

BAB III

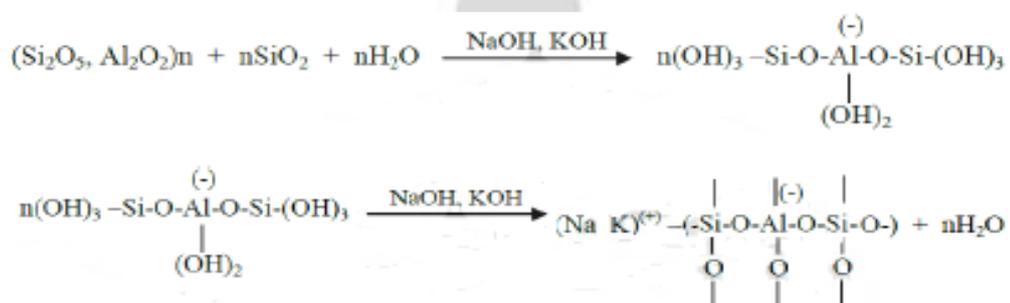
LANDASAN TEORI

3.1. Pengertian Beton Geopolimer

“Beton geopolimer adalah senyawa silikat alumino anorganik, yang disintesis dari bahan-bahan produk sampingan seperti abu terbang (*fly ash*), *silica fume*, abu sekam padi yang banyak mengandung alumina dan silika (Davidovits, 1997)”.

“Beton geopolimer merupakan beton geosintetik yang reaksi pengikatannya terjadi melalui reaksi polimerisasi dan bukan melalui reaksi hidrasi seperti pada beton konvensional (Davidovits, 2005)”.

Dalam proses geopolimer, terjadi reaksi kimia antara alumina-silikat oksida (Si_2O_5 , Al_2O_3) dengan alkali polisilikat yang menghasilkan ikatan polimer Si-O-Al. Polisilikat umumnya berupa natrium atau kalium silikat yang diperoleh dari industri kimia atau bubuk silika halus sebagai produk sampingan dari proses *ferro-silicon metallurgy*. Proses polikondensasi oleh alkali menjadi poli (*sialate-siloxo*) adalah seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Reaksi Kimia Proses Polikondensasi oleh Alkali Menjadi Poli (*Sialate-Siloxo*)

“Menurut Garcia-Loreido dkk (2007) persamaan reaksi tersebut terlihat bahwa pada reaksi kimia pembentukan senyawa geopolimer juga menghasilkan air yang dikeluarkan selama proses *curing*”. “Palomo dkk (1999) mempelajari pengaruh suhu, waktu, dan rasio larutan alkali pada abu terbang pada kekuatan awal geopolimer. Dilaporkan bahwa faktor suhu dan waktu perawatan mempengaruhi kuat tekan material geopolimer. Penggunaan larutan natrium silikat (Na_2SiO_3) dan natrium hidroksida (NaOH) sebagai larutan alkali menghasilkan kuat tekan yang paling tinggi”.

3.2. Material Penyusun Beton Geopolimer

3.2.1. Abu Terbang (*Fly Ash*)

“Menurut ASTM C618, abu terbang (*fly ash*) didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batubara atau bubuk batu bara”. Banyaknya hasil material, hanya abu terbang dan *slag* telah terbukti menjadi sumber material yang dapat membuat geopolimer. “Abu terbang dianggap menguntungkan karena reaktivitas partikelnya lebih halus dari pada *slag*. Berikut ini merupakan salah satu contoh kandungan unsur senyawa pada abu terbang “menurut Ekaputri dkk (2014) ditunjukkan seperti pada Tabel 3.1”.

Tabel 3.1 Komposisi *Fly Ash* Kelas F Berdasarkan Tes XRF

Komponen	Persen (%)
SiO ₂	52,2
Al ₂ O ₃	38,6
Fe ₂ O ₃	2,9
CaO	0,7
Na ₂ O	0,5
K ₂ O	0,4
Mgo	0,5
SO ₃	1,2
SO ₂	-
LOI	1,4

(Sumber: Ekaputri dkk, 2014)

Ada beberapa zat senyawa kimia yang berada pada abu terbang yaitu : silika dioksida (SiO₂), aluminium oksida (Al₂O₃), karbon dalam bentuk batu bara, besi oksida (Fe₂O₃), sulfur trioksida (SO₃), dan lain – lain. “Menurut SNI 06-6867-2002, persyaratan mutu pada abu terbang seperti tampak Tabel 3.2”.

Tabel 3.2 Persyaratan Mutu *Fly Ash*

No.	Senyawa	Kadar , %
1	Jumlah oksida SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	>30
2	SO ₃ maksimum	5
3	Hilang pijar maksimum *)	6
4	Kadar air maksimum	3
5	Total alkali dihitung sebagai Na ₂ O	1,5

(Sumber : SNI 06-6867-2002)

3.2.2. *Silica Fume*

Silica fume merupakan material limbah industri yang dihasilkan dari proses peleburan silicon dan *ferosilicon* yang juga dikenal dengan nama *microsilica*. *Silica fume* sangat cocok sebagai bahan pengisi (*filler*) dalam beton yang mengandung kadar *silica* yang tinggi. Kandungan SiO₂ mencapai lebih dari 90%. *Silica fume* yang digunakan ialah merk *Sika Fume*®.

“*Sika Fume*® berasal dari bahan tambah bersifat mineral hasil produk sampingan dari reduksi kuarsa murni (SiO_2) dengan batu bara di tanur listrik dalam pembuatan campuran *silicon* dan *ferosilicon*. *Sika Fume*® mengandung kadar SiO_2 yang tinggi, dan mempunyai permukaan yang sangat halus, berbentuk bulat dengan diameter 1/100 dari diameter semen, sehingga mampu bergerak dan mengisi rongga pori dalam struktur beton (Subakti, 1995)”.

“*Sika Fume*® mempunyai peranan penting terhadap pengaruh sifat kimia dan sifat mekanis beton. Ditinjau dari sifat mekanis, secara *geometrical Sika Fume*® mengisi rongga-rongga butiran semen (*grain of cement*), dan mengakibatkan diameter pori mengecil serta total volume pori juga berkurang. Ditinjau dari sifat kimia, reaksinya bersifat *pozzolan* di mana *Sika Fume*® dapat bereaksi dengan kapur (*lime*) yang lepas langsung dari semen (Subakti, 1995)”.

Pada pembuatan beton mutu tinggi, penggunaan *Sika Fume*® dapat meningkatkan kekuatan beton. Hal ini disebabkan karena partikel *Sika Fume*® dapat mengisi struktur pori pasta semen serta mampu bereaksi dengan Ca(OH)_2 yang dihasilkan dari proses hidrasi air dan semen. Reaksi sekunder yang terjadi antara Ca(OH)_2 dengan SiO_2 dapat membentuk *calcium silicate hidrat* (CSH) yang mampu meningkatkan kekuatan beton menjadi lebih tinggi. Sifat fisik *Sika Fume*® adalah warna abu abu, berbentuk bubuk, BJ 0.60 kg/lit, ukuran $< 0.1 \mu\text{m}$. *Sika Fume*® yang digunakan adalah produk PT. Sika Indonesia. Penggunaan *Sika Fume*® akan meningkatkan kemampuan beton dengan cara memperkecil *permeability* sehingga kemampuan durabilitas beton bertambah baik, memperbaiki daya ikat dan stabilitas beton segar, meningkatkan ketahanan terhadap karbonasi,

mempertinggi kekuatan stabilitas beton, penyusupan klorin menurun tajam, resapan terhadap gas menurun tajam, memperkecil terjadinya *shrinkage*, kuat tekan awal dan akhir tinggi.

3.2.3. Alkaline Activator

Alkaline Activator ialah *activator* yang akan mengikat oksida silika pada *fly ash* dan akan bereaksi secara kimia dan membentuk ikatan polimer. *Alkaline Activator* secara umum digunakan adalah kombinasi antara larutan sodium silikat (Na_2SiO_3) dan Natrium hidroksida (NaOH)

3.2.3.1. Sodium Silikat (Na_2SiO_3)

Sodium silikat (Na_2SiO_3) atau *waterglass* akan dicampur dengan sodium hidroksida dan abu terbang sehingga membentuk ikatan yang sangat kuat namun banyak terjadi retakan-retakan antar mikrostruktur. Semakin besar rasio perbandingan massa sodium silikat terhadap sodium hidroksida, maka semakin kuat pula kuat desak yang akan dihasilkan.

3.2.3.2. Sodium Hidroksida (NaOH)

Sodium hidroksida (NaOH) berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si dengan menambah ion Na^+ . Semakin tinggi molaritas sodium hidroksida, maka semakin sulit untuk diaduk akan tetapi akan menghasilkan semakin tinggi kuat desak yang akan dihasilkan.

3.2.4. Aquades

Aquades dalam beton geopolimer sebagai bahan pengikat dalam pencairan larutan molaritas NaOH. Semakin banyak *aquades* yang ditambahkan pada NaOH, semakin rendah pula molaritas yang dihasilkan dan akan membuat beton kurang mengikat terhadap *fly ash*.

3.2.5. Agregat

Agregat akan menempati sebanyak 75% dari volume mortar atau beton. Agregat dibedakan menjadi dua jenis yaitu agregat alami dan agregat buatan (pecahan). Pada penelitian yang dilaksanakan digunakan agregat alami yaitu agregat halus dan kasar.

3.2.5.1. Agregat Halus

“Menurut Tjokrodimuljo (2007), agregat halus (pasir) adalah batuan yang mempunyai ukuran butir antara 0,15 mm–5 mm”. Agregat halus (pasir) menurut gradasinya sebagaimana tercantum pada Tabel 3.3 seperti di bawah ini.

Tabel 3.3 Batas - Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat butir yang lewat ayakan dalam persen			
	Kasar	Agak Kasar	Agak Halus	Halus
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

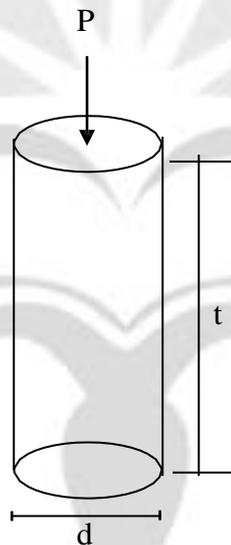
(Sumber : Tjokrodimuljo, 2007)

3.2.5.2. Agregat Kasar

“Menurut Mulyono (2004), agregat kasar adalah batuan yang mempunyai ukuran butir lebih besar dari 4,80 mm (4,75 mm) biasanya disebut batu pecah (*split*)”. Pada penelitian ini digunakan agregat maksimum 10mm agar beton yang dihasilkan memiliki kuat desak optimal.

3.2.6. Kuat Desak Beton

Kekuatan desak beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas seperti tampak pada Gambar 3.1 dan Persamaan 3-1. “Semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004)”.



Gambar 3.2 Benda Uji Silinder

Rumus yang digunakan untuk mencari besarnya desak tekan beton seperti dibawah ini:

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

Keterangan:

f_c' = kuat desak (MPa)

P = beban tekan (N)

A = luas penampang benda uji (mm^2)

Benda uji yang lazim digunakan dalam pengujian nilai kuat desak beton adalah benda uji yang berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar yang digunakan adalah dengan tinggi = 200 mm dan diameter = 100 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. “Kuat desak masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji pada umur 7, 14, 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996)”.

