

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Material penyusun beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen dan air. Agregat kasar adalah kerikil dan agregat halus adalah pasir. Campuran tersebut akan dimasukkan kedalam cetakan silinder beton kemudian dibiarkan sampai beton tersebut menjadi keras.

SK SNI T-15(1991) untuk beton normal nilai W_c diantara 1500 s/d 2500 kg/m³, modulus elastisitas beton (E_c) sebesar $4700\sqrt{f'c}$ dan E_s 200.000 Mpa.

3.1.1 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang memiliki ukuran butir maksimum 4,76 mm yang berasal dari alam atau hasil olahan seperti hasil pemecahan batu (SNI 03-6820-2002). Agregat halus harus memenuhi persyaratan yang terdapat dalam SK SNI S-04-1989-F sebagai berikut.

1. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras.
2. Tidak pecah atau hancur akibat pengaruh cuaca.
3. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Jika melebihi maka agregat harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.
4. Tidak mengandung zat organik dalam jumlah banyak.
5. Tidak mengandung pasir laut karena dapat menyebabkan korosi pada tulangan.

6. Saat dilakukan pengujian dengan larutan garam natrium sulfat, agregat tidak boleh hancur melebihi 12% dari berat total. Sedangkan untuk pengujian dengan larutan garam magnesium sulfat, agregat tidak boleh hancur melebihi 18% dari berat total.
7. Memiliki modulus halus butir (MHB) antara 1,50 – 3,80 dengan variasi butir sesuai standar gradasi.

Tabel 3.1 Gradasi Ideal Agregat Halus

Diameter Saringan (mm)	Persen Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
9,5	100	100
4,75	95 – 100	97,5
2,36	80 – 100	90
1,18	50 – 85	67,5
0,6	25 – 60	42,5
0,3	5 – 30	17,5
0,15	0 – 10	5

(Sumber: ASTM C 33/03)

3.1.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang memiliki ukuran 4,75 sampai 40 mm hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu. Agregat kasar harus memenuhi persyaratan yang terdapat dalam *ASTM C 33/03 "Standard Specification for Concrete Aggregates"* sebagai berikut.

1. Tidak mengandung zat yang dapat merusak beton.
2. Tidak pecah atau hancur akibat pengaruh cuaca.
3. Agregat kasar terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori.
4. Tidak mengandung lumpur lebih dari 1%. Jika melebihi maka agregat harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

5. Presentase agregat pipih atau panjang maksimal 20% dari total agregat.
6. Memiliki modulus halus butir (MHB) antara 5 – 8 dengan variasi butir sesuai standar gradasi.

Tabel 3.2 Gradasi Ideal Agregat Kasar

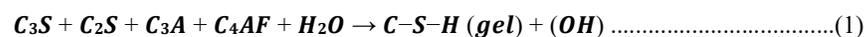
Diameter Saringan (mm)	Persen Lolos (%)	Gradasi Ideal (%)
25,00	100	100
19,00	90 – 100	95
12,50	–	–
9,50	20 – 55	37,5
4,75	0 – 10	5
2,36	0 – 5	2,5

(Sumber: ASTM C 33/03)

3.1.3 Semen Portland

Semen Portland adalah jenis semen yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150 1985, semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling *klinker* yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis dan mengandung berbagai bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama bahan tambahan lainnya.

Semen portland berperan sebagai bahan pengikat utama pada beton, kandungan C_3S (*Tricalcium Silicate*), C_2S (*Dicalcium Silicate*), C_3A (*Tricalcium Aluminat*), C_4AF (*Tetracalcium Alumino Ferit*) bereaksi hidrasi dengan H_2O (air) menghasilkan hasil hidrasi berupa $C-S-H$ berupa gel dan $Ca(OH)_2$ (Kapur) seperti pada persamaan berikut :



Menurut ASTM, semen portland memiliki 5 tipe dengan fungsi yang berbeda, yaitu :

- Tipe I, yaitu untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya. Hanya tipe ini yang harus dipakai jika ingin ditambah additive dan admixture.
- Tipe II, yaitu untuk konstruksi secara umum terutama sekali bila disyaratkan agak tahan terhadap Sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
- Tipe III, yaitu untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- Tipe IV, yaitu untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- Tipe V, yaitu untuk konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap Sulfat.

Pada beton mutu tinggi dengan menggunakan semen tipe I (PPC) cukup memadai dengan dicampur pozzolan untuk alasan durabilitas dari beton, yang penting adalah semen yang memenuhi syarat standart SNI, SII, dan ASTM (Subakti, 2012).

3.2 **Beton Geopolymer**

Beton *geopolymer* merupakan beton yang tidak menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Semen digantikan oleh bahan yang memiliki unsur senyawa silika (*Si*) dan alumina (*Al*). Keunggulan beton *geopolymer* antara lain:

tidak menghasilkan CO_2 , memiliki volume yang stabil karena penyusutan yang terjadi 4/5 kali lebih rendah dari beton konvensional, kuat tekan setelah 4 jam pertama setelah *mixing* dapat mencapai 70% dari kuat tekan akhir, dan dapat bertahan saat terkena suhu tinggi hingga 1200 °C tanpa kehilangan kuat tekan (Li, Z., dkk, 2004).

3.3 **Fly Ash**

Fly ash (abu terbang) adalah salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran dan terdiri dari partikel-partikel halus, biasanya mengacu pada abu yang dihasilkan selama pembakaran batubara. Fungsi *fly ash* pada umumnya adalah membuat beton menjadi lebih kuat, ekonomis, halus, permeabilitas dan kerapatan lebih tinggi melalui reaksi pozzolanik antara zat sisa hidrasi semen ($Ca(OH)_2$) dan unsur pozzolan dari *fly ash* (SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3) membentuk klinker semen yang akan berhidrasi menjadi bahan pengikat gel *CSH*. Untuk *Fly Ash* yang digunakan dalam campuran beton merupakan *Fly Ash* tipe F atau disebut juga ***low-calcium fly ash*** karena *Fly Ash* Tipe F tidak mempunyai sifat cementitious dan hanya bersifat pozzolanic.

Kandungan yang terdapat pada *Fly Ash* Tipe F :

Kadar ($SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$) > 70%.

Kadar CaO < 10% (ASTM 20%, CSA 8%)

Kadar karbon (C) berkisar antara 5% -10%

Kandungan tersebutlah yang dapat meningkatkan kekuatan secara maksimal pada waktu 28 hari.

3.4 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton dalam menahan gaya tekan atau desak per satuan luas. Mutu beton dapat dikategorikan sesuai dengan kemampuan beton tersebut dalam menahan gaya tekan yang diberikan. Berdasarkan kuat tekan, beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis kategori seperti pada tabel 3.4.

Tabel 3.3 Jenis Beton Berdasarkan Kuat Tekan

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton sederhana	Sampai 10 MPa
Beton normal	15 – 30 MPa
Beton pra tegang	30 – 40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	>80 MPa

(Sumber: Tjokrodinuljo, 2007)

Nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan persamaan berikut:

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

Keterangan:

- f_c' = Kuat Tekan Beton (MPa)
- P = Beban Tekan (N)
- A = Luas Penampang Benda Uji (mm²)

Tata cara pengujian yang umum dipakai terdapat dalam SNI 1974:2011.

3.5 Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas adalah *stiffness* atau ukuran kekerasan dari suatu bahan tertentu yang didapat dari perbandingan antara tekanan dan perubahan bentuk per satuan panjang. Menurut Wang dan Salmon, 1986, untuk menentukan modulus elastisitas dapat menggunakan rumus berikut:

$$E_c = \frac{fp}{\epsilon p} \quad (3-2)$$

Keterangan:

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

f_p = Tegangan Beton Proporsional (Mpa)

ϵ_p = Regangan Beton Proporsional

Pada umumnya, modulus sekan pada 25% sampai 50% dari kekuatan tekan f_c' diambil sebagai modulus elastisitas (Wang dan Salmon, 1986).

3.6 Kuat Tarik Belah

Kuat Tarik Belah adalah kekuatan beton dalam menahan gaya tekan pada bidang lateral hingga runtuh atau mencapai kekuatan maksimum. Berdasarkan SNI 2491-2014, nilai kuat tarik belah dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD} \quad (3-3)$$

Keterangan:

f_t = Kuat Tarik Belah (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

L = Panjang Benda Uji (mm)

D = Diameter Benda Uji (mm)

3.7 Kuat Lentur (Modulus of Rupture)

Kuat lentur balok adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang benda uji. Metode pangujian kuat lentur balok dengan dua titik pembebanan diatur dalam SNI 03-4431-2011. Kuat lentur untuk keruntuhan dibagian tengah bentang dapat dihitung dengan rumus:

$$R = \frac{PL}{bd^2} \quad (3-4)$$

Keterangan:

R = Kuat Lentur Beton (MPa)

P = Beban Maksimum (N)

L = Panjang Bentang Balok (mm)

b = Lebar Balok (mm)

d = Tinggi Balok (mm)

3.8 Analisis Kuat Geser Pada Beton Normal

Langkah-langkah dalam menganalisis kuat geser untuk komponen struktur yang menahan gaya geser ditetapkan sebagai berikut (Priyosulistyo, 2005) :

1. Menghitung luasan tulangan sengkang

$$A_s = 0,25 \pi d^2, A_v = 2A_s \dots \dots \dots (3.5)$$

dimana: A_s : luas tulangan (mm^2)
 d : diameter tulangan (mm)
 A_v : luas tulangan sengkang (mm^2)

2. Menghitung kemampuan geser tulangan sengkang (V_s)

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \dots \dots \dots (3.6)$$

dimana : V_s : kuat geser sengkang (N)
 A_v : luas tulangan sengkang (mm^2)
 f_y : kuat tarik tulangan sengkang (MPa)
 d : jarak dari tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
 s : jarak spasi tulangan sengkang yang diperlukan (mm)

3. Menghitung kuat geser ultimit

$$\frac{V_u}{\phi} = V_s + V_c \dots \dots \dots (3.7)$$

dimana : V_u : kuat geser ultimit (N)
 V_s : kuat geser sengkang (N)
 V_c : kuat geser beton (N)
 ϕ : faktor reduksi kekuatan

4. Kuat geser sumbangan beton

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \dots \dots \dots (3.8)$$

Dimana : V_c = Kuat geser sumbangan beton (N)
 f'_c = Kuat tekan beton (N/mm^2)
 b_w = Lebar efektif penampang balok (mm)
 d = Tinggi efektif balok (mm)