

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian untuk menguji kuat tekan beton geopolimer dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Negeri Jakarta yang terletak di Jalan Rawamangun Muka Jakarta Timur, sedangkan untuk pembakaran serbuk kaolin menjadi metakaolin dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Gedung B Kampus A Universitas Negeri Jakarta. Waktu penelitian dilakukan dari bulan Juli 2015 sampai dengan Desember 2015.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan langkah-langkah penelitian suatu masalah, kasus, gejala atau fenomena tertentu dengan cara ilmiah untuk menghasilkan jawaban yang rasional. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan suatu percobaan langsung untuk mendapatkan data atau hasil yang menghubungkan antara variabel-variabel yang diselidiki. Metode eksperimen dapat dilakukan di dalam maupun di luar laboratorium. Penelitian ini dilaksanakan di dalam laboratorium, yaitu Laboratorium Bahan Bangunan Universitas Negeri Jakarta.

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh temperatur *curing* yang optimal dari beton geopolimer. Adapun penelitian yang dilakukan adalah menyelidiki seberapa besar pengaruh temperature *curing* terhadap nilai kuat tekan yang dihasilkan beton geopolimer.

3.3 Teknik Pengambilan Sampel

3.3.1 Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah beton dengan pasta geopolimer yang terdiri dari campuran Natrium Hidroksida (NaOH), Natrium Silikat (Na_2SiO_3) dan serbuk Kaolin yang telah dikalsinasi menjadi Metakaolin.

3.3.2 Sampel

Sampel yang akan di uji dalam penelitian berjumlah 15 buah yang merupakan keseluruhan dalam populasi yang akan diuji kuat tekannya. Dimana jumlah sampel yang dipakai sesuai dengan SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung dan SNI 2458:2008 Tentang Tata Cara Pengambilan Contoh Beton Segar.

3.4 Perhitungan Campuran Beton

Dalam menentukan *mix design* campuran beton geopolimer sebelumnya harus mengetahui komposisi yang tepat dari material geopolimer. Komposisi perbandingan antara prekursor dan aktivator harus ditentukan agar mendapatkan campuran yang terbaik untuk mendapatkan kuat tekan yang maksimal.

Beton geopolimer pada penelitian ini memiliki target kekuatan $f_c' = 35$ MPa. Perhitungan campuran beton geopolimer di desain dengan metode *mix design* seperti beton konvensional, menggunakan metode ASTM, dengan mengganti pasta semen menjadi pasta geopolimer.

3.4.1 Perhitungan Komposisi Pasta Geopolimer

Dalam penelitian ini, penentuan komposisi pasta geopolimer menggunakan komposisi campuran penelitian sesuai skripsi M E

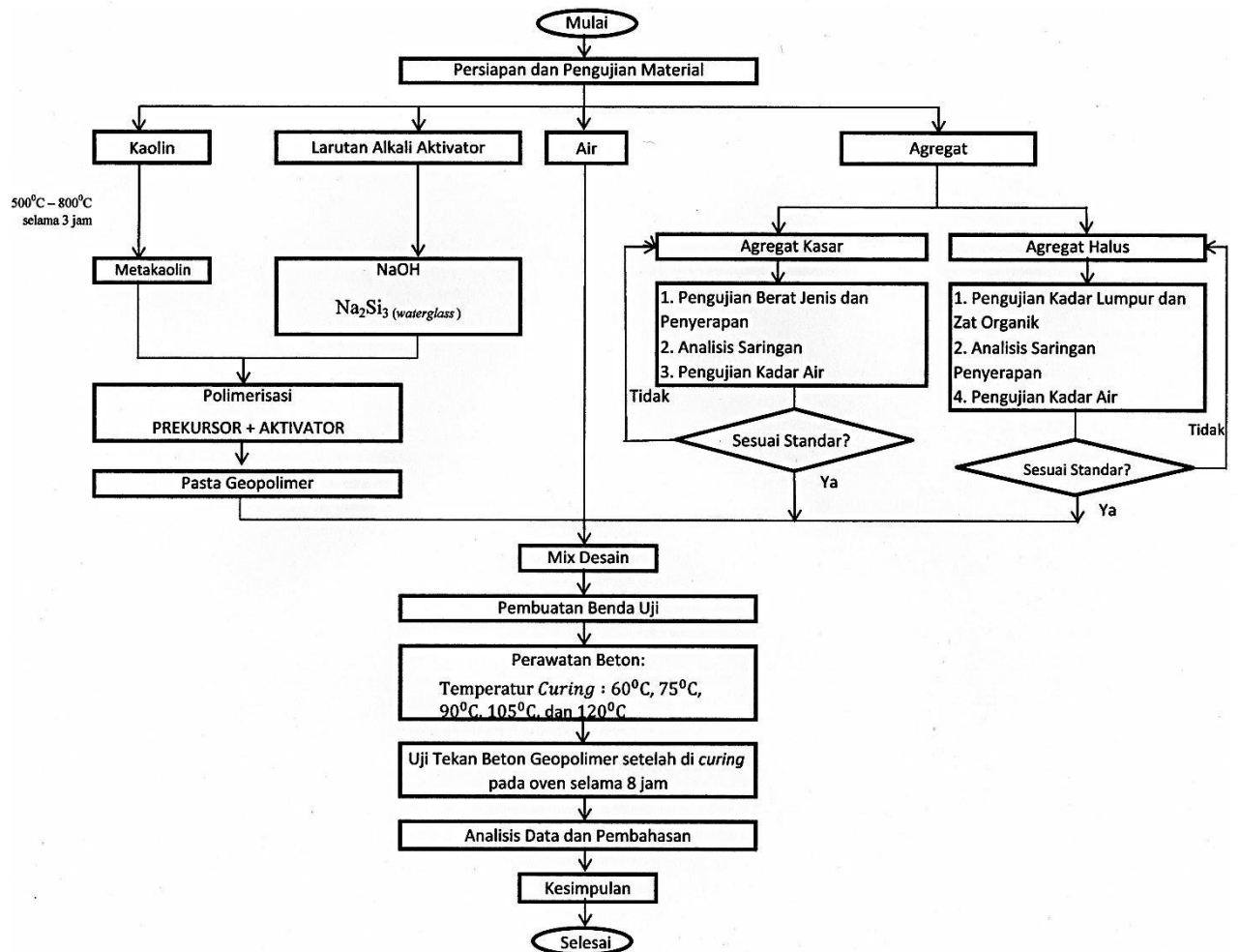
Suryatriastuti (2008). Karena material yang digunakan tidak sama maka akan digunakan perbandingan molar antar komposisi kimia yang didapat dari uji XRF dan XRD untuk material-material yang digunakan. Perbandingan molar ini dimaksudkan untuk mendapatkan komposisi massa campuran yang tepat sesuai penelitian sebelumnya. Perbandingan molar yang didapat dari uji XRF dan XRD telah dilakukan oleh Kamil Afrizal (2010).

Tabel 3.1 Rencana Uji Laboratorium

Macam Pengujian	Sampel	Parameter		Jumlah Sampel
		Temperatur (°C)	Waktu (Jam)	
Kuat Tekan	Beton Silinder d=15 cm t=30 cm	60 ⁰ C	8	3
		75 ⁰ C	8	3
		90 ⁰ C	8	3
		105 ⁰ C	8	3
		120 ⁰ C	8	3
Total Sampel				15

3.5 Rancangan Penelitian

Dalam proses penelitian perancangan beton geopolimer dapat dilihat pada alur penelitian berikut ini :



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang dipergunakan adalah berupa timbangan dengan ketelitian 0,3% dari berat contoh, cetakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm, bak pengaduk beton yang kedap air atau mesin

pengaduk, peralatan tambah (wadah, sekop, sendok spesi, perata/spatula, dan talam), alat uji tekan beton (*Crushing machine*).

3.7 Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian ini meliputi : tahap persiapan, tahap pemeriksaan bahan, tahap perencanaan proporsi campuran, tahap pengadukan, tahap pembuatan benda uji, tahap perawatan benda uji, tahap pengujian tekan benda uji.

Penjelasan mengenai prosedur kerja tersebut adalah sebagai berikut:

3.7.1 Tahap Persiapan

Dalam persiapan penelitian ini dilakukan segala hal yang mendukung terlaksananya proses penelitian. Dimulai dari pemeriksaan material dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian, dan penentuan hari kerja penelitian.

3.7.2 Tahap Pemeriksaan Bahan

Sebelum bahan-bahan yang sudah tersedia digunakan dalam penelitian, maka harus dilakukan pemeriksaan terhadap bahan-bahan tersebut. Adapun pemeriksaan terhadap tiap-tiap bahan dapat dijabarkan sebagai berikut :

3.7.2.1 Prekursor

Prekursor yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk kaolin yang berasal dari Bangka Belitung, kaolin merupakan bahan dari pembuatan keramik atau porselen. Untuk dapat digunakan sebagai prekursor untuk beton geopolimer. Serbuk kaolin harus diubah menjadi metakaolin dengan proses pembakaran. Temperatur dan waktu pembakaran adalah 800⁰C selama 3 jam.

Setelah dilakukan proses pembakaran serbuk kaolin sebelum dan setelah dibakar dilakukan pengujian unsur untuk mengetahui komposisi kimia penyusun kaolin, diharapkan sebagian besar senyawa yang terkandung pada kaolin adalah silicon dan alumina.

3.7.2.2 Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini berupa pasir beton yang berasal dari Cimangkok, Sukabumi. Adapun pemeriksaan terhadap pasir meliputi :

1. Pengujian Kadar Lumpur

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan persentase kadar lumpur dalam agregat halus. Kandungan lumpur harus lebih kecil dari 5%, merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu gelas ukur 1000 ml, plastik dan karet penutup.

$$\text{Perhitungan Kadar Lumpur Pasir} = \frac{V1}{V1+V2} \times 100\%$$

Keterangan : V1 = Volume lumpur dalam gelas ukur

V2 = Volume pasir dalam gelas ukur

2. Pengujian Analisis Saringan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran agregat dan juga untuk mendapatkan nilai modulus halus butir (MHB). Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah :

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2%.

- b. Perangkat saringan agregat halus no.4 (4.75 mm), no.8 (2.38 mm), no.16 (1.19 mm), no.30 (0.59 mm), no.50 (0.297 mm), no.100 (0.149 mm), no.200 (0.075 mm).
- c. Oven.
- d. Alat pemisah contoh.
- e. Mesin penggetar saringan.
- f. Talam.

3. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan angka untuk berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dan penyerapan (absorpsi) dari agregat halus. Berat jenis curah adalah perbandingan antara berat agregat halus dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh 25°C. Dinyatakan

dengan rumus $\frac{E}{B + D - C}$

- a. Berat jenis jenuh kering permukaan jenuh adalah perbandingan antara berat agregat halus permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada

$\frac{B}{B + D - C}$

suhu 25°C. Dinyatakan dalam rumus

- b. Berat jenis semu adalah perbandingan antara berat agregat halus dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°C. Dinyatakan dalam rumus

$$\frac{E}{E + D - C}$$

- c. Penyerapan adalah perbandingan berat air yang dapat di setiap pori terhadap berat agregat halus, dinyatakan dalam persen. Dinyatakan

dalam rumus $\frac{B - E}{E} \times 100\%$

Keterangan :

B = Berat contoh kondisi SSD

C = Berat piknometer + contoh pasir + air

D = Berat piknometer + air

E = Berat contoh kering pasir (oven)

4. Pengujian Kadar Air

Tujuan pengujian ini adalah untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung oleh agregat. Nilai kadar air ini digunakan untuk perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton. Kadar agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen. Alat yang digunakan adalah timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh, oven dan talem logam. Perhitungan kadar air dinyatakan dalam rumus :

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W3 - W5}{W5} \times 100\%$$

Keterangan :

W3 = Berat contoh semula (gram)

W5 = Berat contoh kering (gram)

3.7.2.3 Agregat Kasar

Agregat kasar (*Split*) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari toko material di Bogor. Adapun pemeriksaan terhadap agregat kasar antara lain :

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan angka unuk berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dan penyerapan (absorpsi) dari agregat kasar.

Berat jenis curah adalah perbandingan antara berat agregat kasar dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan

jenuh 25°C. Dinyatakan dengan rumus $\frac{C}{G-H}$

- a. Berat jenis jenuh kering permukaan jenuh ialah perbandingan antara berat agregat kasar permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu

$\frac{G}{G-H}$
25°C. Dinyatakan dengan rumus

- b. Berat jenis semu adalah perbandingan antara agregat kasar dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu 25°C. Dinyatakan dalam rumus

$$\frac{G}{G-H}$$

- c. Penyerapan adalah perbandingan berat air yang dapat di setiap pori terhadap berat agregat kasar, dinyatakan dalam persen.

Dinyatakan dalam rumus :

$$\frac{G-C}{C} \times 100\%$$

Keterangan : H = Berat agregat dalam air

G = Berat contoh kondisi SSD

C = Berat agregat kering (oven)

2. Pengujian Analisis Saringan

Tujuan pengujian ini adalah untuk memperoleh distribusi besaran besaran atau jumlah persentase butiran agregat dan juga untuk mendapatkan nilai modulus halus butir (MHB). Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah :

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2%
- b. Perangkat saringan agregat kasar dengan ukuran lubang 37.5 mm, 25 mm, 19.1 mm, 12.5 mm, 9.5 mm, no.4 (4.75 mm), no.8 (2.38

mm), no.16 (1.19 mm), no.30 (0.59 mm), no.50 (0.297 mm),
no.100 (0.149 mm), no.200 (0.075 mm)

- c. Oven
- d. Alat pemisah contoh (*sample splitter*)
- e. Mesin penggetar saringan
- f. Talam

3. Pengujian Kadar Air

Tujuan pengujian ini untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang terkandung oleh agregat. Nilai kadar air ini digunakan untuk perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton. Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen. Alat yang digunakan adalah timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh, oven dan talam logam. Perhitungan kadar air dinyatakan dalam rumus :

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W3 - W5}{W5} \times 100\%$$

Keterangan: W3 = Berat contoh semula (gram)

 W5 = Berat contoh kering (gram)

3.7.2.4 Air

Air pada penelitian ini berasal dari PDAM sehingga tidak dilakukan pemeriksaan bahan lagi.

3.7.3 Tahap Perencanaan Proporsi Campuran

Perencanaan proporsi campuran untuk beton berdasarkan metode ASTM, dengan mengganti pasta semen menjadi pasta geopolimer.

3.7.4 Tahap Pengadukan

Pada tahap ini dimana pencampuran bahan berdasarkan berat dengan cara di timbang, kemudian pengadukan beton berdasarkan SNI 03-3976-1995 "Tata Cara Pengadukan Beton".

3.7.5 Tahap Pembuatan Benda Uji

Proses pembuatan benda uji pada penelitian ini sama saja dengan pembuatan beton konvensional hanya saja pasta semen diganti dengan pasta geopolimer. Benda uji dibuat dengan menggunakan cetakan berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

3.7.5.1. Peralatan

Peralatan yang dibutuhkan untuk tahap pembuatan benda uji:

1. Wadah mengaduk beton.
2. Cetakan silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
3. Satu set peralatan slump test.
4. Sendok semen, wadah (baskom) dan peralatan penunjang lainnya.

3.7.5.2. Cara Pembuatan

Cara pembuatan beton geopolimer adalah sebagai berikut:

- a. Bersihkan area pembuatan benda uji, gunakan alat pelindung diri seperti masker, sarung tangan, sepatu, dll.

- b. Siapkan bahan penyusun beton geopolimer, yaitu prekursor (metakaolin), aktivator (NaOH dan Na₂SiO₃), air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (kerikil).
- c. Rendam pasir dan kerikil selama kurang lebih 24 jam. Jemur dan keringkan hingga kondisi SSD.
- d. Timbang semua bahan sesuai dengan perencanaan *mix design* beton geopolimer.
- e. Siapkan peralatan pembuatan beton geopolimer, siram peralatan agar peralatan tidak menyerap air perencanaan yang dibutuhkan adukan beton.
- f. Setelah semua bahan dan alat siap, selanjutnya adalah proses pengadukan beton. Pengadukan beton berdasarkan SNI 03-3976-1995 "Tata Cara Pengadukan Beton". Tahapan pengadukannya yaitu:
 1. Campurkan NaOH dan Na₂SiO₃ dalam satu wadah, dengan timbulnya panas menandakan reaksi dari NaOH dan Na₂SiO₃ sudah terjadi. Untuk mendapatkan hasil yang baik, reaksi kenaikan suhu pada campuran aktivator tersebut harus hilang. Setelah suhu dari larutan alkali aktivator mulai menurun dan hilang, masukkan metakaolin lalu aduk hingga merata. Selanjutnya campuran ini disebut pasta geopolimer. (10 menit)
 2. Aduk agregat (pasir dan kerikil) hingga tercampur rata. (30 detik)

3. Tambahkan setengah takaran air, aduk kembali hingga rata. (30 detik)
 4. Tambahkan pasta geopolimer pada adukan, bersihkan wadah pasta geopolimer dengan setengah takaran air, tuangkan lagi pada adukan beton. Aduk adonan beton sampai merata. (3 menit)
- g. Pengujian Slump, dalam pengujian ini sama saja dengan tahapan uji slump untuk beton semen. Pengecekan slump bertujuan untuk mengukur kekentalan dari adukan beton geopolimer. Kekentalan beton akan mempunyai pengaruh pada tingkat *workability* dari beton. Adukan beton untuk keperluan pengujian ini harus diambil langsung dari mesin pengaduk.

Peralatan yang diperlukan:

1. Tongkat baja berdiameter 16 mm dan panjang 60 mm dengan ujung yang dibulatkan.
2. Pelat baja sebagai alat cetakan, perata dan penggaris.
3. Kerucut abrams.

Proses Pengujian:

1. Basahi semua peralatan untuk menghindari penyerapan air pada bagian alat.

2. Kerucut diletakkan di atas pelat atau bidang rata diikuti dengan menekan ke bawah pada penyokong-penyokongnya.
 3. Adukan beton geopolmer secara perlahan diisikan ke dalam kerucut dalam 3 lapis yang sama tebalnya dan setiap lapis ditusuk-tusuk dengan menggunakan tongkat baja sebanyak 25 kali.
 4. Bidang bagian atas diratakan dan dibiarkan selama 30 detik.
 5. Kerucut ditarik vertikal ke atas dengan perlahan.
 6. Setelah itu ukur penurunan beton terhadap tinggi kerucut.
 7. Hasil pengukuran ini disebut slump dan merupakan ukuran dari kekentalan adukan beton tersebut.
- h. Pencetakan adukan beton, sebelumnya cetakan telah diberi oli atau pelumas agar memudahkan saat pelepasan beton dari cetakan dan tidak ada beton yang menempel pada cetakan. Adukan diisikan ke dalam cetakan dalam 3 lapis yang sama tebalnya dan setiap lapis ditusuk-tusuk dengan menggunakan tongkat baja sebanyak 25 kali, serta beberapa pukulan dengan menggunakan palu agar udara yang menempel pada dinding cetakan hilang.

3.7.6 Tahap Perawatan Benda Uji

Setelah benda uji dibuka dari cetakan, kemudian dilakukan perawatan terhadap benda uji dalam penelitian ini, perawatan benda uji menggunakan metode pemanasan dalam oven dengan suhu 60⁰C, 75⁰C, 90⁰C, 105⁰C, dan 120⁰C selama 8 jam kemudian benda uji didiamkan pada suhu ruangan sampai benda uji dilakukan tahap pengujian tekan.

3.7.6.1 Tahap Pengujian Tekan Benda Uji

Setelah masa perawatan berakhir, maka dilakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji dengan umur 8 jam setelah di *curing* pada oven. Prosedur perhitungan kuat tekan dilakukan dengan SNI 03-1974-1990 “Metode Pengujian Kuat Tekan Beton”

3.8 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini diambil dari hasil pengujian dan melakukan pemeriksaan kuat tekan pada beton geopolimer dengan menggunakan mesin uji kuat tekan.

3.9 Analisa Data

Teknik analisis data yang dihasilkan merupakan hasil kuat tekan di laboratorium. Hasil pengolahan data akan dibuat dalam bentuk diagram dan tabel dengan bantuan program *Microsoft Excel* dan selanjutnya disimpulkan secara deskriptif.