

## BAB III LANDASAN TEORI

### A. Umum

Beton di dapat dari campuran semen Portland, air dan agregat pada perbandingan tertentu. Sifat-sifat beton tergantung pada sifat-sifat bahan penyusunnya, cara pengadukan, penuangan, pemadatan dan perawatan beton selama pengerasannya. Sejalan dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan masyarakat, di upayakan oleh para ahli untuk meningkatkan sifat-sifat beton antara lain:

1. Kemudahan dikerjakan (*workability*)

Sifat ini merupakan ukuran dari tingkat kemudahan adukan untuk di aduk, diangkut, dituang/dicetak, dan dipadatkan. Sifat ini sangat tergantung pada sifat bahan, perbandingan campuran, dan cara pengadukan serta jumlah seluruh air bebas.

2. Sifat Tahan lama (*Durability*)

Sifat ini merupakan sifat di mana beton tahan terhadap pengaruh luar dalam pemakaian. Sifat tahan lama pada beton dapat di bedakan dalam beberapa hal, antara lain sebagai berikut:

- a. Tahan terhadap pengaruh cuaca,
- b. Tahan terhadap zat kimia,
- c. Tahan terhadap erosi.

3. Sifat Kedap Air.

Beton mempunyai kecendrungan mempunyai rongga-rongga yang diakibatkan oleh adanya gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan selesai. Ada beberapa faktor lain yang mempengaruhi sifat kedap air pada beton, antara lain:

- a. Mutu dan *porositas* (ruang kosong) agregat.
- b. Umur beton. Pada campuran basah penurunan daya serap air lebih besar daripada campuran kering.
- c. *Gradasi*. *Gradasi* harus di pilih sedemikian agar beton dapat mudah dikerjakan dengan baik dengan jumlah air yang minimal.

- d. Perawatan. Perawatan beton merupakan faktor yang sangat penting untuk mendapatkan beton yang kedap air.

## B. Bahan Penyusun Beton

Beton adalah suatu elemen struktur yang memiliki karakteristik yang terdiri dari beberapa bahan penyusun sebagai berikut :

### 1. Semen Portland.

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan pembantu (Tjokrodimuljo, 2007).

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Komposisi semen dalam beton berkisar 10% namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat, maka peranan semen menjadi penting (Mulyono, 2004).

Karena beton terbuat dari agregat yang di ikat bersama pasta semen yang mengeras maka kualitas semen sangat mempengaruhi kualitas beton. Pasta semen adalah *lem*, yang bila semakin tebal tentu semakin kuat. Namun ketika terlalu tebal juga tidak menjamin lekatan yang baik (Paul Nugraha & Antoni, 2007). Menurut (Tjokrodimuljo, 2007), sifat-sifat semen portland dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sifat fisik dan sifat kimia.

#### a. Sifat fisik semen portland.

##### 1) Kehalusan butiran

Butiran semen yang halus akan menjadi kuat dan menghasilkan panas hidrasi yang lebih cepat dibandingkan butiran semen yang lebih kasar. Semen dengan butiran halus dapat meningkatkan kohesi pada beton segar (*fresh concrete*) dan dapat mengurangi *bleeding*, akan tetapi hal ini dapat menambah penyusutan beton lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut.

##### 2) Waktu ikatan

Waktu ikatan adalah waktu yang dibutuhkan semen untuk mengeras, mulai dari bereaksi dengan air (membentuk gel) dan menjadi kaku untuk menahan

tekanan. Waktu dari saat pencampuran semen dan air sampai saat kehilangan sifat keplastisannya disebut waktu ikatan awal (*initial time*), sedangkan waktu antara terbentuknya pasta semen hingga menjadi beton yang mengeras disebut waktu ikatan akhir (*final setting time*). Pada semen portland biasa, waktu ikatan awal tidak boleh kurang dari 1 jam dan waktu ikatan akhir tidak boleh lebih dari 8 jam. Waktu ikatan awal diperlukan untuk memberikan peluang pembuat beton untuk mengerjakan proses pembuatan beton.

3) Panas hidrasi.

Panas hidrasi adalah silikat dan aluminat pada semen yang bereaksi dengan air sampai menjadi bahan perekat yang memadat dan membentuk massa yang keras. Waktu berlangsungnya proses hidrasi dihitung sampai proses hidrasi sempurna pada temperatur tertentu.

4) Berat jenis.

Berat jenis semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah  $3,15 \text{ Mg/m}^3$ . Berat jenis bukan merupakan petunjuk kualitas semen, nilai ini hanya digunakan dalam hitungan perbandingan campuran saja.

b. Sifat kimia semen portland.

1) Kesegaran semen

Pemeriksaan kesegaran semen dilakukan dengan cara mengambil satu gram semen dan diletakkan dalam platina pada temperatur  $900-1000^\circ\text{C}$  selama 15 menit. Dalam keadaan normal, akan terjadi kehilangan berat sekitar 2% dan untuk batas maksimumnya yaitu 4%. Kehilangan berat semen ini merupakan ukuran dari kesegaran semen.

2) Sifat yang tak larut (*Insoluble Residue*)

Sisa bahan yang tidak habis bereaksi dengan air adalah sisa bahan yang tidak aktif yang terdapat pada semen. Jumlah maksimum sisa tak larut yang diizinkan adalah 0,85%.

Bahan-bahan dasar semen portland terdiri dari bahan-bahan yang mengandung unsur kimia sebagaimana tercantum pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Susunan unsur semen portland

Unsur	Komposisi (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO <sub>2</sub> )	17 – 25
Alumina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3 – 8
Besi (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO <sub>3</sub> )	1 – 2
Soda/potash (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)	0,5 – 1

Sumber : Tjokrodimuljo, 2007

Secara garis besar, ada 4 senyawa kimia penting yang menyusun semen portland yaitu sebagai berikut :

- a. Trikalsium silikat (C<sub>3</sub>S) atau 3CaO.SiO<sub>2</sub>
- b. Dikalsium silikat (C<sub>2</sub>S) atau 2CaO.SiO<sub>2</sub>
- c. Trikalsium aluminat (C<sub>3</sub>A) atau 3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- d. Tetrakalsium aluminoforit (C<sub>4</sub>AF) atau 4CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Dua unsur yang pertama (C<sub>3</sub>S dan C<sub>2</sub>S) biasanya terdapat 70%-80% dari semen, sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat pada semen.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland dibagi menjadi 5 jenis (Tjokrodimuljo, 2007) yaitu sebagai berikut :

a. Jenis I

Semen portland untuk konstruksi umum, yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

b. Jenis II

Semen portland untuk konstruksi yang agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.

c. Jenis III

Semen portland untuk konstruksi dengan syarat kekuatan awal tinggi.

d. Jenis IV

Semen portland untuk konstruksi dengan syarat panas hidrasi yang rendah.

e. Jenis V

Semen portland untuk konstruksi dengan syarat sangat tahan terhadap sulfat.

2. Air

Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Air harus selalu ada dalam beton cair, tidak saja untuk hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi suatu pasta sehingga betonnya lecah (*workable*).

Jumlah air yang terkait dalam beton dengan faktor air-semen 0,65 adalah sekitar 20% dari berat semen pada umur 4 minggu. Di hitung dari komposisi mineral semen, jumlah air yang di perlukan untuk hidrasi secara teoritis adalah 35% - 37% dari berat semen (Paul Nugraha & Antoni, 2007)

Air untuk campuran beton minimal yang memenuhi persyaratan air minum, akan tetapi bukan berarti air untuk campuran beton harus memenuhi standar persyaratan air minum. Penggunaan air sebagai bahan campuran beton sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 2007) :

- a. Air harus bersih
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gram/liter.
- d. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- e. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

3. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton. Walau hanya bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton (Tjokrodimuljo, 2007).

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan didasarkan pada ukuran butirnya. Agregat yang mempunyai ukuran berbutir besar disebut agregat kasar dan agregat yang berbutir halus disebut

agregat halus. Dalam pelaksanaannya di lapangan umumnya agregat dikelompokkan menjadi 3 kelompok (Tjokrodimuljo, 2007), yaitu sebagai berikut :

- a. Batu, untuk ukuran butiran lebih dari 40 mm.
- b. Kerikil, untuk ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm.
- c. Pasir, untuk ukuran butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.

Untuk mendapatkan beton yang baik, diperlukan agregat berkualitas baik pula. Menurut Tjokrodimuljo (2007), agregat yang baik harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Butir-butirnya tajam dan keras
- b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
- c. Tidak mengandung lumpur lebih dari 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar.
- d. Tidak mengandung zat organis dan zat-zat reaktif terhadap alkali.

Dari jenisnya agregat dibedakan menjadi 2 yaitu agregat alami dan agregat buatan (pecahan). Pada penelitian yang dilaksanakan, digunakan 2 macam agregat, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

a. Agregat halus

Agregat halus adalah agregat yang ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75 mm atau saringan No. 4 (SNI 1970:2008). Menurut Tjokrodimuljo (2007) agregat halus (pasir) adalah batuan yang mempunyai ukuran butiran antara 0,15 mm – 5 mm. Agregat halus dapat diperoleh dari dalam tanah, dasar sungai atau dari tepi laut. Oleh karena itu pasir dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu pasir galian, pasir sungai dan pasir laut. Agregat halus (pasir) dapat dibagi menjadi empat jenis menurut gradasinya sebagaimana tercantum pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Batas-batas gradasi agregat halus

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Kasar	Agak kasar	Agak halus	Halus
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 : Tjokrodimuljo, 2007

#### b. Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm (Saringan No.4) (SNI 1969:2008).

Sedangkan menurut Tjokrodimuljo (2007) agregat kasar dibedakan menjadi 3 berdasarkan berat jenisnya, yaitu sebagai berikut :

##### 1) Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5 – 2,7 gr/cm<sup>3</sup>. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basalt, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan memiliki berat jenis sekitar 2,3 gr/cm<sup>3</sup> dan biasa disebut dengan beton normal.

##### 2) Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8 gr/cm<sup>3</sup>, misalnya magnetik (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), barytes (BaSO<sub>4</sub>) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis yang tinggi yaitu sampai dengan 5 gr/cm<sup>3</sup>, yang biasa digunakan sebagai dinding pelindung atau perisai radiasi sinar X.

##### 3) Agregat ringan

Agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari 2,0 gr/cm<sup>3</sup> misalnya tanah bakar (*bloated clay*), abu terbang (*fly ash*), busa terak tanur tinggi (*foamed blast furnace slag*). Agregat ini biasa digunakan untuk beton ringan yang biasanya dipakai untuk elemen non struktural.

#### 4. Bahan Tambah

Bahan tambah adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Pemberian bahan tambah pada adukan beton bertujuan untuk memperlambat waktu pengikatan, mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak pengerasan, mengurangi panas hidrasi, menambah kekedapan, menambah keawetan (Tjokrodimuljo, 2007).

Bahan tambah ialah bahan selain unsur pokok pada beton (air, semen dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera, atau selama pengadukan beton yang bertujuan untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Proses kerja bahan tambah dalam beton akan memberikan pengaruh dispersi (penyebaran, penolakan, pembubaran) pada butir pasta semen sehingga antara butiran saling tolak menolak yang disebabkan oleh pemberian muatan negatif dalam jangka waktu tertentu yang memungkinkan air dengan bebas memobilisir material lainnya, dengan demikian adukan beton menjadi lebih mudah dikerjakan.

Fungsi-fungsi bahan tambah antara lain :

- a. Mempercepat pengerasan.
- b. Menambah kelecakan (*workability*) beton segar.
- c. Menambah kuat tekan beton.
- d. Meningkatkan daktilitas atau mengurangi sifat getas beton.
- e. Mengurangi retak-retak pengerasan, dan lain-lain.

Bahan tambah diberikan dalam jumlah yang sedikit dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton (Tjokrodimuljo, 2007).

Menurut (Tjokrodimuljo, 2007), bahan tambah dibedakan menjadi 3 golongan, yaitu :

- a. Bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) untuk beton ialah bahan tambah (bukan bahan pokok) yang dicampurkan pada adukan beton, untuk memperoleh sifat-sifat khusus dalam pengerjaan adukan, waktu pengikatan, waktu pengerasan, dan maksud-maksud lainnya (Spesifikasi



Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam, SK SNI S-04-1989-F).

- b. Pozolan (*pozzolana*) merupakan bahan tambah yang berasal dari alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan aluminat yang reaktif. Pozolan sendiri tidak mempunyai sifat semen, tetapi dalam keadaan halus bereaksi dengan kapur bebas dan air menjadi satu massa padat yang tidak larut dalam air. Pozolan dapat ditambahkan pada campuran adukan beton atau mortar (sampai batas tertentu dapat menggantikan semen), untuk memperbaiki kelecakan (*workability*), membuat beton menjadi lebih kedap air (mengurangi permeabilitas) dan menambah ketahanan beton atau mortar terhadap serangan bahan kimia yang bersifat agresif. Penambahan pozolan juga dapat meningkatkan kuat tekan beton karena adanya reaksi pengikatan kapur bebas ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) oleh silikat atau aluminat menjadi *tobermorite* ( $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ). Pozolan yang saat ini telah banyak diteliti dan digunakan antara lain *silica fume*, *fly ash*, tras alam dan abu sekam padi (*Rich husk ash*).
- c. Serat (*fibre*) merupakan bahan tambah yang berupa asbestos, gelas / kaca, plastik, baja atau serat tumbuh-tumbuhan (rami, ijuk). Penambahan serat ini dimaksudkan untuk meningkatkan kuat tarik, menambah ketahanan terhadap retak, meningkatkan daktilitas dan ketahanan beton terhadap beban kejut (*impact load*) sehingga dapat meningkatkan keawetan/durabilitas beton, misalnya pada perkerasan jalan raya atau lapangan udara, *spillway* serta pada bagian struktur beton yang tipis untuk mencegah timbulnya keretakan.

Dalam penelitian ini di gunakan bahan tambah kimia yaitu *sodium silicate*. Reaksi hidrasi semen akan menghasilkan  $\text{Ca(OH)}_2$  dalam jumlah banyak,  $\text{Ca(OH)}_2$  dapat merusak agregat yg ada di sekitarnya sehingga akan terbentuk banyak rongga. *sodium silicate* akan bereaksi dengan  $\text{Ca(OH)}_2$  akan menghasilkan *calcium silicate Hidrate* (C-S-H) dan NaOH. adapun reaksi nya seperti di bawah ini:



C-S-H ini merupakan sumber kekuatan mortar. Dengan tambahan C-S-H dari reaksi tersebut maka kekuatan beton akan bertambah sehingga akan mengurangi retak pada beton. sedangkan NaOH dapat membersihkan beton dari kotoran-kotoran dan menutup rongga sehingga dapat mencegah kebocoran pada beton. (ground zero treatment, <http://www.primeshop.com/gztech.htm>).

### C. Kuat Tekan Beton

Beton baik dalam menahan tegangan tekan daripada jenis tegangan yang lain, dan umumnya pada perencanaan struktur beton memanfaatkan sifat ini. Karenanya kekuatan tekan dari beton dianggap sifat yang paling penting dalam banyak kasus. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton ada 4, yaitu material masing-masing, cara pembuatan, cara perawatan, dan kondisi tes (Paul Nugraha & Antoni, 2007).

Menurut Tjokrodimuljo (2007) kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu sebagai berikut :

1. Umur beton

Kuat tekan beton bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksud umur disini adalah umur beton dihitung sejak beton dicetak. Kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat dan lama-lama laju kenaikan itu akan semakin melambat.

2. Faktor air semen

Faktor air semen adalah perbandingan berat antara air dan semen didalam campuran adukan beton.

3. Kepadatan

Kekuatan beton akan berkurang jika kepadatan beton kurang. Beton yang kurang padat berarti berongga sehingga kuat tekannya berkurang.

4. Jumlah pasta semen

Jumlah pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat. Jika pasta semen sedikit maka tidak cukup untuk mengisi pori-pori antar butir agregat dan tidak seluruh permukaan butir agregat terselimuti oleh pasta semen, sehingga rekatan antar butir kurang kuat dan berakibat kuat tekan beton menjadi rendah. Akan tetapi jumlah pasta semen juga tidak boleh terlalu banyak karena

kuat tekan pasta semen lebih rendah dibandingkan dengan agregat, maka jika terlalu banyak pasta semen kuat tekan beton akan menjadi rendah.

#### 5. Jenis semen

Semen portland untuk pembuatan beton terdiri dari beberapa jenis, masing-masing jenis semen portland mempunyai sifat tertentu, sehingga mempengaruhi pula terhadap kuat tekan beton.

#### 6. Sifat agregat

Jika agregat yang dipakai mempunyai kuat tekan yang rendah maka akan diperoleh kuat tekan beton yang rendah pula, hal ini disebabkan karena sekitar 70% volume beton terisi oleh agregat.

Menurut Asroni (2010) kuat tekan silinder beton dapat dihitung dengan Persamaan 3.1.

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan:  $f'c$  = Kuat tekan silinder beton (MPa)  
 $P$  = Beban maksimum (N)  
 $A$  = Luas penampang benda uji ( $\text{mm}^2$ )

Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi beberapa jenis sebagaimana terdapat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Jenis beton menurut kuat tekan

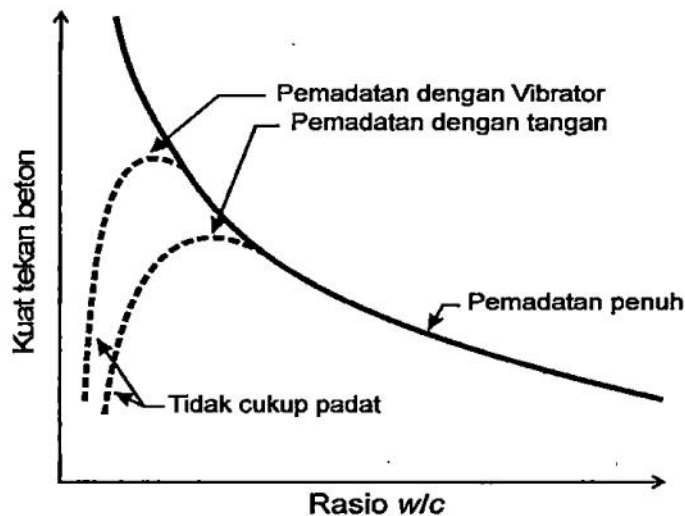
Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton Sederhana ( <i>plain concrete</i> )	0 – 10
Beton Normal	10 – 30
Beton pra-tegang	30 – 40
Beton tinggi	40 – 80
Beton sangat tinggi	> 80

Sumber : Tjokrodinuljo, 2007

#### D. Faktor Air Semen (FAS)

Secara umum sudah diketahui bahwa semakin tinggi nilai fas, maka semakin rendah nilai kuat tekan beton yang didapatkan. Dan jika nilai fas semakin kecil, maka nilai kuat tekan beton yang didapatkan akan semakin tinggi seperti yang terlihat pada Gambar 3.1. Idealnya semakin rendah fas kekuatan beton semakin tinggi, akan tetapi

karena kesulitan pemadatan maka di bawah fas tertentu (sekitar 0,30) kekuatan beton menjadi lebih rendah, karena betonnya kurang padat akibat kesulitan pemadatan. Untuk mengatasi kesulitan pemadatan dapat digunakan alat getar (*vibrator*) atau dengan bahan kimia tambahan (*chemical admixture*) yang bersifat menambah kemudahan pengerjaan (Tjokrodimuljo, 2007).



Gambar 3.1 Hubungan antara kuat tekan dan fas (w/c) (Tjokrodimuljo, 2007).

Air yang terlalu banyak akan menempati ruang dimana pada waktu beton sudah mengeras dan terjadi penguapan, ruang itu akan menjadi pori (Paul Nugraha & Antoni, 2007).

Hubungan antara fas dan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan persamaan Abrams yaitu (Tjokrodimuljo, 2007) :

$$f_c = \frac{A}{B^x} \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan :       $f_c$     = Kuat tekan silinder beton  
                   $A, B$    = Konstanta  
                   $X$      = FAS (faktor air semen)

### E. Nilai *Slump*

Nilai *slump* digunakan untuk pengukuran terhadap tingkat kelecakan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (*workability*). Semakin besar nilai *slump* maka beton semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan. Sebaliknya, semakin kecil nilai *slump*, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit untuk dikerjakan. Penetapan nilai *slump* untuk berbagai pengerjaan beton dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Penetapan nilai *slump* adukan beton

Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat)	Nilai <i>Slump</i> (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, plat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan stuktur di bawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Perkerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal (beton massa)	7,5	2,5

Sumber : Tjokrodimuljo, 2007

### F. Umur Beton

Menurut Tjokrodimuljo (2007), kuat tekan beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksud umur disini adalah dihitung sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu akan semakin lambat dan laju kenaikan itu akan menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari. Secara umum kekuatan beton tidak naik lagi setelah berumur 28 hari. Sebagai standar kuat tekan beton (jika tidak disebutkan umur secara khusus) adalah kuat tekan beton pada umur 28 hari.

Laju kenaikan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis semen portland, suhu sekeliling beton, faktor air-semen dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton. Hubungan antara umur dan kuat tekan beton dapat dilihat dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.5 Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen portland biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

Sumber : PBI 1971, NI-2, dalam Tjokrodimuljo, 2007

### G. Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton merupakan suatu hal yang kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya, karena bahan penyusun tersebut akan menyebabkan variasi dari produk beton yang dihasilkan. Perancangan campuran beton dimaksudkan untuk menghasilkan suatu proporsi campuran bahan yang optimal dengan kekuatan yang maksimum (Mulyono, 2004).

Menurut Tjokrodimuljo (2007), perancangan adukan beton bertujuan untuk mendapatkan beton yang baik sesuai dengan bahan dasar yang tersedia. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan campuran beton adalah sebagai berikut :

1. Kuat tekan sesuai yang disyaratkan
2. Mudah dikerjakan (*workability*)
3. Awet
4. Ekonomis

Untuk menghasilkan campuran beton yang diinginkan, diperlukan agregat yang baik mutunya. Proses pencampuran agregat halus dan agregat kasar harus dilakukan dengan benar dan tepat, sehingga diperoleh beton dengan mutu yang tinggi.

Dalam perancangan campuran beton (*Mix Design*) ini menggunakan SK SNI : 03-2847-2002 (Tjokrodimuljo, 2007). Langkah-langkah pokok cara perancangan campuran beton (*Mix Design*) menurut standar ini yaitu :

1. Menghitung nilai deviasi standar (S),
2. Menghitung nilai tambah atau margin (m),
3. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f_c'$ ) pada umur tertentu,
4. Menetapkan kuat tekan rata-rata ( $f_{cr}$ ),
5. Menetapkan jenis semen portland,
6. Menetapkan jenis agregat,
7. Menetapkan nilai faktor air semen,

8. Menetapkan nilai *slump*,
9. Menetapkan besar butir agregat maksimum,
10. Menetapkan air yang diperlukan per meter kubik beton,
11. Menghitung berat semen yang diperlukan,
12. Menetapkan jenis agregat halus,
13. Menetapkan proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran,
14. Menghitung berat jenis campuran,
15. Memperkirakan berat beton,
16. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran,
17. Menghitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah 13 dan 16.
18. Menghitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah 13 dan 16.

#### H. Perawatan Beton

Perawatan beton (*curing*) dilakukan setelah beton mencapai *final setting*, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan ini dilakukan minimal selama 7 hari dan untuk beton berkekuatan awal tinggi minimal 3 hari serta harus dipertahankan dalam kondisi lembab.

Jumlah air didalam beton cair sebetulnya sudah lebih dari cukup (sekitar 12 liter per sak semen) untuk menyelesaikan reaksi hidrasi. Namun sebagian air hilang karena menguap sehingga hidrasi selanjutnya terganggu. Karena hidrasi cepat pada hari-hari pertama, perawatan paling penting adalah pada umur mudanya. Kehilangan air yang cepat juga mengakibatkan beton menyusut, terjadi tegangan tarik pada beton yang sedang mengering sehingga dapat menimbulkan retak. Beton yang di rawat selama 7 hari akan lebih kuat sekitar 50% daripada yang tidak dirawat. Jadi perawatan perlu untuk mengisi pori-pori kapiler dengan air, karena hidrasi terjadi di dalamnya (Paul Nugraha & Antoni, 2007).

Menurut Paul Nugraha & Antoni, 2007 ada 3 jenis metode perawatan beton, yaitu:

1. Cara terus member air.

Dengan menggenangi, membuat empang, menyemprot, memasang *springkle*, memberi kabut air atau penutup yang basah.

2. Cara mencegah hilangnya air dari permukaan.

Dengan lapisan tipis, dari pelastik atau kertas tak tembus air, atau memberan kimia tanpa tambahan air merupakan perlindungan agar air di dalam tidak menguap keluar. Harus segera di pasang setelah beton cukup keras.

3. Cara mempercepat di capainya kekuatan dengan memberi panas dan kelengasan.

Dengan uap air, coil pemanas atau bekisting yang di panaskan secara elektris. Bila temperature di naikkan maka proses hidrasi akan berlangsung lebih cepat sehingga didapat kekuatan awal yang tinggi. Sepintas kelihatannya controversial, mengingat bahaya nya pengecoran dalam keadaan panas. Karna itu perlu diingat bahwa panas kita berikan dengan uap air sehingga beton tetap dalam keadaan jenuh air.