

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah pembentuk massa padat. Agregat halus yang digunakan berupa pasir alam yang memenuhi sejumlah syarat yaitu kandungan lumpur dan bahan organik, *sieve analyze test*, dan berat jenis agregat. Agregat kasar yang digunakan berupa kerikil atau batu pecah dengan ukuran tertentu yang telah memenuhi persyaratan keausan, berat jenis, dan *sieve test analyze*. Semen yang digunakan bergantung pada jenis konstruksi yang dibangun (SNI 03-2834-2000)

3.2 Material Penyusun Beton

3.2.1 Semen Portland (*Portland Cement*)

Fungsi semen dalam beton adalah sebagai bahan perekat (pengikat). Semen yang digunakan untuk bahan beton adalah semen *portland* (PC) atau semen *portland pozzolan*, berupa semen hidrolis yang berfungsi sebagai perekat bahan susun beton. (Djamaluddin dkk.,2014).

Berdasarkan kegunaan dan jenisnya, semen dibagi menjadi beberapa tipe yaitu (Priambodo, 2016) :

1. Semen *Portland* Tipe I (*Ordinary Portland Cement*), merupakan semen hidrolis yang dipergunakan secara luas untuk konstruksi umum yang tidak

mempunyai persyaratan khusus, antara lain bangunan perumahan, gedung bertingkat, landasan pacu dan jalan raya.

2. Semen *Portland* Tipe II (*Moderate Sulphate Resistance*), merupakan semen dirancang dengan panas hidrasi sedang dan ketahanan terhadap air tanah yang mengandung sulfat antara 0,08%-0,17% atau yang dinyatakan mengandung $\text{SO}_3 \pm 125$ ppm. Semen ini dirancang untuk bangunan di pinggir laut, tanah rawa, dermaga, saluran irigasi, bangunan massa dan bendungan.
3. Semen *Portland* Tipe III (*High Early Strength Cement*), merupakan semen yang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan bangunan yang memerlukan kuat tekan awal yang tinggi setelah proses pengecoran dilakukan. Semen ini digunakan untuk pembuatan jalan raya bebas hambatan, bangunan tingkat tinggi dan bandar udara.
4. Semen *Portland* Tipe IV (*Low Heat of Hydration*), merupakan semen dengan tipe panas hidrasi rendah. Semen ini memperoleh tingkat kuat beton lebih lambat dibandingkan dengan *Portland* tipe I. Semen ini digunakan untuk struktur beton masif seperti dam dengan gravitasi besar, dimana kenaikan temperatur akibat panas yang dihasilkan selama proses *curing* merupakan faktor kritis.
5. Semen *Portland* Tipe V (*High Sulphate Resistance*), merupakan semen yang dirancang untuk tahan terhadap air tanah yang mengandung kadar SO_3 (Sulfat) tinggi yang berkisar antara 0,17 %-1,67% atau 125-250 ppm.

Semen ini dirancang untuk bangunan instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan dan dermaga.

6. *Super Masonry Cement* (SMC), digunakan untuk konstruksi perumahan, gedung, jalan dan irigasi dengan struktur beton maksimum K-225. Semen ini juga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan genteng beton, *hollow brick*, *paving block*, tegel dan bahan bangunan lainnya.
7. *Oil Well Cement. Class G – HSR (High Sulphate Resistance)*, merupakan semen khusus untuk pembuatan sumur minyak bumi dan gas alam dengan konstruksi sumur minyak bawah permukaan laut dan bumi.
8. *Portland Pozzolan Cement*, merupakan bahan pengikat hidrolis yang dibuat dengan menggiling terak, *gypsum* dan bahan *pozzolan*. Digunakan untuk bangunan umum dan bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang seperti jembatan, jalan raya, perumahan, dermaga, beton massa, bendungan, bangunan irigasi dan fondasi pelat.

3.2.2 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).

Menurut SK SNI S-04-1989-F, agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Butirannya tajam dan keras,
2. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Jika di uji dengan larutan garam Na_2SO_4 bagian yang hancur maksimum 12 %, sedangkan dengan larutan garam Mg_2SO_4 ,
3. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5 %,
4. Tidak mengandung zat organik terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan NaOH 3%, yaitu warna cairan diatas endapan agregat halus tidak boleh lebih gelap dari *Gardner Standard Colour*,
5. Modulus halus butir berkisar 1,50 – 3,80, dengan variasi butir sesuai standar gradasi.

3.2.3 *Bottom Ash*

Bottom ash adalah abu sisa pembakaran batubara yang digunakan sebagai bahan bakar generator. Karena massa partikel yang berat, maka abu ini jatuh dan mengendap di dasar cerobong atau *boiler*. Secara visual, penampakan partikel *bottom ash* berwarna hitam gelap, berbentuk bongkahan dengan ukuran partikel yang cenderung besar. Terdapat tiga metode metode pembakaran pada proses penghasilan energi batubara, yaitu *dry-bottom boilers*, *wet-bottom boiler* dan *cyclone furnace*. Apabila batubara dibakar dengan metode *dry-bottom boiler* maka kurang lebih 80 % dihasilkan *fly ash* dan masuk ke dalam corong gas. Jika batubara dibakar dengan metode *wet-bottom boiler* maka sebanyak 50 % abu tertinggal di boiler dan sisanya masuk corong gas. Pada *cyclon furnace*, dimana batubara digunakan sebagai bahan bakar, 70 % - 80 % dari abu tertahan sebagai *boiler slag*

dan hanya 20-30 % meninggalkan pembakaran sebagai *dry ash* pada corong gas (Zacoeb, dkk. 2012)



Gambar 3.1 *Bottom Ash*

Tabel 3.1 Karakteristik *Bottom Ash*

Sifat Fisik	<i>Wet Bottom Ash</i>	<i>Dry Bottom Ash</i>
Bentuk	Angular	Granuler / Berbutir kecil
Warna	Hitam	Abu-abu kecoklatan
Tekstur	Keras, mengkilap	Seperti pasir dengan permukaan berpori (<i>porous</i>)
<i>Specific Gravity</i>	2,1 – 2,7	2,3 – 2,9
<i>Dry Unit Weight</i>	720 – 1600 kg/m ³	960 – 1440 kg/m ³
<i>Absorption</i>	0,8 – 2,0 %	0,3 – 1,1 %
Ukuran (% Lolos Ayakan)	No. 4 : 90 - 97 % No. 8 : 62 - 85 % No. 30 : 4 - 23 % No. 50 : 2 - 12 % No. 100 : 1 - 6 % No. 200 : 0,5 - 4 %	No. 4 : 50 - 90 % No. 8 : 30 - 80 % No. 30 : 10 - 65 % No. 50 : 5 - 56 % No. 100 : 2 - 35 % No. 200 : 1 - 9 %

Sumber : *U.S Department of Transportation FHWA, 2016.*

Gambaran secara detail mengenai sifat dan karakteristik dari *dry-bottom ash* dan *wet-bottom ash (boiler slag)* dipaparkan dalam Tabel 3.1. Kandungan logam oksida yang terkandung dalam *bottom ash* dipaparkan dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Perbandingan Komposisi Kimiawi Bottom Ash (%)

Logam Oksida	(Pradita dkk., 2013)	(Christian dkk., 2016)	Penelitian Ini
<i>SiO₂</i>	74,78	34,39	30,88
<i>Al₂O₃</i>	12,38	10,02	5,63
<i>Mg</i>	0,52	9,7	12,77
<i>Fe</i>	5,43	18,41	0,073
<i>CaO</i>	1,55	21,16	6,203

3.2.4 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi 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).

Menurut SK SNI-04-1989-F agregat kasar yang digunakan sebagai material penyusun beton harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Butir-butirnya keras dan tidak berpori,
2. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Jika di uji dengan larutan garam Na_2SO_4 bagian yang hancur maksimum 12 %, sedangkan dengan larutan garam Mg_2SO_4 ,
3. Tidak mengandung lumpur lebih dari 1 %,
4. Tidak boleh mengandung zat yang reaktif terhadap alkali,
5. Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20 %,
6. Modulus halus butir antara 6 – 7,10 , dengan variasi butir sesuai standar gradasi

7. Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ tebal pelat beton, jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan,

3.3 Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah angka perbandingan antara berat air bebas dan berat semen dalam beton (SNI 03-2834-2000). Fungsi dari Faktor Air Semen yaitu (Sari dkk., 2015)

1. Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan,
2. Memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*).

Peningkatan jumlah air akan meningkatkan *workability* dan pepadatan, tetapi akan mereduksi kekuatan beton, menimbulkan segregasi dan *bleeding*. Faktor air semen juga berhubungan dengan kuat tekan beton, pada bahan beton dalam suatu pengujian, jumlah air semen yang dipakai akan menentukan kuat tekan beton asalkan campuran tersebut cukup plastis dan mudah dikerjakan (Murdock dkk. dalam Sari dkk., 2015).

Semakin tinggi nilai FAS, mengakibatkan penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak berarti kuat tekan beton juga menjadi maksimum. Jika FAS semakin rendah, maka beton akan semakin sulit untuk dipadatkan. Umumnya nilai FAS yang diberikan dalam praktek pembuatan beton minimum 0,4 dan maksimum 0,65 (Tjokrodimulyo dalam Sari dkk., 2015)

3.4 Nilai Slump

Slump adalah salah satu ukuran kekentalan adukan beton dinyatakan dalam mm ditentukan dengan alat kerucut *Abrams* (SNI 03-2834-2000).

3.5 Kuat Desak Beton

Menurut SNI 03-1974-1990 kuat desak beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Pengujian kuat desak beton dilakukan dengan *compression test machine*. Hasil massa beban maksimum akan terbaca dalam satuan ton. Benda uji diletakkan pada bidang tekan mesin secara sentris. Pembebanan dilakukan sampai beton mengalami kehancuran.



Gambar 3.2 Uji Kuat Desak Beton pada Benda Uji Silinder

Persamaan yang digunakan dalam menentukan besaran kuat desak beton adalah sebagai berikut

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad \dots(3.1)$$

Keterangan: f'_c = kuat desak beton (MPa)
 P = beban tekan (N)
 A = luas bidang tekan benda uji silinder (mm²)

3.6 Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas (E_c) atau Modulus Young adalah ukuran kekerasan (*stiffness*) dari suatu bahan tertentu. Modulus ini dalam aplikasi rekayasa didefinisikan sebagai perbandingan tegangan yang bekerja pada sebuah benda dengan regangan yang dihasilkan. Modulus ini adalah suatu angka *limit* untuk regangan-regangan kecil yang terjadi pada bahan yang proporsional dengan penambahan tegangan. Secara eksperimental, modulus ini dapat ditentukan dari perhitungan atau pengukuran kemiringan (*slope*) kurva tegangan-regangan (*stress-strain*) yang dihasilkan dalam uji tekan suatu sampel. (Soleman, 2005)

Perhitungan modulus elastisitas dapat digunakan rumus (Antono, 1993) sebagai berikut

$$E = \frac{f}{\varepsilon} \quad \dots(3.2)$$

Dimana :

$$f = \frac{P}{A} \quad \dots(3.3)$$

dan

$$\varepsilon = \frac{l - l_o}{l} = \frac{\Delta l}{l} \quad \dots(3.4)$$

Keterangan: E = modulus elastisitas beton (MPa)
 f = tegangan (MPa)
 ε = regangan
 l_o = panjang mula-mula (mm)
 l = panjang setelah diberi beban P (mm)
 Δl = perubahan panjang benda uji (mm)