

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

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

Beton adalah campuran antara semen *Portland* atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI-03-2847-2002). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kuat tekan rencana ( $f_c'$ ) pada usia 28 hari. Beton dibentuk oleh pengerasan campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar (batu pecah atau kerikil), udara dan kadang-kadang campuran tambahan lainnya. Campuran yang masih plastis ini dicor kedalam perancah dan dirawat untuk mempercepat reaksi hidrasi campuran semen dan air, yang menyebabkan pengerasan beton. Bahan yang terbentuk ini mempunyai kuat tekan yang tinggi dan ketahanan terhadap tarik rendah (Nawy, 1990:3-4).

Kekuatan beton ditentukan oleh peraturan dari perbandingan air, agregat kasar dan agregat halus serta berbagai jenis campuran. Perbandingan air terhadap semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton. Suatu jumlah tertentu, air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi didalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pengerjaan akan tetapi menurunkan kekuatan, suatu ukuran dari pengerjaan beton ini diperoleh dengan percobaan *slump*. Secara umum kelebihan dan kekurangan beton sebagai berikut.

Kelebihan beton antara lain :

- a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
- b. Mampu memikul beban berat, memikul beban aksial
- c. Tahan terhadap temperatur tinggi dan biaya pemeliharaan yang kecil.

Kekurangan beton antara lain :

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah dan masa yang berat
- b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- c. Kekuatan tariknya rendah meskipun kekuatan tekannya besar.

### 2.1.2 Syarat-syarat Campuran Beton

Tujuan dari perencanaan campuran beton adalah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus, agregat kasar dan air yang memenuhi persyaratan 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 pembentukan 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.

### 2.1.3 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 03-2834-2000)
  - 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 dituangkan 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, pelat 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 gedung.
- 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.

## 2.2 Material Penyusun Beton

Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya (Nawy, 1985:8). Sehingga untuk memahami dan mempelajari perilaku beton ini, sangat diperlukan pengetahuan tentang karakteristik masing-masing komponen pembentuknya. Bahan pembentuk beton terdiri dari campuran agregat halus dan agregat kasar dengan air dan semen sebagai pengikatnya.

### 2.2.1 Semen

Semen adalah zat yang digunakan untuk merekatkan batu bata, batako, maupun bahan bangunan lainnya yang bersifat pengeras dengan bahan bangunan lainnya. Semen berfungsi untuk mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butiran agregat.

Semen yang biasa digunakan adalah semen portland yaitu semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikati hidrolik dan bahan tambahan berbentuk kalsium sulfat. Bahan baku semen berupa kapur, tanah liat, pasir besi dan pasir silika serta gypsum.

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

- a. Semen *Portland* tipe I, yaitu semen *Portland* untuk penggunaan umum 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.

### 2.2.2 Agregat

Pada beton biasanya terdapat sekitar 70% sampai 80% volume agregat terhadap volume keseluruhan beton, karena itu agregat mempunyai peranan yang penting dalam propertis suatu beton (Mindess et al., 2003).

Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, rapat dan variasi dalam perilaku (Nawy, 1998). Terdapat dua jenis agregat yaitu :

#### 1. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm (SNI 03-2834-2000). Sebagai bahan pencampur beton dan untuk menghasilkan mutu beton yang baik, maka pasir minimal harus memenuhi syarat-syarat diantaranya :

- a. Terdiri dari butiran yang tajam keras dan kekal,
- b. Tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak,
- c. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% berat kering, dan
- d. Harus berasal dari gradasi baik (*well graded*) yaitu diatas ayakan 4 mm minimal terdapat 2% berat total, diatas ayakan 1 mm minimal terdapat 10% berat total, dan sisa diatas ayakan 0,25 mm berkisar antara 80% – 95% berat total.

Adapun gradasi agregat halus dan harus memenuhi persyaratan pada tabel 2.2 dan tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2.2 Gradasi Agregat Halus Menurut *British Standard (BS)*

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 - 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 : Tri Mulyono, 2005)

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Syarat Nilai Batas
Analisa Saringan	ASTM C 40, SNI 2816:2014	FM = 2.30 s/d 3.10
Berat Jenis SSD	ASTM C 136, SNI 1968:2010	Min. 2.4
Penyerapan	ASTM C 128, SNI 1970:2008	Max. 4%
Berat Volume	ASTM C 29, SNI 03-4804-1998	Min. 1200 kg/m <sup>3</sup>
Kadar Air	ASTM C 566, SNI 1971:2011	Tidak bersyarat
Kadar Lumpur Kering	ASTM C 117, SNI 03-4141-1996	3% (Beton terabrasi) 5% (beton tidak terabrasi)

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

## 2. 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). Ketentuan mengenai agregat kasar antara lain :

- Harus terdiri dari butir - butir yang keras dan tidak berpori.
- Butir – butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- Tidak boleh mengandung zat – zat yang dapat merusak beton, seperti zat – zat yang relatif alkali.

- d. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci.

Adapun gradasi agregat kasar dan harus memenuhi persyaratan pada tabel 2.4 dan tabel 2.5 dibawah ini :

Tabel 2.4 Gradasi Agregat Kasar Menurut SNI

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

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Tabel 2.5 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Metode Pengujian	Syarat Nilai Batas
Analisa Saringan		
Agregat Kasar 10-20	ASTM C 136, SNI 1968:2010	FM = 7.25 - 7.90
Agregat Kasar 10-25	ASTM C 136, SNI 1968:2010	FM = 7.60 - 8.60
Agregat Kasar 5-10	ASTM C 136, SNI 1968:2010	FM = 6.10 - 6.70
Berat Jenis SSD	ASTM C 127, SNI 1969:2008	Min. 2.4
Penyerapan	ASTM C 127, SNI 1969:2008	Max. 4%
Berat Volume	ASTM C 29, SNI 03-4804-1998	Min. 1200 kg/m <sup>3</sup>
Kadar Air	ASTM C 566, SNI 1971:2011	Tidak bersyarat
Kadar Lumpur Kering	ASTM C 131, SNI 03-4142-1996	Max. 1%

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

### 2.2.3 Air

Air yang dapat diminum dapat digunakan untuk adukan beton akan tetapi air yang dapat digunakan untuk adukan beton tidak berarti dapat diminum. Ada

batasan minimum kandungan zat kimia dalam air adukan yang terdapat dalam air dengan batasan tingkat konsentrasi tertentu yang dapat digunakan bagi adukan beton.

### 2.3 Limbah Beton

Limbah beton adalah benda uji (sampel) yang telah dilakukan pengetesan terhadap kuat tekan beton dan akan pecah apabila telah melebihi batas kuat tekan rencana. Limbah beton berupa benda uji atau sampel harian yang memiliki mutu beton K600 ini yang diperoleh dari pabrik *precast* tepatnya di PT. Waskita Beton Precast, Tbk.

Pembuangan limbah tersebut memerlukan biaya dan tempat pembuangan. Pembuangan limbah padat seperti ini pada dasarnya dapat mengurangi kesuburan tanah. Tentu saja volume yang semakin besar ini akan menjadi beban bagi lingkungan apabila tidak ada rencana sejak awal dan tindakan untuk mengelola secara baik.

Limbah benda uji memiliki berbagai kondisi ukuran. Umumnya benda uji sisa pengujian akan berbentuk bongkahan besar dari benda uji silinder berukuran 4 cm sampai 20 cm. Oleh karena itu penggunaan limbah benda uji sebagai agregat perlu melalui proses pemecahan sesuai dengan gradasi yang diinginkan.

### 2.4 Slump Test

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

- 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 (*mobility*).
- e. Mengindikasikan apakah beton segar masih dalam kondisi plastis (*plasticity*).

Tabel 2.6 Penetapan Nilai *Slump* Adukan Beton

Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat)	Nilai <i>Slump</i> (cm)	
	Maks	Min
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak betulang	12,5	5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaisan, 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 : Tjokrodinuljo, 2007)

## 2.5 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas (Mulyono, 2004).

Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder ataupun kubus pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum. Beban maksimum didapat dari pengujian dengan menggunakan alat *compression testing machine*. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton, yaitu:

### 1. Sifat agregat

Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. Adapun sifat-sifat agregat yang perlu diperhatikan seperti, serapan air, kadar air agregat, berat jenis, gradasi agregat, modulus halus butir, kekekalan agregat, kekasaran dan kekerasan agregat.

### 2. Proporsi semen dan jenis semen yang digunakan

Berhubungan dengan perbandingan jumlah semen yang digunakan saat pembuatan *mix design* dan jenis semen yang digunakan berdasarkan peruntukkan beton yang akan dibuat. Penentuan jenis semen yang digunakan mengacu pada tempat dimana struktur bangunan yang

menggunakan material beton tersebut dibuat, serta pada kebutuhan perencanaan apakah pada saat proses pengecoran membutuhkan kekuatan awal yang tinggi atau normal.

Pengujian nilai kuat tekan beton dilakukan di laboratorium dengan menggunakan benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Rumus untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan dilaboratorium sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{P}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

keterangan :

$f_c'$  = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban tekan (N)

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

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Penelitian-penelitian tersebut antara lain:

Menurut Bobi Saputra, Ishak dan Selpa Dewi (2021), dalam penelitiannya merencanakan beton normal kuat tekan  $f_c'20,75$  MPa menggunakan limbah beton sebagai substitusi agregat kasar sebagai substitusi agregat kasar menggunakan semen PCC. Porsi penggunaan agregat kasar sebesar 10%, 20%, dan 30% dengan umur uji 7, 14, 21, dan 28 hari. Kuat tekan yang diperoleh dengan persentase 10% sebesar 13,0 MPa, persentase 20% sebesar 12,83 MPa, dan persentase 30% sebesar 12,27 MPa.

Menurut Soelarso, Baehaki, dan Sidik (2016), dalam penelitiannya merencanakan beton normal kuat tekan 25 Mpa menggunakan limbah beton sebagai pengganti dan bahan substitusi agregat kasar menggunakan semen PPC. Porsi penggunaan agregat kasar sebesar 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan umur uji 7, 14, 21, dan 28 hari. Kuat tekan yang diperoleh dengan presentase 25% yaitu

12,7 Mpa , presentase 50% sebesar 11,2 MPa, presentase 75% sebesar 11,6 MPa, dan 100% sebesar 10,8 MPa.

Menurut Mulyati (2014), dalam penelitiannya melakukan pengujian beton dengan memanfaatkan limbah beton sebagai substitusi agregat kasar dan agregat halus dengan presentase 50% sampai 80% dan menggunakan semen PCC. Kuat tekan tertinggi didapat dengan penggunaan 60% agregat kasar limbah beton umur 28 hari yaitu 24,82 MPa dan 80% Agregat Halus limbah beton umur 28 hari sebesar 25,82 MPa.

Menurut Sian, Tjondro, dan Sidauruk (2013), dalam penelitiannya melakukan penelitian beton menggunakan limbah beton pecahan silinder dari laboratorium dengan presentase 0%,50%, dan 100% menghasilkan kuat tekan aktual yang hampir sama. Variasi 50% menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 22,7 MPa dan variasi 100% sebesar 28,4 MPa.

Yang membedakan dari penelitian ini dengan penelitian terdahulu yaitu: jenis limbah yang digunakan, kadar persentase setiap variabel dan metode pengujian benda uji beton.