21 \times 10,5 \times 6$  cm.
- f) Operasikan mesin untuk memadatkan dan mencetak *paving block*.
- g) Keluarkan *paving block* mentah dari mesin dan jemur di bawah sinar matahari hingga kering sempurna.

## 7. Perawatan Benda Uji

Setelah pembuatan benda uji, *paving block* yang telah jadi ditempatkan di laboratorium praktek uji bahan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, untuk dilakukan perawatan dengan merendam benda uji tersebut dalam bak berisi air bersih selama 28 hari.

## 8. Pengujian Benda Uji

Pengujian terhadap benda uji merupakan proses untuk menilai berbagai karakteristik dari material atau produk dengan menggunakan sampel uji. Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa produk tersebut sesuai dengan standar atau kebutuhan teknis yang telah ditetapkan. Seluruh prosedur dan perhitungan dilakukan mengacu pada standar SNI 03-0691-1996 mengenai *paving block*, sebagai berikut:

- a. Uji Sifat Tampak
  - 1) Pemeriksaan Permukaan: Permukaan *paving block* diperiksa untuk memastikan tidak terdapat retakan, cacat, atau kerusakan lain. Permukaannya harus halus dan rata. Pemeriksaan ini dilakukan pada semua sampel uji.

- 2) Pemeriksaan Sudut dan Tepi: Sudut dan tepi dari *paving block* harus dalam kondisi baik dan tidak mudah rusak hanya dengan tekanan jari. Semua sampel diuji dalam tahap ini.

b. Uji Ukuran

- 1) Ukur panjang, lebar, dan tebal *paving block* pada tiga titik yang berbeda (ujung, tengah, dan ujung lainnya). Ukuran cetakan 21 cm × 10 cm × 6 cm, dengan dengan toleransi ± 8%.
- 2) Hitung rata-rata dari setiap pengukuran (panjang, lebar, dan ketebalan). Pengukuran dilakukan menggunakan alat kaliper atau sejenisnya dengan ketelitian 0,1 mm.

c. Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kemampuan *paving block* dalam menahan beban tekan. Sesuai SNI 03-0691-1996, prosedurnya dilakukan melalui langkah-langkah berikut

- 1) Siapkan sampel benda uji dan potong menjadi bentuk kubus dengan ukuran sisi menyesuaikan tebal *paving block* (dalam hal ini 8 cm).
- 2) Benda uji diletakkan di atas mesin tekan dengan posisi yang sesuai dengan arah pembebanan pada kondisi penggunaan sesungguhnya.
- 3) Tekanan diberikan secara bertahap hingga benda uji hancur, dengan kecepatan pembebanan diatur agar waktu pengujian berlangsung antara 1 hingga 2 menit dari mulai beban dikenakan hingga benda hancur.

Kuat tekan dihitung menggunakan rumus berikut pada persamaan

3.10

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (3.10)$$

Dimana:

$F_c'$  = Kuat tekan (MPa atau kg/cm<sup>2</sup>)

$P$  = Beban maksimum saat benda uji hancur (N atau kg)

$A$  = Luas permukaan tekan (mm<sup>2</sup> atau cm<sup>2</sup>)

d. Uji Penyerapan Air

Uji penyerapan air bertujuan mengetahui seberapa besar kemampuan *paving block* menyerap air, yang berkaitan langsung



dengan durabilitasnya. Langkah-langkah pengujian dilakukan melalui tahapan berikut:

- 1) Lima buah benda uji dalam kondisi utuh direndam dalam air bersih selama 24 jam hingga mencapai kondisi jenuh air.
- 2) Setelah perendaman, benda uji diangkat, dikeringkan permukaannya dari air yang menempel (tanpa dikeringkan total), lalu ditimbang untuk mendapatkan berat basah (A).
- 3) Selanjutnya benda uji dikeringkan dalam oven selama  $\pm 24$  jam pada suhu sekitar  $105^{\circ}\text{C}$ , hingga beratnya stabil (selisih penimbangan dua kali tidak lebih dari 0,2%), kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat kering (B).

Pengujian ini dihitung dengan rumus di persamaan 3.11 berikut

$$\text{Daya serap air} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (3.11)$$

Dimana:

A = Berat benda uji dalam kondisi basah

B = Berat benda uji dalam kondisi kering

e. Uji Ketahanan Aus

Bertujuan untuk mengetahui seberapa tahan permukaan sampel uji terhadap gesekan atau aus. Prosedur pengujian mengikuti SNI 03-0028-1987 tentang “Metode Uji Ubin Semen” dan dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- 1) Siapkan benda uji yang sudah dipotong berbentuk persegi dengan ukuran 50 mm x 50 mm dan tebal 20 mm.
- 2) Benda uji yang telah ditimbang ditempatkan pada mesin pengujian.
- 3) Tambahkan beban seberat  $3\frac{1}{3}$  kg pada benda uji.
- 4) Gunakan pasir kuarsa sebagai bahan pengaus.
- 5) Jalankan mesin pengaus. Setelah pengaus berlangsung selama 1 menit, putar benda uji sebesar  $90^{\circ}$ , lalu lanjutkan pengausan.
- 6) Proses pemutaran dan pengausan diulang setiap menit hingga total dilakukan sebanyak lima kali ( $5 \times 1$  menit).

- 7) Amati setiap menit apakah permukaan benda uji telah tergerus. Jika setelah 5 menit lapisan permukaan belum habis, bersihkan debu dan serpihan, lalu timbang.
- 8) Apabila lapisan kepala sudah habis sebelum 5 menit, proses pengausan dihentikan tepat di menit terakhir sebelum habis dan benda uji dibersihkan untuk ditimbang.
- 9) Jika pengausan belum menghabiskan lapisan kepala, pengujian dapat dilanjutkan hingga lapisan tersebut benar-benar aus atau hingga menit ke-15.

Selisih berat sebelum dan sesudah pengausan dicatat dan digunakan untuk menghitung nilai ketahanan aus menggunakan rumus berikut pada persamaan 3.12

$$\text{Ketahanan Aus} = \frac{A \times 10}{B_j \times L \times W} \text{ (mm/menit)} \quad (3.12)$$

Dimana:

- A = Berat benda uji dalam kondisi basah
- B<sub>j</sub> = Berat jenis lapisan kepala benda uji (g/cm<sup>3</sup>)
- L = Luas permukaan benda uji (cm<sup>2</sup>)
- W = Waktu lamanya pengausan (menit)

f. Uji Ketahanan Natrium Sulfat

Pengujian ini dilakukan untuk menilai seberapa tahan *paving block* terhadap serangan kimia dari garam natrium sulfat, yang bisa merusak material akibat proses kristalisasi dan pengembangan garam.

1. Bahan dan Peralatan:

Bahan dan peralatan yang digunakan dalam pengujian ketahanan terhadap natrium sulfat meliputi:

- a) Benda uji *paving block*
- b) Natrium sulfat (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- c) Aquades

- d) Barium klorida ( $\text{BaCl}_2$ )
- e) Oven pengering
- f) Timbangan
- g) Wadah perendaman
- h) Gelas ukur

## 2. Penggunaan Larutan Natrium Sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )

Pengujian ketahanan terhadap natrium sulfat pada penelitian ini dilakukan mengacu pada SNI 03-0691-1996 yang menyatakan bahwa pengujian dilakukan dengan perendaman benda uji dalam larutan jenuh natrium sulfat serta melalui siklus perendaman dan pengeringan sesuai prosedur yang ditetapkan. s

Konsentrasi larutan natrium sulfat yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada penelitian Hayni et al. (2020), yaitu larutan jenuh natrium sulfat yang dibuat dengan melarutkan 282 gram  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ke dalam 1 liter aquades. Larutan tersebut diaduk hingga homogen sebelum digunakan dalam proses pengujian ketahanan natrium sulfat pada *paving block*.

## 3. Prosedur Pengujian Ketahanan Terhadap Natrium Sulfat

Berikut ini merupakan langkah-langkah pengujian yang dilakukan:

- a) Ambil dua benda uji utuh, dapat menggunakan benda uji bekas pengujian ukuran. Bersihkan dari kotoran, kemudian keringkan dalam oven pada suhu  $105 \pm 2^\circ\text{C}$  hingga berat tetap. Setelah itu, dinginkan dalam eksikator.
- b) Setelah dingin, timbang benda uji dengan ketelitian 0,1 gram. Rendam dalam larutan jenuh garam natrium sulfat selama 16 hingga 18 jam. Setelah perendaman, angkat dan biarkan air menetes keluar.
- c) Masukkan benda uji ke dalam oven dan panaskan kembali pada suhu  $105 \pm 2^\circ\text{C}$  selama  $\pm 2$  jam. Setelah pengeringan, dinginkan hingga mencapai suhu ruang. Proses perendaman dan pengeringan ini diulang sebanyak 5 kali berturut-turut.

- d) Setelah siklus terakhir, cuci benda uji untuk menghilangkan sisa garam sulfat. Gunakan larutan  $\text{BaCl}_2$  untuk memastikan tidak ada sisa garam. Untuk mempercepat proses pencucian, dapat digunakan air panas dengan suhu  $40\text{--}50^\circ\text{C}$ .
- e) Setelah selesai dicuci, keringkan benda uji dalam oven sampai beratnya tetap (sekitar 2 sampai 4 jam). Setelah itu, dinginkan di dalam eksikator, Timbang lagi benda uji.
- f) Perhatikan dan catat apakah terdapat perubahan fisik pada benda uji, seperti retak, kerusakan, atau cacat lainnya.
- g) Benda uji dinyatakan dalam kondisi baik apabila tidak terdapat retakan atau kerusakan, dan selisih berat sebelum dan sesudah pengujian tidak melebihi 1%. Sebaliknya, jika terdapat retakan, kerusakan, atau perubahan bentuk, maka diberi catatan cacat/retak-retak. Apabila dua dari tiga benda uji memiliki selisih berat lebih dari 1% meskipun secara fisik tidak rusak, maka *paving block* tetap dianggap cacat.

#### 4. Penggunaan dan Proporsi Barium Klorida

Pengujian ketahanan terhadap natrium sulfat dalam penelitian ini menggunakan larutan barium klorida ( $\text{BaCl}_2$ ) sesuai SNI 03-0691-1996, yang mengatur prosedur pengujian *paving block*. Adapun ketentuan teknis mengenai larutan barium klorida yang digunakan sebagai larutan uji mengacu pada SNI 3407:2008.

Berdasarkan SNI 03-0691-1996, setelah proses perendaman dan pengeringan terakhir, benda uji harus dicuci hingga tidak terdapat lagi sisa garam sulfat yang tertinggal. Untuk mengetahui bahwa tidak ada lagi sisa garam sulfat tersebut, larutan pencucinya dapat diuji dengan menggunakan larutan barium klorida ( $\text{BaCl}_2$ ).

SNI 3407:2008 menyatakan bahwa larutan barium klorida yang digunakan untuk pengujian air pencuci adalah larutan  $\text{BaCl}_2$  dengan konsentrasi 0,2 M, yaitu dengan melarutkan 41,6 gram  $\text{BaCl}_2$  ke dalam 1 liter aquades. Larutan ini digunakan untuk menentukan adanya natrium sulfat atau magnesium sulfat dalam air pencuci.



Apabila setelah penambahan larutan  $\text{BaCl}_2$  ke dalam air bilasan tidak terbentuk endapan putih barium sulfat, maka pencucian dinyatakan selesai dan benda uji dianggap telah bebas dari sisa garam sulfat.

## 9. Analisis Hasil Penelitian

Analisis hasil penelitian adalah tahap penting untuk mengevaluasi data yang diperoleh selama penelitian. Tujuannya adalah menafsirkan data secara sistematis, mengidentifikasi pola atau hubungan, dan menyusun kesimpulan yang mendukung atau menolak hipotesis.

## 10. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan rangkuman dari poin-poin penting yang dibahas dalam analisis hasil penelitian. Tujuannya adalah untuk memberikan gambaran umum terhadap topik penelitian, menyoroti hal-hal utama yang ditemukan, serta menyampaikan pendapat akhir atau hasil temuan secara ringkas dan jelas.

## 11. Selesai

Tahap ini merupakan langkah akhir dari keseluruhan kegiatan penelitian, di mana semua proses telah diselesaikan dan hasilnya telah dianalisis serta disimpulkan. Peneliti mendokumentasikan seluruh tahapan yang telah dilakukan dalam bentuk laporan lengkap, yang kemudian dipublikasikan atau dipresentasikan sesuai kebutuhan.

### 3.5 Instrumen Penelitian

Instrumen dalam penelitian ini digunakan sebagai alat bantu untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan. Instrumen tersebut berupa angket yang diberikan kepada ahli materi yang memahami tentang *paving block*. Angket ini memuat pernyataan yang disusun berdasarkan teori, dan responden diminta memberikan tanggapan apakah pernyataan tersebut sesuai atau tidak. Untuk menyusun butir pertanyaan dalam angket, digunakan kisi-kisi instrumen yang menguraikan indikator dari variabel yang diteliti, berdasarkan referensi atau teori yang relevan.

### 3.5.1 Kisi-kisi Instrumen

Kisi-kisi instrumen merupakan panduan yang berisi indikator-indikator yang dikembangkan menjadi sejumlah pertanyaan. Untuk merumuskan indikator dari setiap variabel penelitian, diperlukan acuan berupa teori-teori yang relevan. Kisi-kisi instrumen tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Kisi-Kisi Instrumen

No	Indikator	Referensi	Butir Pertanyaan
2	<i>Mix Design</i>	SNI 03-2834-2000 Husna, A. F., et al. (2024). <i>Pengaruh Abu Limbah Kulit Durian Sebagai Bahan Substitusi Semen pada Paving block</i>	3
3	Prosedur Pembuatan <i>paving block</i>	Husna, A. F., et al. (2024). <i>Pengaruh Abu Limbah Kulit Durian Sebagai Bahan Substitusi Semen pada Paving Block.</i> Hayni, R. N., Prihantono, & Anisah (2020). <i>Pemanfaatan abu dasar (bottom ash) dan kapur sebagai substitusi sebagian semen pada Paving Block sesuai dengan SNI 03-0691-1996</i>	2
4	Prosedur Pengujian <i>Paving block</i>	Ketentuan berdasarsn SNI 03-0691-1996 mengenai Bata beton ( <i>Paving Block</i> )	6

Adapun isi butir pertanyaan dari Kisi-kisi instrumen pada tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Validasi Instrumen

No	Butir Pertanyaan	Jawaban	
		Sesuai	Tidak Sesuai
1	Apakah komposisi <i>mix design</i> dapat digunakan sebagai campuran <i>paving block</i> ?		
	Saran:		
2	Apakah bahan yang digunakan saat produksi <i>paving block</i> sudah memenuhi standar SNI 03-06911996?		
	Saran:		

No	Butir Pertanyaan	Jawaban	
		Sesuai	Tidak Sesuai
3	Apakah uji pendahuluan bahan yang dilakukan sudah sesuai dengan standar dan dapat digunakan sebagai campuran		
	Saran:		
4	Apakah prosedur pembuatan <i>paving block</i> yang disusun sudah sesuai dengan tahapan standar yang ditetapkan		
	Saran:		
5	Kelengkapan peralatan dalam pembuatan <i>paving block</i>		
	Saran:		
6	Apakah prosedur pengujian sifat tampak sudah sesuai dengan isi SNI 03-0691-1996 tentang permukaan <i>paving block</i> yang harus rata, tidak retak, dan memiliki sudut yang utuh?		
	Saran:		
7	Apakah prosedur pengukuran ukuran (tebal, panjang, lebar) sudah mengikuti ketentuan toleransi dan teknik pengukuran yang disebutkan dalam SNI 03-0691-1996?		
	Saran:		
8	Apakah prosedur pengujian kuat tekan sudah sesuai dengan isi SNI 03-0691-1996 mengenai ketentuan pengujian kekuatan tekan <i>paving block</i> ?		
	Saran:		
9	Apakah prosedur pengujian penyerapan air sudah mengikuti ketentuan dalam SNI 03-0691-1996 tentang metode perendaman dan batas maksimum daya serap air <i>paving block</i> ?		
	Saran:		
10	Apakah prosedur pengujian ketahanan aus sudah sesuai dengan SNI 03-0691-1996 mengenai ketentuan pengujian ketahanan aus <i>paving block</i> ?		

No	Butir Pertanyaan	Jawaban	
		Sesuai	Tidak Sesuai
	Saran:		
11	Apakah prosedur pengujian ketahanan terhadap natrium sulfat sudah sesuai dengan SNI 03-0691-1996 mengenai ketentuan pengujian ketahanan <i>paving block</i> terhadap serangan bahan kimia?		
	Saran:		

### 3.5.2 Validasi Instrumen

Validasi instrumen adalah proses untuk mengevaluasi apakah instrumen penelitian seperti wawancara benar-benar mengukur apa yang seharusnya diukur. Proses validasi memastikan bahwa hasil yang diperoleh dari instrumen tersebut akurat, terpercaya, dan dapat diandalkan. Validasi instrumen diperlukan untuk memastikan data yang dikumpulkan valid dan dapat digunakan untuk menarik kesimpulan yang sah dalam penelitian.

Proses validasi meliputi seluruh instrumen yang digunakan dalam penelitian, termasuk peralatan untuk pemeriksaan material serta pengujian sifat fisik dan mekanik. Validasi oleh tenaga ahli dilakukan untuk menilai kelayakan produk yang dihasilkan

Berikut ini merupakan kriteria validator untuk memberikan penilaian dan memasukkan produk yang dikembangkan dalam penelitian ini:

- 1) Validator memiliki pengetahuan dan pengalaman dalam pengujian bahan, dengan latar belakang sebagai dosen atau tenaga ahli di bidang teknologi bahan atau teknik sipil, serta memiliki pengalaman minimal 3 tahun bekerja di laboratorium pengujian material.
- 2) Validator memiliki pengetahuan teknis mengenai karakteristik dan proses pembuatan *paving block*, serta pernah terlibat langsung dalam penelitian atau produksi *paving block*.
- 3) Validator memiliki pemahaman yang baik tentang standar SNI 03-0691-1996, dibuktikan dengan pengalaman dalam menerapkan standar tersebut..



### 3.6 Teknik Pengumpulan Data

Data untuk penelitian ini dikumpulkan melalui pengujian laboratorium dan mekanis, termasuk pengujian kekuatan tekan, penyerapan air, dan ketahanan abrasi. Semua pengujian dilakukan pada blok paving yang diproduksi dan mengikuti standar SNI 03-0691-1996.

Selain itu, data juga dikumpulkan melalui instrumen penelitian berupa kuesioner yang diberikan kepada pakar atau ahli di bidang Bahan Bangunan. Para ahli tersebut diminta untuk memberikan penilaian terhadap produk *paving block* yang dikembangkan, apakah telah sesuai dengan ketentuan dalam SNI 03-0691-1996. Topik dalam kuesioner mencakup aspek-aspek dari *paving block* hasil penelitian, yang dalam hal ini dikembangkan dengan penambahan bahan campuran berupa limbah kulit durian.

### 3.7 Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini mencakup pengolahan hasil uji *paving block* dengan berbagai proporsi abu kulit durian sebagai substitusi sebagian semen. Data uji dianalisis secara kuantitatif dan disajikan dalam tabel dan diagram menggunakan Microsoft Excel. Setiap nilai rata-rata dari sampel dihitung untuk mengetahui sejauh mana pengaruh kadar abu kulit durian terhadap kualitas pembuatan. Hasil analisis ini kemudian dijabarkan secara deskriptif menggunakan pendekatan analisis sederhana guna menyimpulkan performa produk yang diuji.