

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 membentuk massa padat (SNI 03-2834-2000).

3.2 Beton Normal

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200 – 2500) kg/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah (SNI 03-2834-2000). Menurut Susilorini dan Sambowo, beton normal memiliki kuat tekan beton antara 20 sampai dengan 40 MPa.

3.3 Material Penyusun Beton

3.3.1 Semen Portland (*Portland Cement*)

Semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan.. Semen bila dicampur dengan air akan membentuk adukan yang disebut dengan pasta semen, jika dicampur dengan pasir dan air maka akan membentuk adukan yang disebut dengan mortar, sementara jika ditambah lagi dengan kerikil akan membentuk suatu adukan yang disebut dengan beton. (Wikana dan Wantutrianus, 2014)

Beberapa jenis semen menurut Susilorini dan Sambowo dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Tipe I, adalah semen Portland standar yang digunakan untuk semua bangunan beton yang tidak mengalami perubahan cuaca yang drastis ataupun dibangun dalam lingkungan yang agresif.
- b. Tipe II, adalah semen Portland yang digunakan untuk konstruksi pembetonan massa seperti dam, yang panas hidrasinya tertahan dalam bangunan untuk jangka waktu yang lama. Bila semen yang digunakan adalah semen standar, maka saat proses pendinginan akan timbul tegangan-tegangan akibat perubahan suhu yang dapat mengakibatkan retak-retak pada bangunan. Untuk itu diperlukan semen khusus, yaitu tipe II, yaitu semen yang dapat mengeluarkan panas hidrasi rendah disertai kecepatan penyebaran yang rendah juga. Semen tipe II ini disebut juga dengan Modified Portland Cement yang memiliki ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi.
- c. Tipe III, adalah jenis semen Portland yang cepat mengeras, yang cocok untuk pengecoran beton pada suhu rendah. Pada proses produksi, butiran semen tipe III ini digiling lebih halus untuk mempercepat proses hidrasi, yang diikuti percepatan pengerasan serta percepatan penambahan kekuatan. Kekuatan tekan 3 hari semen tipe III adalah sama dengan kekuatan tekan semen tipe I pada umur 7 hari. Panas hidrasi semen tipe III memiliki panas hidrasi 50% lebih tinggi daripada semen tipe I. Semen ini

memiliki kekuatan awal tinggi dan biasanya digunakan untuk konstruksi jalan.

- d. Tipe IV, adalah jenis semen Portland yang menimbulkan panas hidrasi rendah dengan persentasi maksimum untuk C_2S sebesar 35%, C_3A sebesar 7%, dan C_3S sebesar 40%. Tipe ini tidak lagi banyak diproduksi karena digantikan oleh tipe II.
- e. Tipe V, adalah jenis semen Portland yang bersifat tahan terhadap serangan sulfat dan mengeluarkan panas. Bangunan beton yang didirikan di daerah pasang surut dan besar kemungkinannya terserang serangan sulfat dianjurkan memakai semen tipe V.

3.3.2 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 Susilorini dan Sambowo, persyaratan mutu agregat (gradasi, kadar lumpur, kandungan zat yang merugikan) untuk agregat halus dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (dalam % berat) maksimum untuk beton yang mengalami abrasi sebesar 3.0 dan untuk beton jenis lain sebesar 5.0
- b. Kadar gumpalan tanah liat dan partikel yang mudah dirapikan maksimum sebesar 3.0%.

- c. Kandungan arang dan lignin untuk permukaan beton yang dianggap penting adalah sebesar maksimum 0.5% dan untuk beton jenis lainnya maksimum sebesar 1.0%
- d. Agregat halus harus bebas dari kotoran organik dan bila diuji dengan larutan Na_2SO_4 harus memenuhi standar warna (tidak lebih tua dari warna standar), kecuali:
- i. Warna sedikit lebih tua disertai munculnya sedikit arang, lignin, atau sejenisnya
 - ii. Dilakukan uji kuat tekan mortar antara mortar yang menggunakan agregat tersebut dengan mortar yang menggunakan pasir silika, dan hasil uji menunjukkan bahwa kuat tekan mortar agregat tersebut tidak kurang dari 95% kuat tekan mortar dengan pasir silika
 - iii. Agregat halus tersebut akan digunakan untuk beton yang mengalami lembab terus menerus
 - iv. Dilakukan uji kekekalan dengan larutan garam sulfat; jika dipakai Natrium Sulfat, maka bagian yang hancur maksimum 10%, sedangkan jika memakai larutan Magnesium Sulfat maksimum 15%
- e. Gradasi agregat halus disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Gradasi Agregat Halus

Ukuran Lobang Ayakan (mm)	Persen Lolos Kumulatif (%)
9,50	100
4,75	95-100
2,36	80-100
1,18	50-85
0,60	25-60
0,30	10-30
0,15	2-10

- f. Untuk dapat digunakan sebagai campuran beton, persen lolos kumulatif dari agregat halus tidak boleh melebihi 45%, sedangkan modulus kehalusan agregat halus harus berada dalam kisaran 2,3-3,1

3.3.3 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 Susilorini dan Sambowo, persyaratan mutu agregat (gradasi, kadar lumpur, kandungan zat yang merugikan) untuk agregat kasar dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Agregat kasar yang digunakan untuk beton yang mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat alkalis dalam semen dan kadarnya tidak boleh menyebabkan pemuaihan yang berlebihan dalam mortar atau beton.
- b. Gradasi agregat kasar adalah sesuai dengan Tabel 2 ASTM C33.

- c. Kadar bahan atau partikel yang berpengaruh buruk pada beton disajikan oleh Tabell ASTM C33.
- d. Sifat fisika yang mencakup kekerasan butir diuji dengan mesin Los Angeles dan sifat kekal (soundness) seperti yang ditetapkan Tabel 3 ASTM C33.

3.3.4 Air

Menurut Susilorini dan Sambowo (2011), air sangat berperan dalam campuran beton karena akan berkontribusi dalam reaksi kimia dengan semen. Secara garis besar, persyaratan air yang digunakan dalam campuran betons dapat disampaikan sebagai berikut:

- a. Air yang digunakan dalam campuran beton harus bersih tidak boleh mengandung minyak, asam, alkalim garam-garam, dan zat organik atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton atau baja tulangan.
- b. Air yang dipakai dalam campuran beton pratekan, atau beton dengan logam aluminium yang tertanam di dalamnya, atau beton bertulang biasa, tidak boleh mengandung ion *chlorida*. Kadar ion *chlorida* tidak boleh melebihi 500 mg per liter air. Kadar *chlorida* maksimum terhadap berat semen yang disyaratkan adalah 0,06% untuk beton pratekan, 0,05% untuk beton bertulang yang selamanya berhubungan dengan ion *chlorida*, 1% untuk beton bertulang yang selamanya kering atau terlindung dari basah, dan untuk jenis konstruksi beton bertulang lain adalah sebesar 0,30%.

- c. Air tawar yang tidak memenuhi standar air minum sebaiknya tidak boleh digunakan untuk campuran beton, kecuali:
- i. Pemilihan campuran beton yang akan dipakai berdasarkan kepada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama yang telah menunjukkan bahwa mutu beton yang disyaratkan dapat dipenuhi.
 - ii. Dilakukan uji banding antara mortar yang menggunakan air tersebut dan mortar yang memakai air bersih yang dapat diminum atau air murni (*aquadest*), dengan uji kuat tekan kubus mortar sesuai ASTM C109.
 - iii. Air pada butir ii dapat dipakai sebagai campuran beton jika kuat tekan mortar yang menggunakan air tersebut pada umur 7 hari dan 28 hari adalah sebesar minimum 90% dari kuat tekan mortar dengan air tawar atau air murni.

3.4 Quarry Dust (Abu Batu)

Malik, dkk (2015) menyebutkan bahwa *Quarry Dust* (abu batu) merupakan produk sampingan yang dihasilkan dari proses penghancuran bebatuan. *Quarry Dust* memiliki warna abu-abu dan seperti agregat halus. *Quarry Dust* telah diusulkan untuk menjadi salah satu alternatif pengganti pasir yang memberikan beberapa keuntungan pada beton. *Quarry Dust* digunakan untuk menaikkan kekuatan dari beton melebihi beton yang dibuat dengan jumlah pasir yang sama.

Tabel 3.2. Komposisi Kimiawi *Quarry Dust*
(Malik, dkk, 2015)

Oksida	Persentase (%)
SiO ₂	62,48
Al ₂ O ₃	18,72
Fe ₂ O ₃	6,54
CaO	4,83
MgO	2,56
Na ₂ O	-
K ₂ O	3,18
TiO ₂	1,21

3.5 Limbah Keramik

Wicaksono dan Sudjati (2012) menyatakan bahwa limbah keramik merupakan salah satu contoh limbah yang dihasilkan dari pabrik keramik atau hasil pekerjaan renovasi bangunan. Keramik terbuat dari tanah liat atau lempung yang mengalami proses pengerasan dengan pembakaran pada temperatur tinggi.

3.6 Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah angka perbandingan antara berat air bebas dan berat semen dalam beton (SNI 03-2834-2000).

3.7 Nilai Slump

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

3.8 Kuat tekan beton

Kuat tekan beton menurut Wicaksono dan Sudjati (2012) adalah beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur saat diberikan beban tekan.

Nilai kuat tekan beton diperoleh melalui pengujian standar menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan secara bertahap dengan kecepatan peningkatan beban tertentu sampai terjadi kehancuran benda uji (SK SNI 03-1974-1990). Nilai kuat tekan beton dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

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

keterangan:

$f'c$ = kuat tekan beton (MPa),

P = beban tekan maksimum (N),

A = luas penampang benda uji silinder (mm²).

3.9 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas menurut Pade, dkk (2013) adalah rasio dari tegangan normal tarik atau tekan terhadap regangan. Modulus elastisitas tergantung pada umur beton, sifat-sifat agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji. Sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 digunakan rumus nilai modulus elastisitas beton dengan mempertimbangkan unsur berat isi beton, untuk Wc diantara 1500 dan 2500 kg/m³ rumus yang digunakan adalah:

$$E_c = (Wc)^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f'c} \quad (3 - 2)$$

Sedang untuk beton normal adalah:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} \quad (3 - 3)$$

keterangan:

$f'c$ = kuat tekan beton (MPa),

E_c = modulus elastisitas beton (kg/m³),

Wc = berat beton (kg).

Menurut Sutrisno (2009), rumus lain untuk menghitung modulus elastisitas beton adalah:

$$E_c = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3-4)$$

Dimana:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3-5)$$

dan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (3-6)$$

keterangan:

σ = tegangan beton(MPa),

ε = regangan beton,

ΔL = perubahan panjang akibat beban P (mm),

L = panjang mula-mula (mm).