

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

##### **2.1.1 Pengertian Beton**

Beton didefinisikan sebagai 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). Tetapi belakangan ini definisi beton sudah semakin luas, yaitu beton adalah bahan yang terbuat dari berbagai tipe semen, agregat dan juga bahan *pozzolan*, abu terbang, sulfur dan lain-lain (Neville dan Brooks, 1987). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ( $f'c$ ) pada usia 28 hari. Kecepatan kekuatan beton ini sangat dipengaruhi pada factor air semen (FAS) dan suhu selama perawatan. Salah satu kinerja beton yang sering diperhatikan adalah kuat tekan beton. Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas. (Mulyono, T., 2004).

Fungsi dari masing-masing komponen pada pembuatan beton adalah :

1. Semen sebagai bahan pengikat dengan komposisi didalam beton sebanyak 15-20 % dari volume beton.
2. Air sebagai pereaksi bagi semen agar dapat mengikat agregat. Banyak penggunaan air dibandingkan dengan volume beton berkisar 8-10%.
3. Agregat sebagai bahan pengiri rongga-rongga dalam beton dengan jumlah 60-70 % dari volume beton.
4. Bahan tambah sebagai pemberi/pengubah sifat tertentu pada beton.

Adapun keuntungan dan kerugian dari penggunaan beton diantaranya adalah sebagai berikut :

Keuntungan :

1. Ekonomis (bahan dasar mudah diperoleh dan ditemukan).

2. Mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
3. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan dan kebutuhan.
4. Beton tahan aus dan tahan terbakar api, sehingga perawatannya lebih murah.

Kerugian :

1. Beton tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak.
2. Beton sukar diubah bentuknya bila sudah mengeras.
3. Biaya pembuatannya lebih mahal.
4. Pembuatannya membutuhkan tenaga ahli.

### **2.1.2 Klasifikasi Beton**

Klasifikasi beton dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori yaitu berdasarkan berat jenis, kelas, mutu, tingkat kekerasan, teknik pembuatan, dan berdasarkan tegangan.

- a. Klasifikasi Berdasarkan Berat Jenis Beton (SNI 03-2847-2002)
  - Beton ringan : berat satuan  $\leq 1.900 \text{ kg/m}^3$
  - Beton normal : berat satuan  $2.200 \text{ kg/m}^3 - 2.500 \text{ kg/m}^3$
  - Beton berat : berat satuan  $> 2.500 \text{ kg/m}^3$
- b. Klasifikasi Berdasarkan Tingkat Kekerasan Beton
  - Beton segar : Masih dapat dikerjakan
  - Beton hijau : Beton yang baru saja dituang dan segera harus dipadatkan.
  - Beton muda : 3 hari  $< 28$  hari
  - Beton keras : Umur  $> 28$  hari

## c. Klasifikasi Berdasarkan Mutu Beton

Tabel 2.1 Mutu Beton dan Penggunaan

Jenis Beton	$f_c'$ (Mpa)	$\sigma_{bk}'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Uraian
Mutu Tinggi	35 - 65	K400 – K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, pekat beton, prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	20 - < 35	K250 – < K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar, beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu Rendah	15 - < 20	K175 – < K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10 - < 15	K125 - < K175	Digunakan sebagai lantai kerja penimbunan kembali dengan beton.

(Sumber : Puslitbang Prasarana Transportasi, Divisi 7 -2005)

## d. Klasifikasi Berdasarkan Teknik Pembuatan Beton

- Beton *cast in-situ*, yaitu beton yang dicor di tempat, dengan cetakan atau acuan yang dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur
- Beton *pre-cast*, yaitu beton yang dicor di lokasi pabrikasi khusus, dan kemudian diangkut dan dirangkai untuk dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau gedung atau infrastruktur

e. Klasifikasi Berdasarkan Tegangan Beton (Beton Pra-tegang)

- Beton konvensional, adalah beton normal yang tidak mengalami pemberian tegangan.
- Beton *pre-stressed*, disebut juga metode pra-tarik. Pemberian tegangan dilakukan ketika beton belum dicor dan mengeras.
- Beton *post-tensioned*, disebut juga metode pasca tarik. Pemberian tegangan dilakukan ketika beton sudah mengeras.

### 2.1.3 Syarat-syarat Campuran Beton

Tujuan dari perencanaan campuran beton adalah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus, agregat kasar dan air yang memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Kekuatan Desak : Kekuatan desak yang dicapai pada umur beton 28 hari harus memenuhi persyaratan yang diberikan oleh perencana persyaratan menurut karakteristik umum beton yang direncanakan.
- b. *Workability* : Untuk memenuhi *workability* yang cukup guna pengangkutan, pencetakan dan pemadatan beton sepenuhnya dengan peralatan yang tersedia dalam pengerjaan pembentuk beton yang diinginkan.
- c. *Durability* : Durabilitas atau sifat awet berhubungan dengan kekuatan desak. Semakin besar kekuatan desak maka semakin awet betonnya.
- d. Penyelesaian akhir dari permukaan beton : Kohesi yang kurang baik merupakan salah satu sebab penyelesaian akhir yang kurang baik apabila beton dicetak pada acuan tegak, seperti goresan pasir dan variasi warna dapat juga mendatangkan kesukaran di dalam menambal bidang horizontal menjadi suatu penyelesaian akhir yang harus padat.

## 2.2 Bahan-Bahan Campuran Beton

### 2.2.1 Semen

Semen merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mencampur silika, alumina, dan *oxid* besi), dengan batu

gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis. (Kardiyono,1989)

Komposisi kimia semen portland pada umumnya terdiri dari CaO (*Kalium Oksida*), SiO<sub>2</sub> (*Silikon Dioksida*), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (*Aluminium Oksida*) dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (*Ferrioksida*), yang merupakan oksida dominan. Sedangkan oksida lain yang jumlahnya hanya beberapa persen dari berat semen adalah MgO (*Magnesium Oksida*), SO<sub>3</sub> (*Sulfur Trioksida*), Na<sub>2</sub>O (*Natrium Dioksida*) dan K<sub>2</sub>O (*Kalium Oksida*).

Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu :

a. Semen Non-Hidrolik

Semen non-hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras didalam air akan tetapi dapat mengeras di udara, Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur.

b. Semen Hidrolik

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras didalam air. Contoh semen hidrolik ialah kapur hidrolik, semen pozzolan, semen terak, semen alam, semen portland, semen portland-pozzolan, dan lain-lain.

Tabel 2.2 Jenis-Jenis Semen Portland Menurut ASTM C.150

Jenis Semen	Sifat Pemakaian	Kadar Senyawa (%)				Panas Hidrasi 7 Hari (J/g)
		C <sub>3</sub> S ( <i>Trikalsium Silikat</i> )	C <sub>2</sub> S ( <i>Dikalsium Silikat</i> )	C <sub>3</sub> A ( <i>Trikalsium Alumina</i> )	C <sub>4</sub> AF ( <i>Tetrakalsium Ferrid</i> )	
I	Normal	50	24	11	8	330
II	Modifikasi	42	33	5	13	250
III	Kekuatan Awal Tinggi	60	13	9	8	500
IV	Panas Hidrasi Rendah	26	50	5	12	210
V	Tahan Sulfat	10	40	9	9	220

(Sumber : ASTM C.150-2004)

Menurut SNI 15-2049-2004 semen *Portland* dibedakan menjadi 5 jenis/tipe,yaitu :

- a. Semen *Portland* tipe I, yaitu semen *Portland* untuk penggunaan yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Semen *Portland* tipe II, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Semen *Portland* tipe III, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Semen *Portland* tipe IV, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya membutuhkan kalor hidrasi rendah.
- e. Semen *Portland* tipe V, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Untuk semen melakukan pengujian :

- Berat Jenis Semen
- Konsistensi Semen
- Waktu Ikat Semen

### **2.2.2 Air**

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat, Penggunaan air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut ini, (Tjokrodimulyo,1992) :

- a. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gr/ltr.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik ) lebih dari 15 gr/ltr.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/ltr.

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat

merusak beton, seperti minyak, asam, alkali, garam atau bahan-bahan organik lainnya yang dapat merusak beton atau tulangnya. (Tata Cara Perhitungan Standar Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002).

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia dengan semen untuk pembentukan pada semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata.

Air pada campuran beton akan berpengaruh pada :

- a. Sifat *workability* adukan beton.
- b. Besar kecilnya nilai susut beton.
- c. Kelangsungan reaksi dengan semen portland sehingga menghasilkan kekuatan dalam selang beberapa waktu.
- d. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

### **2.2.3 Agregat**

Agregat merupakan butiran mineral alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton. Agregat menepati 70% volume beton, sehingga sangat berpengaruh terhadap sifat apapun kualitas beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat sesuai dengan SNI 03-1750-1990 tentang Agregat Beton, Mutu dan Cara Uji.

Agregat yang dipakai harus memenuhi syarat-syarat :

- a. kerikil harus berupa butiran keras dan tidak berpori.
- b. Agregat harus bersih dari unsur organik.
- c. Kerikil tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering.
- d. Kerikil mempunyai bentuk yang tajam.

Agregat yang mempunyai butir-butir besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar 4,8 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm. Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan susun beton adalah agregat halus dan agregat kasar.

Untuk agregat melakukan pengujian :

- Analisa Saringan
- Berat Jenis dan Penyerapan
- Kadar Air
- Kadar Lumpur
- Bobot Isi Gembur dan Bobot Isi Padat
- Kekerasan Agregat Kasar

a. Agregat Halus

Agregat halus adalah semua butiran lolos saringan 4,75 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan batuan secara alami, atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu yang disebut abu batu.

Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% serta tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton, kegunaannya adalah untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar dan memberikan kecelean.

Agregat halus yang digunakan didalam adukan beton harus memnuhi syarat sebagai berikut :

1. Pasir halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
2. Butirannya harus bersifat kekal.
3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% berat keringnya.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

Menurut SNI 03-2834-2000 Tentang tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, kekerasan pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar.

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Halus Menurut SNI

Ukuran Saringan	SNI 03-2834-2000			
	Pasir Kasar	Pasir Sedang	Pasir Agak Halus	Pasir Halus
	Gradasi 1	Gradasi 2	Gradasi 3	Gradasi 4
9,6	100-100	100-100	100-100	100-100
4,8	90-100	90-100	92-100	95-100
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

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

#### b. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat dengan ukuran butir minimal 5 mm dan ukuran maksimum 40 mm. Ukuran maksimum dari agregat kasar dalam beton bertulang diatur berdasarkan kebutuhan bahwa yang terdapat diantara batang-batang baja tulangan, syarat- syarat agregat kasar yang akan dicampur sebagai adukan beton adalah sebagai berikut :

1. Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Dari kadar agregat yang lemah bila diuji dengan cara digores menggunakan atang tembaga, maksimum 5%.
2. Agregat kasar terdiri dari butiran pipih dan panjang, hanya bisa dipakai jika jumlah butiran pipih dan panjang tidak melebihi dari 20% berat agregat seluruhnya.
3. Butir-butir agregat harus bersifat kekal (tidak pecah atau hancur) oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, Contohnya zat-zat reaktif dan alkali.
5. Lumpur yang terkandung dalam agregat kasar tidak boleh lebih dari 1% berat agregat kasarnya, apabila lebih dari 1% maka agregat kasar tersebut harus dicuci terlebih dahulu dengan air yang bersih.

Tabel 2.4 Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	%Berat Butir yang Lewat Ayakan		
	Ukuran Maks 10mm	Ukuran Maks 20mm	Ukuran Maks 40mm
76	-	-	100-100
38	-	100-100	95-100
19,6	100-100	95-100	35-70
9,6	50-85	30-60	10-40
4,8	0-10	0-10	0-5

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

#### 2.2.4 Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah dalam beton dapat dibedakan menjadi dua (Mulyono, 2005) yaitu sebagai berikut :

##### a. Bahan Tambah Mineral (*Additive*)

Pemberian bahan tambah ini bertujuan untuk memperbaiki kinerja beton. Contoh bahan tambah adalah abu terbang batu bara (*fly ash*), *slag* dan *slica fume*.

##### b. Bahan Tambah Kimia (*Chemical Admixture*)

Bahan tambah kimia bertujuan mengubah beberapa sifat beton. Adapun macam-macam bahan tambah kimia, yaitu :

##### 1. Tipe A (*Water Reducing Admixture*)

*Water reducing admixture* adalah bahan yang mengurangi air percampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu.

##### 2. Tipe B (*Retarding Admixture*)

*Retarding admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikat beton. Misalnya karena kondisi cuaca panas dimana tingkat kehilangan sifat pengerjaan beton sangat tinggi.

##### 3. Tipe C (*Accelerating Admixture*)

*Accelerating admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.

4. Tipe D (*water reducing and retarding admixture*)

*Water reducing and retarding admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air yang diperlukan campuran beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal.

5. Tipe E (*water reducing and accelerating admixture*)

*Water reducing and accelerating admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

6. Tipe F (*water reducing high range admixture*)

*Water reducing high range admixture* adalah bahan tambah berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk 17 menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih. Bahan tambah ini adalah *superplasticizer*, Dosis yang disarankan adalah sekitar 1-2% dari berat semen. Dosis yang berlebihan akan menyebabkan menurunnya kuat tekan beton.

7. Tipe G (*water reducing high range retarding admixture*)

*Water reducing high range retarding admixture* adalah bahan tambah berfungsi untuk mengurangi air pencampuran yang digunakan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan *superplasticizer* dengan penundaan waktu pengikatan.

### **2.2.5 PET (*Polietilena Tereftalat*)**

*Polietilena tereftalat* (disingkat PET, PETE atau dulu PETP, PET-P) adalah suatu resin polimer plastik termoplast dari kelompok poliester. PET banyak diproduksi dalam industri kimia dan digunakan dalam serat sintesis, botol minuman dan wadah makanan, aplikasi *thermoforming*, dan dikombinasikan dengan serat kaca dalam resin teknik.

Bahan dasar dari semua jenis plastik pembungkus adalah senyawa etilen yang berasal dari gas alam atau minyak mentah. Sehingga biasanya untuk skala komersialisasi, terdapat dua proses yang bisa dilakukan untuk memproduksi PET yaitu produksi dengan bahan *ethylene glycol* (EG) dengan *dimethyl terephthalate* (DMT) dan produksi dengan bahan *ethylene glycol* (EG) dengan *terephthalic acid* (TPA). DMT dan TPA merupakan kelompok asam dan EG (*ethanediol*) adalah alkohol. Proses utama yang terjadi dalam polimerisasi PET adalah proses kondensasi, dimana molekul bereaksi dan mempunyai produk samping berupa air. Proses tersebut diawali dengan pemanasan TPA/DMT dan EG bersama sehingga terbentuk monomer *bis-hydroxyethyl-terephthalate* (BHET).

Kebanyakan (sekitar 60%) dari produksi PET dunia digunakan dalam serat sintetis, dan produksi botol mencapai 30% dari permintaan dunia. Dalam penggunaannya di bidang tekstil, PET biasanya disebut dengan *poliester* saja. Produk yang biasa menggunakan jenis plastik PETE atau PET yaitu cup air mineral dan minuman botol.

## 2.3 Pengujian

### 2.3.1 Slump Test

Menurut SNI 03-1972-1990 Slump beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*) atau plastisitas dan kohesif dari beton segar. *Workability* beton segar pada umumnya diasosiasikan dengan :

- a. Homogenitas atau kerataan campuran adukan beton segar (*homogeneity*).
- b. Kelekatan adukan pasta semen (*cohesiveness*).
- c. Kemampuan alir beton segar (*Flowability*).
- d. Kemampuan beton segar mempertahankan kerataan dan kelekatan jika dipindah dengan alat angkut (*mobilty*).
- e. Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*plasticity*).

Tabel 2.5 Penetapan Nilai Slump Adukan Beton

Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat)	Nilai Slump (cm)	
	Maks	Min
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak betulang	12,5	5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur bawah tanah	9	2,5
Pelat, balok, kolom, dinding	15	7,5
Perkerasan jalan	7,5	5
Pembetonan masal (beton massa)	7,5	2,5

(Sumber : Tjokrodimuljo,2007)

### 2.3.2 Kuat Tekan Beton

Kekuatan beton merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas (Tri Mulyono, 2005). Kekuatan tekan beton dapat mencapai  $1000 \text{ kg/cm}^2$  atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan.

Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar  $200 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $500 \text{ kg/cm}^2$ . Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran  $15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ . Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan (*compression testing machine*) sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat tekan beton yang dinyatakan dalam Mpa atau  $\text{kg/cm}^2$ .

Menurut SNI 03-6468-2000, untuk mencapai kuat tekan yang disyaratkan untuk menentukan proporsi campuran beton kekuatan tinggi dapat dipilih untuk umur 28 hari atau 56 hari. Campuran harus diproporsikan sedemikian rupa sehingga kuat tekan rata-rata dari hasil pengujian di lapangan lebih tinggi dari pada kuat tekan yang disyaratkan  $f_c'$ .

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

$\sigma$  = kuat tekan beton (N/mm<sup>2</sup>)

$P$  = beban maksimum (N)

$A$  = luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)