

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

2.1.1 Pengertian Beton

Beton adalah campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat kasar, agregat halus dan air dengan atau tanpa bahan tambahan untuk membentuk suatu massa padat (SNI 03-2834-2000). Namun akhir-akhir ini pengertian beton semakin luas, beton adalah bahan yang terbuat dari berbagai jenis semen, agregat, serta bahan pozzolan, fly ash, dengan kandungan terak dapur yang tinggi, belerang, serat dan lain-lain (Nevillie 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 faktor air semen (FAS) dan suhu selama perawatan. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak dipakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur. Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03 1974-1990).

Menurut Nugraha dan Antoni (2007) sebagai bahan konstruksi beton mempunyai kelebihan dan kekurangan, kelebihan beton antara lain

1. Dapat dengan mudah mendapatkan material dasarnya (availability)
2. Kemudahan untuk digunakan (versatility).
3. Kemampuan beradaptasi (adaptability) sehingga beton dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran berapapun.
4. Tahan terhadap temperatur tinggi.
5. Biaya pemeliharaan yang kecil.
6. Mampu memikul beban yang berat.

Kekurangan beton antara lain:

1. Berat sendiri beton yang besar, sekitar 2400 kg/m².
2. Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.
3. Beton cenderung untuk retak, karena semennya hidraulis. Baja tulangan

bisa berkarat, meskipun tidak terekspose separah struktur baja.

4. Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan di lapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama.
5. Struktur beton sulit untuk dipindahkan. Pemakaian kembali atau daur ulang sulit dan tidak ekonomis. Dalam hal ini struktur baja lebih unggul, misalnya tinggal melepas sambungannya saja.

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 03-2834-2000)
 1. Beton ringan : berat satuan $\leq 1.900 \text{ kg/m}^3$
 2. Beton normal : berat satuan $2.200 \text{ kg/m}^3 - 2.500 \text{ kg/m}^3$
 3. Beton berat : berat satuan $\geq 2.500 \text{ kg/m}^3$
- b. Klasifikasi berdasarkan tingkat kekerasan beton
 1. Beton segar : masih dapat dikerjakan
 2. Beton hijau : beton yang baru saja dituangkan dan segera harus dipadatkan.
 3. Beton muda : 3 hari < 28 hari
 4. Beton keras : umur > 28 hari
- c. Klasifikasi berdasarkan teknik pembuatan beton
 1. 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.
 2. 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.

d. Klasifikasi berdasarkan tegangan beton (beton pra-tegang)

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

e. Klasifikasi berdasarkan mutu beton

Beton berdasarkan mutunya dibagi menjadi beberapa jenis, jenis beton tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Mutu Beton dan Penggunaannya

Jenis Beton	f_c' (Mpa)	σ_{bk}' (kg/cm ²)	Uraian
Mutu Tinggi	35 - 65	K 400 – K 800	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 beton siklop, trotoar dan pemasangan batu kosong yang diisi adukan.
	10 - < 15	K125 - < K175	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

(Sumber : Puslitbang 44 Prasarana Transportasi, Divisi 7-2005)

f. Klasifikasi berdasarkan kuat tekan (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.

2.2 Material Penyusun Beton

2.2.1 Semen

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting (Mulyono, 2004). Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Semen Hidrolik

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

2. 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.

Jenis semen yang biasa dipakai dalam pembuatan beton ialah semen portland (portland cement). Semen portland merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung silika, alumina, dan oxid besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. (Kardiyono, 1989).

Menurut ASTM C. 150 semen portland dibagi menjadi 5 jenis seperti keterangan yang terdapat pada Tabel 2.2 dibawah ini:

Tabel 2.2 Jenis-jenis Semen Portland menurut ASTM C. 1501

Jenis Semen	Sifat Pemakaian	Kadar senyawa (%)				Panas Hidrasi 7 Hari (J/g)
		C3S	C2S	C3A	C4AF	
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 : Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992)

Berdasarkan tabel di atas semen portland dibagi menjadi 5 jenis. Berikut ini merupakan penjelasan tabel diatas:

- a. Jenis I adalah semua semen portland untuk tujuan umum, biasa tidak memerlukan sifat-sifat khusus misalnya, gedung, trotoar, jembatan, dan lain-lain.
- b. Jenis II semen portland yang tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang dan ketahanan terhadap sulfat lebih baik, penggunaannya pada pir (tembok dilaut dermaga), dinding tahan tanah tebal dan lain-lain.
- c. Jenis III adalah semen portland dengan kekuatan awal tinggi. Kekuatan dicapai umumnya dalam satu minggu. Umumnya dipakai ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus cepat dipakai.
- d. Jenis IV adalah semen portland dengan panas hidrasi rendah. Dipakai untuk kondisi dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Misalnya pada bangunan masif seperti bendungan grafitasi yang besar. Pertumbuhan kekuatannya lebih lambat daripada kelas I.
- e. Jenis V adalah semen portland tahan sulfat, dipakai untuk beton dimana menghadapi aksi sulfat yang panas. Umumnya dimana tanah atau air tanah mengandung kandungan sulfat yang tinggi. (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1995).

2.2.2 Agregat

Agregat menempati 70-75% dari total volume beton maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan (*workable*), kuat tekan lama (*durable*), dan ekonomis (Paul Nugraha dan Antoni, 2007). Berdasarkan gradasinya agregat terbagi menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar.

1. Agregat Halus

Agregat halus atau pasir adalah butiran – butiran mineral yang bentuknya mendekati bulat, tajam, dan bersifat kekal dengan ukuran butir sebagian besar terletak antara 0,07 – 5 mm (SNI 03 – 1750 – 1990).

1) Syarat mutu agregat

Syarat mutu menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F a. Agregat halus (pasir):

- a. Butirannya tajam, kuat dan keras
- b. Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- c. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
 - Jika dipakai natrium sulfat, bagian yang hancur maksimum 12 %
 - Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10 %
- d. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5 %. Apabila lebih dari 5 % maka pasir harus dicuci.
- e. Tidak boleh mengandung zat organik seperti sisa sisa tumbuhan, karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3 % NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
- f. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5-3,8. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3 atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- Sisa di atas ayakan 4,8 mm, maks 2% dari berat
 - Sisa di atas ayakan 1,2 mm, maks 10% dari berat
 - Sisa di atas ayakan 0,30 mm, maks 15% dari ayakan
- g. Tidak boleh mengandung garam
- 2) Syarat mutu agregat menurut SII 0052
- a. Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 1,50 – 3,80.
 - b. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 75 mikron (0,075 mm) maksimum 5 %.
 - c. Kadar zat organik yang terkandung ditentukan dengan mencampur agregat halus dengan larutan natrium sulfat (Na_2SO_4) 3 %, jika dibandingkan warna standar/pembanding tidak lebih tua dari pada warna standar.
 - d. Kekerasan butiran jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari pasir kwarsa Bangka memberikan angka hasil bagi tidak lebih dari 2,20.
 - e. Kekekalan (jika diuji dengan Na-Sulfat bagian yang hancur maksimum 10%, dan jika dipakai magnesium sulfat maksimum 15%).

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 03-2834-2000

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
9,6	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: 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 batang 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.

6. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%. Apabila melebihi maka harus dicuci terlebih dahulu sebelum menggunakannya.

Menurut SNI 03-2834-2000 agregat kasar dibagi menjadi tiga kelompok menurut gradasinya, dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Gradasi Agregat Kasar Menurut SNI 03-2834-2000

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
19,6	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)

2.2.3 Air

Menurut Tjokrodinuljo (1996), air merupakan salah satu bahan yang paling penting dalam pembuatan dan perawatan beton. Fungsi air pada pembuatan beton adalah membantu reaksi kimia semen dan sebagai bahan pelicin antara semen dengan agregat agar mudah dikerjakan. Air yang diperlukan untuk beraksi dengan semen hanya sekitar 25 – 30 % dari berat semen. Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Kandungan lumpur (benda melayang lainnya) maksimum 2 gram/liter.
2. Kandungan klorida maksimum 0,5 gram/liter.
3. Kandungan garam-garam yang merusak beton (asam,zat organik,dll) maksimum 15 gram/liter.
4. Kandungan senyawa sulfat maksimum 1 gram/liter.

Adapun persyaratan air yang boleh digunakan menurut SNI 03-2847-2000 antara lain:

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan

organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.

2. Sebaiknya menggunakan air bersih yang dapat diminum
3. Air yang dapat digunakan sebaiknya diuji dulu sehingga dapat diketahui jenis dan kadar mineral yang terkandung didalamnya.

Air juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan kekuatan beton itu sendiri. Selain itu, kelebihan air akan mengakibatkan beton akan menjadi *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak keatas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan mengakibatkan beton menjadi lemah. Air pada campuran beton akan berpengaruh pada :

1. Sifat workability adukan beton.
2. Besar kecilnya nilai susut beton.
3. Kelangsungan reaksi dengan semen portland, sehingga dihasilkan kekuatan dalam selang beberapa waktu.
4. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

2.3 Workability

Workability atau sering disebut kekenyalan/kelecekan (workability) tertentu yang memudahkan adukan beton ditempatkan pada cetakan/bekisting (sifat kemudahan dalam mengerjakan) dan memberikan kehalusan permukaan beton segar. Workability atau kekenyalan ditentukan dari:

- a. Volume pasta adukan.
- b. Keenceran pasta adukan.
- c. Perbandingan campuran agregat halus dan kasar.

2.4 Faktor Air Semen

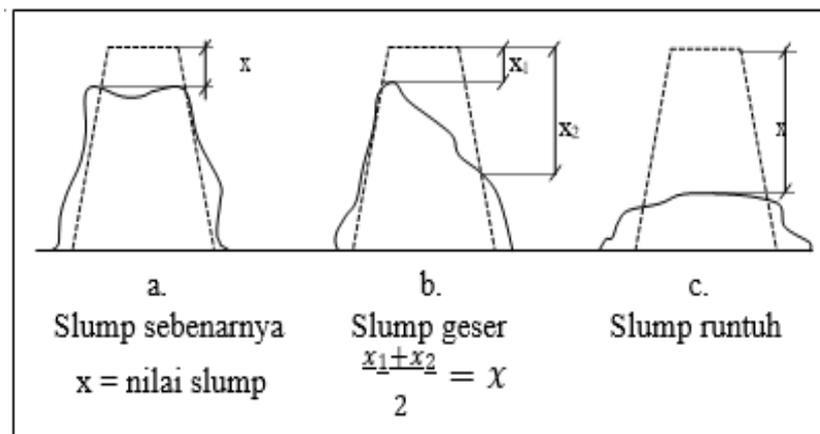
Faktor air semen atau perbandingan air dengan semen (rasio W/C) Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan kuat tekan yang rendah dan semakin rendah factor air semen kuat tekan beton semakin tinggi. Namun demikian, nilai factor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti nilai kuat tekan beton semakin tinggi. Nilai factor air semen yang rendah akan mempengaruhi pengerjaan,

yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Oleh karena itu ada faktor air semen optimum untuk menghasilkan kuat tekan maksimum. Berdasarkan perbandingan berat.

2.5 Slump

Menurut SNI-03-2834-2000, *slump* adalah salah satu ukuran kekentalan adukan beton dinyatakan dalam mm ditentukan dengan alat kerucut abras. *Slump* merupakan besarnya nilai keruntuhan beton secara vertikal yang diakibatkan karena beton belum memiliki batas *yield stress* yang cukup untuk menahan berat sendiri karena ikatan antar partikelnya masih lemah sehingga tidak mampu untuk mempertahankan ikatan semulanya.

Pemeriksaan *slump* dimaksud untuk mengetahui konsistensi beton dan sifat mudah dikerjakan (*workability*) sesuai dengan syarat yang telah ditetapkan. Pengujian ini berdasarkan SNI 03-1972-1990 tentang Metode Pengujian *Slump* Beton Semen Portland.



Gambar 2.1 Jenis-jenis *Slump*

Dari gambar 2.1 slump dibedakan menjadi tiga jenis yaitu *slump* sejati (*slump* sebenarnya), *slump* geser dan *slump* runtuh.

1. *Slump* sebenarnya merupakan penurunan umum dan seragam tanpa ada adukan beton yang pecah, oleh karena itu dapat disebut *slump* yang sebenar. Pengambilan nilai *slump* sebenarnya dengan mengukur penurunan minimum

dari puncak kerucut.

2. *Slump* geser terjadi bila separuh puncaknya tergeser atau tergelincir ke bawah pada bidang miring. Pengambilan nilai *slump* geser ini ada dua yaitu dengan mengukur penurunan minimum dan penurunan rata-rata dari puncak kerucut.
3. *Slump* runtuh terjadi pada kerucut adukan beton yang runtuh seluruhnya akibat adukan beton yang terlalu cair. Pengambilan nilai slump ini dengan mengukur penurunan minimum dari puncak kerucut.

2.6 Prosedur Pengujian

2.6.1 Pengujian Analisa Saringan dan Berat Jenis Penyerapan Agregat

Dalam pengujian ini terdapat beberapa prosedur kerja yang harus diikuti sesuai dengan langkah-langkah kerja sesuai dengan acuan yang dipakai, sehingga pengujian yang dilakukan akan menghasilkan nilai yang sebenarnya. Adapun pengujian ini meliputi sebagai berikut:

- a. Pengujian analisa saringan agregat Analisa Saringan Agregat adalah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari suatu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada garfik pembagian butir:

$$MHB = \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Agregat Tertinggal}}{100\%} \dots\dots\dots(2.1)$$

- b. Pengujian berat jenis penyerapan agregat halus Berat jenis adalah perbandingan relative antara masa jenis sebuah zat dengan massa jenis air murni. Penyerapan air adalah penambahan berat dari suatu agregat akibat air yang meresap kedalam pori-pori, tetapi belum termasuk air yang tertahan pada permukaan luar partikel, dinyatakan sebagai peresentase dari berat keringnya. Pengujian berat jenis penyerapan agregat halus dilakukan berdasarkan rumus dari SNI 03-1969-1990 sebagai berikut:

1. Berat jenis kering (*Bulk dry spesific graffity*)

$$= \frac{B2}{(B3+500)-B1} \dots\dots\dots(2.2)$$

2. Berat jenis jenuh kering permukaan/SSD (*Bulk SSD spesific graffity*)

$$= \frac{500}{(B3+500)-B1} \dots\dots\dots(2.3)$$

3. Penyerapan

$$= \frac{500 - B_2}{B_2} \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

B₁= Berat piknometer + Air + Benda Uji

B₂=Berat uji kering oven

B₃= Berat piknometer + Air

Pengujian kadar air agregat halus dilakukan berdasarkan rumus dari SNI 03-1971-1990 sebagai berikut:

4. Kadar air agregat

$$= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)$$

Pengujian kadar lumpur agregat halus dilakukan berdasarkan rumus dari SNI 03-4142-1996 sebagai berikut:

1. Berat kering benda uji awal

$$W_3 = W_1 - W_2 \dots \dots \dots (2.6)$$

2. Berat benda uji setelah pencucian

$$W_5 = W_4 - W_2 \dots \dots \dots (2.7)$$

3. Berat benda uji setelah pencucian

$$W_5 = \frac{W_1 - W_2}{W_2} 100\% \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

W₁= berat kering benda uji+ wadah (gram)

W₂= berat wadah (gram)

W₃ = berat kering benda uji awal (gram)

W₄ = berat kering benda uji sesudah pencucian + wadah (gram)

W₅ = berat kering benda uji setelah pencucian (gram)

W₅ = alpha/6 bahan lolos saringan nomor 200 (0,075 mm)

c. Pengujian berat jenis penyerapan agregat kasar

Pengujian agregat kasar dilakukan untuk mengetahui berat jenis penyerapan agregat kasar yang digunakan untuk menentukan nilai volume yang diisi oleh agregat.

Pengujian berat jenis penyerapan agregat kasar dilakukan berdasarkan rumus dari SNI 03-1969-1990 sebagai berikut:

1. Berat jenis kering (*Bulk dry spesific graffity*)

$$= \frac{Bk}{(W2+Bj)-W1} \dots\dots\dots(2.9)$$

2. Berat jenis jenuh kering permukaan/SSD (*Bulk SSD spesific graffity*)

$$= \frac{Bj}{(W2+Bj)-W1} \dots\dots\dots(2.10)$$

3. Penyerapan

$$= \frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

Bk= Berat benda uji kering oven

Bj=Berat benda uji dalam keadaan SSD

W₁= Berat piknometer + Air + Benda uji

W₂= Berat piknometer + Air

Pengujian kadar air agregat kasar dilakukan berdasarkan rumus dari SNI 03-1971-1990 sebagai berikut:

4. Kadar air agregat

$$= \frac{W1-W2}{W2} 100\% \dots\dots\dots(2.12)$$

Pengujian kadar lumpur agregat kasar dilakukan berdasarkan rumus dari SNI-03-4142-1996 Sebagai berikut.

5. Berat kering benda uji awal

$$W3 = W1 - W2 \dots\dots\dots(2.13)$$

6. Berat benda uji setelah pencucian

$$W = W4 - W2 \dots\dots\dots(2.14)$$

7. Berat benda uji setelah pencucian

$$W5 = \frac{W3 - W5}{W3} 100\% \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

W₁= berat kering benda uji+ wadah (gram)

W₂= berat wadah (gram)

- W_3 = berat kering benda uji awal (gram)
- W_4 = berat kering benda uji sesudah pencucian + wadah (gram)
- W_5 = berat kering benda uji setelah pencucian (gram)
- W_5 = % bahan lolos saringan nomor 200 (0,075 mm)

2.6.2 Pengujian Bobot Isi Agregat

Standar metode pengujian ini yaitu untuk menghitung berat isi dalam kondisi padat atau gembur dan rongga udara dalam agregat. Ukuran butir agregat kasar adalah 5 mm – 40 mm, agregat halus terbesar 5mm. pengujian dalam kondisi padat dilakukan dengan cara ditusuk. Dalam kondisi gembur dengan cara sekaop sendok. Bobot isi kering udara agregat dihitung dalam kondisi kering oven dan kering permukaan. Pada kondisi padat dan gembur memiliki berat isi yang berbeda karena pada berat isi gembur masih terdapat rongga-rongga udara, berbeda dengan bobot isi padat yang dipadatkan dengan cara ditusuk sehingga berat isi padat lebih berat daripada berat isi gembur karena berat isi padat tidak memiliki rongga udara. Berat isi pada agregat sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti berat jenis, gradasi agregat, bentuk agregat, diameter maksimum agregat. Dalam SII No.52-1980, berat isi untuk agregat beton diisyaratkan harus lebih dari 1,2 - 1,5 gr/cm². Pengujian bobot isi agregat dilakukan berdasarkan rumus dari PEDC Bandung sebagai berikut:

a. Bobot isi gembur

$$= \frac{\text{berat silinder} + \text{agregat gembur}}{\text{volume silinder}} \dots\dots\dots(2.16)$$

b. Bobot isi padat

$$= \frac{\text{berat silinder} + \text{agregat padat}}{\text{volume silinder}} \dots\dots\dots(2.17)$$

2.6.3 Pengujian Kekerasan Agregat Kasar

Beton yang dibuat harus menggunakan bahan agregat normal tanpa bahan tambahan. Dengan ketentuan demikian perlu dilakukan terlebih dahulu percobaan kekerasan agregat kasar untuk mengetahui agregat tersebut bisa atau tidaknya digunakan untuk membuat beton dengan berat isi 2200 2500 kg/m³ (beton normal).

Untuk memeriksa agregat kasar, kerikil alam dan batu pecah. Dilakukan sama seperti pengujian pada pasir ditambah dengan pemeriksaan kekerasan dan ketahanan aus. Pengujian kekerasan agregat ini dihitung menggunakan rumus : dari BS 812-110 1990 sebagai berikut:

$$ACV = \frac{M_2}{M_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan:

ACV =persen agregat hancur

M₁ =berat benda uji semula

M₂ =berat agregat tertahan saringan 2,36 mm.

2.6.4 Pengujian Berat Jenis Semen

Semen *Portland* merupakan bahan perekat hidrolis, yang dibuat dari campuran bahan yang mengandung oksigen utamanya: kalsium, silika, alumina, dan besi. Umumnya semen *Portland* dibuat dalam satu industri berteknologi modern dengan pengaturan komposisi dan lamanya semen Portland dalam penyimpanan memungkinkan dan pengurangan mutu. Salah satu pengujian yang dapat mengindikasikan kepada hal tersebut adalah dengan pengujian berat jenisnya.

Berat jenis semen *Portland* pada umumnya berkisar antara 3,10 sampai 3,20 dengan angka rata-rata 3,15 untuk semen tipe I sampai V. Pengujian berat jenis semen dilakukan berdasarkan rumus dari PEDC Bandung sebagai berikut:

a. Berat jenis semen

$$= \frac{\text{Berat semen (w)}}{v_2 - v_1} \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan:

W = Berat benda uji (gram)

V₂ = Volume akhir (ml)

V₁ = Volume awal (ml)

2.6.5 Pengujian Konsistensi Semen

Konsistensi normal semen adalah suatu kondisi pasta semen dalam keadaan standar basah yang artinya merata dari ujung satu keujung yang lainnya. Maksud dari konsistensi normal semen itu sendiri untuk menentukan waktu mulainya

pengikatan semen mulai dari dicampurnya semen dengan air. Konsistensi normal akan tercapai jika jarum vikat yang digunakan dalam praktikum ini menembus pasta semen sedalam 10 mm pada detik ke-3 dihitung mulai dari jarum dilepaskan. Pengujian konsistensi semen dilakukan berdasarkan rumus dari SNI 03-6826-2002 sebagai berikut :

a. Konsistensi semen

$$W = \frac{W_a}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

W = Konsistensi dinyatakan dalam kadar air pasta (%).

W_a = Berat air (gram)

W_s = Berat semen kering (gram)

2.7 Perencanaan Campuran Beton

Tujuan perancangan campuran beton adalah untuk menentukan proporsi bahan baku beton yaitu semen, agregat halus, agregat kasar, dan air yang memenuhi kriteria workabilitas, kekuatan, durabilitas, dan penyelesaian akhir yang sesuai dengan spesifikasi Proporsi yang dihasilkan oleh rancangan pun harus optimal, dalam arti penggunaan bahan yang minimum dengan tetap mempertimbangkan kriteria teknis.

Perancangan campuran beton merupakan suatu hal yang kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya. Karena itu, sifat dan karakteristik masing-masing bahannya tersebut akan menyebabkan produksi beton yang dihasilkan cukup bervariasi. Selanjutnya perlu diketahui beberapa faktor lainnya yang mempengaruhi pekerjaan pembuatan rancangan campuran beton, diantaranya adalah kondisi dimana pekerjaan dilaksanakan, kekuatan beton yang direncanakan, kemampuan pelaksana, tingkat pengawasan, peralatan yang digunakan, dan tujuan peruntukan bangunan.

2.8 Perawatan (Curing)

Jumlah air di dalam 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 relative cepat pada hari-hari pertama, perawatan paling penting adalah pada umur mudanya. Kehilangan air yang cepat juga menyebabkan beton menyusut, terjadi tegangan tarik pada beton yang sedang mengering sehingga dapat menimbulkan retak. Merawat kelembapan yang cukup didalam beton untuk jangka waktu tertentu selama umur awalnya agar kekuatannya dapat dicapai secara perlahan-lahan namun efektif. Lamanya waktu perawatan beton tergantung dari tipe semen yang digunakan, proporsi campuran, kekuatan yang direncanakan, ukuran dan bentuk massa beton, cuaca dan kondisi lingkungan.

Keuntungan yang didapatkan apabila melakukan perawatan pada beton (Curing):

- a. Kekuatan yang dihasilkan lebih besar dari beton yang tidak dirawat.
- b. Sifat porousnya akan lebih kecil daripada beton yang tidak dirawat, sehingga lebih tahan terhadap penetrasi air dan garam.
- c. Lebih awet terhadap retak dan pengelupasan.

Kondisi perawatan yang baik dapat dicapai dengan menggunakan salah satu metode di bawah ini :

- a. Beton dibasahi terus menerus dengan air.
- b. Beton direndam di dalam air
- c. Beton dilindungi dengan karung basah, film plastic, atau kertas perawatan tahan air.
- d. Dengan menggunakan perawatan gabungan acuan-membran cair untuk mempertahankan uap air semula dari beton basah.

Perawatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan cara merendam benda uji didalam air pada hari kedua setelah pengadukan beton dan dikeluarkan dari cetakan.

2.9 Uji Kuat Tekan Beton

Dalam perencanaan suatu komponen struktur beton, biasanya diasumsikan bahwa beton memikul tagangan tekan dan bukannya tegangan Tarik. Oleh karena itu kuat tekan beton pada umumnya dijadikan acuan untuk menentukak mutu atau kualitas suatu material beton. Pada umunya sifat mekanik beton yang lainnya, dapat diperkirakan berdasarkan kuat tekan beton. untuk menentukan besarnya kuat tekan beton dapat dilakukan uji kuat tekan dengan mengacu pada standar astm C 39-12 a "*Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*". Benda uji yang digunakan berupa silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm titik di beberapa negara lain seperti Inggris, Jerman dan negara-negara Eropa lainnya digunakan benda uji kubus berukuran Sisi 150 mm atau 200 mm.

Kekuatan beton yang utama adalah kuat tekannya. Nilai kuat tekan beton meningkat sejalan dengan peningkatan umurnya dan pada umur 28 hari, beton mencapai kekuatan maksimal. Perbandingan kuat tekan silinder dan kubus menurut ISO Standard 3893-1977 disajikan pada tabel 2.5 dibawah ini.

Tabel 2.5 Perbandingan kuat tekan antara silinder dan kubus

Silinder (Mpa)	2	4	6	8	10	12	16	20	25	30	35	40	45	50
Kubus (Mpa)	2,5	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Ratio silinder / kubus	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,83	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91

(Sumber: ISO Standard 3893-1977)

Pada umumnya, beton mencapai kuat tekan 70% pada umur 7 hari, dan pada umur 14 hari, kekuatannya mencapai 85-90% dari kuat tekan beton umur 28 hari. Pengukuran kuat tekan beton didasarkan pada SK SNI M14-1989-F (SNI 03 1974-1990). Pembebanan pada pengujian kuat tekan termasuk pembebanan statik monotorik dengan menggunakan Compressive Test. Beban yang bekerja akan terdistribusi secara kontinue melalui titik berat.

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana:

F_c = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

Dari hasil perhitungan diatas perlu dilakukan konversi satuan terlebih dahulu mengingat mutu yang ingin dicapai adalah 20 Mpa. Sementara itu, benda uji yang akan dibuat ialah menggunakan cetakan berbentuk silinder dimana hasil pengujiannya memiliki satuan kg/cm^2 . Untuk mengkonversi satuan dari kg/cm^2 menjadi Mpa dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

Tabel 2.6 Faktor Koreksi Kuat Tekan Silinder Berdasarkan Rasio Tinggi Terhadap Diameter Benda Uji

Rasio H/D	2,00	1,75	1,50	1,25	1,10	1,00	0,75	0,50
Faktor Koreksi Kuat Tekan	1,00	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87	0,70	0,50
Kuat Tekan Relatif Terhadap Silinder Standard	1,00	1,02	1,04	1,06	1,11	1,18	1,43	2,00

(Sumber: Hassoun et al.2005)

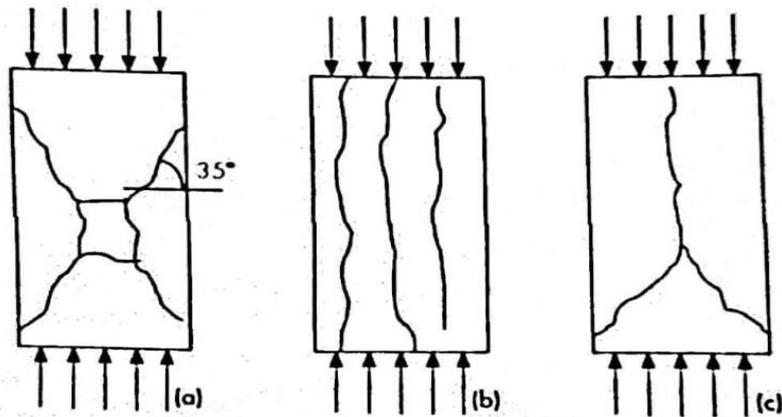
Tabel 2.7 Rasio Kuat Tekan Benda Silinder Terhadap Kubus

Kuat Tekan (Mpa)	7,0	15,5	20,0	24,5	27,0	34,0	37,0	41,5	45,0	51,5
Rasio Kuat Tekan Silinder Terhadap Kubus	0,7	0,76	0,81	0,87	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96

(Sumber: Neville , A.M., 1999)

Kegagalan suatu benda uji Dalam uji tekan biasanya dapat terjadi dalam tiga kemungkinan yang pertama, akibat beban aksial tekan, benda uji gagal dalam geser (gambar 2.2 a) Didik tahanan yang muncul adalah dari kohesi dan friksi internal dalam benda uji titik kemungkinan kedua, kegagalan pada benda uji ditandai

dengan pecahnya benda uji menjadi potongan-potongan berbentuk kolom-kolom atau dikatakan beton membelah (Gambar 2.2 b) Kegagalan ini terjadi pada beton dengan kuat tekan tinggi titik kegagalan ketiga merupakan gabungan dari kemungkinan pertama dan kedua yaitu antara geser dan belah (Gambar 2.2 c).



Gambar 2.2 Kegagalan pada uji kuat tekan beton : (a) gagal geser; (b) gagal belah; (c) gagal gabungan