

### BAB III

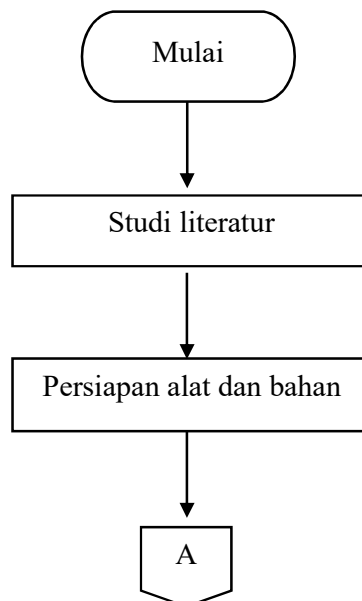
#### METODE PENELITIAN

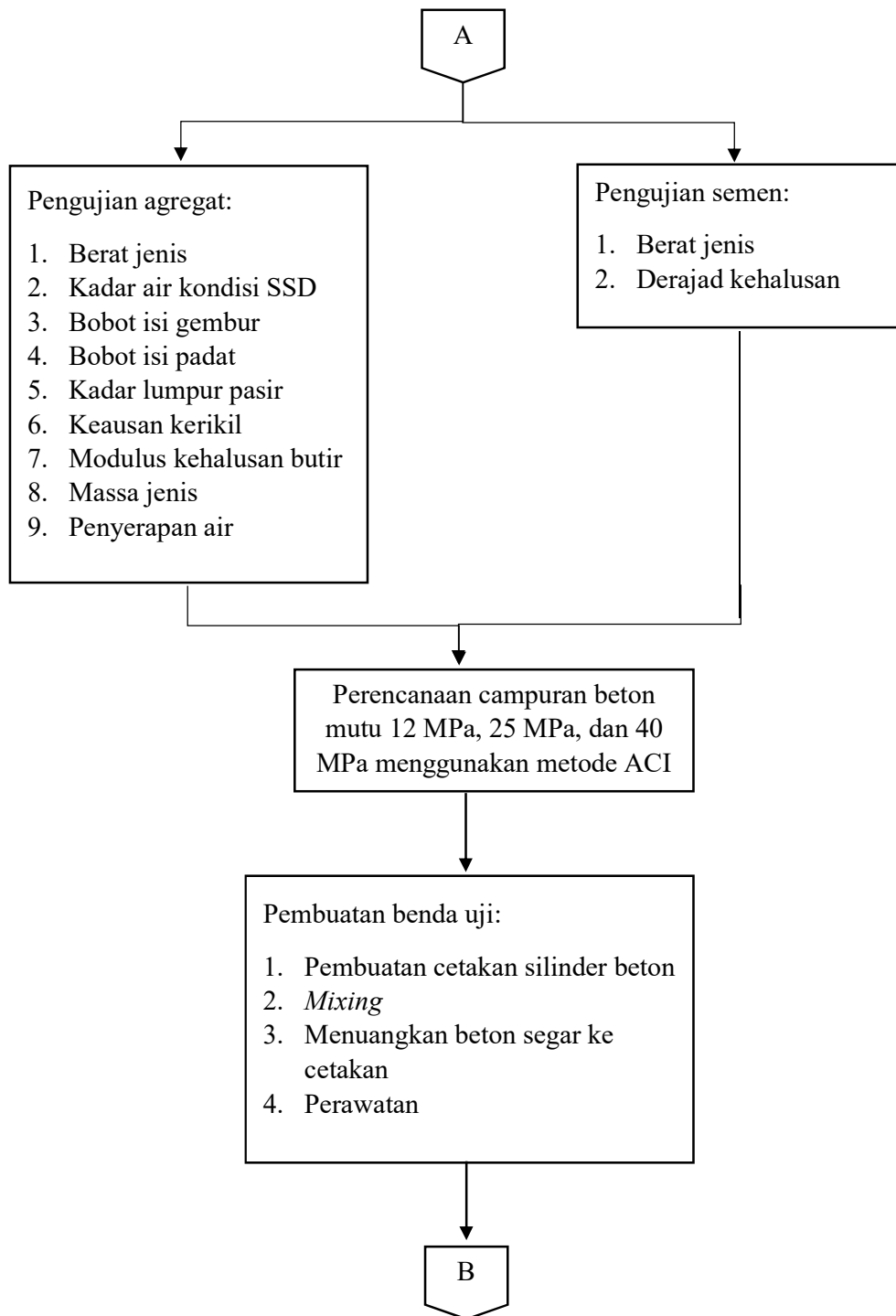
##### A. Jenis Penelitian

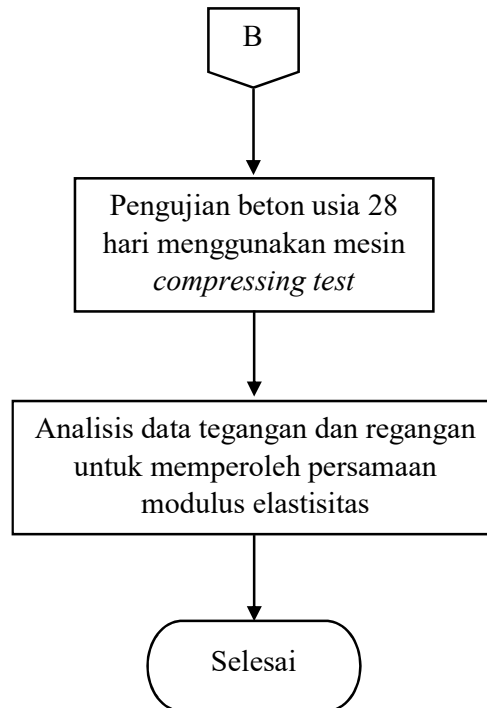
Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai dan kurva modulus elastisitas beton yang diuji menggunakan cara *Compressing Test*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan silinder beton diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan mutu 12 MPa, 25 MPa, dan 40 MPa. Setiap mutu beton memiliki 30 benda uji.

##### B. Alur Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada bagan alur penelitian di bawah ini.







**Gambar 4.** Bagan alur penelitian.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat 30 spesimen silinder beton menggunakan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan mutu beton 12 MPa, 25 MPa, dan 40 MPa. Setiap mutu beton memiliki 30 spesimen.

Setiap mutu beton menggunakan bahan yang memiliki karakteristik sama. Agregat halus dan kasar yang digunakan berasal dari Sungai Progo. Semen yang digunakan adalah semen jenis PPC. Air yang digunakan adalah air tanah. Perawatan spesimen dilakukan dengan cara direndam dan dikeringkan sehari sebelum diuji kuat tekan. Spesimen diuji pada umur 28 hari menggunakan mesin *compressing test*.



**Gambar 5.** Pengujian kuat tekan silinder beton.

### **C. Variabel Penelitian**

Variabel merupakan hal yang ditentukan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga didapat data kemudian disimpulkan. Variabel yang ditentukan oleh peneliti adalah:

1. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang menjadi sebab atau mempengaruhi hasil penelitian. Variabel bebas yang dipilih peneliti adalah mutu beton.

2. Variabel kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel bebas dan variabel terikat tidak dipengaruhi faktor luar yang tidak diteliti. Variabel kontrol yang dipilih peneliti adalah tinggi benda uji, diameter benda uji dan umur beton.

3. Variabel terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang menjadi hasil dari penelitian karena variabel terikat adalah hasil yang ditimbulkan dari penentuan masing-masing variabel bebas dan kontrol. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah modulus elastisitas tiap mutu beton.

#### **D. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta pada Januari – April 2019.

#### **E. Alat dan Bahan**

##### **1. Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini merupakan alat untuk pengujian material dan pembuatan benda uji. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

##### **a. Ayakan**

Ayakan ini digunakan untuk mengetahui gradasi pada agregat.



**Gambar 6.** Ayakan agregat.

b. Kerucut Abrams

Kerucut Abrams digunakan untuk menguji kondisi agregat halus apakah sudah dalam kondisi SSD atau belum.



**Gambar 7.** Kerucut abrams.

c. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan agregat. Proses pengeringan dilakukan selama 24 jam dengan suhu 105 °C.



**Gambar 8.** Oven.

d. Timbangan

1) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram

Timbangan ini digunakan untuk menimbang bahan penyusun campuran beton (agregat dan semen) memerlukan ketelitian hingga 0,01 gram.



**Gambar 9.** Timbangan dengan ketelitian 0.01 gram.

2) Timbangan dengan ketelitian 1 gram

Timbangan ini digunakan untuk menimbang bahan penyusun beton berupa agregat dan semen. Timbangan ini juga dilakukan untuk menimbang bobot benda uji silinder.



**Gambar 10.** Timbangan dengan ketelitian 1 gram.



### 3) Timbangan

Timbangan ini digunakan untuk menimbang agregat dan semen dalam jumlah banyak dan untuk pengujian bobot isi agregat.



**Gambar 11.** Timbangan.

### e. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk pengujian berat jenis agregat dan semen, kadar lumpur, dan takaran air untuk adukan beton.



**Gambar 12.** Gelas ukur.

f. Masin *Los Angeles*

Mesin *Los Angeles* digunakan untuk menguji keausan agregat kasar.

Mesin ini akan berputar sebanyak 500 putaran dan dilengkapi dengan 11 butir bola baja.



**Gambar 13.** Mesin *Los Angeles*.

g. Mesin Pengaduk Beton Segar (*mixer*)

*Mixer* digunakan untuk mengaduk bahan penyusun beton.



**Gambar 14.** Mesin pengaduk beton segar (*mixer*).

h. Alat Uji *Slump*

Alat uji *slump* digunakan untuk mengetahui nilai *slump* yang dihasilkan dari adukan beton segar.



**Gambar 15.** Alat uji *slump*.

i. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter dan tinggi benda uji silinder beton.



**Gambar 16.** Jangka sorong.

j. Cetakan Benda Uji Silinder Beton

Cetakan benda uji yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pipa pvc jenis AW dengan ukuran diameter 6 inch dan tinggi 30 cm.



**Gambar 17.** Cetakan benda uji silinder beton.

k. Bejana

Bejana digunakan untuk menguji bobot isi pada agregat.



**Gambar 18.** Bejana.

1. *Alat Capping*

*Alat capping* digunakan untuk meratakan permukaan bagian atas atau bawah pada silinder beton. Bahan untuk *capping* adalah belerang yang dicairkan.



**Gambar 19.** *Alat capping.*

m. *Alat Uji Tekan Beton*

Alat ini digunakan untuk menguji kuat tekan silinder beton. Uji tekan beton merupakan pengujian berjenis *destructive test*.



**Gambar 20.** Alat uji tekan beton.

n. Alat Pelarut Belerang

Alat pelarut belerang digunakan untuk mencairkan belerang padat sebelum dituang ke mangkuk alat *capping*.



**Gambar 21.** Alat pelarut belerang.

## 2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini agar tercapai tujuan penelitian ini, yaitu:

### a. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Sungai Progo.



**Gambar 22.** Agregat halus.

### b. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Sungai Progo. Diameter agregat kasar berukuran 1 – 2 cm.





**Gambar 23.** Agregat kasar.

c. Semen

Penelitian ini menggunakan semen jenis PPC.



**Gambar 24.** Semen PPC.

d. Belerang

Belerang yang sudah berbentuk cair digunakan untuk mengisi rongga antara benda uji silinder beton dengan mangkok alat *capping* sehingga permukaan silinder beton menjadi rata.



**Gambar 25.** Belerang.

e. Oli

Oli digunakan untuk melapisi cetakan benda uji silinder beton.

Pelapisan ini bertujuan agar air semen tidak merembes keluar dari cetakan dan mempermudah melepas benda uji dari cetakan.



**Gambar 26. Oli.**

## **F. Analisis Data Penelitian**

Analisis data dalam penelitian ini meliputi analisis bahan dan data hasil pengujian kuat tekan dan regangan benda uji silinder beton. Langkah pengujian bahan dan analisis data yaitu:

### **1. Pengujian Agregat Halus**

#### **a. Pengujian Berat Jenis Pasir SSD**

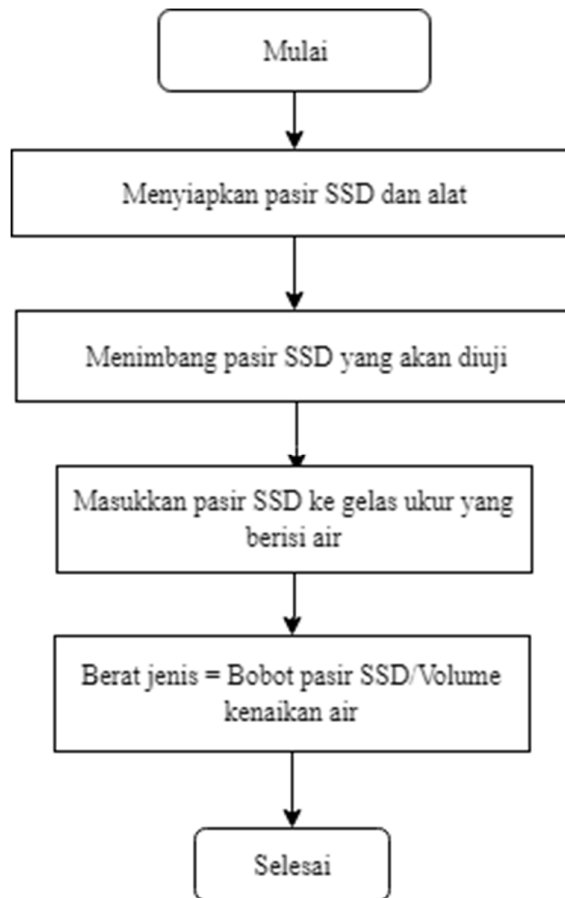
Alat:

- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- Gelas ukur
- Piring
- sendok

Bahan:

- Pasir SSD
- Air

Langkah pengujian:



**Gambar 27.** Bagan alur pengujian berat jenis pasir SSD.

b. Pengujian Kadar Air Pasir SSD

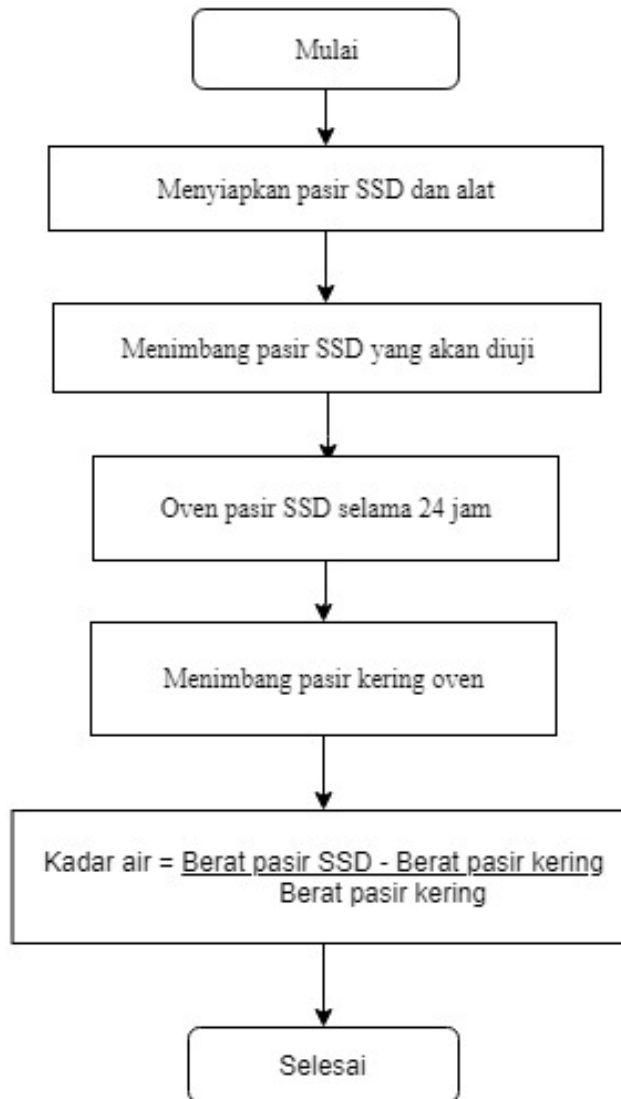
Alat:

- Timbangan
- Oven
- Sendok
- Piring
- Kerucut abrams

Bahan:

- Pasir SSD

Langkah pengujian:



**Gambar 28.** Bagan alur pengujian kadar air pasir SSD.

c. Pengujian Bobot Isi Gembur Pasir

Alat:

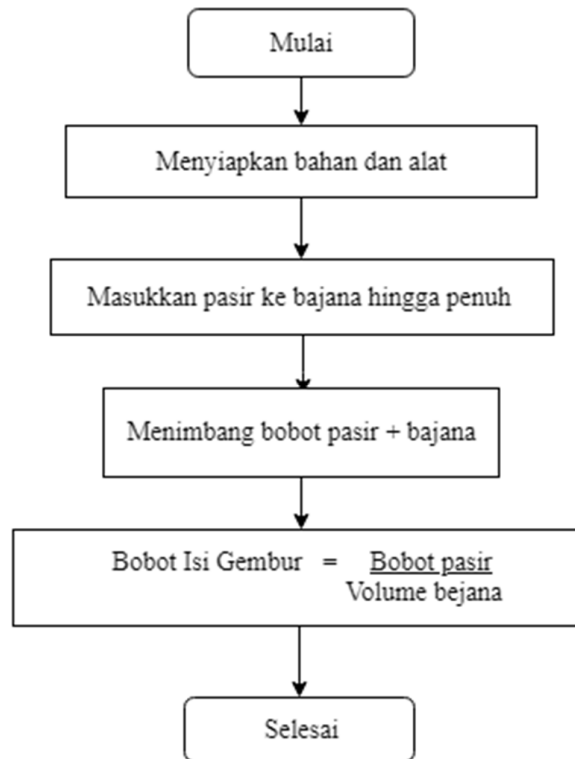
- Timbangan
- Bejana
- Sendok spesi

Bahan:

- Pasir kering
- Air

- Ember

Langkah pengujian:



**Gambar 29.** Bagan alur pengujian bobot isi gembur pasir.

d. Pengujian Bobot Isi Padat Pasir

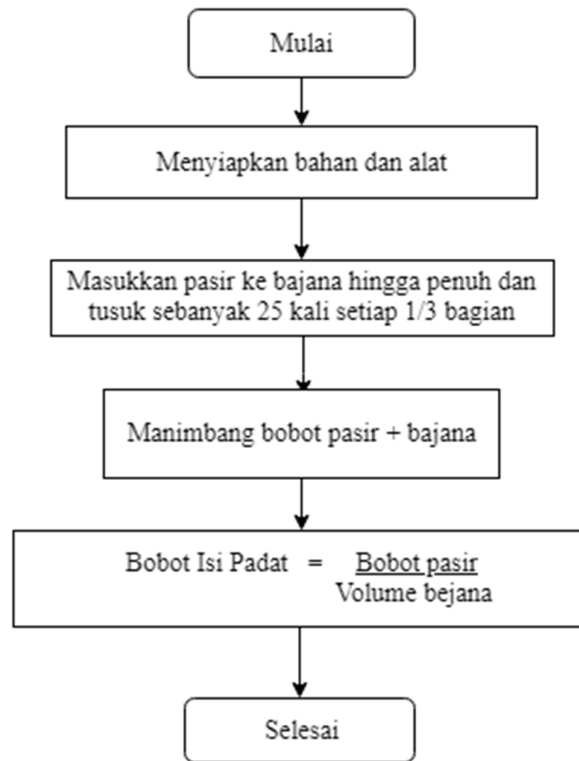
Alat:

- Tongkat penusuk
- Timbangan
- Bejana
- Sendok spesi
- ember

Bahan:

- Pasir kering
- Air

Langkah pengujian:



**Gambar 30.** Bagan alur pengujian bobot isi padat pasir.

e. Pengujian Pengujian Kadar Lumpur Pasir

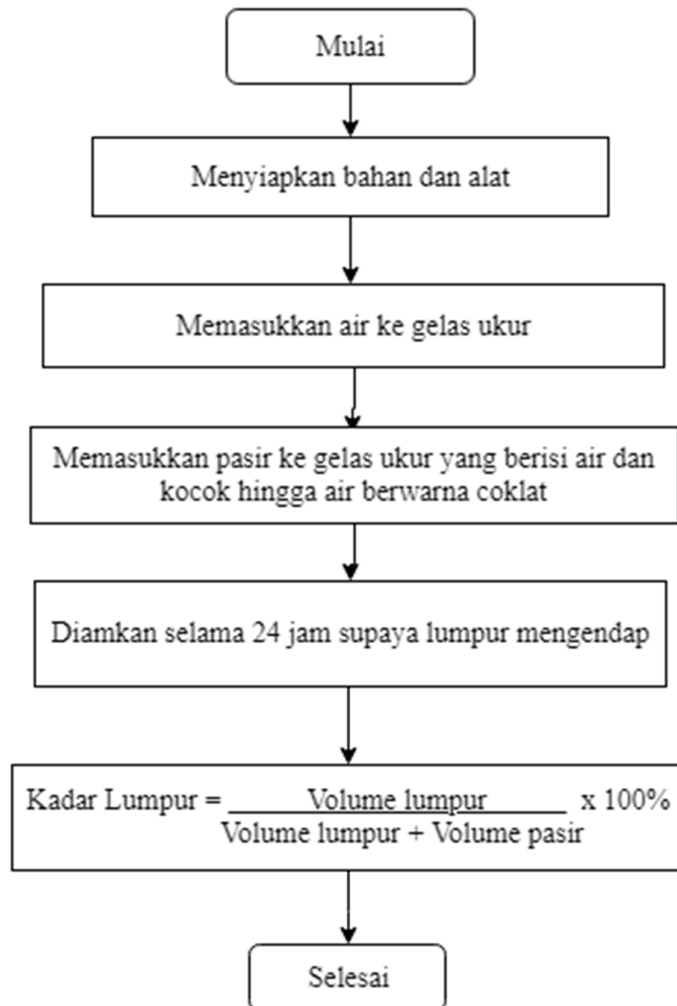
Alat:

- Gelas ukur
- Piring
- Sendok

Bahan:

- Pasir kering
- Air

Langkah pengujian:



**Gambar 31.** Bagan alir pengujian pengujian kadar lumpur pasir.

f. Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB) Pasir

Alat:

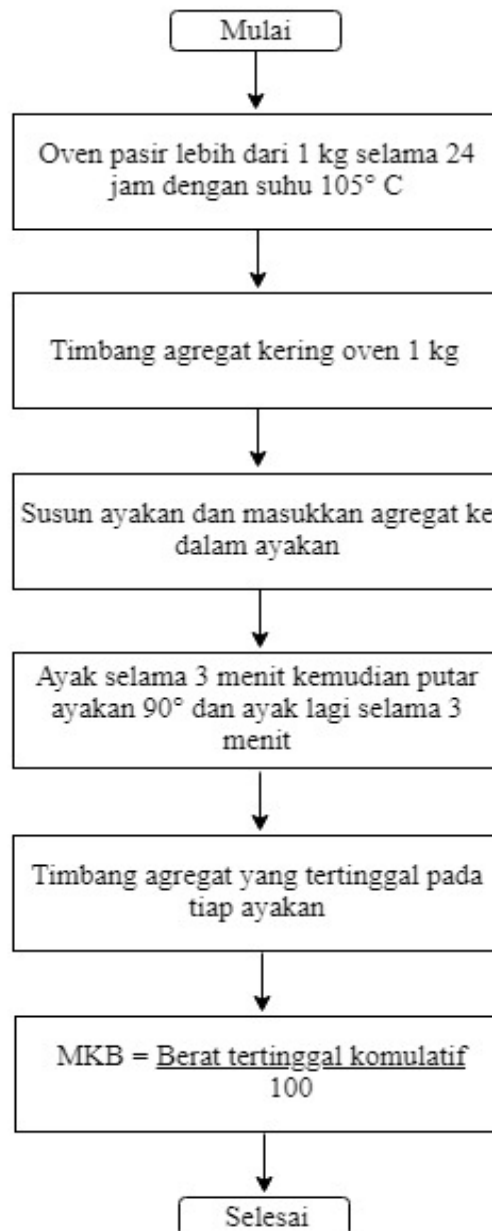
Bahan:

- Ayakan 9,50 mm, 4,75 mm,
- 2,36 mm, 1,18 mm, 0,60 mm,
- 0,30 mm, 0,15 mm, pan
- Oven
- Piring
- Pasir kering



- Sendok
- Timbangan

Langkah pengujian:



**Gambar 32.** Bagan alur pengujian modulus kehalusan butir (MKB) pasir.

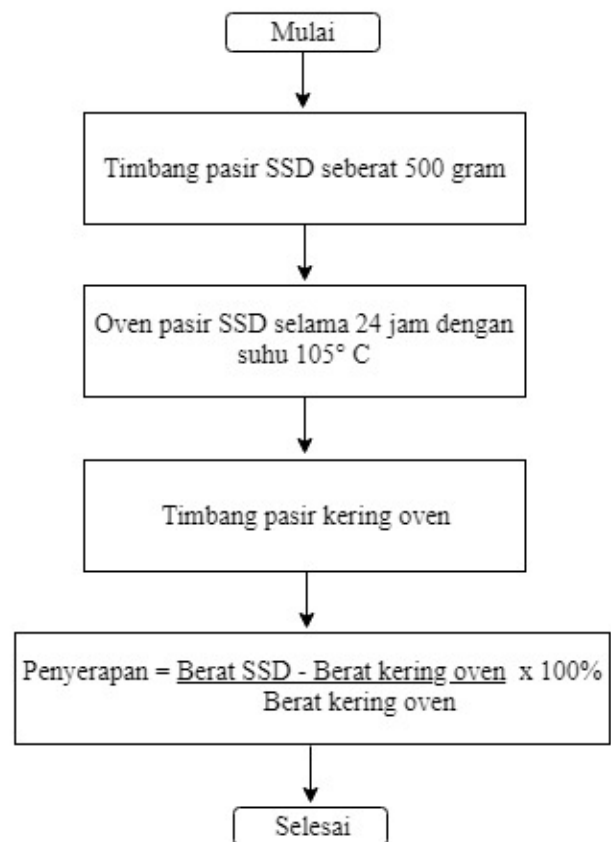
g. Pengujian Penyerapan Air

Alat:

Bahan:

- Kerucut Abrams
  - Sendok spesi
  - Kuas
  - Timbangan
  - Piring
- Pasir SSD

Langkah pengujian:



**Gambar 33.** Bagan alur pengujian penyerapan air.

## 2. Pengujian Agregat Kasar

### a. Pengujian Berat Jenis Kerikil SSD

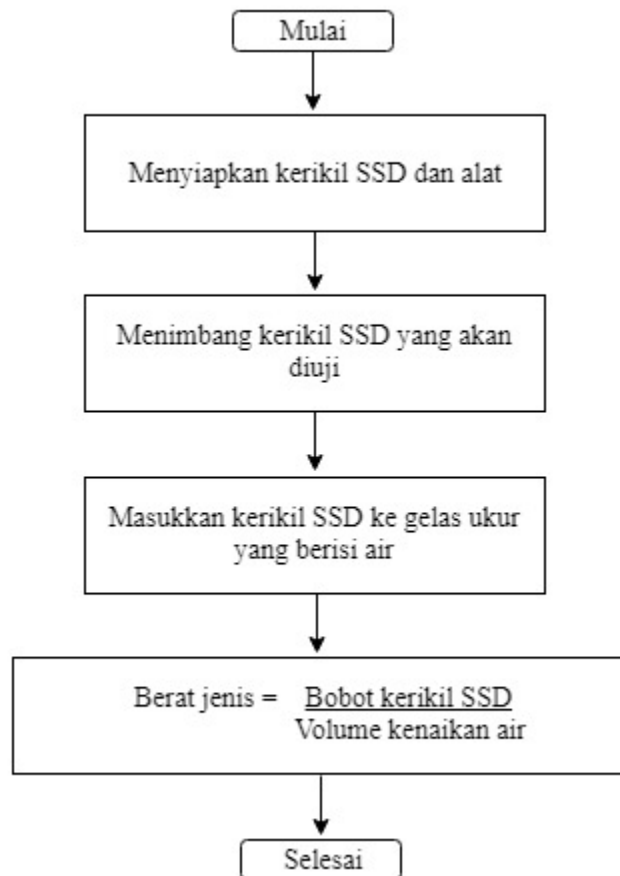
Alat:

- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- Gelas ukur
- Piring
- sendok

Bahan:

- Kerikil SSD
- Air

Langkah pengujian:



**Gambar 34.** Bagan alur pengujian berat jenis kerikil SSD.

b. Pengujian Kadar Air Kerikil SSD

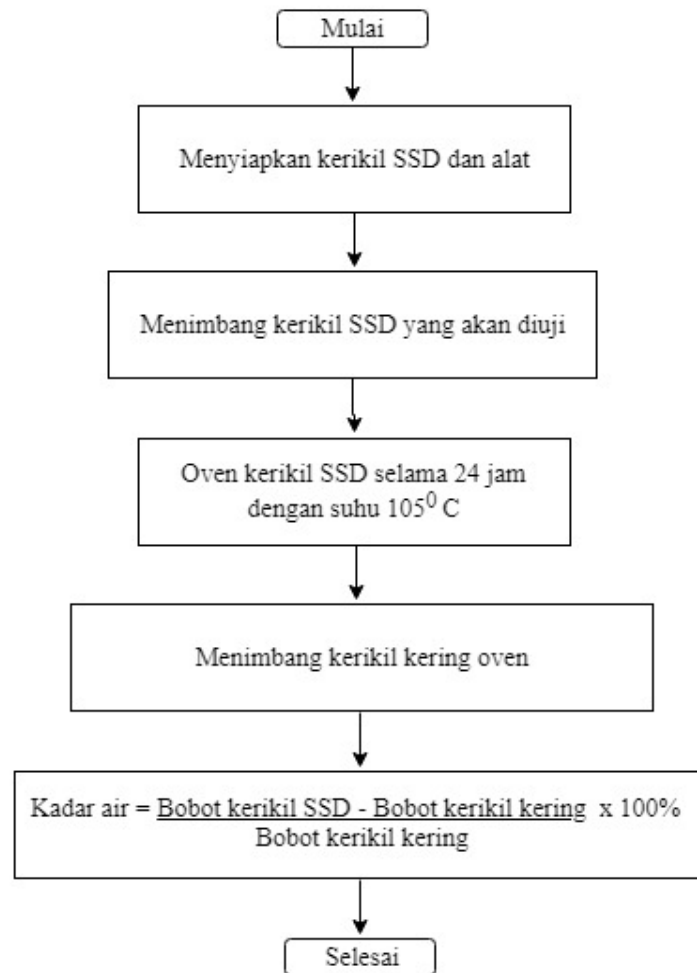
Alat:

- Timbangan
- Sendok
- Oven
- Piring

Bahan:

- Kerikil SSD

Langkah pengujian:



**Gambar 35.** Bagan alur pengujian kadar air kerikil SSD.

c. Pengujian Bobot Isi Gembur Kerikil

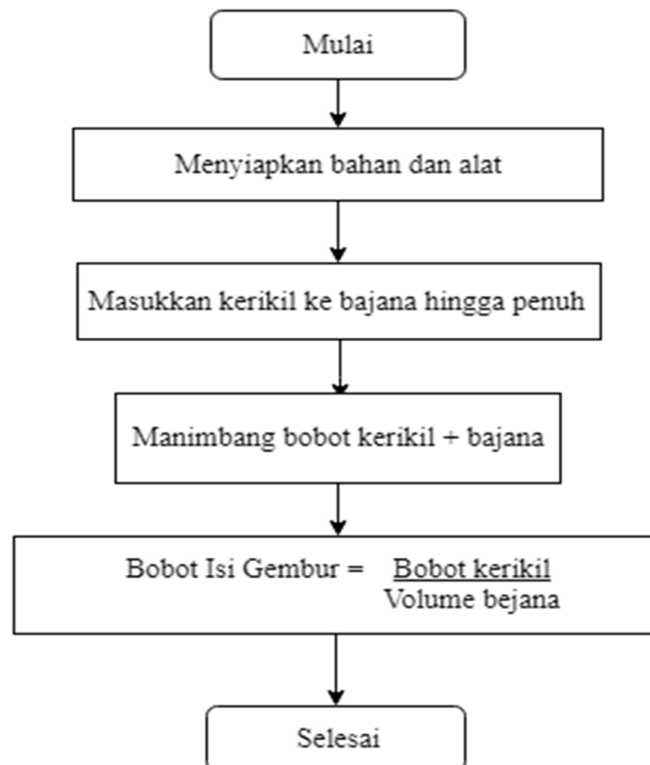
Alat:

- Timbangan
- Bejana
- Sendok spesi
- Ember

Bahan:

- Kerikil kering
- Air

Langkah pengujian:



**Gambar 36.** Bagan alur pengujian bobot isi gembur kerikil.

d. Pengujian Bobot Isi Padat Kerikil

Alat:

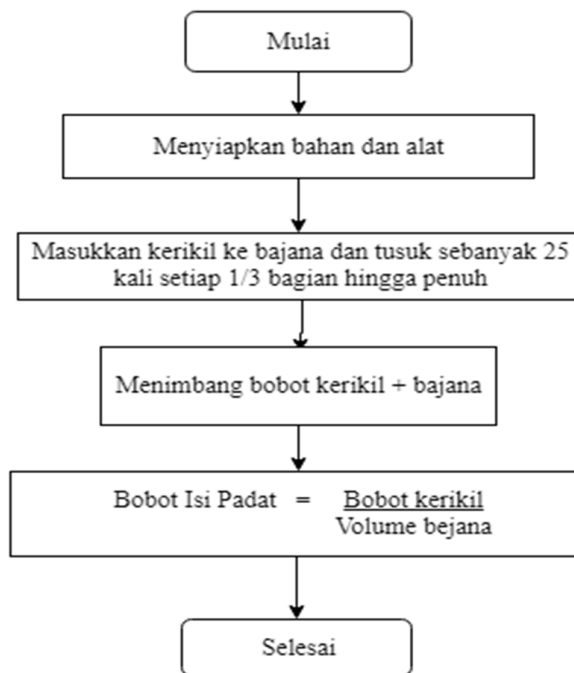
- Tongkat penusuk

Bahan:

- Kerikil kering

- Ember
- Air
- Timbangan
- Bejana
- Sendok spesi

Langkah pengujian:



**Gambar 37.** Bagan alur pengujian bobot isi padat kerikil.

e. Pengujian Keausan Kerikil

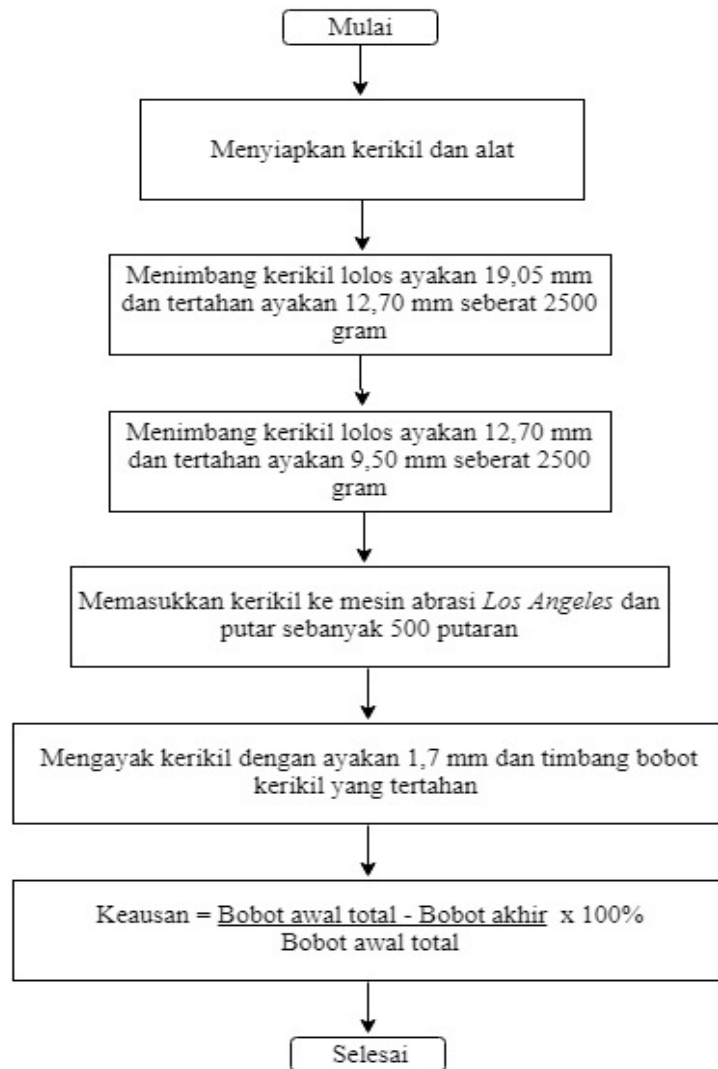
Alat:

Bahan:

- Mesin *Los Angeles*
- Kerikil kering
- Timbangan
- Nampan
- Sendok spesi

- Ayakan 19,05 mm, 12,70 mm,  
9,50 mm, 1,70 mm

Langkah pengujian:



**Gambar 38.** Bagan alur pengujian keausan kerikil.

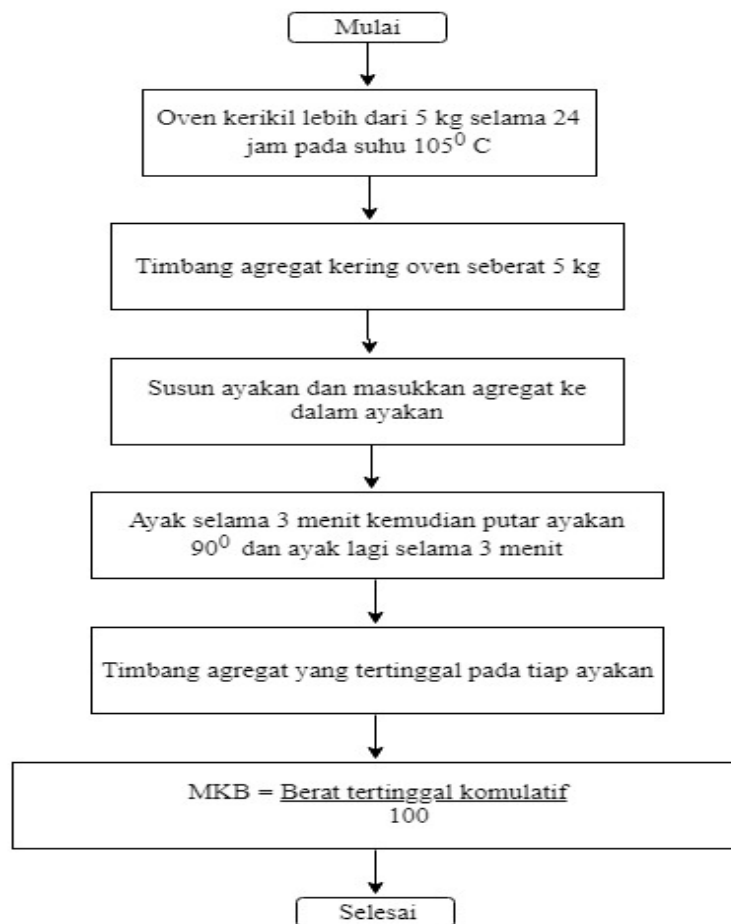
f. Pengujian Modulus Kehalusan Butir (MKB) Kerikil

Alat:

Bahan:

- Ayakan 25,40 mm, 19,10 mm, 15,90 mm, 9,50 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,60 mm, 0,30 mm, 0,15 mm
- Kerikil kering
- Timbangan
- Sendok
- Piring
- Oven

Langkah pengujian:



**Gambar 39.** Bagan alur pengujian modulus kehalusan butir (MKB) kerikil.



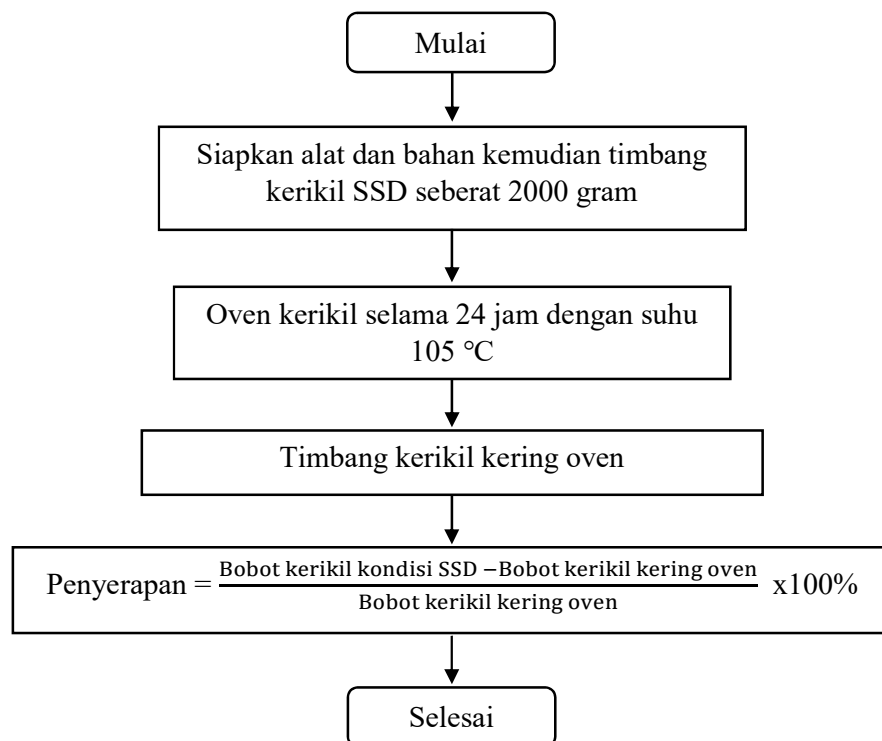
g. Pengujian Penyerapan Air

Alat:

Bahan:

- Mangkok agregat
  - Sendok spesi
  - Ember
  - Timbangan
  - Kain lap
- Kerikil SSD

Langkah pengujian:



**Gambar 40.** Bagan alur pengujian penyerapan air.

### 3. Pengujian Semen

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen jenis PPC.

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji berat jenis dan derajat kehalusan semen. Langkah pendujian bahan, yaitu:

#### a. Pengujian Berat Jenis Semen

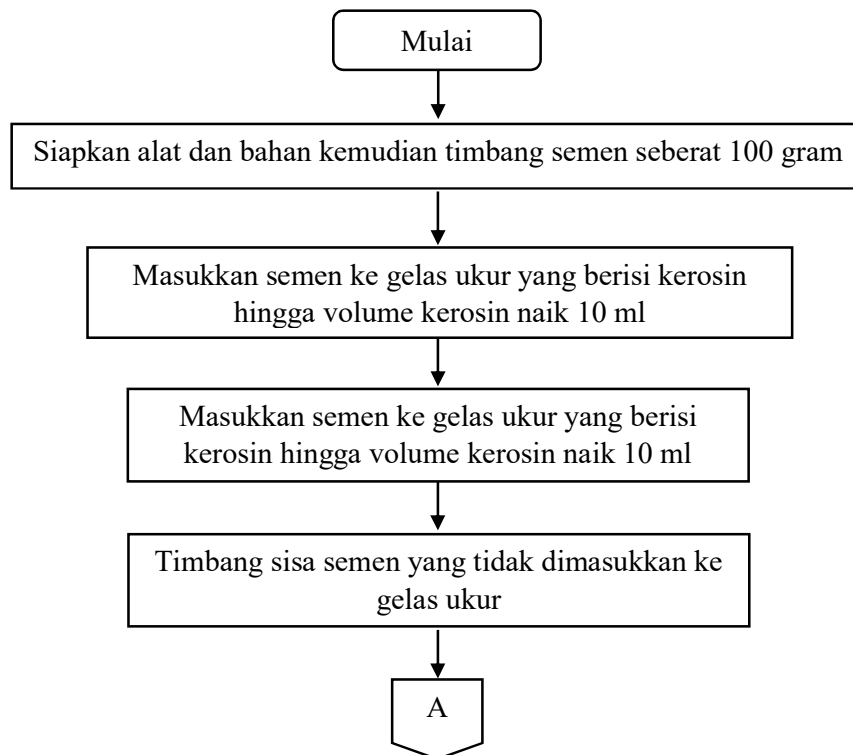
Alat:

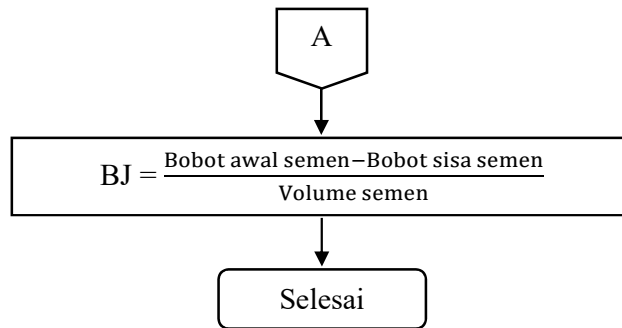
- Gelas ukur
- Sendok
- Kain lap
- Timbangan
- Piring

Bahan:

- Semen PPC
- Kerosin

Langkah pengujian:





**Gambar 41.** Bagan alur pengujian berat jenis semen.

b. Pengujian Derajat Kehalusan Semen

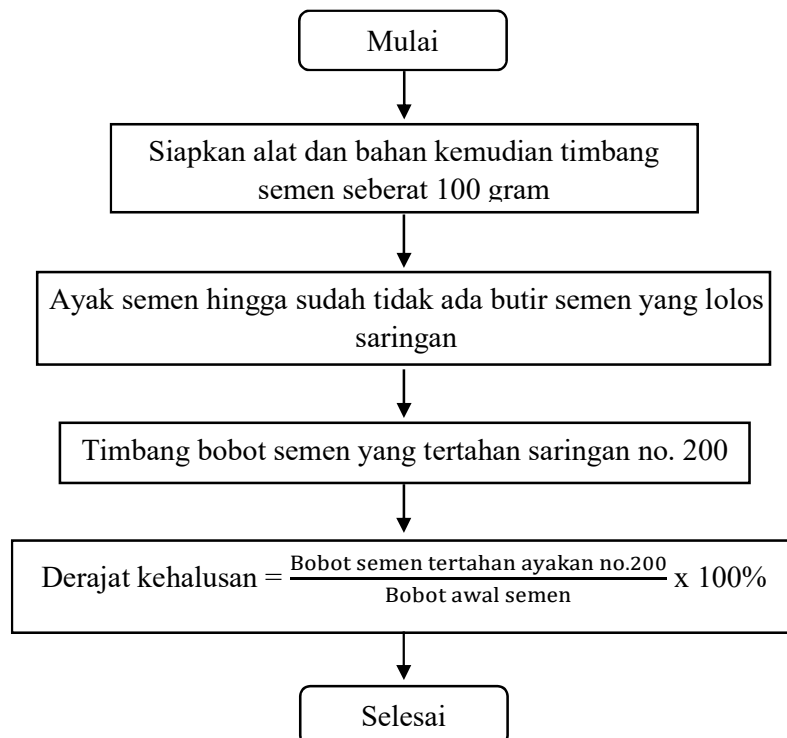
Alat:

- Timbangan
- Sendok
- Piring
- Ayakan no. 200

Bahan:

- Semen PPC

Langkah pengujian:



**Gambar 42.** Bagan alur pengujian derajat kehalusan semen.

#### 4. Pembuatan Benda Uji

##### a. Menyiapkan alat dan bahan

- 1) Mencuci agregat halus dan kasar agar kadar lumpur berkurang.
- 2) Menyiapkan agregat halus dan kasar dalam keadaan SSD.
- 3) Menimbang agregat halus dan kasar, semen, dan air.
- 4) Menyiapkan mesin pengaduk (*mixer*), kerucut abrams, sendok spesi, stop kontak, dan bak penampung beton segar.
- 5) Menyiapkan cetakan silinder beton diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan mengoleskan oli pada permukaan cetakan bagian dalam.

##### b. Pembuatan Benda Uji Beton

- 1) Menyalakan mesin pengaduk beton kemudian dibasahi dengan air, membasahi kerucut abrams dan bak penampung beton segar. Hal tersebut dilakukan agar bahan tidak menempel pada permukaan dinding mesin pengaduk dan kerucut abrams yang mengakibatkan adukan menjadi tidak homogen.
- 2) Memasukkan bahan-bahan yang sudah ditimbang ke mesin pengaduk. Bahan-bahan dimasukkan secara bertahap dan berurutan, yaitu:
  - a) Memasukkan agregat kasar.
  - b) Memasukkan agregat halus kemudian nyalakan mesin pengaduk hingga agregat kasar dan halus tercampur.
  - c) Memasukkan semen kemudian nyalakan mesin pengaduk hingga bahan tercampur

d) Memasukkan air sedikit demi sedikit air yang telah disiapkan hingga adukan mencapai kelecakan yang cukup.

Jika adukan sudah homogen dan mencapai kelecakan yang cukup, maka air yang sudah disiapkan tidak dimasukkan seluruhnya dan sisa air ditimbang.

3) Menuangkan adukan

Setelah campuran bahan-bahan pembuat beton tercampur dan homogen, matikan mesin pengaduk beton. Beton segar dituang ke bak penampung yang sudah disiapkan di bawah mesin pengaduk.

4) Pengukuran nilai *slump*

Pengukuran nilai *slump* dilakukan segera setelah adukan beton segar dituang ke bak penampung. Langkah pengukuran nilai *slump*, yaitu:

- a) Menyiapkan alat uji *slump* yang sudah dibasahi atau dicuci.
- b) Memasukkan adukan beton segar lapis pertama sebanyak  $\frac{1}{3}$  dari tinggi kerucut menggunakan sendok spesi kemudian tusuk menggunakan batang pemadat sebanyak 25 kali secara merata. Ulangi cara tersebut setiap  $\frac{1}{3}$  bagian hingga penuh. Hindari batang penusuk mengenai pelat dasar cetakan. Padatkan lapisan kedua dan lapisan atas seluruhnya hingga kedalamannya, sehingga penusukkan menembus batas lapisan di bawahnya.
- c) Meratakan permukaan beton pada bagian atas dengan cara menggelindingkan batang penusuk di atasnya.

- d) Diamkan selama 30 detik dengan keadaan kerucut tetap dipegang atau diinjak supaya rapat dan air semen tidak merembes keluar.
- e) Mengangkat kerucut secara vertikal dengan hati-hati agar tidak mengenai adukan yang ada di dalam kerucut.
- f) Mengukur, mencatat, dan mendokumentasikan nilai *slump*.

5) Pencetakan benda uji

Setelah pengukuran nilai *slump*, adukan dimasukkan ke dalam cetakan silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Proses memasukkan beton segar ke cetakan dibagi menjadi tiga lapisan, setiap lapisan adalah  $\frac{1}{3}$  dari tinggi cetakan. Setiap lapisan ditusuk menggunakan batang penusuk sebanyak 25 kali secara merata. Lapisan paling bawah ditumbuk sampai ke ketebalan lapisannya. Untuk lapisan yang lebih atas biarkan tumbukan masuk kira-kira 12 mm ke dalam lapisan di bawahnya bila tebal lapisan kurang dari 10 mm dan kira-kira 25 mm bila tebal lapisan 10 mm atau lebih. Setelah selesai dipadatkan, permukaan benda uji dihaluskan dan diratakan menggunakan sendok spesi yang dibasahi. Benda uji yang sudah diratakan permukaannya diletakkan di tempat penyimpanan yang rata dan terhindar dari getaran, benturan, dan goresan pada permukaan benda uji selama 24 jam.

6) Pembongkaran cetakan benda uji

Pembongkaran cetakan dilakukan setelah benda uji didiamkan selama 24 jam. Pembongkaran cetakan dilakukan dengan cara melepaskan baut pengencang pada cetakan dan merenggangkan cetakan benda uji yang terbuat menggunakan pipa pvc menggunakan obeng.

#### 7) Perawatan benda uji

Perawatan benda uji silinder beton dalam penelitian ini dilakukan dengan cara merendam benda uji ke dalam bak perendaman benda uji beton yang ada di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Proses perawatan beton (*curing*) berlangsung selama 28 hari.

#### 5. Uji Tekan dan Regangan Benda Uji

Uji tekan dilakukan setelah proses perawatan beton selesai. Uji tekan dilaksanakan saat usia benda uji silinder beton berusia 28 hari. Uji tekan dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Saat pengujian kuat tekan, peneliti menyematkan alat *Dial Gauge* untuk mengetahui regangan pada setiap benda uji. Tahap dilaksanakannya persiapan sebelum uji tekan, yaitu:

- a. Benda uji diangkat dari kolam perendaman beton kemudian ditiriskan.
- b. Benda uji dibersihkan menggunakan kain lap.
- c. Benda uji ditimbang untuk mengetahui bobotnya.

d. Permukaan atas benda uji diratakan dengan cara *capping*. Bahan untuk *capping* adalah belerang yang dicairkan.

Setelah persiapan sebelum uji tekan selesai, proses uji kuat tekan silinder beton kemudian dilaksanakan. Regangan pada mutu beton 12 MPa dan 25 MPa dicatat setiap kenaikan 2,5 ton sedangkan mutu beton 40 MPa regangan dicatat setiap 5 ton. Semua benda uji berusia 28 hari.

#### 6. Analisis Data

Setelah dilakukan uji tekan pada benda uji silinder beton dan didapatkan data kuat tekan dan regangan kemudian dilakukan analisis modulus elastisitas. Modulus elastisitas merupakan rasio tegangan normal terhadap regangan terkait untuk tegangan tarik atau tekan di bawah batas proporsional material (SNI 2847:2013, 2013).

Tegangan normal atau kuat tekan beton diperoleh dari nilai kuat tekan maksimal tiap satuan luas penampang silinder beton atau dapat dirumuskan dengan persamaan, yaitu:

$$f_c' = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots (10)$$

Keterangan:

$f_c'$  = Tegangan normal beton (MPa)

$P_{maks}$  = Kuat tekan maksimal (N)

$A$  = Luas penampang silinder beton (mm<sup>2</sup>)

Regangan merupakan selisih tinggi awal dengan tinggi akhir silinder beton ketika mencapai tegangan maksimal. Perubahan tinggi silinder beton



diukur menggunakan alat *dial gauge* yang dipasang pada silinder beton ketika diuji tekan.



**Gambar 43.** Alat *dial gauge* pada silinder beton.

Modulus elastisitas merupakan perbandingan tegangan dengan regangan. Modulus elastisitas beton dapat diketahui dengan persamaan (2), (3), dan (4), yaitu:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots( 11 )$$

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots( 12 )$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \dots\dots\dots( 13 )$$

Keterangan:

$E$  = Modulus elastisitas (MPa)

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

$\varepsilon$  = Regangan

$P$  = Gaya tekan (N)

$A$  = Luas penampang ( $\text{mm}^2$ )

$\Delta l$  = Selisih tinggi (mm)

$l_0$  = Tinggi awal (mm)

Persamaan yang digunakan untuk analisis modulus elastisitas dalam penelitian ini menggunakan persamaan (5), yaitu:

$$E_c = (S_2 - S_1) / (\varepsilon_2 - 0.000050) \dots\dots\dots(14)$$

Keterangan:

$E_c$  = Modulus elastisitas beton tekan (MPa)

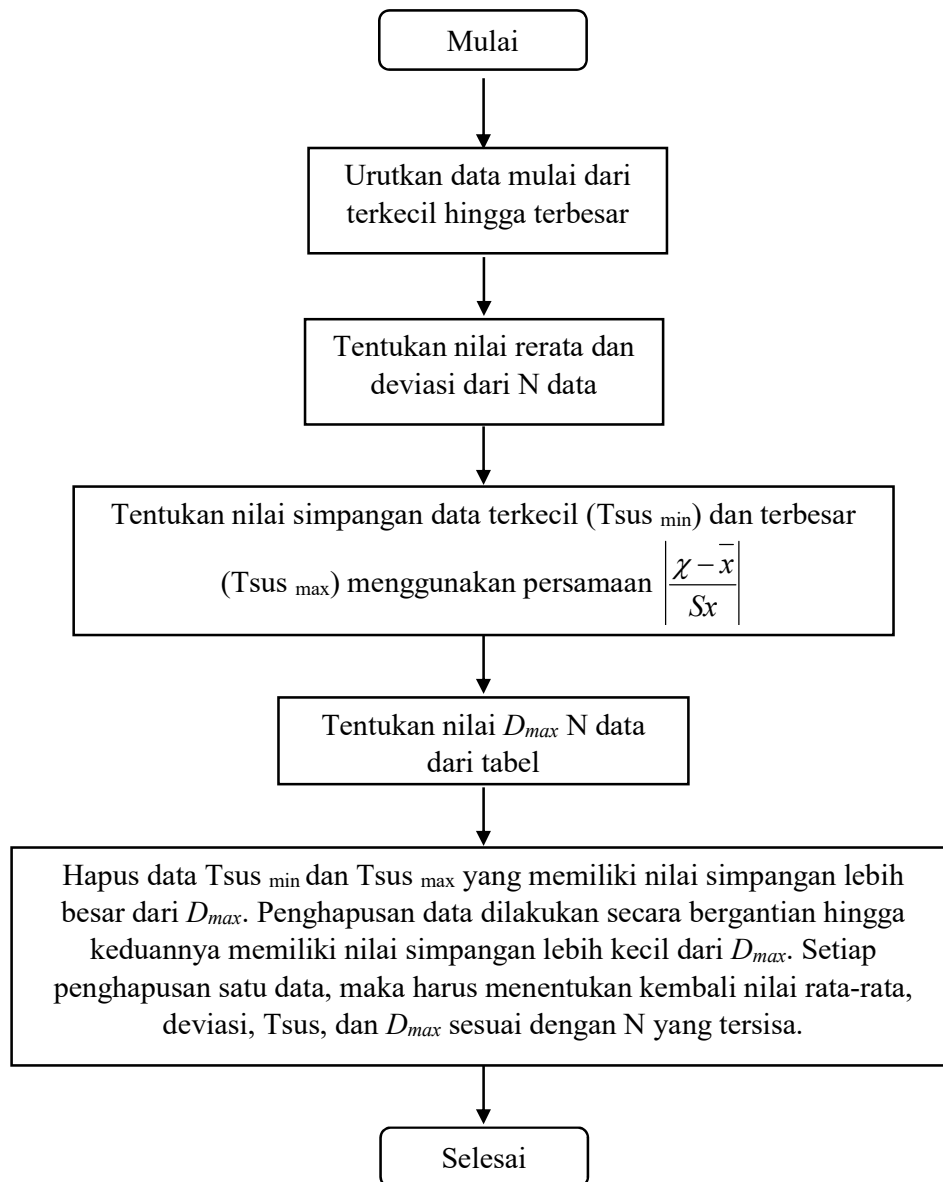
$S_2$  = 40%  $f_c$  puncak (MPa)

$S_1$  =  $f_c$  pada  $\varepsilon_1 = 0.005\%$

$\varepsilon_2$  = Nilai regangan pada  $S_2$

#### 7. Analisis *Outlier* Data dengan Chauvenet's Criterion

Chauvenet's Criterion merupakan metode yang digunakan untuk menemukan pita probabilitas yang berpatokan pada nilai rata-rata distribusi normal. Setiap titik data dari N sampel yang berada di luar pita probabilitas dianggap sebagai data *outlier* atau data pencilan. Langkah-langkah untuk menghilangkan data pencilan menggunakan metode Chauvenet's Criterion yaitu:



**Gambar 44.** Bagan alur Chauvenet's Criterion.