

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan atau Material Penelitian

Bahan atau material penelitian dalam penyusunan beton *geopolimer* yang digunakan adalah :

1. Agregat kasar berupa batu pecah yang berasal dari Clereng Kabupaten Kulon Progo.
2. Agregat halus berupa pasir yang berasal dari Merapi.
3. *Fly ash* sebagai prekursor beton *geopolimer* berasal dari CV.LESTARI.
4. Air yang diambil dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Natrium hidroksida (NaOH) berbentuk padat dengan tingkat kemurnian 98% yang berasal dari Toko Bahan kimia Bratacheum.
6. Natrium silikat (SiO₂) berbentuk cair yang berasal dari Toko Bahan Kimia Bratacheum.

3.2 Alat-alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Timbangan merk *Ohaus* dengan ketelitian $\pm 0,1$ gram, untuk mengetahui berat dari bahan-bahan penyusun beton.
2. Saringan standar ASTM, dengan ukuran 19,52 mm; 12,5 mm; 9,52 mm; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,60 mm; 0,30 mm; 0,15 mm.
3. *Shave shaker machine* dengan merk *Tatonas*, untuk mengayak agregat halus.
4. Gelas ukur 1000 ml dengan merk *MC*, untuk menakar volume air.
5. *Erlenmeyer* dengan merk *Pyrex*, untuk pemeriksaan berat jenis.
6. *Oven* dengan merk *Binder*, untuk mengeringkan sampel dalam pemeriksaan bahan-bahan yang akan digunakan dalam campuran beton.
7. *Mesin Los Angeles* dengan merk *Tatonas*, untuk menguji tingkat keausan

8. Sekop, cetok dan talam, untuk menampung dan menuang adukan beton ke dalam cetakan.
9. Penampang, untuk mencampur adukan beton.
10. Baskom atau ember plastik, untuk mencampur pasta geopolimer.
11. Cetakan beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 75 mm dan tinggi 150 mm.
12. Mesin uji tekan beton merk *Hung Ta* kapasitas 50 MPa, digunakan untuk menguji dan mengetahui nilai kuat tekan dari beton yang dibuat.
13. Mistar dan *kaliper*, untuk mengukur dimensi dari alat-alat benda uji yang digunakan.
14. *Aluminium foil*, untuk melapisi beton geopolimer pada saat perawatan beton dalam *oven*.
15. *Mixer*.

Untuk gambar dari alat-alat yang digunakan dapat dilihat pada lampiran 14.

3.3 Bagan Alir Penelitian

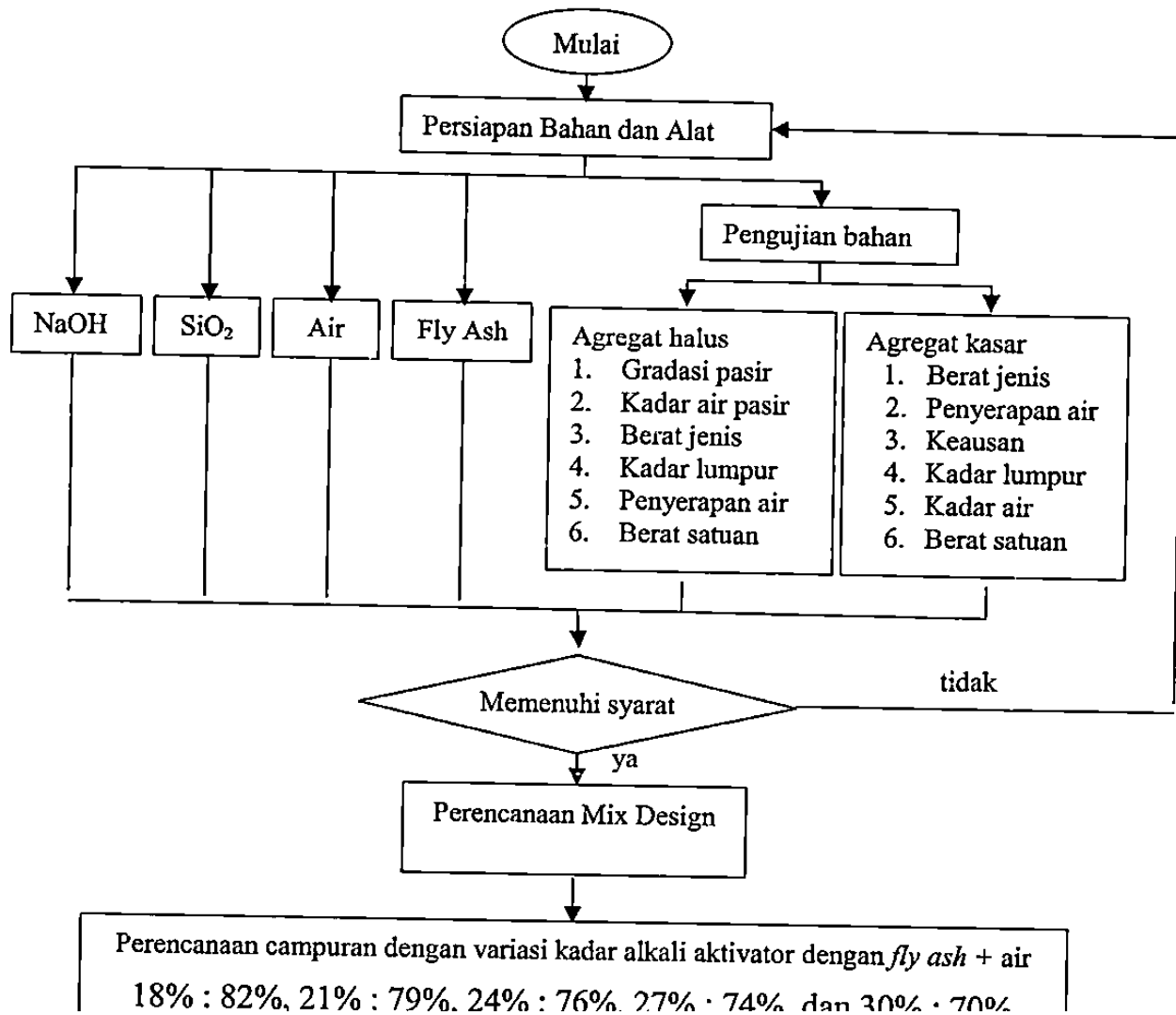
Bagan alir penelitian disajikan untuk mempermudah dalam proses pelaksanaannya. Adapun bagan alir tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dari persiapan bahan dan alat pemeriksaan bahan susun, pembuatan *mix design* dan juga pembuatan sampel untuk memastikan nilai optimum yang di dapatkan hingga pengujian kuat tekan. Langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian diuraikan sebagai berikut :

3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan

Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah persiapan alat dan bahan. Persiapan alat yang disiapkan berbeda-beda pada setiap jenis pengujiannya. Bahan yang dipersiapkan berupa agregat halus, agregat kasar, *fly ash*, natrium hidroksida, dan sodium silikat.



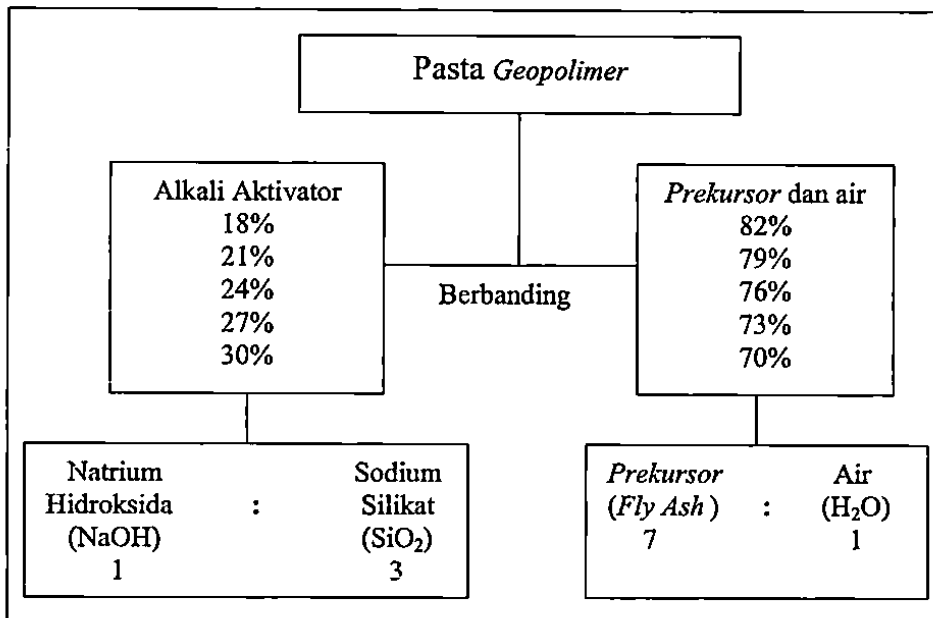
3.4.2 Pembuatan sampel

Pembuatan sampel sangat penting dilakukan, pembuatan sampel berfungsi untuk memastikan dan mendapatkan nilai optimum pada campuran yang pas, agar dapat menjadi landasan pada saat pembuatan benda uji, dan juga memudahkan dalam pembuatan benda uji. Standar perancangan bahan susun beton *geopolimer* belum ada sampai saat ini, sehingga dibutuhkan metode pendekatan, salah satunya dapat digunakan perancangan beton konvensional, yang dihitung berdasarkan SK-SNI 03-2834-2002.

Dalam penelitian ini, hasil dari perhitungan *mix design* pasta semen (semen + air) diganti menjadi pasta *geopolimer* (alkali aktivator + *prekursor* + air).

1. Menghitung perbandingan antara alkali aktivator dengan *prekursor* (*fly ash*) + air, dinyatakan dalam bentuk persen (18% : 82%, 21% : 79%, 24% : 76%, 27% : 74%, dan 30% : 70%).
2. Menghitung banyaknya alkali aktivator (natrium hidroksida dengan sodium silikat) yang digunakan. Mengacu pada hasil uji coba sebelumnya oleh Fernando (2014) penggunaan perbandingan yang menghasilkan kuat tekan beton maksimum yang paling tinggi sebesar 1 : 3.
3. Menghitung banyaknya perbandingan air dengan *prekursor* (*fly ash*) yang digunakan. Mengacu pada hasil uji coba sebelumnya oleh Fernando (2014) penggunaan perbandingan yang menghasilkan kuat tekan beton maksimum yang paling tinggi sebesar 1 : 7.
4. Untuk agregat halus dan agregat kasar perhitungannya sama dengan beton konvensional.

Untuk lebih jelasnya alur perhitungan komposisi pasta *geopolimer* dapat dilihat pada gambar 3.2 dan perhitungan selengkapnya pada lampiran 12



Gambar 3.2 Alur perhitungan komposisi pasta *geopolimer*.

3.4.3 Pemeriksaan Agregat Halus

1. Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

Analisa gradasi ini dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir pasir dengan menggunakan saringan/ayakan. Pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berdasarkan SNI : 03-1968-1990.

2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berdasarkan SK SNI : 03-1970-2008.

3. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus berdasarkan SK SNI S-04-1989
Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus.

4. Pemeriksaan kadar air agregat halus

Pemeriksaan kadar air dilakukan berdasarkan SK SNI : 03-1971-1990.
Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat dalam agregat halus.

5. Pemeriksaan berat satuan agregat halus

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat satuan agregat halus

3.4.4 Pemeriksaan Agregat Kasar

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Selain untuk mengetahui berat jenis agregat kasar pemeriksaan ini juga bertujuan untuk mengetahui persentase berat air yang mampu diserap oleh suatu agregat. Pemeriksaan dilakukan dengan langkah-langkah berdasarkan SK SNI : 03-1969-1990.

2. Pemeriksaan keausan agregat kasar

Pemeriksaan keausan agregat kasar berdasarkan SK SNI : 03-2417-2008. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan atau ketahanan aus agregat kasar, dengan menggunakan mesin *Los Angeles*.

3. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar

Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar berdasarkan SK SNI S-04-1989-F. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat dalam agregat kasar.

4. Pemeriksaan kadar air agregat kasar

Pemeriksaan kadar air agregat kasar berdasarkan SK SNI : 03-1971-1990. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat dalam agregat kasar.

5. Pemeriksaan berat satuan agregat kasar

Berat satuan ialah berat agregat dalam satu satuan volume, pemeriksaan ini dilakukan untuk mencari berat satuan agregat kasar.

3.4.5 Perancangan Campuran Beton

Rancangan campuran beton yang akan dibuat adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan ukuran silinder 75 mm x 150 mm.
2. Ukuran agregat kasar 20 mm dan agregat halus di daerah 2.
3. Faktor air semen 0,40.
4. Variasi kadar alkali aktivator dengan *fly ash* + air 18% : 82%, 21% : 79%, 24% : 76%, 27% : 74%, dan 30% : 70%.

Tabel variasi campuran beton berdasarkan variasi alkali aktivator yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3. 1.

Tabel 3.1. Variasi alkali aktivator dengan *fly ash* + air dan jumlah benda uji

No	Variasi kadar alkali aktivator dengan <i>fly ash</i> + air Beton <i>Geopolimer</i>	Jumlah benda uji kuat tekan
1	alkali aktivator dengan <i>fly ash</i> + air = 18% : 82%	4
2	alkali aktivator dengan <i>fly ash</i> + air = 21% : 79%	4
3	alkali aktivator dengan <i>fly ash</i> + air = 24% : 76%	4
4	alkali aktivator dengan <i>fly ash</i> + air = 27% : 73%	4
5	alkali aktivator dengan <i>fly ash</i> + air = 30% : 70%	4
	Jumlah	20

Langkah-langkah perancangan campuran beton berdasarkan (SK SNI 03-2834-2002 dalam Tjokrodinuljo, 2007).

3.4.6 Pembuatan Benda Uji

Sebelum dilakukan pembuatan benda uji yaitu mempersiapkan bahan-bahan sesuai takaran yang ditentukan di dalam *mix design concrete*. Prosedur pencampuran beton *geopolimer* tidak sama dengan pencampuran beton konvensional. Metode pembuatan beton geopolimer yaitu sebagai berikut:

1. Agregat kasar dengan agregat halus dicampur ke dalam penampang.
2. Larutan alkali aktivator yaitu natrium hidroksida dengan sodium silikat dicampur ke dalam ember sedang.
3. Masukkan prekursor (*fly ash*) kedalam wadah larutan alkali aktivator yang sudah tercampur rata, kemudian campur bahan tersebut tersebut sehingga membentuk pasta *geopolimer*.
4. Pasta *geopolimer* dicampur dan diaduk ke dalam penampang bersama agregat campuran agregat kasar dan agregat halus dan air.
5. Kemudian campuran beton *geopolimer* segar dicetak kedalam cetakan silinder dengan diameter 7,5 cm dan tinggi 15 cm dengan dilakukan penumbukan setian sepertiga dari tinggi silinder

3.4.7 Pencetakan Benda Uji (*moulding*)

Metode pencetakan berperan dalam menentukan kepadatan dan homogenitas beton pada saat keras, serta besar pori yang timbul. Proses pencetakan meliputi rangkaian kegiatan berikut ini:

1. Pastikan dinding-dinding tabung silinder telah diberi pelumas (plastik untuk bekisting beton *geopolimer*), dan tabung silinder telah bersih dari segala macam benda asing.
2. Beton segar yang telah tercampur dengan baik dimasukkan ke dalam tabung silinder. Proses pencetakan dibagi menjadi tiga lapisan, tiap lapisan dipadatkan dengan menggunakan batang besi sebanyak 25 kali tumbukkan.

3.4.8 Pengerasan Benda Uji (*hardening*)

Berbeda dengan material semen yang menghasilkan panas hidrasi tinggi, material *geopolimer* membutuhkan energi aktivasi tambahan untuk mempercepat proses polimerisasi. Hal ini disebabkan karena panas yang dihasilkan kurang tinggi. Agar proses perkerasan berlangsung cepat, benda uji yang telah dicetak dimasukkan ke dalam oven dengan suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam sampai mengeras.

3.4.9 Perawatan Benda Uji (*curing*)

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara pemanasan. Perawatan beton ini bertujuan untuk menjamin proses hidrasi semen dapat berlangsung dengan cepat dan menghasilkan kuat tekan beton yang tinggi. Adapun cara perawatannya adalah sebagai berikut:

1. Setelah 24 jam maka cetakan beton silinder dibuka, lalu beton *geopolimer* dilapisi plastik *aluminium foil*. Pelapisan plastik *aluminium foil* ini bertujuan agar beton tidak mengalami pengeringan yang terlalu cepat.
2. Beton diberi nama dengan kertas label sesuai dengan variasi alkali aktivator.
3. Kemudian beton dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 60°C dilakukan

4. Setelah itu, beton didiamkan dalam suhu ruang selama 1 hari dan siap untuk diuji kuat tekan betonnya.

3.5 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan mesin uji tekan merk *Hung Ta* dengan kapasitas kuat tekan sebesar 50 MPa, yang secara langsung dapat memberikan nilai kuat tekan benda uji, dengan beban yang dapat dibaca pada skala pembebanan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pengujian kuat tekan beton yang tercantum pada lampiran 13.

Beban maksimum yang dapat diterima oleh benda uji dapat diketahui pada saat angka penunjuk tekanan mencapai nilai tertinggi yang diikuti hancur atau retaknya beton setelah menerima beban maksimum.

3.6 Analisis hasil

Setelah pelaksanaan penelitian selesai, maka akan didapatkan beberapa data yang nantinya akan digunakan untuk membuat pembahasan dan kesimpulan dari penelitian ini. Adapun data-data yang didapatkan sebagai berikut :

1. Data hasil pemeriksaan agregat halus, agregat kasar.
2. Data hasil uji kuat tekan beton.

Selanjutnya dibuat grafik hubungan antara variasi kadar alkali aktivator dengan f_{cu} untuk kuat tekan beton.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun

Pemeriksaan bahan susun beton yang dilakukan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, telah mendapatkan hasil sebagai berikut

4.1.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Susun Agregat Halus (Pasir)

4.1.1.1 Gradasi Agregat Halus (Pasir)

Gradasi adalah distribusi ukuran butiran dari suatu agregat. Bila butiran-butiran agregat mempunyai ukuran butiran yang sama (seragam) maka volume porinya besar dan kemampatannya rendah. Sebaliknya, apabila ukuran butirnya bervariasi maka volume porinya rendah dan kemampatannya tinggi. Gradasi agregat halus dinyatakan dengan nilai persentase banyaknya agregat halus yang tertinggal atau melewati suatu susunan ayakan tertentu.

Hasil pemeriksaan gradasi agregat halus (pasir) digambarkan pada gambar 4.1. Gradasi yang digunakan adalah daerah gradasi no. 2, yaitu pasir agak kasar dengan modulus halus butir sebesar 3,285. Langkah menentukan kelas gradasi agregat halus dengan menggunakan spesifikasi SNI : 03-1968-1990. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Berat Lolos Kumulatif (%)	Batas Atas	Batas Bawah
0.15	10.6	0	10
0.3	36.5	8	30
0.6	53.5	35	59
1.2	78.9	55	90
2.4	93.7	75	100
4.8	98.3	90	100
10	100	100	100