

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Geopolimer

Menurut Davidovits (1988) beton geopolimer adalah beton yang tidak menggunakan semen Portland 100%. Beton geopolimer dalam pembuatannya memerlukan proses polimerisasi. Proses polimerisasi merupakan proses dimana alkali aktivator bereaksi dengan material pengikat yang memiliki kandungan silika dan alumunium yang tinggi. Larutan alkali yang biasa digunakan adalah natrium hidroksida (NaOH), natrium silikat (Na_2SiO_3). Sedangkan pengikat yang digunakan material dengan kandungan silika dan alumunium yang tinggi seperti *fly ash*, abu sekam padi, kapur padam, slag, terak dan lain – lain.

2.2 Beton Ringan

Beton ringan menurut SNI-03-3449-2002 adalah beton yang agregatnya ringan, volumenya setimbang dan berat jenisnya antara $1140 \text{ kg/m}^3 - 1850 \text{ kg/m}^3$, sesuai yang ditetapkan ASTM C567.

Menurut Tjokrodimuljo (1996), beton ringan dapat dibuat dengan cara menggunakan agregrat kasar dan agregrat halus yang ringan, menghilangkan agregrat halus atau pasir (non pasir) dan membuat gelembung udara dengan bahan pengembang berupa *foam*.

Berdasarkan SNI-03-3449-2002, kuat tekan minimum dan jenis agregrat ringan dijelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kuat Tekan Minimum dan Jenis Agregat Ringan
(Sumber : SNI -03-3449-2002)

Kontruksi Bangunan		Beton Ringan		Jenis Agregat Ringan
		Kuat Tekan (MPa)	Berat Isi (kg/m ³)	
Struktural	Minimum	17,24	1400	Agregat yang dibuat melalui proses pemanasan batu
	Maksimum	41,36	1850	Serpih, batu lempung, batu sabak, terak besi atau terak abu terbang
Struktural Ringan	Minimum	6,89	800	Agregat ringan alam scoria atau batu apung
	Maksimal	17,24	1400	
Struktural sangat ringan sebagai isolasi	Minimum	-	-	Perlit atau vermekulit
	Maksimum	-	800	

2.3 Bahan Penyusun Beton Geopolimer

Untuk membuat beton geopolimer dibutuhkan bahan dan material penyusun pada campuran beton, berikut bahan penyusun beton geopolimer.

2.3.1 Agregat Halus

Agregat adalah material alami yang berfungsi sebagai campuran beton. Agregat mengisi 70% dari volume beton, sehingga agregat memiliki peranan yang penting pada campuran beton atau mortar. Pemilihan agregat mempengaruhi sifat dan kuat tekan beton (Tjokrodimuljo, 1996).

Salah satu agregat halus adalah pasir. Pasir adalah butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dengan ukuran butirnya terletak antara 0,075 – 5

mm, dan kadar bagian yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5% (PUBI-1982).

Berdasarkan SK SNI T-15-1990-03, klasifikasi agregrat halus dibedakan menjadi 4 menurut gradasinya, yaitu pasir kasar, pasir agak kasar, pasir agak halus dan pasir halus. Klasifikasi agregrat halus akan dijlaskan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Batas-batas Gradasi Untuk Agregrat Halus
(Sumber: SK SNI T-15-1990-03)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir Yang Lewat			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	94-100
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

Keterangan :

- Daerah I : Pasir Kasar
- Daerah II : Pasir Agak Kasar
- Daerah III : Pasir Agak Halus
- Daerah IV : Pasir Halus

2.3.2 Abu Terbang (*Fly Ash*)

Menurut ASTM C618, abu terbang (*fly ash*) didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batubara atau bubuk batu bara. Material ini memiliki kandungan silika dan alumunium yang tinggi dan bersifat pozzolanik.

Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fly ash* kelas F.

Menurut SK SNI S – 15 – 1990 –F, persyaratan mutu pada abu terbang terdapat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Persyaratan Mutu *Fly Ash*
(Sumber : SK SNI S -15 – 1990 – F)

No	Senyawa	Kadar %
1	Jumlah oksida $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ minimum,	70
2	SO_3 maksimal	5
3	Hilang pijar maksimum	6
4	Kadar air maksimum	3
5	Total alkali dihitung sebagai Na_2O maksimum	1,2

2.3.3 Alkali Aktivator

Alkali aktivator merupakan unsur yang sangat berperan dalam pembuatan beton geopolimer, karena digunakan untuk proses polimerisasi. Alkali aktivator bereaksi dengan material yang mengandung unsur silika (Si) dan alumunium (Al) sehingga menghasilkan ikatan polimer yang sangat kuat. Alkali aktibator yang paling sering digunakan untuk proses polimerisasi dalam pembuatan beton geopolimer adalah sodium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH) (Hardjito dan Rangan, 2005).

Dalam penelitian ini alkali aktivator yang digunakan adalah kombinasi antara sodium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na_2SiO_3). Molaritas NaOH yang digunakan 8M. Perbandingan antara Na_2SiO_3 : NaOH yang digunakan adalah 5 : 2 (Prasetyo, 2015).

2.3.4 *Aquades*

Aquades adalah air hasil destilasi atau penyulingan sama dengan air murni atau H_2O . *Aquades* dalam beton geopolimer sebagai bahan pengikat dalam pencairan larutan molaritas NaOH. Semakin banyak *aquades* yang ditambahkan pada NaOH, maka semakin rendah molaritas yang dihasilkan dan akan membuat beton kurang mengikat terhadap *fly ash*.

2.3.5 Kapur Padam (Ca(OH)_2)

Kapur padam merupakan kalsium hidrosida (Ca(OH)_2) yang berasal dari hidrasi kapur tohor (CaO) (SK SNI S-04-1989-F). Kapur dapat bereaksi dengan pozzolan lain seperti *fly ash* sehingga membentuk ikatan yang padat. Kapur padam dapat meningkatkan sifat mekanik beton dan kemampuannya untuk mengeras dapat meningkatkan kekuatan beton (Temujiin dkk, 2009).

2.3.6 *Foaming Agent*

Foaming agent merupakan zat additive yang dalam penggunaannya harus dilarutkan dengan air. *Foaming agent* yang digunakan dalam penelitian ini adalah merk ADT yang diproduksi oleh CV. Citra Additive Mandiri. Menurut CV. Citra Additive Mandiri, sesuai dengan brosurnya 1 liter *foaming agent* ADT dapat dicampur air sebanyak 40-80 liter (Tomo, 2017). *Foaming agent* dapat membentuk gelembung udara pada beton sehingga berat beton menjadi ringan.

2.4 Penelitian Beton Geopolimer

Prasetyo (2015) dalam penelitiannya yang berjudul “Tinjauan Kuat tekan Beton *Geopolymer* Dengan *Fly Ash* Sebagai Bahan Pengganti Semen” menggunakan variasi perbandingan aktivator (Na_2SiO_3 : NaOH) sebesar 1 : 2; 2 : 2; 3 : 2; 4 : 2 dan 5 : 2 dengan molaritas NaOH 10M. Untuk variasi presentase penggunaan agregrat dan *binder* digunakan sebesar 75% : 25%; 70% : 30; 65% : 35%. *Curing* yang dipakai dengan didiamkan dalam suhu ruangan. Hasil penelitian pada umur 28 hari diperoleh kuat tekan tertinggi sebesar 141,047 kg/cm^2 pada beton geopolimer 70% : 30% dengan perbandingan Na_2SiO_3 : NaOH 5 : 2.

Joseph dan Mathew (2012) dalam penelitiannya menggunakan variasi agregat terhadap *fly ash* sebesar 60% : 40%; 65% : 35%; 70% : 30%; 75% : 25%. Hasil uji kuat tekannya sebesar 45 MPa, 47 MPa, 56 MPa dan 49 MPa pada umur beton 28 hari. Kuat tekan beton geopolimer tertinggi sebesar 56 MPa dengan perbandingan agregat terhadap *fly ash* 70% : 30%.

Adi dkk (2018) melakukan penelitian bahwa kadar NaOH yang sedikit menjadikan kuat tekan menjadi lebih rendah, namun penggunaan kadar NaOH yang cukup besar menurunkan *workability* dari beton geopolimer. Dengan menggunakan variasi molaritas NaOH 6M, 8M, dan 10M menghasilkan kuat tekan beton geopolimer sebesar 41,52 MPa; 45,29 MPa; 43,22 MPa. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kuat tekan maksimum dihasilkan dari penggunaan NaOH dengan konsentrasi molaritas 8M

Lisantono dan Purnandani (2010) melakukan penelitian beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* dan kapur padam. Pada penelitian variasi *fly ash* : kapur padam yang digunakan adalah 25% : 75% (w/b = 0,58 dan 0,41); 40% : 60% (w/b = 0,53 dan 0,41); 50% : 50% (w/b = 0,48 dan 0,46); 60% : 40% (w/b = 0,40 dan 0,39); 75% : 25% (w/b = 0,37 dan 0,35). Aktivator yang digunakan sebesar 5% dari berat *binder* dengan molaritas NaOH 14M. Hasil penelitian diperoleh kuat tekan tertinggi pada variasi *fly ash* : kapur padam dengan presentase 75% : 25% (w/b = 0,35) sebesar 20,63 MPa pada umur 28 hari, sedangkan pada umur 56 hari diperoleh sebesar 21,38 MPa.

Aisyah dkk (2017) melakukan penelitian kuat tekan beton geopolimer dengan penambahan kapur padam. Penelitian ini dilakukan uji kuat tekan pada

umur 1, 3 dan 7 hari. Dalam penelitian ini menggunakan *curing* oven pada suhu 38°C dengan variasi waktu 5 jam dan 24 jam, *curing* udara dan *curing* air. Hasil kuat tekan geopolimer dengan penambahan kapur padam yang di *curing* selama 24 jam mengalami penurunan sebesar 15,57% pada umur 7 hari, sedangkan beton yang di *curing* udara kuat tekannya meningkat sebesar 92,03% pada umur 7 hari. Pada *curing* oven selama 5 jam dan *curing* air tidak mengalami penurunan kuat tekan pada umur 1 dan 3 hari setelah direndam air selama 24 jam. Namun, pada umur 7 hari kuat tekan beton mengalami penurunan akibat direndam di air. Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa *curing* yang baik untuk beton geopolimer dengan penambahan kapur padam adalah *curing* udara.

Temujiin dkk (2009) melakukan penelitian beton geopolimer dengan menambahkan kapur tohor dan kapur padam. Kapur tohor dan kapur padam yang di substitusikan pada *fly ash* masing-masing sebesar 1%, 2% dan 3%. *Curing* yang digunakan adalah *curing* dengan suhu ruangan 20°C dan *curing* suhu tinggi 70°C. Penambahan kapur padam dan kapur tohor meningkatkan sifat mekanik beton yang menggunakan *curing* suhu ruangan. Sedangkan *curing* dengan suhu tinggi menurunkan sifat mekanik beton. Hasil kuat tekan beton 7 hari dengan *curing* suhu ruangan mengalami peningkatan dari 11,8 MPa menjadi 22,8 MPa dan 29,2 MPa untuk masing-masing penambahan 3% CaO dan 3% Ca(OH)₂. Dari hasil tersebut, untuk beton geopolimer dengan penambahan kapur tohor dan kapur padam disarankan menggunakan *curing* suhu ruangan.

Pesik dkk (2018) melakukan penelitian beton geopolimer dengan kapur dan semen sebagai substitusi *fly ash*. Kapur dan semen di substitusikan pada *fly ash*

sebesar 2,5%, 5% dan 10%. Penelitian ini menggunakan curing suhu ruangan (*ambient curing*) dengan umur pengujian 7 dan 28 hari. Hasil uji tekan beton geopolimer dengan substitusi semen dan kapur paling optimum presentase 10% sebesar 21,14 MPa dan 21,50 MPa pada umur 7 hari. Pada umur 28 hari kuat tekan beton yang paling optimum terdapat pada beton dengan campuran kapur 10% sebesar 33,67 MPa dengan menggunakan *curing* suhu ruangan (*ambient curing*).

2.5 Penelitian Beton Menggunakan *Foaming Agent*

Huda dan Ekaputri (2013) membuat pasta ringan geopolimer berbasis *fly ash*, lumpur Sidoarjo, dan *foam*. Dalam penelitian ini dibagi menjadi 3 percobaan, yaitu membuat pasta dasar, pasta ringan dan pasta ringan berserat. Dalam pembuatan pasta dasar, dicari campuran yang optimum antara *fly ash* dan lumpur Sidoarjo. Setelah didapat pasta dasar yang optimum, selanjutnya dilakukan percobaan membuat pasta ringan dengan *foam* dan pasta ringan berserat menggunakan serat kenaf. Variasi *foam* yang digunakan untuk membuat pasta ringan sebesar 1%, 2%, 3% dan 4%. Sedangkan variasi untuk pasta ringan berserat digunakan sebesar 0%; 0,5%; 1%; 1,5%. Dari hasil penelitian diperoleh kuat tekan optimum pada pasta dasar, pasta ringan *foam* dan pasta ringan berserat secara berturut – turut adalah 55,66 MPa; 7,1 MPa (kadar *foam* 1%); 8,5 MPa (kadar serat kenaf 1%). Untuk berat volume yang paling optimum dari pasta dasar, pasta ringan *foam* dan pasta ringan berserat adalah 1802 kg/m³, 906 kg/m³ dan 1110 kg/m³.

Tomo (2017) dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh *Foaming Agent* Terhadap Kuat Tekan, Modulus Elastisitas dan Penyerapan Air Pada Beton Dengan Bahan Tambah *Silica Fume* dan *Superlasticizer*” menggunakan variasi penggunaan *foam* sebesar 0 lt/m³; 0,25 lt/m³; 0,5 lt/m³; 0,75 lt/m³; 1 lt/m³ beton serta penambahan *silica fume* sebesar 10% dan *superlasticizer* 2% dari berat semen dan tanpa menggunakan agregat kasar pada campuran beton. Dari hasil pengujian pada umur 28 hari dengan variasi penggunaan *foam agent* 0 lt/m³; 0,25 lt/m³; 0,5 lt/m³; 0,75 lt/m³; 1/m³ diperoleh kuat tekan sebesar 35,17 MPa; 25,34 MPa; 22,76 MPa; 19,21 MPa; 16,18 MPa. Pada pengujian modulus elastisitas diperoleh 27742,589 MPa; 20555,56 MPa; 118665,919 MPa; 16517,857 MPa; 14908,101 MPa. Sedangkan untuk pengujian penyerapan air diperoleh 2,45%; 3,80%; 7,31%; 12,89%; 12,77%; 20,12%. Semakin banyaknya penambahan *foam agent* volume beton akan semakin bertambah, namun berat jenis beton semakin berkurang.

Arita dkk (2017) dalam penelitiannya, bata ringan dibuat dengan variasi *foam agent* 0,3%, 0,6%, 0,9%, 1,2% dan 1,5% dengan metode seluler beton *lighweight* (CLC). Penambahan *foam agent* sebesar 0,9% memiliki kekuatan yang paling optimum. Kekuatan tekan yang diperoleh adalah 0,49 MPa pada 7 hari, 0,23 MPa pada 14 hari, dan 0,67 MPa pada 28 hari.

Susanto dkk (2015) melakukan penelitian dengan membuat pasta ringan geopolimer *Celluler Lightweight Concrete* (CLC) yang berbahan dasar lumpur Sidoarjo, *fly ash* dan *foam*. Pada peneliiian ini variasi kadar sodium silikat 30%, 40%, 50% dan 60%. Untuk molaritas NaOH yang digunakan yaitu 5M, 6M, 7M

dan 8M. Sedangkan variasi *foam* yang digunakan sebesar 0,5 lt, 1 lt dan 1,5 lt dengan perbandingan *foam* : air yaitu 1 : 50. Hasil pengujian yang optimum yaitu komposisi *fly ash* murni dengan menggunakan sodium silikat 60%, NaOH 5M dan *foam* 1,5 lt. Kuat tekan dan berat jenis yang dihasilkan sebesar 1,44 MPa dan 0,61 gr/cm³.

Widodo (2015) pada penelitiannya membuat bata ringan dengan bahan tambah *foam agent* dan serbuk *gypsum*, menggunakan agregat halus yaitu pasir kali woro dan pasir kuarsa (silika). Variasi *foam agent* yang digunakan 0 lt/m³, 0,7 lt/m³, 0,9 lt/m³, dan 1,1 lt/m³ dan 5% serbuk *gypsum* dari volume beton. Dari hasil penelitian kuat tekan rata-rata tertinggi dicapai bata beton ringan dengan kandungan *foam agent* 0,7 lt/m³ dan 5% serbuk *gypsum* menggunakan pasir kuarsa sebesar 3,58 MPa, kuat tarik belah sebesar 0,34 MPa, kuat lentur balok beton posisi tegak sebesar 0,523 MPa, kuat lentur balok beton posisi datar sebesar 0,269MPa,