

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

Beton adalah benda padat yang terbuat dari campuran agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambah (*admixture*) dengan pasta yang terbuat dari semen dan air. Kekuatan konstruksi beton dipengaruhi oleh kualitas semen, jenis material yang digunakan, ikatan antar material, pemadatan serta perawatannya.

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Proses pengerasan pada beton terjadi karena adanya reaksi kimiawi antara air dengan semen yang terus berlangsung dari waktu ke waktu. Penambahan umur beton akan membuat beton semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana ( $f_c'$ ) pada usia 28 hari (SNI-03-2847-2002).

Beton adalah suatu elemen struktur yang terdiri dari partikel-partikel agregat yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen Portland dan air. Pasta itu mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel agregat dan setelah beton segar dicorkan, ia akan mengeras sebagai akibat dari reaksi-reaksi kimia eksotermis antara semen dan air membentuk suatu bahan struktur yang padat dan dapat tahan lama (Saifullah et al., 2013).

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji silinder adalah tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi ( $f_c$ ) yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan. (Dipohusodo : 1996).

Kelemahan beton sebagai bahan konstruksi adalah kuat lentur yang rendah dan sifatnya yang getas, karena itu beton membutuhkan solusi lain untuk menahan kuat lentur yang terjadi. Pada beberapa negara maju seperti Amerika dan Inggris, telah dikembangkan konsep perbaikan kelemahan sifat beton tersebut dengan menambahkan serat (*fiber*) pada adukan beton. Konsep dasarnya adalah untuk

menulangi beton secara alami dengan serat yang disebarkan acak ke dalam adukan beton, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan yang terlalu dini baik akibat beban maupun akibat panas hidrasi.(Amna et al., 2014).

Beton terbagi menjadi 2 yaitu:

1. Beton biasa (Normal) yang mempunyai kekuatan antara 2000 sampai 6000 psi (13 sampai 40 MPa).
2. Beton berkinerja tinggi mempunyai kekuatan antara lain di atas 6000 psi (40 Mpa) disebut beton mutu tinggi, 80 Mpa disebut beton bermutu sangat tinggi, dan 120 Mpa beton bermutu ultra tinggi.

Beton sangat dipengaruhi oleh bahan dasarnya yaitu semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Pada saat ini telah dikembangkan jenis bahan tambah (*admixture* dan *addictive*) untuk meningkatkan kinerja beton untuk semakin lebih mudah dikerjakan, lebih cepat atau lebih tinggi mutunya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi beton bermutu baik adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik semen dan jumlahnya
2. *w/c (water per cement)* rasio
3. Kualitas agregat dan interaksinya dengan pasta semen
4. Tambahan bahan kimia yang digunakan
5. Tambahan material yang digunakan
6. Pemilihan prosedur dan waktu pencampuran bahan susun beton
7. *Quality control*

## **2.2 Bahan Campuran Beton**

### **2.2.1 Semen**

Semen adalah bahan perekat kimia yang memberikan perkerasan terhadap material campuran lainnya menjadi suatu bentuk yang kaku dan tahan lama. Secara umum semen merupakan bubuk berwarna abu-abu gelap yang terbuat dari Alkali, Magnesium Oksida, Alumina, kapur, Sulfur Trioxide, Iron Oxide dan Silika.

Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu :

1. Semen non-hidrolik adalah semen yang tidak dapat mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur.
2. Semen hidrolik adalah semen yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidrolik antara lain kapur hidrolik, semen pozzolan, semen terak, semen alam, semen organik, semen organik-pozzolan, semen alumina, dan semen expansif.

Semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004).

Standar Industri Indonesia SII 0013 – 1977 menetapkan lima jenis tipe semen portland yaitu :

1. Tipe I adalah semen portland yang digunakan untuk pembuatan konstruksi bangunan secara umum. Untuk penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus.
2. Tipe II adalah semen portland yang mempunyai ketahanan sedang terhadap garam-garam sulfat di dalam air. Semen ini digunakan untuk konstruksi bangunan atau beton yang berhubungan terus menerus dengan air kotor atau air tanah.
3. Tipe III adalah semen portland yang mempunyai sifat yang mengeras cepat atau mempunyai kekuatan awal tinggi pada umur muda. Semen ini digunakan untuk pekerjaan konstruksi atau beton yang mempunyai suhu rendah terutama di negara-negara beriklim dingin.
4. Tipe IV adalah semen portland yang mempunyai panas hidrasi rendah, semen jenis ini pengerasan dan perkembangan kekuatannya rendah. Semen ini digunakan untuk pembuatan konstruksi beton berdimensi besar dan bentuknya gemuk.

5. Tipe V adalah semen portland tahanan sulfat, artinya tahan terhadap larutan garam sulfat di dalam air. Semen ini digunakan untuk konstruksi yang berhubungan dengan air laut, air limbah pabrik, untuk bangunan yang terkena pengaruh gas atau uap kimia yang agresif.

### 2.2.2 Agregat

Agregat adalah butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen. Agregat merupakan butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Kira-kira 70% volume mortar atau beton diisi oleh agregat. Agregat dapat dibedakan atas dua jenis yaitu agregat alam dan agregat buatan (batu pecah). Agregat alam dan buatan inipun dapat dibedakan berdasarkan beratnya, asalnya, diameter butirnya (gradasi) dan tekstur permukaannya. Sedangkan berdasarkan ukurannya, secara garis besar agregat dibedakan menjadi dua yaitu agregat halus dan agregat kasar.

#### 1. Agregat Halus

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat pemecah batu. Agregat ini berukuran 0,063 mm - 4,76 mm yang meliputi pasir kasar dan pasir halus.

Menurut PBI 1971, syarat-syarat agregat halus adalah sebagai berikut :

- a. Agregat halus berbentuk butiran-butiran yang kuat serta tajam, bersifat tidak mudah hancur karena cuaca panas ataupun hujan.
- b. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap berat agregat kering. Apabila mengandung lumpur lebih dari 5%, agregat halus harus dicuci terlebih dahulu agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

d. Agregat halus terdiri dari butiran-butiran yang beranekaragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam Pasal 3.5 ayat 1 (PBI 1971), harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- 1) Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat
- 2) Sisa diatas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat
- 3) Sisa diatas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80% - 90% berat

Pemeriksaan material ini dilaksanakan sesuai dengan standar menurut SNI,

agregat halus diteliti terhadap :

- a. Modulus kehalusan
- b. Berat jenis dan penyerapan
- d. Kadar air
- e. Kadar lumpur
- f. Berat isi

## 2. Agregat Kasar

Menurut SNI 1970-2008, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari organik pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1½ inci). Menurut PBI (1971), Pasal 3.4 syarat-syarat agregat kasar (kerikil) adalah sebagai berikut :

- a. Disebut agregat kasar karena tidak memiliki pori-pori yang lebih dari 20% dari berat agregat seluruhnya. Agregat kasar harus memiliki ketahanan yang baik dalam keadaan cuaca panas ataupun dingin.
- b. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% yang ditentukan terhadap berat kering. Jika melebihi 1% maka agregat kasar tersebut harus dicuci terlebih dahulu.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
- d. Berdasarkan SNI 2847-2013 (Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung) ukuran maksimum agregat kasar harus tidak melebihi :

- 1)  $1/5$  jarak terkecil antara sisi cetakan
- 2)  $1/3$  ketebalan slab
- 3)  $3/4$  jarak bersih minimum antara tulangan atau kawat, 10rgani tulangan, atau tendon prategang, atau selongsong.

Pemeriksaan material agregat kasar ini sesuai dengan standar ASTM C33 (1986), agregat kasar diteliti terhadap :

- a. Modulus kehalusan
- b. Berat jenis dan penyerapan
- c. Kadar air
- d. Kadar lumpur
- e. Berat isi
- f. Keausan agregat

### 2.2.3 Air

Air yang digunakan untuk campuran pada beton harus bersih bebas dari asam, alkali dan minyak atau yang dapat dikonsumsi (diminum). Air sangatlah berpengaruh terhadap komposisi beton, hal ini dapat terlihat bahwa w/c sangat mempengaruhi kekuatan tekan terhadap beton. Air digunakan sebagai pereaksi terhadap semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat supaya mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Fungsi dari air pencampur adalah sebagai berikut ini:

1. Membasahi agregat dan melindungi dari organik dari reaksi kimia.
2. Menjadi formulasi terhadap semen untuk menjadikan pasta yang gabungan antara keduanya menjadi reaksi kimia yang berubah menjadi panas hidrasi.
3. Menjadi *flux* material semen untuk melewati ke seluruh permukaan agregat.
4. Membuat adukan beton mudah dikerjakan.
5. Melumasi campuran beton agar mudah ditempatkan dan seragam pada pengecoran disudut maupun pada kolom dan balok.

Menurut (Departemen Pekerjaan Umum, 1982), pemakaian air yang memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Air harus bersih, tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gr/lt, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
2. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gr/lt.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton lebih dari 15 gr/lt.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gr/lt.
5. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/lt.

### **2.3 Bahan Tambah**

Dalam *Standard Definitions of Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates* (ASTM C. 125-1995:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19), bahan tambah didefinisikan sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung.

Tujuannya untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah dibagi menjadi dua yaitu bahan tambah yang dapat larut dalam air (*Chemical Admixture*) dan bahan yang tidak dapat larut dalam air (*Mineral Admixture*).

#### **2.3.1 Serbuk Kayu**

Serbuk kayu adalah limbah yang bersifat organik berasal dari limbah lingkungan industri pengrajin *furniture* dan penggergajian kayu. Serbuk kayu merupakan salah satu serat alami yang dapat digunakan sebagai zat tambah dalam campuran beton. Serbuk kayu adalah material yang memiliki kadar selulosa tinggi yaitu 42,03% - 54,95%. Selain mengandung selulosa terdapat juga kandungan lignin dalam jumlah sekitar 22,66% - 35,20% berat kering bahan. Serbuk kayu memiliki sifat hidrofob yaitu dapat menghasilkan beton yang kuat, dan tidak tembus air. Sehingga serbuk kayu dapat memberikan tambahan kekuatan ikat

antar partikel, serta menghambat difusi air dalam material akibat sifat hidrofobnya (zat yang tidak dapat larut dalam air).

Serbuk kayu jati termasuk kedalam kelas keawetan I dan untuk kekuatan termasuk kedalam kelas II.

### 2.3.2 *Bestmittel*

*Bestmittel* adalah formula khusus yang sangat ekonomis dalam proses pengecoran sehingga menjadikan beton lebih cepat keras pada usia muda serta mengurangi pemakaian air pada saat pengecoran sehingga meningkatkan mutu beton. *Bestmittel* memiliki kandungan *Lignin Sulfonic Acid* yang dapat membantu proses pengecoran dalam waktu yang sangat ketat karena beton cepat mengeras pada usia awal 7-10 hari serta meningkatkan mutu beton 5% - 10%. *Bestmittel* berfungsi mempersingkat proses pembetonan, cetakan beton dapat dilepas lebih cepat dan mengurangi pemakaian air 5 %-10% sehingga menjadikan beton lebih solid dan lebih plastis.

## 2.4 Perencanaan Campuran Beton Standar Menurut SNI 03-2834-2000

Ada beberapa Langkah-langkah pokok perencanaan campuran beton standar menurut SNI 03-2834-2000 sebagai berikut ini :

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f_c'$ ) pada umur tertentu
2. Penghitungan nilai deviasi standar (S)

Menurut SNI 03-2834-2000, faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji  $< 30$  sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Faktor pengali untuk standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang tersedia

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
$< 15$	$f_c' + 12$ Mpa
15	1,16
20	1,08
25	1,03
$\geq 30$	1,00

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Menurut SNI 03-2834-2000, nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.2 Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan

Tingkat Pengendalian Mutu	Sd (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

3. Perhitungan nilai tambah atau margin

Nilai tambah (M) untuk kuat tekan rencana dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$M = 1,64 \times Sd \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

M = Nilai tambah (Mpa)

1,64 = Tetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%

Sd = Deviasi standar rencana (Mpa)

4. Kuat tekan rata-rata perlu ( $f'_{cr}$ )

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan rumus :

$$f'_{cr} = f'_c + M \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

$f'_{cr}$  = Kuat tekan rata-rata perlu (Mpa)

$f'_c$  = Kuat tekan yang disyaratkan (Mpa)

M = Nilai tambah (Mpa)

5. Menentukan jenis semen yang digunakan

6. Penetapan jenis agregat

7. Penetapan nilai faktor air semen (FAS)

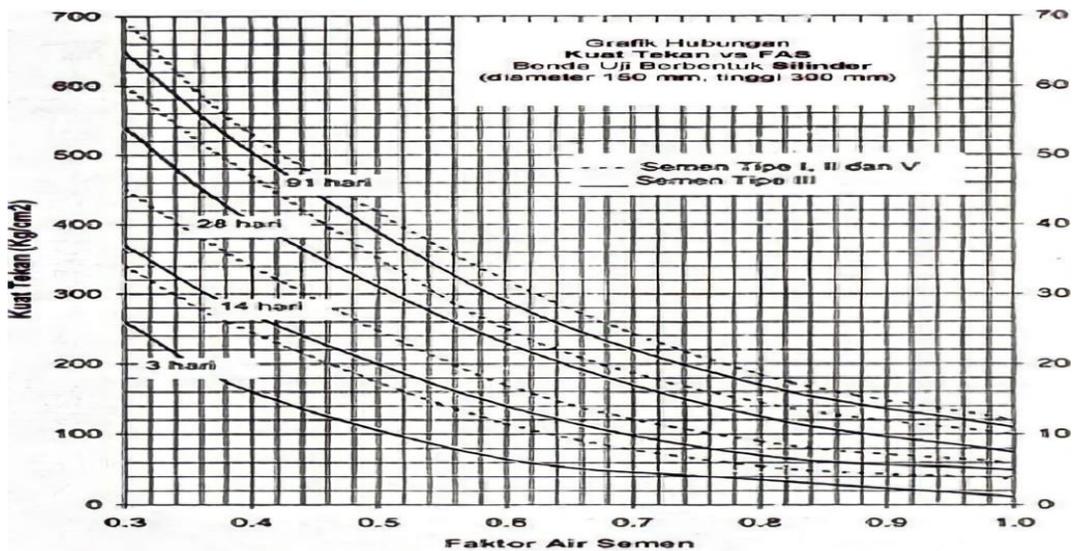
Penetapan nilai faktor air semen diperoleh berdasarkan jenis semen, jenis agregat kasar, dan umur kekuatan tekan beton. Menurut SNI 03-2834-2000 sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Perkiraan kuat tekan beton dengan FAS

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				Bentuk Benda Uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	95	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

Grafik hubungan antara kuat desak dan faktor air semen untuk benda uji silinder berdasarkan SNI 03-2834-2000, ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Grafik hubungan antara kuat desak dan faktor air semen untuk benda uji silinder

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

8. Menentukan air semen maksimum dan jumlah semen minimum.

Air semen maksimum dan jumlah semen minimum dapat ditentukan sesuai dengan jenis pembetonannya, selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air maksimum

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen Minimum Per- $m^3$ Beton (Kg)	Nilai FAS Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan :		
a. Tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk kedalam tanah :		
a. Mengalami kedaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat tabel 5 (SNI 03-2834-2000)
Beton yang kontinu berhubungan :		
a. Air laut		Lihat tabel 6 (SNI 03-2834-2000)
b. Air tawar		Lihat tabel 6 (SNI 03-2834-2000)

(Sumber : SNI 03-2834-2000)

9. Penetapan nilai slump

Penetapan nilai slump ditentukan, berupa 0-10 mm, 10-30 mm, 30-60 mm atau 60-180 mm.

10. Penetapan besar butir agregat maksimum

Penetapan besar butir maksimum agregat pada beton standar ada 3, yaitu 10 mm, 20 mm atau 40 mm.

11. Menentukan jumlah kadar air bebas.

Menurut SNI 03-2834-2000, Kadar air bebas dapat ditentukan sesuai dengan ukuran besar butir agregat dan jenis agregat sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5 Perkiraan kadar air bebas ( $\text{kg/m}^3$ ) yang dibutuhkan beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton

Ukuran Besar Butir Agregat Maksimum (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	137	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber SNI 03-2834-2000)

12. Agregat campuran (tak pecah dan dipecah)
13. Berat semen yang diperlukan per meter kubik beton
14. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan
15. Menentukan jumlah semen semimum mungkin

Dari Tabel 2.5 tersebut dapat diperoleh jumlah semen minimum maupun nilai faktor air semen maksimum menurut kondisi beton yang akan dicetak nantinya.

16. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan

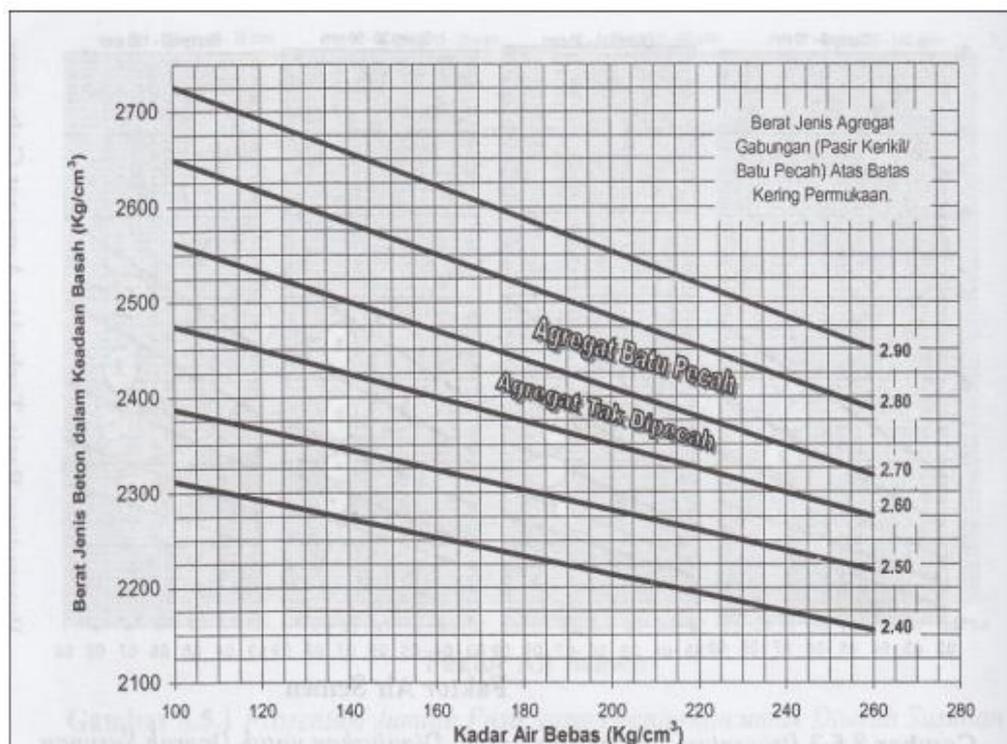
Jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.

17. Penetapan jenis agregat halus

Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis, yaitu pasir kasar, agak kasar, agak halus dan pasir halus.

18. Penetapan jenis agregat kasar
19. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran  
Proporsi berat agregat halus ditetapkan dengan cara menghubungkan kuat tekan rencana dengan faktor air semen menurut slump yang digunakan secara tegak lurus berpotongan.
20. Berat jenis agregat campuran
21. Perkiraan berat isi beton.

Pada perkiraan berat isi beton berdasarkan SNI 03-2834-2000 dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran dan Berat Isi Beton

(Sumber : SNI 03- 2834-2000)

22. Menghitung kebutuhan berat agregat campuran
23. Menghitung berat agregat halus yang diperlukan

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan rumus :

$$W_{\text{agregat halus}} = K_h \times W_{\text{agregat campuran}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

$K_h$  = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran (%)

$W_{\text{agregat campuran}}$  = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton  
( $\text{kg/m}^3$ )

24. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan

Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan rumus:

$$W_{\text{agregat kasar}} = K_k \times W_{\text{agregat campuran}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

$K_k$  = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran (%)

$W_{\text{agregat campuran}}$  = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton  
( $\text{kg/m}^3$ )

25. Menghitung proporsi campuran, kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per  $\text{m}^3$  adukan.

26. Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan harus dihitung menurut rumus sebagai berikut :

$$\text{a. Air} = B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{b. Agregat halus} = C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\text{c. Agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

B = jumlah air ( $\text{kg/m}^3$ )

C = agregat halus ( $\text{kg/m}^3$ )

D = jumlah agregat kasar ( $\text{kg/m}^3$ )

Ca = penyerapan air pada agregat halus (%)

Da = penyerapan agregat kasar (%)

Ck = kandungan air dalam agregat halus (%)

Dk = kandungan air dalam agregat kasar (%)

27. Menghitung kadar serbuk kayu dari berat total agregat beton
28. Menghitung kadar zat adiktif *bestmittel* dari berat semen yang telah didapatkan.

## 2.5 *Slump Test*

*Slump test* beton adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar adukan beton yang akan di produksi. Untuk menentukan kualitas sebuah *mix design* beton, perlu dilakukan pengujian kadar kekentalan beton untuk mencapai kuat tekan beton rencana.

Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk setiap campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan zat adiktif dan bahan tambahan. Pengujian *slump* dilakukan pada beton segar yang dituangkan kedalam kerucut abrams. Pengisian dilakukan dalam tiga lapisan yaitu 1/3 dari tinggi kerucut abrams. Setiap lapisan harus dipadatkan dengan cara ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan. Kemudian kerucut abrams diangkat secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara kerucut dengan tinggi beton.

Pada pengujian nilai *slump* menggunakan kerucut abrams merupakan pengetesan tertua di Indonesia. Penggunaan cara ini didasarkan atas standar ASTM C-143. Terdapat beberapa alat yang dibutuhkan dalam proses pengujian diantaranya :

1. Penggunaan kerucut abrams dengan diameter sekitar 20 cm di bagian bawah. Diameter bagian atas berkisar 10 cm dan tingginya mencapai 30 cm. Kedua sisi pada kerucut tersebut saling berhadapan dan memiliki pegangan untuk mempermudah saat proses pengangkatan kerucut pada tes *slump*.

2. Penumbuk dengan diameter 16 mm dan panjangnya mencapai 60 cm terbuat dari bahan baja. Memiliki ujung yang tumpul dan berfungsi untuk memadatkan campuran beton yang telah diisikan ke dalam kerucut abrams.

*Slump* dibagi menjadi tiga macam tipe, yaitu :

1. *Slump* sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.
2. *Slump* geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring.
3. *Slump* runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya.

## **2.6 Perawatan Beton (*Curing*)**

Perawatan beton dilakukan saat beton sudah mulai mengeras bertujuan untuk menjaga agar beton tidak cepat kehilangan udara dan sebagai tindakan menjaga kelembaban atau suhu sehingga beton dapat mencapai mutu beton yang diinginkan. Proses perawatan ini meliputi pemeliharaan kelembaban dan kondisi suhu, baik dalam maupun di permukaan beton dalam periode waktu tertentu.

Perawatan beton sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton keras seperti keawetan, kekuatan, sifat rapat air, ketahanan abrasi, stabilitas volume dan ketahanan terhadap pembekuan. Tujuan perawatan beton :

1. Menjaga beton dari kehilangan air semen yang banyak pada saat-saat *setting time concrete*
2. Menjaga perbedaan suhu beton dengan lingkungan yang terlalu besar
3. Stabilitas dari dimensi struktur
4. Mendapatkan kekuatan beton yang tinggi
5. Menjaga beton dari kehilangan air akibat penguapan pada hari pertama
6. Menjaga supaya tidak terjadi keretakan pada beton

Menurut SNI 03-2847-2002 curing disyaratkan selama :

1. 7 hari untuk beton normal
2. 3 hari untuk beton dengan kuat tekan awal tinggi

Menurut ASTM C-150 waktu *curing* dibagi menjadi 4 berdasarkan tipe semen, yaitu :

1. Semen tipe I, waktu minimum *curing* 7 hari
2. Semen tipe II, waktu minimum *curing* 10 hari
3. Semen tipe III, waktu minimum *curing* 3 hari
4. Semen tipe IV atau V minimum *curing* 14 hari

Temperatur maksimum perawatan beton terletak diantara 40-100°C. Akan tetapi, temperatur optimum terletak diantara 65-80°C. Lebih tinggi temperatur maka semakin rendah batas kekuatan. Sedangkan jika temperaturnya lebih rendah maka membutuhkan perawatan yang lebih lama tetapi memberikan kekuatan batas yang lebih baik (Angjaya et al., 2013).

## 2.7 Pengujian Kuat Tekan Beton

Uji kuat tekan beton adalah upaya mendapatkan nilai estimasi kuat tekan beton pada struktur eksisting, dengan cara melakukan tekanan pada sampel beton dari struktur yang sudah dilaksanakan. Uji kuat tekan beton umumnya dilakukan pada usia 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Kemudian hasil uji diambil dari nilai rata-rata paling tidak 2 beton yang diuji. Dengan cara ini, dapat diperoleh hasil yang akurat.

$$\Sigma = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

$\sigma$  = Kuat tekan benda uji (Kg/cm<sup>2</sup>)

P = Besar beban maksimum (Kg)

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

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh hal-hal sebagai berikut ini :

1. *Water cement ratio*

*Water cement ratio* berpengaruh pada porositas dari pasta semen padat pada setiap proses hidrasi semen. Proses pemadatan juga memberikan efek terhadap porositas. Semakin rendah w/c semakin rendah porositas yang terjadi. Jika beton sedikit porositas (padat) maka kinerja beton semakin tinggi. Dalam pelaksanaan dilapangan w/c rendah tentunya *workability*

nya semakin sulit sehingga diperlukan zat admixture (terhadap air). *Ratio w/c* menjadi berubah setelah masuknya bahan tambahan. Proses ini disebut sebagai *water to cementitious ratio*.

2. Kualitas agregat halus  
Pada kualitas yang ditinjau dipengaruhi oleh bentuk butiran, tekstur, modulus kehalusan, bersih dari bahan organik, gradasinya.
3. Kualitas agregat kasar  
Segi kualitasnya dipengaruhi oleh tingkat porositas, bentuk dan ukurannya, bersih dari bahan organik kuat tekan hancur dan gradasinya.
4. Kadar bahan tambah yang dicampurkan harus dengan dosis yang tepat (Saifullah, 2011).
5. Prosedur yang benar dan tepat dalam pelaksanaan proses pembuatan beton, yang meliputi uji material, pemilihan material yang baik, penimbangan dan pencampuran material, pengadukkan pengangkutan, pengecoran, perawatan, dan pengawasan pengendalian.