

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Menurut SNI-2847-2013 beton (*concrete*) adalah campuran semen *Portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan (*adimixture*). Beton dibentuk oleh pengerasan campuran antara semen, air, agregat halus (pasir), dan agregat kasar (batu pecah atau kerikil). Campuran dari bahan susun (semen, pasir, kerikil, dan air) yang masih plastis ini dicor ke dalam acuan dan dirawat untuk mempercepat reaksi hidrasi campuran semen-air, yang menyebabkan pengerasan beton. Bahan yang terbentuk ini mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, tetapi ketahanan terhadap Tarik rendah.

2.1.1 Beton Geopolimer

Beton geopolimer merupakan beton alternatif yang tidak menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Proses pembentukan beton geopolimer ini terjadi reaksi antara zat polimer yang terkandung dalam suatu material, oleh karena itu dibutuhkan larutan aktivator, sehingga dapat terjadi ikatan antara silika dan alumina pada material yang bersifat *pozzolan*. *Flyash* merupakan limbah dari hasil pembakaran batu bara yang dimanfaatkan sebagai sumber panas biasanya digunakan oleh PLTU ataupun pabrik sehingga menghasilkan produk limbah yaitu *fly ash*. Beton geopolimer ini terbentuk dari reaksi kimia bukan dari reaksi hidrasi seperti pada beton biasa, dalam pembuatan beton geopolimer diperlukan alkali aktivator yang berfungsi mengikat agregat karena *flyash* tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen (Davidovits, 1999).

Proses polimerisasi yang terjadi di dalam beton geopolimer meliputi reaksi kimia yang terjadi antara alkali dengan mineral Si – Al untuk menghasilkan rantai polimerik tiga dimensi dan ikatan struktur Si – O – Al – O yang konsisten (Davidovits, 1991).

Berdasarkan penelitian LI, Ding, dan Zhang didapat beberapa kelebihan beton geopolimer dibandingkan dengan beton konvensional, antara lain :

- a. Hemat energi dan ramah lingkungan.
- b. Tingkat penyusutan volume beton lebih rendah.
- c. Dapat mencapai kekuatan hingga 70% dalam waktu 4 jam.
- d. Tingkat ketahanan tinggi terhadap serangan lingkungan yang agresif.
- e. Pasta geopolimer mampu bertahan pada suhu 1000 °C hingga 1200 °C tanpa mengurangi fungsi yang dimilikinya.

2.2 Pengertian *flyash*

Flyash adalah material yang memiliki ukuran butiran yang halus berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara (Wardani, 2008). Di Indonesia, produksi limbah abu terbang dan abu dasar dari tahun ke tahun makin meningkat sebanding dengan konsumsi penggunaan batubara sebagai bahan baku pada industri PLTU (Harijono D, 2006, Irwanto, 2010).

Menurut Wardani, (2008) saat ini umumnya *flyash* batubara digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat semen. Selain itu, sebenarnya abu terbang batubara memiliki berbagai kegunaan yang amat beragam :

1. Penyusun beton untuk jalan dan bendungan.
2. Penimbun lahan dan bekas pertambangan.
3. *Recovery magnetic, cenosphere*, dan karbon.
4. Bahan baku keramik, gelas, batubata, dan refraktori.
5. Bahan penggosok (*polisher*).
6. *Filler* aspal, plastik, dan kertas.
7. Pengganti bahan baku semen.
8. Konversi menjadi zeolit dan adsorben.

2.2.1 Kandungan *Flyash* batubara

Flyash batubara mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), fero oksida (Fe₂O₃) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur

tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO₂), alkalin (Na₂O dan K₂O), sulfur trioksida (SO₃), pospor oksida (P₂O₅) dan karbon.

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari fly ash adalah tipe batubara, kemurnian batubara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan dan operasi, metoda penyimpanan dan penimbunan (Wardani, 2008). Komposisi kimia dan klasifikasinya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi dan Klasifikasi *FlyAsh*

Komponen	Bituminus	Subbituminus	Lignit
SiO ₂	20-60	40-60	15-45
Al ₂ O ₃	5-35	20-30	20-25
Fe ₂ O ₃	10-40	04-10	4-15
CaO	01-12	5-30	15-40
MgO	0-5	01-6	03-10
SO ₃	0-4	0-2	0-10
Na ₂ O	0-4	0-2	0-6
K ₂ O	0-3	0-4	0-4

(Wardani, 2008)

Klasifikasi berdasarkan kandungan *flyash* yang digunakan untuk campuran sebagai pengganti semen dalam beton diatur dalam ASTM (*American Standard Testing Methods*) nomor C 618 (*Standard Spesification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete*) sebagai berikut :

1. *Flyash* kelas F
 - a. Jenis yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran *anthracite* atau bitumen batubara (*bituminous*).
 - b. Kadar (SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃) > 70 %.
 - c. CaO < 10%, menurut ASTM batasan maksimal adalah 20% dan menurut CSA adalah 8%.

- d. Kadar karbon (C) berkisar antara 5-10%.
 - e. *Flyash* kelas F disebut juga *low-calcium fly ash* yang tidak memiliki sifat *cementitious*.
2. *Fly ash* kelas C
- a. *Flyash* yang mengandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara.
 - b. Kadar $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) > 50\%$.
 - c. Kadar CaO $> 10\%$, ASTM menyatakan 20%, CSA menetapkan 8% - 20% untuk tipe CI dan diatas 20% untuk tipe CH.
 - d. Kadar karbon (C) berkisar antara 5-10%.
 - e. *Flyash* kelas C disebut juga high-calcium fly ash karena kandungan CaO yang cukup tinggi, *flyash* tipe C mempunyai sifat *cementitious* selain itu juga memiliki sifat *pozzolan*. Oleh karena itu jika terkena air atau kelembaban akan berhidrasi dan mengeras dalam waktu sekitar 45 menit.

2.3 Alkali Aktivator

Aktivator merupakan zat atau unsur yang menyebabkan zat atau unsur lain bereaksi. Dalam pembuatan beton geopolimer diperlukan alkali aktivator yang berfungsi mereaksikan kandungan kimia pada *flyash*, sehingga pasta geopolimer dapat mengikat agregat. Aktivator yang umum digunakan adalah Natrium Hidroksida (NaOH) dan Natrium Silikat (Na_2SiO_3) yang berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam *flyash* sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat.

2.4 Pengujian Beton Segar

Beton segar adalah gabungan antara semen agregat (halus dan kasar) dan air yang saling mengikat dan belum mengeras masih bersifat lunak dan dapat membentuk dengan mudah. Kemudahan pekerjaan (*workability*) merupakan tingkat kemudahan adukan beton untuk diaduk, diangkut, dituang dan dipadatkan tanpa mengurangi

homogenitas beton, dan beton tidak terurai (*bleeding*) yang berlebihan untuk mencapai kekuatan yang direncanakan (Tjokrodimulyo, 1996).

2.4.1 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton.

2.4.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000). Persyaratan agregat halus menurut (SNI 03-2834-2000) sebagai berikut :

- a. kadar lumpur (bagian butir sebesar 75 μm atau lolos ayakan no. 200), maksimum sebesar 3% untuk beton yang mengalami abrasi, dan 5% untuk jenis beton lain nya, Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- b. Sifat kekal agregat halus dapat di uji dengan larutan jenuh garam.
- c. Jika dipakai natrium sulfat, maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
- d. Agregat halus harus bersih dari kotoran yang dapat merusak beton.

2.4.3 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm (SNI 03-2834-2000). Persyaratan agregat halus menurut (PBI 1971) sebagai berikut :

- a. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering).

- b. Agregat yang berbutir pipih hanya dapat digunakan apabila jumlahnya tidak melebihi 20% dari berat keseluruhan.
- c. Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak batuan seperti zat yang reaktif terhadap alkali.

2.4.4 *Slump Test*

Slump test adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan konsistensi/kekakuan dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat *workability* nya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan apakah campuran beton kekurangan, kelebihan atau cukup air.

Dalam suatu adukan/campuran beton, kadar air sangat diperhatikan karena menentukan tingkat *workability* nya atau tidak. Campuran beton yang terlalu cair akan menyebabkan adukan tidak merata dan sulit untuk di cetak (SNI 1972-2008). Penetapan nilai *slump* adukan beton dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penerapan Nilai *Slump* Adukan Beton

Pemakaian Beton (Berdasarkan Jenis Struktur yang Dibuat)	Nilai <i>Slump</i> (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, Plat fondasi dan Fondasi telapak bertulang	12,5	5
Fondasi telapak tidak bertulang, Struktur dibawah tanah	9	2,5
Plat, Balok, Kolom, Dinding	15	7,5
Perkerasan jalan	7,5	5
Pembetonan massal (beton massa)	7,5	2,5

(Tjokrodimuljo, 1992)

2.5 Pengujian Beton Keras

Beton keras dapat dikatakan sebagai batuan tiruan dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar atau batu pecah), dan diisi oleh batuan kecil (agregat halus atau pasir), dan pori-pori antara agregat halus diisi oleh semen dan air (pasta semen), yang berfungsi sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan

sehingga butiran-butiran agregat saling terekat dengan kuat sehingga terbentuklah suatu kesatuan yang padat dan tahan lama.

2.5.1 Kuat Tekan Beton

Pengertian kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air. Perbandingan dari air semen, semakin tinggi kekuatan tekannya. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan akan tetapi menurunkan kekuatan (Wang dan Salmon, 1990).

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan beton dengan variasi umur 3 hari, 7 hari, dan 90 hari. Rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya kuat tekan beton dapat dilihat pada Rumus 2.1.

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

dengan :

F_c' = Kuat tekan (MPa)

P = Beban tekan (N)

A = Luas Penampang benda uji (mm^2)

Menurut Dipohusodo (1996), beton akan mempunyai kuat tekan yang tinggi jika tersusun dari bahan lokal yang berkualitas baik. Bahan penyusun beton yang perlu mendapat perhatian adalah agregat, karena agregat mencapai 70-75% volume beton. karena kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, maka hal-hal yang perlu diperhatikan pada agregat adalah permukaan dan bentuk agregat, gradasi agregat dan ukuran maksimum agregat.

2.6 Penelitian Terdahulu

Studi terdahulu sebagai acuan untuk menyusun tugas akhir ini :

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Ginanjari Bagus (2015)	Tinjauan Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Fly ash sebagai Bahan Pengganti Semen	<p>Perbandingan aktivator Untuk beton <i>geopolymer</i> dengan variasi penggunaan agregat dan binder (<i>Fly Ash</i> dan aktivator) adalah 75%:25%, 70%:30%, 65%:35%. Dari penelitian tersebut diperoleh grafik hubungan antara kuat tekan beton <i>geopolymer</i> terhadap perbandingan aktivator, untuk beton <i>geopolymer</i> :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Beton <i>Geopolymer</i> 75:25 kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH} = 5:2$ sebesar 135,407 kg/cm². 2. Beton <i>geopolymer</i> 70 : 30, kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH} = 5:2$ sebesar 141,037 kg/cm². 3. Beton <i>geopolymer</i> 65 : 35, kuat tekan tertinggi dimiliki oleh beton dengan perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{NaOH} = 4:2$ sebesar 98,593 kg/cm².

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Riger Manuahe (2014)	Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>)	Penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan beton terhadap variasi <i>curing time</i> : 4 jam, 8 jam, 12 jam dan 24 jam menggunakan oven. Hasil

<p>Januarti Jaya Ekaputri (2007)</p>	<p>Sifat Mekanik Beton Geopolimer Berbahan Dasar <i>Flyash</i> Jawa Power Paiton sebagai Material Alternatif</p>	<p>penelitian ini menunjukkan grafik hubungan antara kuat tekan beton terhadap <i>curing time</i> dimana semakin lama <i>curing time</i> maka semakin besar kuat tekan rata-rata yang dihasilkan adalah 4 jam sebesar 22,174 MPa, 8 jam sebesar 22,834 MPa, 12 jam sebesar 23,408 Mpa dan 24 jam sebesar 27,462 MPa.</p> <p>Penelitian ini memperkenalkan 20 macam komposisi beton geopolimer yang dapat dibagi menjadi 2 kelompok. Pengelompokan didasarkan pada molaritas larutan Natrium Hidroksida yang digunakan sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Larutan Natrium Hidroksida 8 M dengan perbandingan massa larutan Natrium Silikat terhadap Natrium Hidroksida antara 0,5 sampai 2,5. 2. Larutan Sodium Hidroksida 10 M dengan Sodium Silikat dengan Sodium Hidroksida perbandingan massa antara 0,5 sampai 2,5. <p>Hasil pengujian menunjukkan bahwa beton geopolimer dengan</p>
--	--	--

		<p>komposisi ini memiliki waktu pengerasan yang sangat cepat dibandingkan dengan beton konvensional. Beton ini mencapai kuat tekan maksimum 48,59 MPa dan kuat belah 12,57 MPa pada umur 28 hari.</p>
--	--	---

 itenas library