

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1 Material Pembentuk Beton Geopolimer

Material pembentuk beton geopolimer adalah *fly ash* sebagai prekursor, larutan aktivator, agregat halus dan agregat kasar. Larutan alkali aktivator yang biasa digunakan adalah KOH dan (NaOH) (Lloyd & Rangan, 2010). Pada penelitian ini akan menggantikan sebagian *fly ash* sebagai prekursor dengan abu bonggol jagung.

3.1.1 *Fly Ash*

Fly ash berfungsi sebagai prekursor yang merupakan bahan utama dalam pembentukan polimer. SNI 2460:2014 mengatakan *fly ash* terbagi menjadi tiga tipe yaitu, tipe N, pozzolan alam mentah atau telah dikalsinasi, tipe F, *fly ash* yang berasal dari pembakaran batubara bituminous, dan tipe C, berasal dari pembakaran batubara *subbituminous*, batubara kelas C memiliki kandungan kalsium oksida (CaO) yang lebih tinggi dari 10%. *Fly ash* yang dipakai di penelitian ini adalah kelas F. Kandungan kimia dari *fly ash* kelas F dapat dilihat di tabel 3.1.

Kandungan bahan kimia yang ada dalam table 3.1 dapat dikategorikan sebagai *fly ash* tipe F dikarenakan penjumlahan SiO₂, Al₂O₃, dan FeO₃ minimal adalah 70%. Persyaratan kimia *fly ash* dapat dilihat di tabel 3.2

Tabel 3.1 Kandungan Bahan Kimia *fly ash*

No.	Zat Penyusun	% massa
1	SiO ₂	52,24
2	Al ₂ O ₃	38,58
3	FeO ₃	2,94
4	CaO	0,69
5	Na ₂ O	0,52
6	K ₂ O	0,44
7	TiO ₂	2,42
8	MgO	0,49
9	P ₂ O ₅	0,13
10	SO ₃	1,21
11	SO ₂	-
12	LOI	1,39

(Sumber : Risdanareni et al., 2014)

Tabel 3.2 Persyaratan Kimia *Fly Ash*

Uraian	Kelas		
	N	F	C
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + FeO ₃ , min, %	70	70	50
SO ₃ , maks, %	4	5	5
Kadar air, maks %	3	3	3
Hilang pijar, maks,%	10	6 [^]	6

(Sumber : SNI 2460:2014)

(ILMIAH, 2017) melakukan pengujian SEM-EDX abu *fly ash* dan didapatkan hasil yang ada pada tabel 3.3

Tabel 3.3 Pengujian SEM-EDX *Fly Ash*

Element	Weight %	Atom %
Si K	41.01	45.8
Al K	23.75	27.61
Fe K	15.32	8.61
Ca K	10.33	8.08
K K	3.17	2.54
Mg K	2.69	3.47
P K	2.0	2.02
S K	1.3	1.27
Na K	0.43	0.58

(Sumber : (ILMIAH, 2017))

3.1.2 Abu Bonggol Jagung

Abu bonggol jagung adalah abu yang di dapat dari limbah jagung yang sudah dipipil. Abu bonggol jagung sendiri memiliki kandungan silika sebanyak 66,38% (Adesanya & Raheem, 2009). Kandungan bahan kimia dapat dilihat di tabel 3.4.

Tabel 3.4 Kandungan Kimia Abu Bonggol Jagung

Senyawa Kimia	Persentase komposisi (%)			Rata - rata
	<i>Sample 1</i>	<i>Sample 2</i>	<i>Sample 3</i>	
SiO ₂	67.33	65.39	66.41	66.38
Al ₂ O ₃	7.34	9.14	5.97	7.48
FeO ₃	3.74	5.61	3.97	4.44
CaO	10.29	12.89	11.53	11.57
MgO	1.82	2.33	2.02	2.06
SO ₃	1.11	1.10	1.01	1.07
Na ₂ O	0.39	0.48	0.36	0.41
K ₂ O	4.20	4.92	5.64	4.92
Total SiO ₂ + Al ₂ O ₃	74.67	74.53	72.38	73.86

(Sumber : Adesanya & Raheem, 2009)

Penjumlahan bahan kimia SiO_2 , Al_2O_3 , dan FeO_3 pada abu bonggol jagung melebihi 70%, jadi bisa menggantikan *fly ash* sebagai bahan pembuatan beton geopolimer.

3.1.3 Agregat

Agregat sangat diperlukan menjadi bahan penyusun beton karena 60 – 75 % volume beton dipengaruhi oleh volume agregat. Tingkat kehalusan agregat yang berbeda – beda juga dapat mempengaruhi dari *workability* beton dan juga ketahanan, kekuatan, sifat termal, dan kepadatan beton. Salah satu cara mengetahui spesifikasi agregat adalah dengan ukuran butir dan gradasinya. Dengan klasifikasi tersebut agregat dibagi menjadi agregat halus, dan agregat kasar.

1. Agregat Halus

Agregat halus memiliki ukuran butir yang lebih kecil, sehingga berfungsi sebagai pengisi rongga antar agregat kasar. Gradasi butir agregat halus dapat dilihat di tabel 3.4

Tabel 3.5 Gradasi Butir Agregat Halus

Diameter Saringan (mm)	Nomor Saringan	Persentase Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
9,5	3/8 in.	100	100
4,75	No. 4	95 – 100	97,5
2,36	No. 8	80 – 100	90
1,18	No. 16	50 – 85	67,5
0,6	No. 30	25 – 60	42,5
0,3	No. 50	5 – 30	17,5
0,15	No. 100	0 – 10	5

(Sumber : ASTM C 33/03)

Menurut PBI (1971) untuk pembuatan beton yang baik pasir juga harus memenuhi syarat – syarat antara lain :

1. Kandungan lumpur yang ada di dalam pasir tidak boleh lebih dari 5%
2. Agregat halus harus memenuhi pengujian warna untuk mengetahui zat organik yang ada.
3. Jika pengujian organik tidak terpenuhi, kekuatan beton harus sebesar 95% dari kuat rancangan dengan agregat yang sudah dicuci dari lumpur.

2. Agregat Kasar

ASTM C33 (1982) menyatakan ukuran agregat yang baik tertahan saringan ukuran 4,75 mm. Berikut syarat – syarat agregat kasar berdasarkan PBI (1971)

1. Kandungan lumpur yang ada di dalam agregat kasar tidak boleh lebih dari 5%.
2. Agregat kasar yang mengandung butir – butir pipih dan Panjang dapat dipakai untuk bahan penyusun beton, dengan jumlah maksimal 20% dari berat agregat seluruhnya.
3. Butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.

SII 0052-80 juga mengatur tentang persyaratan kekerasan agregat kasar yang dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6. Persyaratan Kekerasan Agregat Kasar

Kelas dan Mutu Beton	Kekerasan dengan bejana Rudelof, bagian hancur menembus ayakan 2 mm, maks, %		Kekerasan dengan bejana geser Los Angeles, bagian hancur menembus ayakan 1,7 mm, maks, %
	Fraksi Butir 19-30mm	Fraksi Butir 9,5-19mm	
Beton kelas I	22 – 30	24 – 32	40 – 50
Beton kelas II	14 – 22	16 – 24	27 – 40
Beton kelas III/beton pratekan	Kurang dari 14	Kurang dari 16	Kurang 27

(Sumber : SII 0052-80)

Proporsi gradasi saringan untuk agregat kasar dapat dilihat di tabel 3.7 mengikuti standar *ASTM C 33/03*.

Tabel 3.7 Gradasi Butir Agregat Kasar

Diameter Saringan (mm)	Nomor Saringan	Persentase Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
25	1 in.	100	100
19,00	$\frac{3}{4}$ in	90 – 100	95
12,5	$\frac{1}{2}$ in	-	-
9,5	$\frac{3}{8}$ in	20 – 55	37,5
4,75	No. 4	0 – 10	5
2,36	No. 8	0 - 5	2,5

(Sumber : *ASTM C 33/03*)

3.1.4. Larutan Alkali Aktivator

Akibat dari menghilangkan semen sebagai bahan dasar beton normal, alkali aktivator berfungsi sebagai perekat, dan mengaktifkan ikatan polimerisasi agar sifat bahan pengganti semen menjadi serupa semen. Formula yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh Adi S dkk (2018)

dengan menggunakan konsentrasi NaOH sebesar 8 M, dengan perbandingan NaOH : Na_2SiO_3 , adalah 1 : 2 dan perbandingan precursor (fly ash dan abu bonggol jagung) : larutan aktivator adalah 0,65 : 0,35.

3.2. Ekstraksi Bonggol Jagung

Ekstraksi silika dilakukan dengan cara seperti pada penelitian Agung et al., (2013), dengan larutan KOH sebanyak 10 % dalam waktu ekstraksi 90 menit dalam suhu 85°C. Silika yang sudah terekstraksi diendapkan dengan larutan HCL 1 N lalu endapan silika akan dimasukan ke dalam oven selama 3 jam dalam suhu 110°C (Suka et al., 2008).

3.3. Kuat Tekan Mortar Geopolimer

Kuat tekan mortar dilakukan dengan membuat benda uji kubus dengan ukuran 5 x 5 x 5 cm. Selain untuk mengetahui kuat tekan awal pada campuran beton. Metode uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan mortar berdasarkan SNI 03-6825-2002. Rumus kuat tekan mortar seperti pada persamaan 3.1

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

Keterangan :

f_c' = tegangan (MPa)
 P = Beban Aksial (N)
 A = Luas Permukaan Mortar (mm^2)

3.4. Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan beton pada beton silinder adalah berupa tahanan terhadap beban aksial tepat diatas permukaan beton. Beton akan di tekan dengan pembebanan aksial dalam variasi waktu 7, 14, dan 28 hari (Dipohusodo, 1996). Dimensi benda uji pada penelitian ini adalah dengan tinggi 150 mm dan diameter 75 mm. Pengujian kuat tekan beton berdasarkan SNI 1974:2011. Batas mutu kuat tekan beton untuk penggunaan struktur akan digunakan berdasarkan PBI 1971 N.1-2. Tabel kuat mutu beton dapat dilihat pada tabel 3.8. Pada penelitian ini menggunakan silinder berukuran 75 mm, dan tinggi 150 mm sehingga hasil kuat tekan akan dikalikan 1,06 sesuai dengan SNI 1974-2011 mengenai cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder.

Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat tekan beton adalah seperti pada persamaan 3.2.

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (3-2)$$

Keterangan :

f_c' = tegangan beton (MPa)

P = Beban Aksial (N)

A = Luas Permukaan Silinder (mm²)

Tabel 3.8 Kelas dan Mutu Beton

Kelas	Mutu	bk (kg / cm ²)	bm dengan s = 46 (kg / cm ²)	Tujuan	Pengawasan terhadap	
					mutu agregat	kekuatan tekan
I	Bo	-		Non struktural	Ringan	tanpa
II	B1			Struktural	sedang	Tanpa
	K125	125	200	Struktural	ketat	kontinu
	K175	175	250	Struktural	ketat	kontinu
III		225	300	Struktural	ketat	kontinu
	K> 225	> 225	> 300	Struktural	Ketat	Kontinu

(Sumber : PBI 1971 N.1-2 ayat 4.2.1)

3.5. Modulus Elastisitas Beton

(Murdock dan Brook,1986) Modulus elastis adalah tolak ukur sifat plastis suatu bahan, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per satuan panjang. (Antono, 1995) Perhitungan modulus elastis secara umum dapat ditulis dengan persamaan 3.3.

$$E = \frac{fc'}{\varepsilon} \quad (3-3)$$

Dimana ε adalah perbandingan dari panjang ukur dikurangi panjang awal dengan panjang awal, seperti pada persamaan 3.3. Modulus sekan biasanya dipakai 25 sampai 50 % dari tegangan beton (Wang dan Salmon, 1986).

$$\varepsilon_{0,3} = \frac{l - l_0}{l_0} \quad (3-4)$$

Keterangan :

E = modulus elastisitas beton tekan (MPa)

f_c' = tegangan beton (MPa)

$\varepsilon_{0,3}$ = regangan pada saat tegangan tekan mencapai 0,3 tegangan maksimum

P = beban aksial (N)

l = panjang ukur (yang memendek) sewaktu ada tegangan (mm)

l_0 = panjang awal benda uji (mm)

