

## BAB III

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 3.1 Beton

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari medium campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambahan lain dengan perbandingan tertentu. Beton merupakan komposit, secara kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. (Tjokrodimulyo,1992).

Agar dihasilkan kuat tekan beton yang sesuai dengan rencana diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah masing-masing bahan penyusun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogen dengan kekentalan tertentu agar tidak terjadi segregasi. Selain perbandingan bahan penyusunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat tekan beton yang dihasilkan. Syarat-syarat yang penting pada pembuatan beton adalah:

1. Beton segar harus dapat dikerjakan atau dituang.
2. Beton yang dikerjakan harus cukup kuat untuk menahan beban dari yang telah direncanakan.
3. Beton tersebut harus dapat dibuat secara ekonomis.

Semen dan air dalam adukan beton membuat pasta yang disebut pasta semen. Adapun pasta semen ini selain berfungsi untuk mengisi pori-pori antara

butiran agregat halus dan agregat kasar juga mempunyai fungsi sebagai pengikat sehingga terbentuk suatu massa yang kompak dan kuat.

Ruang yang tidak ditempati oleh butiran semen, merupakan rongga yang berisi udara dan air yang saling berhubungan yang disebut kapiler. Kapiler yang terbentuk akan tetap tinggal ketika beton sudah mengeras, sehingga beton akan mempunyai sifat tembus air yang besar, akibatnya kekuatan beton berkurang. Rongga ini dapat dikurangi dengan bahan tambahan meskipun penambahan ini akan menambah biaya pembuatan beton. Bahan tambahan ini merupakan bahan khusus yang ditambah dalam campuran beton sebagai pengisi dan pada umumnya berupa bahan kimia organik dan bubuk mineral aktif.

**Tabel 3.1**  
**Klasifikasi Beton**

Jenis Beton	$\sigma_c$ (MPa)	Uraian
Mutu Tinggi	35 - 65	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	$20 \leq 35$	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, beton bertulang, bangunan.
Mutu Rendah	$15 \leq 20$	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan.
	$10 \leq 15$	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

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

### 3.2 Karakteristik Beton

Ditinjau dari segi kuat tekan, beton dapat diklasifikasikan sebagai berikut (SNI 03-6468-2000, ACI 318, ACI 363R-92):

1. Beton mutu rendah (*low strength concrete*) dengan kuat tekan ( $f_c'$ ) kurang dari 20 MPa.

2. Beton mutu sedang (*medium strength concrete*) dengan kuat tekan ( $f_c'$ ) antara 21 MPa sampai 40 MPa.
3. Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) dengan kuat tekan ( $f_c'$ ) lebih dari 41 MPa

Untuk mendapatkan mutu yang tinggi dan umur pakai yang panjang, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu :

1. Kualitas agregat kasar dan agregat halus
2. Perbandingan air dan semen ( $w/c$ ).
3. *Quality control*.
4. Bahan tambahan (aditif).

### **3.3 Bahan-bahan Penyusun Beton**

Kuat tekan beton sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat bahan-bahan penyusunnya. Penggunaan bahan penyusun beton dengan mutu yang baik, akan menghasilkan beton dengan mutu yang baik pula.

#### **3.3.1 Semen Portland**

Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pembuatan beton. Menurut ASTM C 150 - 92 *Standard Specification for Portland Cement*, semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling *klinker* yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik. Umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Semen dalam pengertian umum adalah bahan yang bersifat adhesif dan kohesif serta memiliki kemampuan untuk mengikat partikel-partikel zat padat menjadi suatu massa yang padat dan tahan lama (Duggal, 2000). Semen diperoleh

melalui proses pembakaran batu gamping dan *argillaceous* (mengandung alumina) seperti tanah liat dengan perbandingan tertentu. Batu gamping adalah bahan alam yang mengandung senyawa Calcium Oksida (CaO), sedangkan lempung/tanah liat adalah tanah yang mengandung senyawa : Silika Oksida (SiO<sub>2</sub>), Aluminium Oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Besi Oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan Magnesium Oksida (MgO). Bahan-bahan tersebut dicampur dan dibakar dengan suhu 1400°C - 1500°C sehingga menjadi *klinker*, lalu didinginkan dan dihaluskan sampai menjadi bubuk. Kemudian ditambahkan gips atau kalsium sulfat (CaSO<sub>4</sub>) dalam jumlah kira-kira 2–4 % persen sebagai bahan pengontrol pada saat pengikatan. Kadang ditambahkan pula bahan tambahan lain untuk membentuk semen khusus misalnya kalsium klorida untuk menghasilkan produk semen yang cepat mengeras.

Tabel 3.2  
Presentase Kadar Semen Portland (Neville 1995)

No.	Oksida	Persentase (%)
1	Kapur (CaO)	60 - 65
2	Silika (Si O <sub>2</sub> )	17 - 25
3	Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3 - 8
4	Besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,5 - 6
5	Magnesia (MgO)	0,5 - 4
6	Sulfur (SO <sub>3</sub> )	1 - 2
7	Soda / Portash (Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O)	0,5 - 1

Pembakaran tersebut membentuk senyawa-senyawa baru seperti pada tabel berikut :

Tabel 3.3  
Senyawa Pembentuk Semen Portland (Neville 1995)

Nama Kimia	Rumus Kimia	Nama
<i>Tricalcium silicate</i>	3CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S
<i>Dicalcium silicate</i>	2CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S
<i>Tricalcium aluminate</i>	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A
<i>Tetracalcium aluminoferrite</i>	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> AF

ASTM membagi semen portland menjadi lima jenis yaitu :

1. Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus;
2. Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang moderat;
3. Tipe III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi pada usia dini;
4. Tipe IV, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah;
5. Tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

### **3.3.2 Agregat (Neville 1995)**

Komponen penyusun beton yang terbesar dan yang terpenting adalah agregat, karena agregat mengisi hampir 75% dari volume total beton. Kualitas dari agregat sangat penting karena akan berpengaruh terhadap kuat tekan beton dan keawetan struktur. Agregat dibedakan menjadi 2 yaitu agregat halus (pasir) dan agregat kasar (split batuan). Agregat halus adalah agregat berukuran tidak lebih dari 5 mm atau 3/16 in. Agregat kasar adalah agregat berukuran lebih dari 5 mm. Menurut ASTM, agregat halus adalah agregat yang berukuran lebih kecil dari 4,75 mm (lolos saringan no. 4) tetapi lebih besar dari 0,75 mm (tertahan saringan no. 200), sedangkan agregat kasar adalah agregat yang berukuran lebih besar dari 4,75 mm.

Dalam pemilihan agregat terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan untuk mencampurkan beton, antara lain :

1. Berat Isi Padat

Berat jenis agregat adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Karena butiran agregat umumnya mengandung butiran pori-pori yang ada dalam butiran tertutup/tidak saling berhubungan, maka berat jenis agregat dibedakan menjadi dua istilah yaitu, berat jenis mutlak, jika volume benda padatnya tanpa pori dan berat jenis semu, jika volume benda padatnya termasuk pori-pori tertutupnya.

2. Absorpsi

Absorpsi adalah kemampuan agregat untuk menyerap air hingga mencapai keadaan penuh air. Absorpsi berpengaruh terhadap banyaknya air bebas yang dibutuhkan dalam campuran, oleh karena itu perlu diadakan uji absorpsi pada agregat untuk mengetahui kebutuhan air seimbang pada sebuah campuran.

3. Berat Jenis Relatif (specific gravity)

Berat jenis agregat adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Karena butiran agregat umumnya mengandung butiran pori-pori yang ada dalam butiran tertutup/tidak saling berhubungan, maka berat jenis agregat dibedakan menjadi dua istilah yaitu, berat jenis mutlak, jika volume benda padatnya tanpa pori dan berat jenis semu, jika volume benda padatnya termasuk pori-pori tertutupnya.

#### 4. Kadar Air

Uji kadar air bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara berat air terhadap berat kering butir pasir. Kadar air yang sudah diketahui dapat digunakan untuk memperkirakan penggunaan air dalam suatu campuran sehingga kadar air total campuran tersebut tidak kekurangan atau kelebihan. Keadaan jenuh kering permukaan (Saturated Surface Dry) digunakan sebagai keadaan dasar dalam perhitungan. Cara untuk menentukan kadar air salah satunya adalah dengan mencari kehilangan berat agregat akibat pemanasan dalam oven dengan temperatur 105°C selama 24 jam.

#### 3.3.3 Air (Neville 1995)

Air adalah bahan campuran beton yang berfungsi untuk menghidrasi semen. Air dapat mempengaruhi waktu pengikatan (*setting time*), penyusutan (*drying shrinkage*), keawetan (*durability*). Jumlah air yang diberikan dalam adukan beton harus tepat. Perbandingan berat air dan semen dalam satu adukan beton disebut *water cement ratio*. Beton bermutu tinggi biasanya menggunakan nilai *water cement ratio* berkisar 0.2 hingga 0.5.

Nilai *water cement ratio* pada beton mutu tinggi biasanya kecil, dan itu membuat adukan beton menjadi sangat kental. Hal ini menyebabkan proses pengerjaan beton menjadi lebih sulit untuk dilakukan. Kekentalan dari beton tersebut biasa dinyatakan dengan *slump*.

### 3.4 Kuat Tekan Beton

Kuat Tekan Beton yang disyaratkan  $f_c'$  adalah kuat tekan beton karakteristik yang ditetapkan oleh perencana struktur digunakan dalam *Mega Pascal* atau MPa (SK SNI-T-14-1991-03). Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan *Compression Test Machine* dengan cara memberikan beban tekan bertahap dengan kecepatan peningkatan beban tertentu kepada benda uji silinder beton sampai mengalami keruntuhan/hancur. Tata cara pengujian yang dipakai adalah standar SNI (Standar Nasional Indonesia), SNI 03-1974-1990. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton antara lain faktor perbandingan air – semen (w/c), umur beton, jenis dan jumlah semen, dan sifat agregat. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh kuat tekan tertinggi yang dicapai oleh benda uji pada umur 28 hari.

Penentuan  $f_c$  menggunakan persamaan :

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

Dimana :  $f_c$  = Kuat tekan beton (MPa)

P = beban pada beton (N)

A = luas penampang rata-rata (mm<sup>2</sup>)

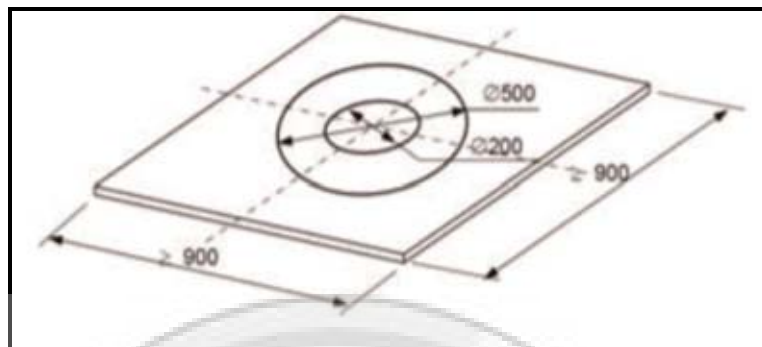
### 3.5 Pengujian *Self Compacting Concrete* (SCC)

Kekentalan campuran beton segar dapat dikatakan sebagai beton SCC apabila beton dapat mengalir dan mengisi keseluruhan bagian cetakan melalui beratnya sendiri. Metoda tes pengukuran kekentalan untuk beton SCC menggunakan *slump flow test*.

*Slump flow test* dapat dipakai untuk menentukan *filling ability* baik di laboratorium maupun di lapangan. Dengan memakai alat ini dapat diperoleh kondisi



*workability* beton berdasarkan kemampuan penyebaran beton segar yang dinyatakan dengan besaran diameter yaitu antara 20 – 50 cm.



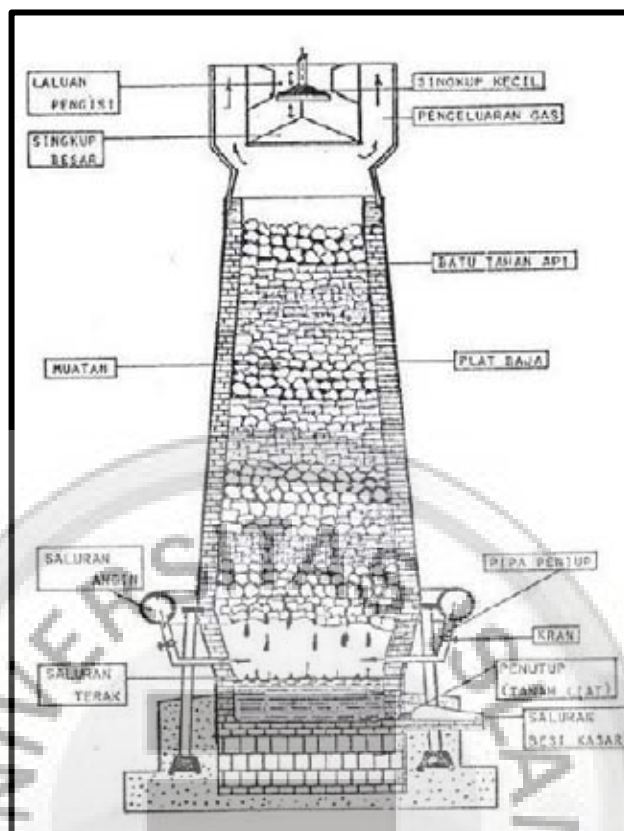
Sumber : Standar Nasional Indonesia

**Gambar 3.1**  
**Slump Flow Test**

### 3.6 *Blast Furnace*

*Blast furnace* (tungku sembur) adalah tungku metalurgi yang digunakan dalam peleburan untuk memproduksi logam, umumnya besi. Dalam tungku sembur, bahan bakar, bijih besi, dan kapur dipasok melalui bagian atas tungku, sementara udara yang ditiupkan ke bagian bawah tungku. Reaksi kimia berlangsung sepanjang tungku, sebagian bahan bergerak ke bawah pada bagian tungku. Produk dari tungku sembur biasanya berupa logam cair dan terak, dan gas buang yang keluar dari bagian atas tungku.

Tungku sembur atau *blast furnace* mempunyai bentuk dua buah kerucut yang berdiri menjadi satu di atas yang lain pada alasnya. Di bagian atas adalah tungkunya yang melebar ke bawah, sehingga muatannya dengan mudah meluncur ke bawah dan tidak terjadi hambatan. Bagian bawah melebar ke atas dengan tujuan agar muatannya tetap berada di bagian ini. Tungku sembur atau *blast furnace* terbuat dari susunan batu tahan api yang diberi selubung plat baja untuk memperkokoh konstruksinya. Tungku ini diisi dari atas dengan alat pengisi dengan cara memasukkan kokas, bahan tambahan (batu kapur) dan bijih besi.



Gambar 3.2  
Blast Furnace

### 3.7 Ketahanan Terhadap Kebakaran

Kebakaran adalah penyebab utama hancurnya struktur bangunan dan hilangnya umur bangunan. Sifat beton terhadap perubahan temperatur akibat kebakaran tidak menyebabkan perubahan mendadak, seragam dan mungkin berbahaya pada sifat keseluruhan bangunan. Pada awalnya beton mengembang, tetapi kehilangan ikatan yang progresif pada pasta semen yang menyebabkan pengembangan termal dari agregat.

Kebakaran adalah sebuah proses kimia, yaitu oksidasi dari suatu material organik. Material organik adalah material yang mengandung unsur karbon pada susunan molekulnya. Oksidasi dari material organik ini akan menghasilkan unsur karbon, hidrogen, belerang serta cahaya dan panas. Peningkatan temperatur pada

saat terjadi kebakaran menyebabkan perubahan pada sifat material dari sebuah struktur. Perubahan sifat ini dapat digunakan untuk memperkirakan temperatur pada saat terjadi kebakaran.

### 3.7.1 Pengaruh Temperatur Tinggi Terhadap Beton

Peningkatan temperatur akibat kebakaran menyebabkan material beton mengalami perubahan sifat. Suhu yang dapat dicapai pada suatu ruangan gedung yang terbakar adalah  $\pm 1000^{\circ}\text{C}$  dengan lama kebakaran umumnya lebih dari 1 jam. Kebanyakan beton struktural dapat digolongkan ke dalam tiga jenis agregat : karbonat, silikat, dan agregat berbobot ringan. Agregat karbonat meliputi batu kapur dan dolomit dan dimasukkan dalam satu golongan karena kedua zat ini mengalami perubahan susunan kimia pada suhu antara  $700^{\circ}\text{C}$  sampai  $980^{\circ}\text{C}$ . Agregat silikat yang meliputi granit, kuarsit, batu pasir, tidak mengalami perubahan kimia pada suhu yang biasa dijumpai dalam kebakaran (Norman Ray, 2009).

Beton yang dibakar hingga suhu di atas  $800^{\circ}\text{C}$ , mengalami degradasi berupa pengurangan kekuatan yang cukup signifikan yang mungkin tidak akan kembali lagi (recovery) setelah proses pendinginan. Besarnya kehilangan kekuatan dan dapat atau tidaknya kekuatan material kembali seperti semula ditentukan oleh jenis material yang digunakan, tingkat keparahan (suhu) pada kebakaran dan lama kebakaran.

Tingginya tingkat keparahan (suhu) dan lamanya waktu pembakaran menyebabkan berkurangnya kekuatan tekan suatu material beton.

Agregat berbobot ringan bisa diproduksi dengan mengekspansi batu karang, batu tulis, tanah liat, terak atau batu apung atau terjadi alami. Batu tulis, tanah liat dan karang yang diekspansi dipanaskan pada suhu  $1040^{\circ}\text{C}$  sampai  $1100^{\circ}\text{C}$  selama pembuatan. Pada suhu ini agregat tersebut menjadi cair, sehingga agregat

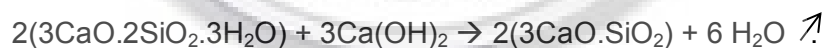
berbobot ringan yang berada dekat permukaan beton akan mulai melunak setelah terbakar selama sekitar 4 jam. Dalam kenyataannya pengaruh pelunakan ini umumnya kecil (Ray, Norman., 2009).

Fenomena yang dapat dilihat pada beton yang terkena beban panas (kebakaran) yang ekstrim adalah terjadinya *sloughing off* (pengelupasan), retak rambut dan retak lebar serta perubahan warna beton. Dari pengamatan secara visual dapat diperkirakan suhu yang pernah dialami oleh beton.

Pengaruh temperatur tinggi terhadap beton dapat mengakibatkan perubahan, antara lain (Nugraha, P., 2007) :

1. Pada suhu 100°C → air kapiler menguap.
2. Pada suhu 200°C → air yang terserap di dalam agregat menguap. Penguapan menyebabkan penyusutan pasta.
3. Pada suhu 400°C → pasta semen yang sudah terhidrasi terurai kembali sehingga kekuatan beton mulai berkurang.  $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \uparrow$

Beton membutuhkan air agar semen dan agregat terhidrasi dengan baik. Pada saat pembakaran beton terdehidrasi dan ikatan antar agregat penyusunnya pun rusak. Reaksi yang terjadi pada saat semen portland ter dehidrasi :



### 3.8 Uji Kuat Tekan *Uniaxial*

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Pengujian ini menggunakan mesin tekan (*compression machine*) untuk menekan satu sampel beton yang berbentuk silinder, balok atau prisma dari satu arah (*uniaxial*). Penyebaran tegangan di dalam sampel beton secara teoritis adalah

searah dengan gaya yang dikenakan pada sampel tersebut. Tetapi dalam kenyataan arah tegangan tidak searah dengan gaya yang dikenakan pada sampel tersebut karena ada pengaruh dari plat penekan mesin tekan yang menghimpit sampel sehingga bentuk pecahan tidak berbentuk bidang pecah yang searah dengan gaya melainkan berbentuk "cone".

Nilai kuat tekan beton diperlukan untuk mengetahui kekuatan maksimum dari beton tersebut untuk menahan tekanan atau beban hingga mengalami keruntuhan dan dinyatakan dalam satuan MPa. Nilai kuat tekan beton bisa digunakan untuk memperkirakan kekuatan besarnya beban yang akan ditempatkan diatas sebuah pondasi beton tanpa mengakibatkan pondasi tersebut rusak. Hasil dari pengujian ini dapat digunakan untuk mengetahui atau merencanakan dimensi suatu pondasi yang aman dan kuat terhadap beban yang dipikulnya, sehingga dalam suatu perencanaan bisa digunakan sebagai batasan tegangan maksimum yang diijinkan.

Besarnya beban sumbu maksimum per satuan luas yang dapat dipikul oleh benda uji hingga terjadi keruntuhan dan dinyatakan dalam satuan MPa.