

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pengertian Beton Geopolimer

Beton geopolimer merupakan beton yang tidak menggunakan semen *portland* dalam proses pembuatannya. Dalam proses pembuatan beton geopolimer, aktivator yang digunakan yaitu cairan alkali yang berfungsi sebagai pengaktif reaksi polimerisasi dari silika (Si) dan aluminium (Al) yang terdapat pada mineral alam seperti GGBFS, kaolin, tanah liat dll. Cairan alkali adalah logam alkali larut yang didapat dari pencampuran natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) dan natrium silikat (Na_2SiO_3) atau kalium silikat ($\text{K}_2\text{O}_3\text{Si}$).

Menurut Ilmiah R (2017) geopolimer merupakan produk beton yang reaksi pengikatannya adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi ini Aluminium (Al) dan Silika (Si) mempunyai peranan penting dalam ikatan polimerisasi karena reaksi aluminium dan silika dengan alkali akan menghasilkan AlO_4 dan SiO_4 .

Menurut Lloyd (2010) pengikat (*binder*) adalah perbedaan utama antara beton geopolimer dan beton konvensional dari pembuatan beton tersebut. Beton konvensional mengandalkan semen *portland* dan air untuk mengikat agregat kasar dan agregat halus pada pembuatan beton tersebut. Pada beton geopolimer, silika dan alumina pada GGBFS bereaksi dengan cairan alkali untuk membuat pasta geopolimer yang mengikat agregat kasar, agregat halus dan bahan-bahan

lain untuk membuat beton geopolimer. *Binder* akan mengalami proses polimerisasi dan akan mengeras. Salah satu perbedaan dari beton geopolimer dan beton konvensional adalah cara perawatan dari beton tersebut.

Perawatan beton geopolimer adalah perawatan (*curing*) pada suhu ruang atau pada oven. Suhu dan waktu perawatan merupakan faktor penting yang dapat berpengaruh terhadap kuat tekan beton geopolimer.

3.2 Material Penyusun Beton Geopolimer

Komposisi utama beton geopolimer adalah agregat, aktivator, dan prekursor. Total agregat halus dan agregat kasar pada pembuatan beton geopolimer adalah 70-75%, sedangkan untuk total aktivator dan prekursor 20-35%. Aktivator pada beton geopolimer berupa natrium hidroksida (NaOH) yang berguna untuk mereaksikan *binder* dengan senyawa yang terdapat dalam *GGBFS* dan natrium silikat (Na_2SiO_3) yang berguna untuk mempercepat proses polimerisasi, sedangkan prekursornya adalah *GGBFS*. Berikut uraian mengenai material-material penyusun beton geopolimer.

3.2.1 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai campuran beton. Agregat mempunyai peranan yang penting karena komposisi agregat yang mencapai 70-75% terhadap volume beton.. Semakin kecil agregat yang digunakan, maka pori pada beton pun semakin berkurang. Hal itu dapat menyebabkan kuat tekan pada beton itu meningkat.

Secara umum agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Pada penelitian ini digunakan agregat halus berupa pasir dan agregat kasar berupa kerikil.

1. Agregat halus

Agregat halus disebut pasir, berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari pemecahan batu. Dalam SNI 03-6820-2002 dijelaskan bahwa agregat halus adalah agregat dengan besar butir maksimum sebesar 4,76 mm dan berasal dari alam.

Tabel 3.1 Batas-Batas Gradasi Agregat Halus.

Diameter Saringan (mm)	Persen Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
9,5 mm	100	100
4,75 mm	95 – 100	97,5
2,36 mm	80 – 100	90
1,18 mm	50 – 85	67,5
0,6 mm	25- 60	42,5
0,3 mm	5 – 30	17,5
0,15 mm	0-10	5

(Sumber : ASTM C 33/03)

2. Agregat kasar

Agregat kasar adalah batuan yang mempunyai ukuran butir lebih dari 4,80 mm. Ketentuan mengenai agregat kasar menurut *ASTM C 33/03* antara lain sebagai berikut :

- a. Agregat terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori.
- b. Agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca.
- c. Tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton.

- d. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.

Tabel 3.2 Persyaratan Kekerasan Butir Agregat Kasar

Kelas dan mutu beton	Kekerasan dengan bejana Rudeloff, bagian hancur menembus ayakan 2mm, persen(%) maksimum.		Kekerasan dengan bejana geser Los Angeles, bagian hancur menembus ayakan 1,2mm, % maks.
	Fraksi butir 9,5-19 mm	Fraksi butir 19-30 mm	
(1)	(2)	(3)	(4)
Beton kelas I dan mutu B0 dan B1	22-30	24-32	40-50
Beton kelas II dan mutu K.125, K175, dan K.225	14-22	16-24	27-40
Beton kelas III dan mutu K>225 atau beton pra-tekan	Kurang dari 14	Kurang dari 16	Kurang dari 27

(Sumber : SII.0052-80)

Berikut merupakan persyaratan proporsi gradasi saringan untuk campuran beton berdasarkan standar yang direkomendasikan *ASTM C 33/03 "Standard Specification for Concrete Aggregates"* (lihat tabel 3.3).

Tabel 3.3 Gradasi Saringan Ideal Agregat Kasar

Diameter Saringan (mm)	Persentasi Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
25,00	100	100
19,00	90 – 100	95
12,50	-	-
9,50	20 – 55	37,5
4,75	0 – 10	5
2,36	0 – 5	2,5

(Sumber : ASTM C 33/03)

3.2.2 GGBFS

GGBFS (*Ground Granulated Blast Furnace Slag*) berbentuk butiran atau pasir yang merupakan hasil pembakaran pada tanur tinggi dari proses pemurnian baja. GGBFS yang sudah dihaluskan memiliki sifat layaknya semen yang dapat berfungsi sebagai bahan perekat agregat. Pada kehalusan yang baik, GGBFS dapat menunjukkan kualitas perekatan yang sama dengan Semen Portland. Oleh karena itu GGBFS dapat menggantikan fungsi Semen Portland dengan rasio perbandingan massa tertentu.

3.2.3 Alkali aktivator

Alkali aktivator merupakan zat atau unsur senyawa yang dapat menyebabkan zat atau unsur senyawa lainnya bereaksi secara kimia dan membentuk ikatan polimer. Larutan alkali yang banyak digunakan dalam beton geopolimer adalah kombinasi dari natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) dan natrium silikat atau kalium silikat.

Dalam penelitian kali ini, natrium hidroksida yang digunakan sebagai alkali aktivator, berfungsi untuk mereaksi unsur-unsur alumina (Al) dan Silika (Si).

3.2.4 *Aquades*

Aquades adalah air hasil destilasi atau penyulingan sama dengan air murni atau H₂O. *Aquades* dalam beton geopolimer berfungsi sebagai bahan pengikat dalam pencairan larutan molaritas NaOH.

3.3 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton dapat diuji dengan cara memberi beban tekan terhadap benda uji silinder secara bertahap, sampai benda uji mengalami keruntuhan (Hasanr dkk, 2013) . Kuat tekan beton masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji pada umur beton 7,14 dan 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996). Semakin tinggi kekuatan beton dalam menahan beban, maka mutu beton juga semakin tinggi.

Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus yang terdapat pada persamaan

3.1.

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (3-1)$$

dengan :

- f_c' = Kuat tekan (MPa)
- P = Beban tekan (N)
- A = Luas penampang benda uji (mm²)

Benda uji yang akan dipakai dalam penelitian ini adalah beton berbentuk silinder dengan ukuran tinggi 150 mm dan diameter 300mm serta tinggi 200 mm dan diameter 100 mm. Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah SNI 1974:2011.

3.4 Modulus of Rupture

$$R = \frac{PL}{bd^2} \quad (3-2)$$

dengan:

R = Modulus Of Rupture (MPa)

P = beban maksimum (N)

L = bentang benda uji (mm)

B = lebar penampang benda uji (mm)

D = tinggi penampang benda uji (mm)

3.5 Kuat Tarik Belah

Menurut Hasanr dkk (2013), kuat tarik belah beton benda uji silinder adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang didapat dari pembebanan terhadap silinder yang diposisikan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan. Kuat tarik beton menjadi suatu yang penting dalam menahan retak akibat perubahan kadar air, suhu, dan pembebanan.

Kuat tarik belah dapat dihitung dengan persamaan 3.2 (Hasanr dkk, 2013) :

$$F_{ct} = \frac{2 \times P}{\pi \times I \times d} \quad (3-3)$$

dimana:

f_{ct} = kuat tekan (MPa)

P = gaya tekan (N)

I = Panjang benda uji (mm)

d = diameter benda uji (mm)

3.6 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton merupakan tolak ukur sifat elastis dari suhu bahan. Beberapa faktor yang mempengaruhi modulus elastisitas adalah kelembaban udara dan agregat penyusun beton.

Menurut Wang dan Salmon, 1986 Modulus Elastis beton dapat dapat dihitung dengan persamaan 3.3 :

$$E_c = \frac{f_{maks}}{\epsilon_p} \quad (3-4)$$

dengan :

E_c = modulus elastisitas beton tekan (MPa)
 f_{maks} = tegangan beton maksimum (MPa)
 ϵ_p = regangan beton

Biasanya modulus sekan pada 25% sampai 50% dari kekuatan tekan f'_c diambil sebagai modulus elastisitas (Wang dan Salmon, 1986).

3.7 Modulus Of Rupture

Modulus of rupture atau biasa disebut kuat lentur, merupakan pengujian yang biasa dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai kuat tarik maksimum teoritis yang dicapai pada serat bagian bawah dari benda uji balok (SNI 4431-2011)

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

dengan :

R = Modulus (MPa)
 P = Beban maksimum (N)
 L = Panjang bentang (mm)
 b = Lebar balok (mm)
 d = tinggi balok (mm)