

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Obyek Penelitian

Pada penelitian obyek ini adalah beton geopolimer non-semen dengan adanya penambahan campuran serat baja dan digunakannya pengujian kuat tarik belah. Penelitian ini bertujuan untuk meminimalisir digunakannya Semen Portland pada campuran beton dan juga memperkuat mutu beton dengan adanya penambahan serat.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang dilaksanakan pada penelitian ini adalah variasi dari penggunaan kapasitas serat dan juga umur hari pada beton geopolimer dengan perawatan suhu ruang. Untuk mengetahui kuat tarik pada beton geopolimer tersebut, dibuat perencanaan campuran yang bertujuan sebagai proporsi pada campuran beton geopolimer yang akan dibuat. Perancangan Campuran geopolimer yang di pakai sama seperti prosedur campuran beton normal. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji

No.	Variable	Kadar Serat Baja	Jumlah Benda Uji			Total
			Umur Beton			
			7 Hari	14 Hari	28 Hari	
1	BGP 1	0%	3	3	3	9
2	BGP 2	0,5%	3	3	3	9
3	BGP 3	1,0%	3	3	3	9
4	BGP 4	1,5%	3	3	3	9
5	BGP 5	2,0%	3	3	3	9
Jumlah						45

3.3 Pembuatan Benda Uji

Proses pada produk penelitian ini dibuat di laboratorium PT Jaya Beton.. Benda yang akan diuji dan di buat sebanyak 45 benda uji. Pada pengujian ini mengacu pada Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal yang tertera pada SNI 03-2834-2000 sebagai acuan dasar dari pembentukan beton

geopolimer dan juga SNI 2493-2011 sebagai acuan yang menjelaskan Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton pada Laboratorium. Secara keseluruhan, langkah-langkah dalam pembuatan dan perawatan beton geopolimer dapat ditemukan dalam Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Proses Pembuatan Beton Geopolimer

Langkah	Proses	Waktu
1	Menimbang Material dan Melarutkan NaOH	H-24 Jam
2	Membuat Alkali Aktivator atau Pasta Geopolimer	10 Menit
3	Pembuatan Beton Geopolimer dan Beton Geopolimer Berserat	10 Menit
4	Menguji <i>Slump</i>	-
5	Mencetak Beton Geopolimer	-
6	Membuka Beton dari Cetakan	24 Jam
7	Mengoven Beton dengan suhu 60°C	4 Jam
8	Meletakkan Beton di suhu ruang	7,14,28 Hari Setelah Mencetak

Pembuatan pasta geopolimer melibatkan beberapa langkah. Pertama, larutan NaOH dicampur dengan air selama 2 menit. Kemudian, Na_2SiO_3 ditambahkan ke dalam larutan tersebut sebagai aktivator selama 3 menit. Langkah ketiga melibatkan pencampuran *fly ash* ke dalam larutan aktivator selama 5 menit, lalu pasta geopolimer yang sudah dicampurkan bersama agregat.

Pada penelitian sebelumnya, Beton geopolimer dengan konsentrasi larutan NaOH antara 12M hingga 14M, yang mengalami perlakuan uap pada suhu 60°C selama 4 jam, menunjukkan peningkatan nilai kekuatan kompresi yang lebih baik, mencapai 17,8% dari nilai kekuatan kompresi yang direncanakan. Rasio optimal antara berat Na_2SiO_3 dengan NaOH padat berada dalam rentang 7,5 hingga 8,5. Suhu optimal penyembuhan uap adalah 60°C dengan durasi 4 jam. Nilai slump

beton geopolimer cenderung menurun ketika konsentrasi NaOH meningkat (Setiawan Agustinus Agus, 2023).

Dalam penelitian ini, perawatan benda uji dilakukan dalam dua tahap. Pada tahap pertama, setelah beton dikeluarkan dari cetakan, beton akan dioksidasi dalam oven dengan suhu 60°C selama 4 jam. Tahap kedua melibatkan pemindahan beton dari oven dan dibiarkan diam dalam ruangan dengan suhu normal hingga saat pengujian dilakukan. Gambar 3.1 menunjukkan proses perawatan beton dengan menggunakan oven.



Gambar 3. 1 Perawatan Beton Menggunakan Oven Suhu 60°C

3.3.1. Pengujian Material

Pada pengujian material diklasifikasi menjadi dua yaitu pengujian terhadap agregat kasar dan agregat halus. Pengujian material ini dilaksanakan sebelum material ini dicampurkan pada campuran beton. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang maksimal pada pembuatan beton.

3.3.1.1. Pengujian Berat Jenis dan Daya Serap Air

3.3.1.1.1. Agregat Kasar

SNI 1969-2008 menyatakan pengujian berat jenis dan daya serap air bertujuan untuk memperoleh berbagai parameter penting terkait agregat kasar. Pengujian ini mencakup berat jenis curah kering, berat jenis curah (jenuh kering permukaan), berat jenis semu, dan penyerapan air. Berikut ini adalah pengertian dan rumus pengujian yang digunakan

A. Alat dan Bahan

1. Agregat kasar sebanyak ± 5 kg.

2. Menggunakan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ untuk membantu mengeringkan agregat.
3. Wadah untuk penampung air.
4. Wadah untuk tempat agregat kasar.
5. Timbangan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0,1%.
6. Kain untuk mengeringkan agregat kasar yang basah direndam air.
7. Timbangan gantung dengan kapasitas 5 kg dan ketelitian 0,1%.

B. Cara Pelaksanaan

1. Mencuci benda yang diuji sampai bersih sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan (± 3 kg).
2. Benda uji dikeringkan menggunakan oven dengan $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.
3. Mendinginkan benda uji pada suhu ruang selama 1-3 jam, setelah itu beratnya ditimbang kembali (A).
4. Merendam agregat kasar yang sedang diuji pada suhu kamar selama (24 ± 4) jam.
5. Setelah direndam selama 24 jam, keluarkan benda uji kemudian keringkan menggunakan kain, lalu ditimbang kembali (B).
6. Letakan agregat kasar yang sedang diuji ke dalam wadah yang berisi air. Setelah itu beri guncangan terhadap wadah untuk menghilangkan gelembung udara, kemudian ditimbang (C).

C. Perhitungan

1. Berat Jenis Curah Kering

Rumus yang digunakan untuk menghitung berat jenis curah kering (S_d) dilakukan pada temperatur air dan agregat 23°C dapat dihitung dari persamaan 3.1 sebagai berikut.

$$S_d = \frac{A}{B - C} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :

S_d = Berat Jenis Curah Kering

A = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = Berat benda uji dalam air (gram)

2. Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan

Rumus untuk menghitung berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s), dilakukan pada temperatur air dan agregat 23°C dapat dihitung dari persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$S_s = \frac{B}{B-C} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan :

S_s = Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = Berat benda uji dalam air (gram)

3. Berat Jenis Semu

Rumus menghitung berat jenis semu (S_a), dilakukan pada temperatur air dan agregat 23°C dapat dihitung dari persamaan 3.3 sebagai berikut.

$$S_a = \frac{A}{A-C} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

S_a = Berat Jenis Semu

A = Berat benda uji kering oven (gram)

C = Berat benda uji dalam air (gram)

4. Penyerapan Air

Rumus untuk menghitung persentase penyerapan air (S_w) dapat dihitung dari persamaan sebagai berikut.

$$S_w = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan :

S_w = Persentase Penyerapan Air

A = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

3.3.1.1.2. Agregat Halus

Mengacu pada SNI 1970-2008, pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang berat jenis curah kering, berat jenis curah (jenuh kering permukaan), berat jenis semu, dan penyerapan air pada agregat halus. Konsep pengujian berat jenis dan daya serap air

agregat halus sama dengan pengujian pada agregat kasar, namun terdapat perbedaan dalam rumus penghitungan. Berikut ini adalah perbedaan rumus yang digunakan.

A. Alat dan Bahan

1. Timbangan, kapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram.
2. Piknometer kapasitas 500 ml.
3. Kerucut terpancung, dengan diameter atas (40 ± 3) mm, diameter bawah (90 ± 3) mm dan tinggi (75 ± 3) mm terbuat dari logam dengan ketebalan minimum 0,8 mm.
4. Batang Penumbuk datar dengan berat (340 ± 15) gram dan diameter permukaan punch (25 ± 3) mm.
5. Saringan No. 4 (4,75 mm).
6. Oven pengatur suhu hingga (110 ± 5)°C.
7. Wadah agregat halus.
8. Agregat halus 700 g.

B. Cara Pelaksanaan

1. Mengeringkan agregat halus sebanyak 700 gram lalu keringkan dengan oven dengan suhu (110 ± 5)°C.
2. Diamkan agregat halus pada suhu ruangan dan direndam dalam air selama (24 ± 4) jam.
3. Buang air rendaman pada agregat halus.
4. Keringkan agregat halus hingga jenuh kering permukaan.
5. Pengujian untuk kelembapan dari permukaan agregat halus dengan memasukkannya ke dalam kerucut dan menumbuknya sebanyak 25 kali.
6. Bersihkan agregat yang tumpah di sekitar kerucut dan angkat kerucut dengan hati-hati. Jika permukaan agregat belum mencapai kejenuhan kering (permukaan agregat masih terlalu basah), maka pasir masih berjamur. Jika pasir sedikit tenggelam saat cetakan diangkat, keadaan jenuh kering permukaan telah tercapai.
7. Ketika keadaan jenuh kering permukaan tercapai, ambil agregat halus maksimum (500 ± 10) gram sampel dan letakkan di piknometer. Tambahkan air hingga kira-kira 90% dari kapasitas piknometer. Gelembung udara dikeluarkan dari air dengan memutar dan menggoyang piknometer.

8. Isi piknometer sampai batas bacaan, kemudian timbang gabungan berat piknometer, benda uji dan air. (Bt)
9. Keluarkan benda uji dari piknometer, keringkan dalam oven (110 ± 5)°C hingga berat tetap konstan. Dinginkan pada suhu kamar ($1,0 \pm 0,5$) jam dan timbang. (A)
10. Timbang berat piknometer ketika terisi penuh dengan air pada suhu (23 ± 2 °C).

3.3.1.2. Pengujian Berat Isi Agregat

Dalam pengujian ini, referensi yang digunakan adalah SNI 03-4804-1998 yang mengatur mengenai Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat. Adapun peralatan dan prosedur yang digunakan dalam pengujian agregat kasar dan agregat halus adalah sebagai berikut.

A. Alat

1. Dengan ketelitian 0,1 gram, contoh agregat halus memiliki kapasitas 2 kilogram, dan contoh agregat kasar memiliki kapasitas 1 gram, memiliki kapasitas 20 kilogram.
2. Batang penusuk baja berbentuk batang lurus dengan panjang 610 mm, diameter 16 mm, dan ujung tumpul setengah bundar.
3. Alat penakar berbentuk silinder terbuat dari logam atau bahan kedap air dengan kapasitas penakar sesuai dengan Tabel 3.2.
4. Sekop atau sendok yang sesuai dengan kebutuhan.
5. Khusus untuk agregat kasar, peralatan kalibrasi harus berupa pelat gelas dengan diameter paling sedikit 25 milimeter dan ketebalan minimal 6 milimeter.

Tabel 3. 3 Kapasitas Penakar Pada Ukuran Agregat

Ukuran Besar Beton Nominal Agregat (mm)	Kapasitas Maksimum Penakar (liter)
12,5	2,8
25,0	9,3
37,5	14
75	28
112	70

Ukuran Besar Beton Nominal Agregat (mm)	Kapasitas Maksimum Penakar (liter)
150	100

Sumber: SNI 03-4804-1998

B. Prosedur Pengujian

1. Isi penakar dengan sepertiga dari volume penuh dan ratakan menggunakan batang perata.
2. Tusuk lapisan agregat dengan batang penusuk sebanyak 25 kali.
3. Isi penakar lagi hingga volume mencapai dua per tiga penuh kemudian ratakan dan tusuk seperti sebelumnya.
4. Isi penakar hingga berlebihan, lalu ratakan permukaan agregat menggunakan batang perata.
5. Tentukan berat penakar beserta isinya dan berat penakar itu sendiri.
6. Catat berat tersebut dengan ketelitian 0,05 kg.
7. Hitung berat agregat yang terisi di dalam penakar.

3.3.1.3. Pengujian Kadar Lumpur

Pengujian ini mengikuti metode yang dijelaskan dalam SNI 03-4142-1996 tentang Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm). Berikut ini adalah alat dan prosedur yang digunakan dalam pengujian agregat kasar serta agregat halus ini.

A. Alat

1. Terdiri dari dua saringan, dengan saringan Nomor 200 (0,075 mm) dipasang di bagian bawah dan saringan Nomor 16 (1,18 mm) di atasnya.
2. Wadah untuk mencuci dengan kapasitas yang memadai untuk menampung benda uji dan air pencuci tanpa tumpah.
3. Timbangan dengan ketelitian maksimum 0,1% dari berat benda uji.
4. Oven dengan pengatur suhu untuk memanaskan hingga $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.

B. Prosedur Pengujian

1. Timbang wadah tanpa benda uji.
2. Timbang benda uji dan letakkan dalam wadah.
3. Tuangkan air pencuci yang sudah berisi bahan pembersih ke dalam wadah hingga benda uji terendam.

4. Aduk bahan uji dalam wadah dan pisahkan bahan kasar dan halus yang keluar dari saringan Nomor 200 (0,075 mm). Pastikan bahan halus melayang di dalam larutan air pencuci untuk mempermudah pemisahannya.
5. Dengan hati-hati, tuangkan air pencuci ke saringan Nomor 16 (1,18 mm) dengan saringan Nomor 200 (0,075 mm) di bawahnya. Pastikan bahwa bahan kasar tidak dibuang.
6. Ulangi langkah (3), (4), dan (5) sampai air pencuci terlihat jernih.
7. Masukkan kembali semua benda uji yang tertahan pada saringan Nomor 16 (1,18 mm) dan Nomor 200 (0,075 mm) ke dalam wadah. Selanjutnya, keringkan benda uji dalam oven pada suhu 110 °C (plus atau minus lima °C) hingga beratnya konstan. Timbang contoh dengan ketelitian maksimum 0,1%.
8. Hitung persentase bahan yang lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm).

3.3.1.4. Pengujian Analisis Saringan

3.3.1.4.1. Agregat Kasar

Pengujian ini mengacu pada metode yang dijelaskan dalam SNI 03-1968-1990 tentang Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Berikut ini adalah alat, bahan, ukuran agregat, dan langkah-langkah pelaksanaan yang digunakan dalam pengujian ini.

A. Alat dan Bahan yang Digunakan

1. Timbangan digital dengan ketelitian 0.2% dari berat benda uji.
2. Oven dengan pengatur suhu untuk memanaskan hingga suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.
3. Talam-talam.
4. Wadah agregat.
5. Agregat kasar.
6. Ayakan agregat dengan ukuran sebagai berikut.
 - a. Ayakan standar untuk agregat kasar dengan lubang 37,5 mm (3"),
 - b. Ayakan standar untuk agregat kasar dengan lubang 19,1 mm (3/4"),
 - c. Ayakan standar untuk agregat kasar dengan lubang 12,5 mm (1/2"),
 - d. Ayakan standar untuk agregat kasar dengan lubang 9,5 mm (3/8"),
 - e. Ayakan standar untuk agregat kasar dengan lubang 4,75 mm (No.4),
 - f. Ayakan standar untuk agregat kasar dengan lubang 2,36 mm (No.8),
 - g. Ayakan standar untuk agregat kasar dengan lubang 1,19 mm (No.16),

h. Lubang ayakan berbentuk lubang bujur.

B. Benda Uji

Ukuran agregat kasar yang digunakan adalah sebagai berikut.

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

C. Prosedur Pengujian

- Metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut. ●

1. Keringkan benda uji dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai berat yang konstan.
2. Saring benda uji melalui susunan saringan, dimulai dari saringan dengan ukuran terbesar di atas. Saringan diguncang secara manual atau menggunakan mesin pengguncang selama 15 menit.

3.3.1.4.2. Agregat Halus

Pengujian ini mengacu pada metode yang dijelaskan dalam SNI 03-1968-1990 tentang Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Berikut ini adalah alat, bahan, ukuran agregat, dan langkah-langkah pelaksanaan yang digunakan dalam pengujian ini.

A. Alat dan Bahan yang Digunakan

1. Timbangan digital dengan ketelitian 0.2% dari berat benda uji.
2. Oven dengan pengatur suhu untuk memanaskan hingga suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
3. Talam-talam.
4. Wadah agregat.
5. Agregat kasar.
6. Ayakan agregat dengan ukuran sebagai berikut.
 - a. Ayakan standar untuk agregat kasar dengan lubang 37,5 mm (3"),

- b. Ayakan standar untuk agregat kasar dengan lubang 19,1 mm (3/4"),
- c. Ayakan standar untuk agregat kasar dengan lubang 12,5 mm (1/2"),
- d. Ayakan standar untuk agregat kasar dengan lubang 9,5 mm (3/8"),
- e. Ayakan standar untuk agregat kasar dengan lubang 4,75 mm (No.4),
- f. Ayakan standar untuk agregat kasar dengan lubang 2,36 mm (No.8),
- g. Ayakan standar untuk agregat kasar dengan lubang 1,19 mm (No.16),
- h. Lubang ayakan berbentuk lubang bujur.

B. Benda Uji

Ukuran agregat kasar yang digunakan adalah sebagai berikut.

- 1. Ukuran maksimum 4,76 mm dengan berat minimum 500 gram.
- 2. Ukuran maksimum 2,38 mm dengan berat minimum 100 gram.

C. Prosedur Pengujian

Langkah-langkah dalam pengujian ini adalah sebagai berikut.

- 1. Keringkan benda uji dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai berat yang konstan.
- 2. Saring benda uji melalui susunan saringan, dimulai dari saringan dengan ukuran terbesar di atas. Saringan diguncang secara manual atau menggunakan mesin pengguncang selama 15 menit.

3.3.1.5. Pengujian Keausan Agregat

Pengujian ini mengacu pada metode yang dijelaskan dalam SNI 2417-2008 tentang Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles. Berikut ini adalah alat dan prosedur yang digunakan dalam pengujian ini:

A. Alat

- 1. Mesin abrasi Los Angeles.
- 2. Saringan nomor 12.
- 3. Timbangan dengan ketelitian 0,1%.
- 4. Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm (1 27/32 inci) dan berat antara 390 gram hingga 445 gram.
- 5. Oven dengan pengatur suhu untuk memanaskan hingga $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- 6. Alat bantu pan dan kuas.

B. Prosedur Pengujian

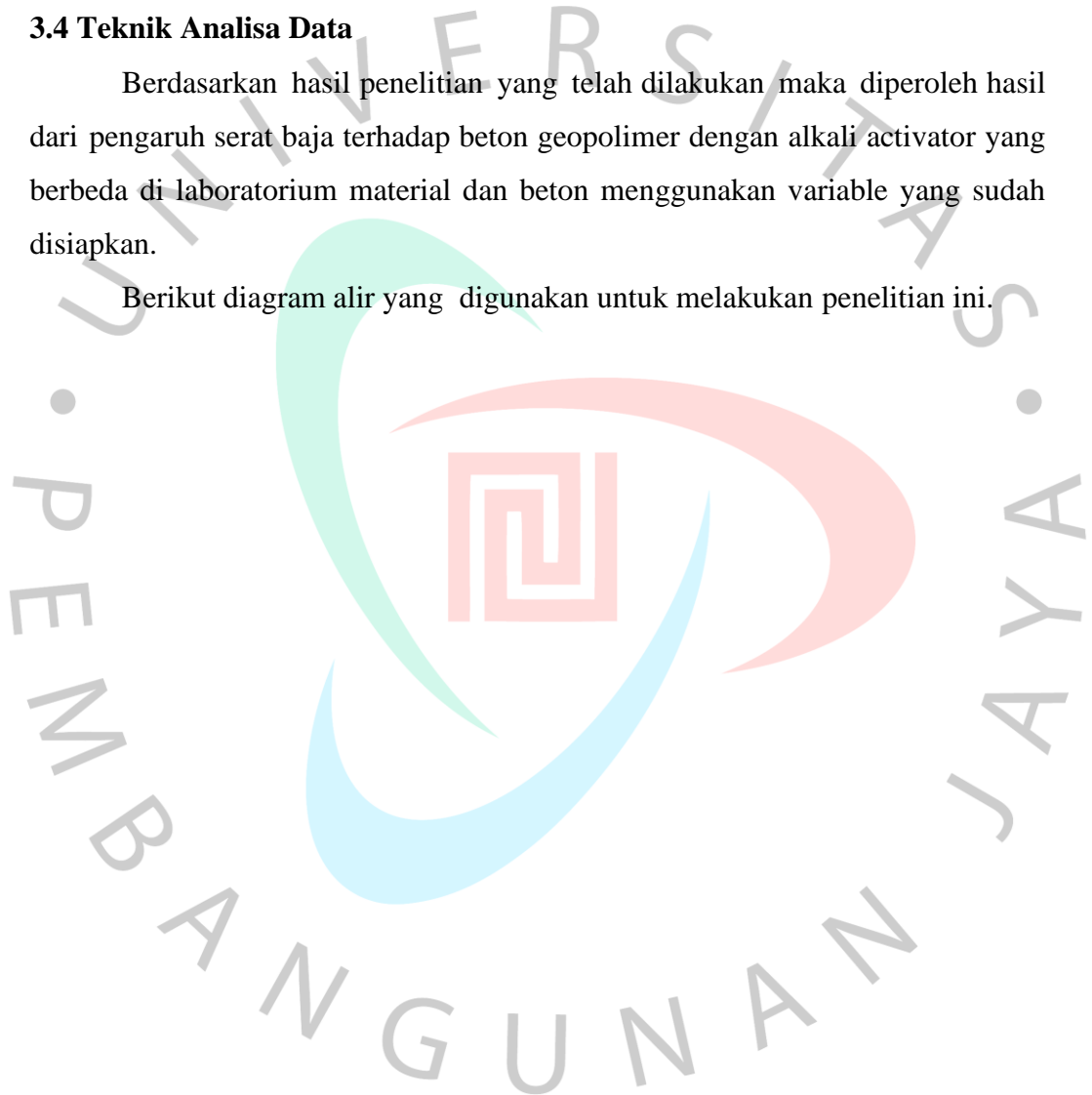
- 1. Masukkan benda uji dan bola-bola baja ke dalam mesin abrasi Los Angeles.

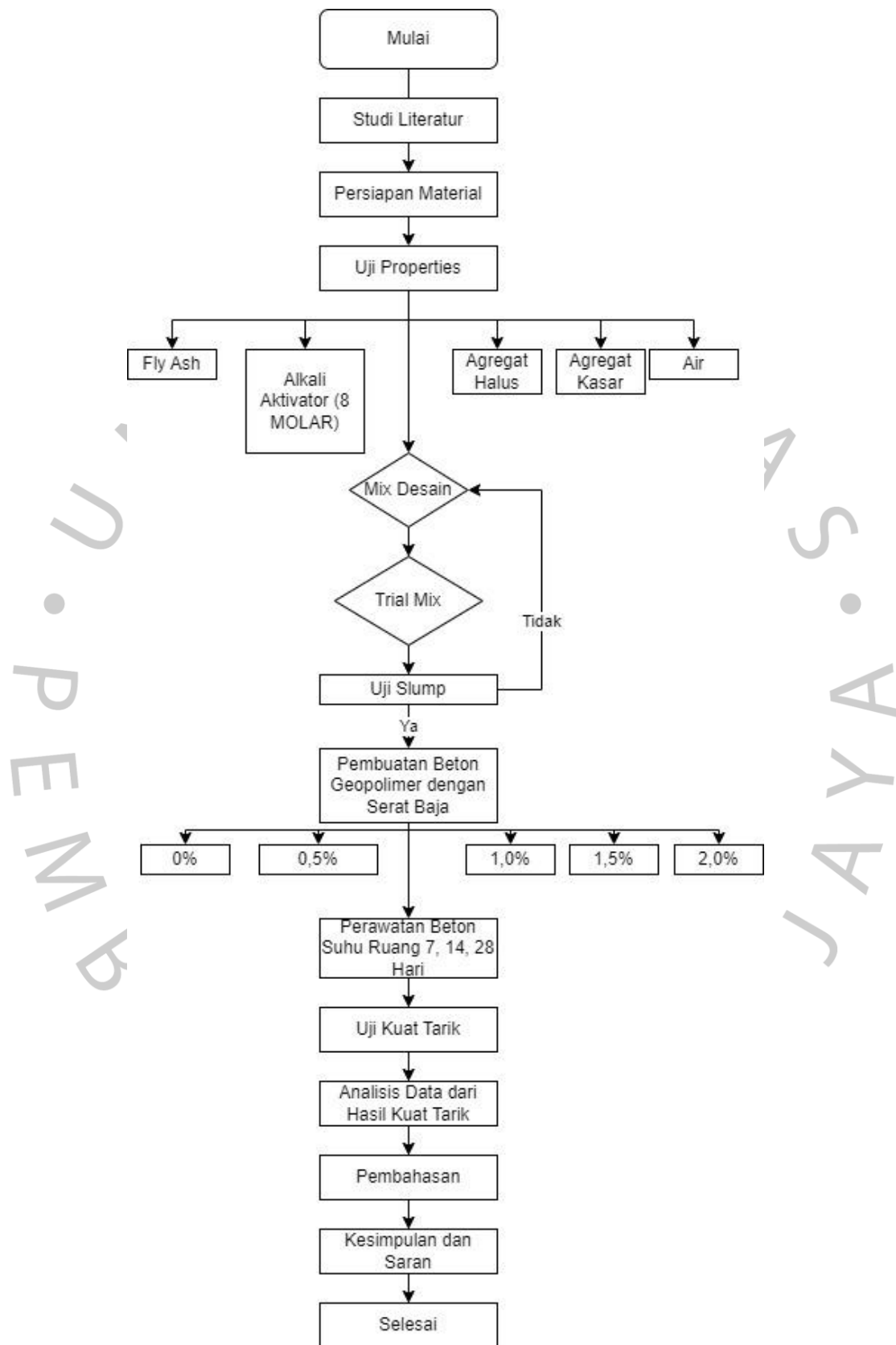
2. Putar mesin dengan kecepatan antara 30 rpm hingga 33 rpm.
3. Setelah pemutaran selesai, keluarkan benda uji dari mesin dan saring menggunakan saringan nomor 12 dengan ukuran lubang 1,70 mm.
4. Jika contoh uji memiliki material yang homogen, pengujian dapat dilakukan dengan 100 putaran. Setelah selesai pengujian, saring kembali menggunakan saringan nomor 12 (1,70 mm) tanpa melakukan pencucian.

3.4 Teknik Analisa Data

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh hasil dari pengaruh serat baja terhadap beton geopolimer dengan alkali activator yang berbeda di laboratorium material dan beton menggunakan variable yang sudah disiapkan.

Berikut diagram alir yang digunakan untuk melakukan penelitian ini.





Gambar 3. 2 Diagram Alir Perencanaan Penelitian