

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan adalah bahan inovasi yang lebih ramah lingkungan untuk mengurangi penggunaan semen, yaitu abu terbang ditambah ampas kopi yang sudah melalui proses pemanasan dengan dioven selama 2 jam pada suhu 400°C. Beton geopolimer berbahan dasar abu terbang dan ampas kopi dengan  $f'_c = 35$  MPa dilakukan uji tekan dengan variasi ampas kopi yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Hasil pengujian akan digunakan untuk mengevaluasi pengaruh ampas kopi pada kekuatan tekan beton geopolimer.

### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian kali ini berbentuk persentase. Persentase ampas kopi yang digunakan sebagai bahan substitusi abu terbang pada beton geopolimer yaitu : 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian

Kode Benda Uji	Persentase Ampas Kopi	Hari			Jumlah
		7	14	28	
BGAK 0	0%	3	3	3	9
BGAK 5	5%	3	3	3	9
BGAK 10	10%	3	3	3	9
BGAK 15	15%	3	3	3	9
BGAK20	20%	3	3	3	9
Total:					45

### 3.3 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan cara-cara memperoleh data untuk memecahkan permasalahan dalam penelitian. Teknik pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan cara ekperimental pembuatan benda uji beton geopolimer dengan campuran abu terbang dan ampas kopi. Berikut pengujian yang dilakukan untuk pengumpulan data:

### 3.3.1 Pengujian Agregat Kasar

#### 1. Uji Berat Jenis dan Daya serap air agregat kasar.

Pengujian agregat kasar kali ini mengacu pada SNI 1969 : 2008 yang mengatur tentang uji standar dalam mengetahui berat jenis dan tingkat penyerapan air. Pengujian dilakukan dengan menggunakan agregat yang memiliki ukuran lebih dari 4,75 mm atau saringan No.4. Uji berat jenis curah dilakukan untuk memastikan bahwa penyerapan air tercapai pada kondisi yang ideal.

##### a. Alat dan Bahan

1. Sebuah timbangan gantung dengan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0,1%.
2. Sebuah wadah yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan agregat kasar.
3. Selembar kain yang digunakan untuk mengeringkan agregat yang sudah terendam air.
4. Sebuah oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu yang digunakan untuk memanaskan bahan hingga mencapai suhu  $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ .
5. Sejumlah 3 kg agregat kasar.
6. Sebuah ember dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk digunakan sebagai penampung air.

##### b. Proses Pelaksanaan Pengujian Berat Jenis dan Daya Serap Air adalah sebagai berikut:

1. Membersihkan benda uji agar terbebas dari kotoran dan bahan lain yang menempel.
2. Mengeringkan benda uji dengan menggunakan oven pada suhu  $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$  hingga mencapai berat yang stabil.
3. Mendinginkan benda uji pada suhu ruangan selama 1 - 3 jam, kemudian menimbanginya (Bk).
4. Merendam benda uji dalam air pada suhu ruangan selama  $(24\pm 4)$  jam.

5. Mengeluarkan benda uji dari dalam air, lalu mengeringkannya menggunakan kain penyerap air hingga tidak terdapat lapisan air di permukaannya.
6. Menimbang benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh ( $B_j$ ).
7. Menempatkan benda uji dalam wadah yang berisi air, mengguncangkan wadah untuk menghilangkan udara yang terperangkap, dan menimbangnya di dalam air ( $B_a$ ) pada suhu ( $23 \pm 2$ )°C.

c. Perhitungan

1. Berat Jenis Curah Kering

Perhitungan Berat Jenis Curah Kering Untuk menghitung berat jenis curah kering ( $S_d$ ), dilakukan pada suhu air 23°C atau suhu agregat 23°C. Perhitungannya menggunakan rumus berikut:

Berat jenis curah kering (bulk) :

$$B_k = B_j - B_a \quad (3.1)$$

Dimana:

$B_k$  = Berat benda uji kering oven (gr)

$B_j$  = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gr)

$B_a$  = Berat benda uji dalam air (gr).

2. Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan

Dalam penelitian ini, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan berat jenis curah jenuh kering permukaan ( $S_s$ ) pada temperatur air 23°C atau temperatur agregat 23°C. Perhitungan ini menggunakan rumus berikut:

$$B_j = B_j - B_a \quad (3.2)$$

Dimana:

$B_j$  = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gr)

$B_a$  = Berat benda uji dalam air (gr).

3. Berat Jenis Semu

Pada penelitian ini, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai berat jenis semu ( $S_a$ ) pada suhu air 23°C atau suhu agregat

23°C. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$B_k = B_k - B_a \quad (3.3)$$

$B_k$  = Berat benda uji kering oven (gr)

$B_a$  = Berat benda uji dalam air (gr).

#### 4. Penyerapan Air

Rumus untuk menghitung persentase penyerapan air adalah menggunakan rumus berikut

$$\text{Penyerapan air} = \frac{B_u - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (3.4)$$

Dimana :

Penyerapan air = Kadar penyerapan air (%)

$B_k$  = Berat benda uji kering oven (gr)

$B_u$  = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr).

#### 2. Analisis Saringan Agregat Kasar

Pengujian ini mengacu pada SNI ASTM C136-2012 yang mengatur tentang analisis saringan yang digunakan untuk mengetahui agregat kasar yang lolos pada saringan tertentu.

##### a. Alat dan Bahan Pengujian

1. Sebuah timbangan digital dengan tingkat ketelitian sebesar 0,2% dari berat benda uji.
2. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan hingga mencapai suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ .
3. Talam-talam sebagai tempat pengujian.
4. Wadah khusus untuk menampung agregat yang akan diuji.
5. Agregat kasar sebagai bahan uji dalam pengujian.
6. Ayakan dengan berbagai ukuran sebagai bagian dari proses penyaringan agregat, yaitu:
  - Ayakan standar dengan ukuran lubang 37,5 mm (3").
  - Ayakan dengan ukuran lubang 19,1 mm (3/4").
  - Ayakan dengan ukuran lubang 12,5 mm (1/2").
  - Ayakan dengan ukuran lubang 9,5 mm (3/8").
  - Ayakan dengan ukuran lubang 4,75 mm (No.4).

- Ayakan dengan ukuran lubang 2,36 mm (No.8).
- Ayakan dengan ukuran lubang 1,19 mm (No.16).
- Lubang-lubang pada ayakan memiliki bentuk lubang bujur.

b. Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah agregat kasar dengan berbagai ukuran yang ditentukan. Berikut ini adalah detail ukuran agregat kasar beserta berat minimum yang harus terpenuhi:

1. Ukuran agregat maksimum 3,5" dengan berat minimum 35,0 kg.  
Ukuran agregat maksimum 3" dengan berat minimum 30,0 kg.
2. Ukuran agregat maksimum 2,5" dengan berat minimum 25,0 kg.  
Ukuran agregat maksimum 2" dengan berat minimum 20,0 kg.
3. Ukuran agregat maksimum 1,5" dengan berat minimum 15,0 kg.
4. Ukuran agregat maksimum 1" dengan berat minimum 10,0 kg.
5. Ukuran agregat maksimum 3/4" dengan berat minimum 5,0 kg.
6. Ukuran agregat maksimum 1/2" dengan berat minimum 2,5 kg.
7. Ukuran agregat maksimum 3/8" dengan berat minimum 1,0 kg.

c. Langkah Pengujian

Berikut adalah proses urutan proses dalam pengujian analisis saringan agregat kasar:

1. Benda uji akan dikeringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  hingga mencapai berat yang konstan.
2. Benda uji akan disaring melalui rangkaian saringan, di mana saringan dengan ukuran terbesar akan ditempatkan di bagian atas. Saringan tersebut akan diguncang secara manual atau menggunakan mesin pengguncang selama 15 menit.

3. Uji berat isi agregat kasar

Pengujian ini mengacu pada SNI 03-4804-1998 yang mengatur tentang pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat. Untuk mengetahui berat isi agregat kasar dapat dihitung dengan massa agregat kasar dibagi dengan volume agregat kasar.

a. Alat

1. Sebuah batang penusuk yang terbuat dari baja, memiliki diameter 16 mm dan panjang 610 mm. Ujung batang penusuk tersebut dibuat tumpul setengah bundar.
  2. Alat penakar berbentuk silinder yang terbuat dari bahan kedap air. Alat penakar ini memiliki permukaan ujung dan dasar yang benar-benar rata.
  3. Digunakan sebuah sekop atau sendok sesuai dengan kebutuhan pengambilan sampel.
  4. Terdapat pula plat gelas kalibrasi dengan ketebalan minimal 6 mm. Ukuran diameter plat gelas tersebut harus setidaknya 25 mm lebih besar dari diameter takaran yang akan dikalibrasi.
  5. Sebuah timbangan dengan tingkat ketelitian sebesar 0,1 gram. Timbangan tersebut memiliki kapasitas 2 kg untuk contoh agregat halus dan kapasitas 20 kg untuk contoh agregat kasar.
- b. Langkah Pengujian
1. Lapisan agregat ditusuk dengan batang penusuk sebanyak 25 kali.
  2. Penakar kembali diisi hingga dua per tiga dari volume penuh, kemudian diratakan dan ditusuk seperti sebelumnya.
  3. Penakar diisi hingga melebihi kapasitasnya dan ditusuk lagi.
  4. Permukaan agregat diratakan menggunakan batang Perata.
  5. Berat penakar beserta isinya dan berat penakar itu sendiri ditentukan.
  6. Seluruh berat dicatat dengan tingkat ketelitian sebesar 0,05 kg.
  7. Berat agregat yang terdapat dalam penakar dihitung.
4. Uji Kadar Lumpur agregat kasar
- Pengujian ini mengacu pada SNI 03-4142-1996 yang mengatur tentang pengujian kadar lumpur agregat kasar untuk menentukan kadar lumpur dalam agregat kasar, dimana kadar lumpur tidak boleh melebihi 1% dari berat keringnya.
- a. Alat

1. Untuk melakukan pengukuran yang presisi, digunakan timbangan dengan tingkat ketelitian maksimum sebesar 0,1% dari berat benda uji.
2. Dalam proses pengovenan, digunakan oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu agar dapat mencapai suhu tertentu, yaitu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ .
3. Dalam proses penyaringan, terdapat dua saringan dengan ukuran yang berbeda. Saringan bagian bawah memiliki ukuran Nomor 200 (0,075 mm), sedangkan saringan bagian atas memiliki ukuran Nomor 16 (1,18 mm).
4. Untuk mencuci benda uji, digunakan wadah yang memiliki kapasitas yang cukup besar sehingga dapat menampung benda uji dan air pencuci dengan baik, sehingga tidak mudah tumpah.

b. Langkah Pengujian

1. Lakukan penimbangan dengan menggunakan timbangan untuk mengukur berat wadah kosong tanpa adanya benda uji di dalamnya.
2. Timbanglah benda uji dan masukkan ke dalam wadah yang sebelumnya telah ditimbang.
3. Tambahkan larutan air pencuci yang telah dicampur dengan bahan pembersih ke dalam wadah, sehingga benda uji benar-benar terendam dalam air.
4. Aduk benda uji secara perlahan dalam wadah dengan tujuan memisahkan butiran kasar dan bahan halus yang bisa melewati saringan dengan ukuran Nomor 200 (0,075 mm). Penting untuk memastikan bahwa bahan halus tersebut terapung di dalam larutan air pencuci agar memudahkan proses pemisahan.
5. Tuangkan air pencuci secara perlahan di atas saringan dengan ukuran Nomor 16 (1,18 mm) yang berada di bawah saringan dengan ukuran Nomor 200 (0,075 mm). Pastikan agar bahan kasar tidak ikut terbuang saat proses pencairan.

6. Ulangi langkah-langkah (3), (4), dan (5) untuk memastikan bahwa air pencuci yang dituangkan sudah jernih tanpa adanya bahan yang terbawa.
7. Kumpulkan semua benda uji yang tertahan pada saringan dengan ukuran Nomor 16 (1,18 mm) dan Nomor 200 (0,075 mm), lalu keringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  hingga mencapai berat yang tetap. Selanjutnya, timbanglah benda uji dengan tingkat ketelitian maksimum sebesar 0,1% dari berat contoh.
8. Hitunglah persentase bahan yang lolos melalui saringan dengan ukuran Nomor 200 (0,075 mm).

5. Uji Kausan Agregat Kasar

Pengujian ini mengacu pada SNI 2417:2008 yang mengatur tentang tata cara uji keausan agregat kasar dengan mesin abrasi Los Angeles. Hasil uji abrasi ditentukan dengan menghitung persentase berat agregat yang hilang.

Berikut peralatan, cara pengujian, dan perhitungan:

a. Alat

1. Mesin Los Angeles dengan 500 putaran.
2. Saringan mulai ukuran 37,5 mm sampai 2,36 mm.
3. Bola-bola baja.
4. Timbangan digital, dengan ketelitian 0,001 gr.
5. Oven.
6. Wadah.

b. Langkah Pengujian

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian keausan agregat dengan mesin Los Angeles setelah ditimbang sesuai dengan tabel ukuran fraksi.
2. Mencuci agregat hingga bersih dan oven selama 24 jam, setelah dioven dinginkan agar suhunya sama dengan suhu ruangan.
3. Memasukkan benda uji ke dalam mesin Los Angeles dengan bola baja.

4. Menyalakan mesin, mesin akan berputar dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm untuk 500 putaran.
5. Setelah putaran selesai sampel dikeluarkan kemudian dilakukan penyaringan awal dengan saringan berdiameter lebih dari 1,7 mm (No.12). Saring bagian sampel yang lebih halus dengan saringan 1,7 mm (No.12). Butiran yang tertahan / lebih besar dari 1,7 mm (No. 12) dicuci bersih kemudian dikeringkan dengan oven suhu  $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap lalu ditimbang.

### 3.3.2 Pengujian agregat halus

1. Uji berat jenis dan daya serap air pada agregat halus

Pengujian ini mengacu pada SNI 1970 : 2008 yang mengatur tentang pengujian yang bertujuan untuk menentukan berat jenis dan daya serap air dari agregat halus. Berat jenis adalah massa jenis, yaitu massa per satuan volume. Berat jenis agregat halus dapat dihitung dengan rumus massa jenis agregat halus dikalikan dengan volume agregat halus tersebut atau diformulasikan  $m = \rho \times V$  di mana  $m$  adalah massa (kg),  $\rho$  adalah massa jenis ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ), dan  $V$  adalah volume ( $\text{m}^3$ ).

#### a. Alat

1. Timbangan, digunakan untuk mengukur massa benda dengan kapasitas minimal 1 kg dan ketelitian 0,1 gram.
2. Piknometer.
3. Kerucut terpancung, terbuat dari logam tebal dengan tinggi  $(75 \pm 3)$  mm, diameter bagian atas  $(40\pm 3)$  mm, dan diameter bagian bawah  $(90 \pm 3)$  mm. Alat ini berfungsi sebagai wadah untuk pengujian tertentu.
4. Batang penumbuk, merupakan batang dengan permukaan rata dan berat  $(340 \pm 15)$  gram, serta diameter penumbuk  $(25 \pm 3)$  mm. Digunakan untuk melakukan proses penumbukan.
5. Saringan No. 4 (4,75 mm), saringan dengan lubang berukuran 4,75 mm, digunakan untuk menyaring benda uji.
6. Oven, dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan benda uji hingga mencapai suhu  $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ .

7. Pengukuran suhu, dilakukan menggunakan alat pengukur suhu dengan ketelitian pembacaan  $1^{\circ}\text{C}$ .
  8. Talam, berfungsi sebagai wadah untuk meletakkan benda uji atau sampel selama proses pengujian
  9. Bejana tempat air, digunakan untuk menyimpan air yang diperlukan dalam pengujian.
  10. Pompa hampa udara atau tungku, digunakan untuk menciptakan kondisi hampa udara pada beberapa tahapan pengujian.
  11. Desikator.
- b. Langkah Pengujian
1. Mulailah dengan mengeringkan benda uji di dalam oven pada suhu  $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai mencapai berat yang stabil. Pastikan bahwa berat benda uji tidak mengalami perubahan kadar air lebih dari 0,1% selama tiga kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan interval waktu dua jam. Setelah itu, biarkan benda uji mendingin pada suhu ruangan dan rendam dalam air selama  $(24\pm 4)$  jam.
  2. Lakukan pembuangan air perendam dengan hati-hati, pastikan tidak ada butiran yang hilang. Sebarkan agregat di atas talam dan keringkan dengan cara membalik-balikkan benda uji di udara panas hingga mencapai keadaan permukaan yang kering secara menyeluruh.
  3. Periksa keadaan kekeringan permukaan dengan memasukkan benda uji ke dalam kerucut terpancung dan padatkan menggunakan batang penumbuk sebanyak 25 kali. Angkat kerucut terpancung dan pastikan bahwa benda uji runtuh tetapi masih tercetak pada kerucut.
  4. Setelah mencapai keadaan kekeringan permukaan, masukkan 500 gr benda uji ke dalam piknometer. Tambahkan air suling hingga mencapai 90% kapasitas piknometer, lalu lakukan putaran dan guncangan pada piknometer untuk menghilangkan gelembung udara di dalamnya. Jika memungkinkan, gunakan pompa hampa

udara untuk mempercepat proses ini, tetapi pastikan tidak ada air yang ikut terhisap. Proses ini juga dapat dilakukan dengan merebus piknometer

5. Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian dengan suhu standar 25°C.
6. Lanjutkan dengan menambahkan air ke piknometer hingga mencapai batas yang ditentukan.
7. Lakukan penimbangan piknometer yang berisi air dan benda uji dengan ketelitian hingga 0,1 gram (Bt).
8. Angkat benda uji dari piknometer, keringkan dalam oven pada suhu (110±5)°C sampai mencapai berat yang stabil, lalu dinginkan benda uji dalam desikator.
9. Setelah benda uji sepenuhnya dingin, lakukan penimbangan ulang (Bk).
10. Terakhir, tentukan berat piknometer yang berisi air penuh dan lakukan pengukuran suhu air untuk penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

## 2. Analisis saringan agregat halus

Pengujian ini mengacu pada SNI ASTM C136-2012 yang mengatur tentang pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat. Untuk mengetahui berat isi agregat kasar dapat dihitung dengan massa agregat kasar dibagi dengan volume agregat kasar.

### a. Alat dan Bahan

1. Untuk melakukan pengukuran yang akurat, digunakan timbangan digital dengan ketelitian 0.2% dari berat benda uji. Hal ini penting dalam memastikan presisi dalam proses pengujian.
2. Digunakan oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan benda uji hingga mencapai suhu (110±5)°C. Pengaturan suhu yang tepat diperlukan untuk mencapai kondisi yang diinginkan dalam pengujian.

3. Digunakan talam-talam sebagai wadah yang sesuai untuk menampung benda uji dan bahan lainnya selama proses pengujian.
4. Wadah agregat digunakan untuk menyimpan dan mengatur agregat yang akan diuji. Wadah ini memungkinkan pengujian yang lebih teratur dan terkontrol.
5. Digunakan agregat kasar sebagai bahan yang akan diuji dalam proses pengujian. Agregat kasar ini memiliki ukuran dan karakteristik yang telah ditentukan sesuai dengan standar pengujian.
6. Ayakan agregat digunakan untuk menyaring agregat kasar dalam berbagai ukuran. Terdapat beberapa jenis ayakan standar yang digunakan, mulai dari ukuran 37,5 mm (3") hingga 1,19 mm (No.16). Ayakan ini memiliki lubang berbentuk lubang bujur yang telah ditentukan sesuai dengan standar pengujian.

b. Benda Uji

1. Agregat kasar dengan ukuran maksimal 4,76 mm, yang memiliki berat minimum sebesar 500 gram.
2. Agregat kasar dengan ukuran maksimal 2,38 mm, yang memiliki berat minimum sebesar 100 gram

c. Langkah Pengujian

1. Benda uji disimpan dalam oven dengan suhu yang diatur pada kisaran  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  hingga mencapai berat yang tetap.
2. Setelah proses pengeringan selesai, benda uji akan disaring melalui susunan saringan, dimana saringan dengan ukuran terbesar ditempatkan di bagian atas. Proses penyaringan dapat dilakukan dengan menggunakan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

3. Uji berat isi agregat halus

Pengujian ini mengacu pada SNI 03-4804-1998 yang mengatur tentang pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat. Untuk mengetahui

berat isi agregat halus dapat dihitung dengan massa agregat kasar dibagi dengan volume agregat halus.

a. Alat

1. Gunakan peralatan timbangan dengan ketelitian 0,1 gram dan kapasitas 2 kg untuk mengukur sampel agregat halus. Untuk sampel agregat kasar, gunakan timbangan dengan ketelitian 1 gram dan kapasitas 20 kg.
2. Persiapkan batang tusuk yang terbuat dari bahan baja dengan bentuk batang lurus, memiliki diameter 16 mm dan panjang 610 mm, serta ujungnya dibuat tumpul setengah bundar.
3. Siapkan alat penakar berbentuk silinder yang terbuat dari logam atau bahan tahan air, dengan permukaan ujung dan dasar yang benar-benar rata.
4. Sediakan sekop atau sendok yang sesuai dengan kebutuhan untuk pengambilan sampel.

b. Langkah Pengujian

1. Isilah penakar dengan jumlah yang setara dengan sepertiga dari volume penuhnya. Kemudian, ratakannya menggunakan batang perata.
2. Lakukan 25 kali tusukan menggunakan batang penusuk untuk mengaduk lapisan agregat.
3. Isilah penakar kembali hingga mencapai dua per tiga dari volume penuhnya. Lalu, ratakannya lagi menggunakan batang perata seperti sebelumnya.
4. Isilah penakar hingga berlebih dan lakukan tusukan lagi dengan batang penusuk.
5. Ratakan permukaan agregat dalam penakar dengan menggunakan batang perata.
6. Tentukan berat keseluruhan penakar beserta isinya, serta berat penakar itu sendiri.
7. Catat berat tersebut dengan ketelitian hingga 0,05 kg.
8. Hitung berat agregat yang ada di dalam penakar.

#### 4. Uji Kadar Lumpur agregat halus

Pengujian ini mengacu pada SNI 03-4142-1996 yang bertujuan untuk menentukan kadar lumpur dalam agregat halus. Kadar lumpur agregat halus tidak boleh melebihi 5% dari berat keringnya.

##### a. Alat

1. Saringan yang digunakan terdiri dari dua ukuran, dengan saringan Nomor 200 (0,075 mm) dipasang di bagian bawah dan saringan Nomor 16 (1,18 mm) dipasang di bagian atas.
2. Wadah pencucian yang disiapkan memiliki kapasitas yang cukup besar untuk menampung benda uji sehingga saat proses pencucian dilakukan, benda uji dan air pencuci dapat dikendalikan dengan baik dan tidak mudah tumpah.
3. Timbangan yang digunakan memiliki ketelitian maksimum sebesar 0,1% dari berat benda uji. Hal ini penting untuk memastikan akurasi pengukuran yang diperlukan dalam proses pengujian.
4. Oven yang digunakan dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan benda uji hingga mencapai suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ . Pengaturan suhu yang tepat memastikan kondisi yang konsisten dalam pengujian.

##### b. Langkah Pengujian

1. Timbang wadah tanpa benda uji.
2. Timbang benda uji dan masukan ke dalam wadah.
3. Masukan air pencuci yang sudah berisi sejumlah bahan pembersih ke dalam wadah, sehingga benda uji terendam.
4. Aduk benda uji dalam wadah sehingga menghasilkan pemisahan sempurna antara butir 47 butir kasar dan bahan halus yang lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm).
5. Tuangkan air pencuci dengan segera di atas saringan Nomor 16 (1,18 mm) yang di bawahnya dipasang saringan Nomor 200 (0,075 mm) pada waktu menuangkan air pencuci harus hati-hati supaya bahan yang kasar tidak ikut tertuang.

6. Ulangi pekerjaan butir (3), (4) dan (5), sehingga tuangan air pencuci terlihat jernih.
7. Kembalikan semua benda Uji yang tertahan saringan Nomor 16 (1.18 mm) dan Nomor 200 (0,075 mm) ke dalam wadah lalu keringkan dalam oven dengan suhu  $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ , sampai mencapai berat tetap, dan timbang sampai ketelitian maksimum 0,1 % dari berat contoh.
8. Hitung persen bahan yang lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm)

### 3.4 Pengolahan Ampas Kopi

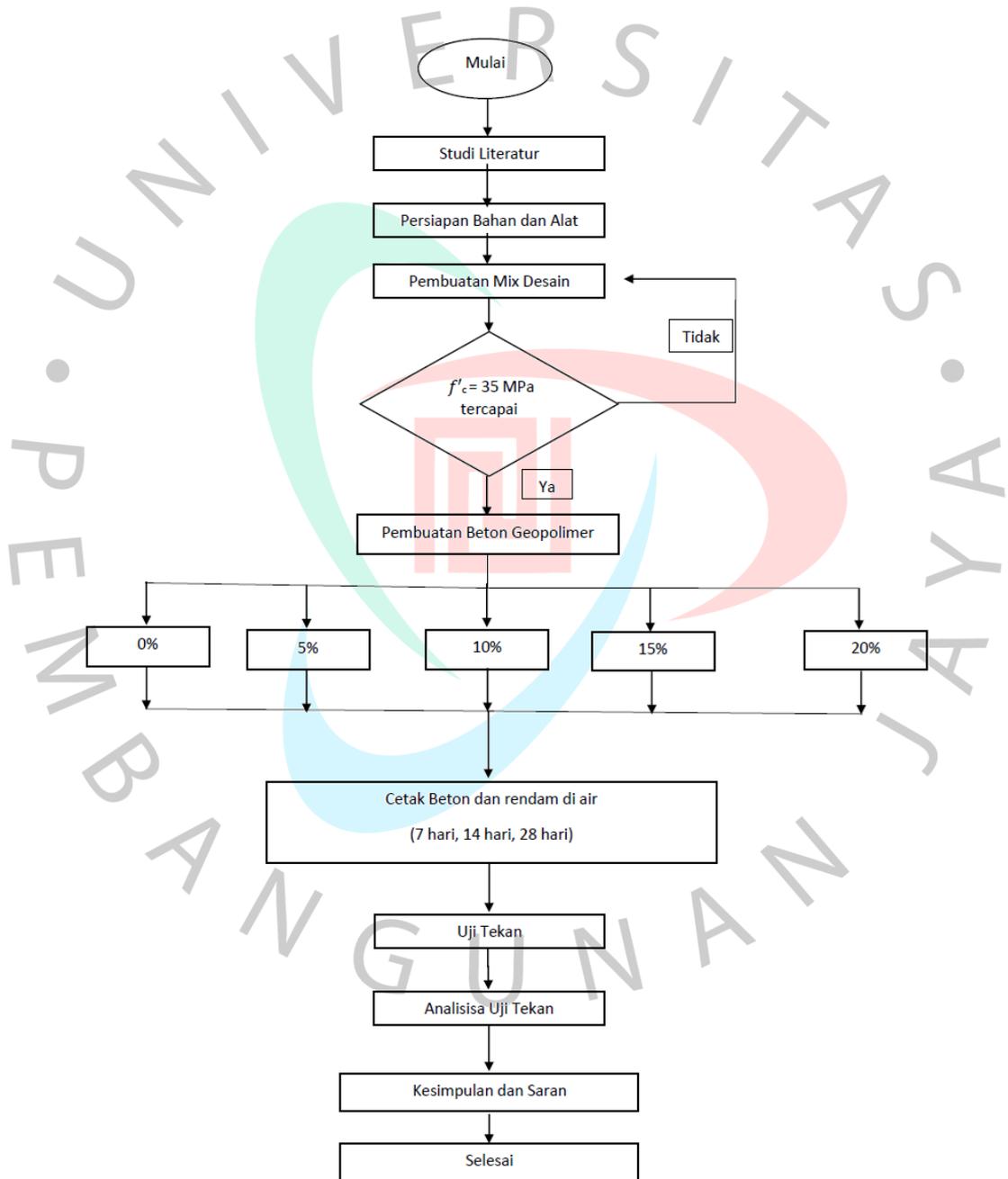
Ampas kopi yang digunakan sebagai bahan campuran dalam penelitian ini diperoleh dari kedai Starbucks yang terletak di daerah Emerald, Bintaro. Ampas kopi yang telah dikumpulkan, lalu dicuci. Setelah itu dilakukan tahap pengeringan di bawah sinar matahari. Ampas kopi yang telah dikumpulkan dan dikeringkan, langkah selanjutnya melibatkan proses pengovenan selama 4 jam pada suhu tinggi, yaitu  $200^{\circ}\text{C}$ . Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa ampas kopi telah mengalami perlakuan termal yang optimal sebelum digunakan dalam penelitian lebih lanjut.



Gambar 3. 1 Pengolahan Ampas Kopi

### 3.5 Teknik Analisis Data

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh hasil dari beton ringan geopolimer dengan substitusi agregat halus menggunakan ampas kopi dengan cara eksperimental di laboratorium material dan beton menggunakan variabel yang telah disiapkan. Dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut mengenai diagram alir teknik analisis data.



Gambar 3. 2 Diagram Alir