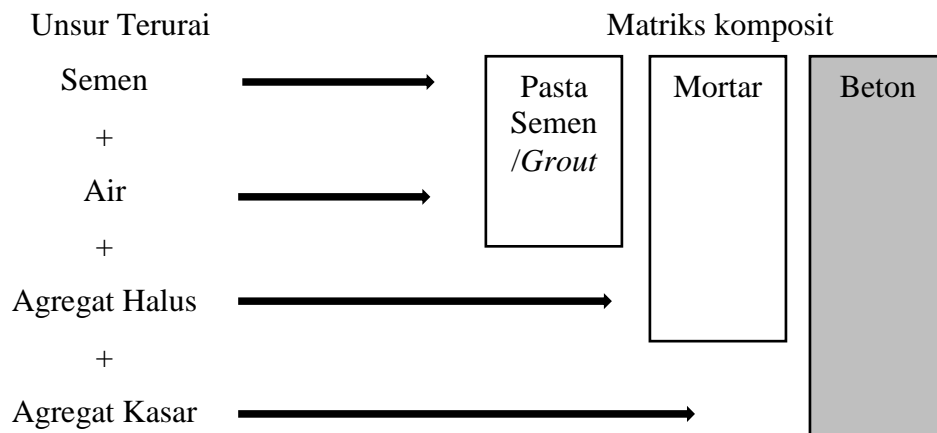


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Perkembangan dunia konstruksi di Indonesia saat ini sangat berdampak pada bertambahnya penggunaan beton sebagai material dalam perkuatan struktur. Selain itu teknologi pada beton juga selalu mengalami perkembangan yang lebih dinamis. Menurut SNI-03-2847-2002 beton merupakan campuran semen *Portland* atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Dimana semen dan air membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat, agregat kasar dan halus berfungsi sebagai bahan pengisi dan penguat.

Sebagai material komposit, sifat beton sangat tergantung pada sifat unsur masing-masing serta interaksi mereka. Ada 3 sistem umum yang melibatkan semen, yaitu pasta semen, mortar dan beton (gambar 2.1).



Gambar 2.1 Unsur-unsur pembuat beton

Beton mempunyai kuat tekan yang besar sementara kuat tariknya kecil. Oleh karena itu untuk struktur bangunan, beton selalu dikombinasikan dengan tulangan baja untuk memperoleh kinerja yang tinggi. Beton ditambah dengan tulangan baja menjadi beton bertulang (*reinforced concrete*) dan jika ditambah lagi dengan baja prategang akan menjadi beton pratekan (*prestressed concrete*).

- a. Jenis-jenis beton berdasarkan berat satuan (SNI 03-2847-2002)

1. Beton ringan : Berat satuan $\leq 1900 \text{ kg/m}^3$
2. Beton normal : Berat satuan $2200 \text{ kg/m}^3 - 2500 \text{ kg/m}^3$
3. Beton berat : Berat satuan $\geq 2500 \text{ kg/m}^3$

Berdasarkan mutu beton dan penggunaannya beton dibedakan menjadi 3 sesuai dengan tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Mutu Beton Dan Penggunaan

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, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu sedang	20 - <35	K 250 - <K 400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu rendah	15 - <20	K 175 - <K 250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang di isi adukan, pasangan batu. digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.
	10 - <15	K 125 - <K175	

(Sumber : departemen pu puslitbang prasarana transportasi, divisi 7 – 2005)

SNI tidak menggolongkan beton berat, namun pada umumnya beton dengan berat satuan diatas 2500 kg/m^3 dikategorikan beton berat, walaupun ada yang menerapkan nilai 3200 kg/m^3 sebagai batas bawah beton berat.

2.2 Material Penyusun Beton

2.2.1 Semen

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air, agregat tidak memainkan peranan penting dalam reaksi kimia tersebut tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan semen dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan. Umumnya batuan mengandung

rongga udara 1-2% pasta semen 25-40% dan agregat 60- 75%. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu :

a. Semen Non Hidrolik

Semen non hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air, akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non hidrolik adalah kapur. Jenis kapur yang baik adalah kapur yang mengandung kalsium oksida tinggi ketika masih berbentuk kapur tohor (belum berhubungan dengan air), dan akan mengandung kalsium hidroksida ketika berhubungan dengan air.

Kapur ini dihasilkan dengan membakar batu kapur dan kalsium karbonat bersama beserta bahan pengotornya, yaitu magnesium, silikat, besi, alkali, alumina dan belerang. Proses pembakaran dilaksanakan dalam tungku tanur tinggi yang berbentuk vertikal atau tungku putar pada suhu 800° - 1200° C. Kalsium karbonat terurai menjadi kalsium oksida dan karbon dioksida. Kalsium oksida yang terbentuk disebut kapur tohor dan jika berhubungan dengan air akan menjadi kalsium hidroksida serta panas dengan reaksi kimia sebagai berikut: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{panas}$.

Proses ini dinamakan dengan mematikan kapur (*slanking*) dan hasilnya yaitu kalsium hidroksida, sering disebut sebagai kapur mati. Kapur mati dapat dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu :

1. Dapat dimatikan dengan cepat.
2. Dapat dimatikan dengan agak lambat.
3. Dapat dimatikan dengan lambat.

Kapur dapat dimatikan dengan menambahkan air secukupnya (sekitar sepertiga dari berat kapur tohor). Pengikatan kapur terjadi akibat kehilangan air akibat penyerapan oleh bata atau akibat penguapan. Proses pengerasan berlangsung akibat reaksi karbondioksida dari udara dengan kapur mati. Reaksinya sebagai berikut : $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

Dari reaksi kimia terlihat bahwa akan terbentuk kembali kristal – kristal kalsium karbonat, yang mengikat massa heterogen menjadi massa padat. Proses pengerasan ini berjalan lambat dan dapat berlangsung bertahun-tahun sebelum mencapai kekuatan yang penuh. Agar dapat berlangsung, diperlukan

aliran udara bebas dan persediaan karbondioksida yang dapat menembus bagian terdalam dari adukan sehingga proses pengerasan dapat berlangsung menyeluruh.

Kapur putih ini cocok untuk menjernihkan plesteran langit-langit, untuk mengapur ruangan yang tidak penting dan garasi. Jika digunakan sebagai bahan tambah campuran beton, kapur putih akan menambah kekenyalan dan memperbaiki sifat pengerjaan (*workability*). Selain itu dengan menggunakan campuran 1:3, kapur putih dapat memperbaiki permukaan beton yang tidak mengandung pori-pori. Kekuatan kapur sebagai bahan pengikat, hanya dapat mencapai sepertiga kekuatan semen *Portland*.

b. Semen Hidrolik

Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidrolik adalah :

1. Kapur hidrolik
2. Semen pozzolan
3. Semen terak
4. Semen alam
5. Semen *Portland*
6. Semen *Portland* - pozzolan
7. Semen *Portland* terak tanur tinggi
8. Semen alumina
9. Semen ekspansif
10. Semen *Portland* putih, semen warna dan semen untuk keperluan khusus.

c. Semen *Portland*

Semen *portland* adalah semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya (ASTM C-150, 1985).

Semen *portland* yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81 atau Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar (PB. 1989:3.2-8)

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar dan jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*).

Semen portland dibagi menjadi lima jenis (SK. SNI T-15-1990-03:2), yaitu :

1. Tipe I, semen *portland* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan syarat khusus seperti jenis-jenis lainnya.
 2. Tipe II, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
 3. Tipe III, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
 4. Tipe IV, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah.
 5. Tipe V, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.
- d. Syarat fisik semen *Portland*

Di Indonesia syarat fisik semen *Portland* menggunakan syarat mutu SII.0013-81, "Mutu dan Cara Uji Semen *Portland*". Syarat mutu yang ditetapkan SII diadopsi dari syarat mutu ASTM C-150.

Tabel 2.2 Syarat Fisika Semen *Portland*

No	Uraian	Jenis semen portland				
		I	II	III	IV	V
1	Kehalusan :					
	Uji Permeabilitas udara, m ² /kg	160	160	160	160	160
	Dengan alat :					
	Turbidimeter, min	280	280	280	280	280
2	Kekekalan :					
	Pemuaian dengan <i>Autoclave</i> , maks %	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
3	Kuat Tekan :					
	Umur 1 hari, kg/cm ² , minimum	-	-	120	-	-
	Umur 3 hari, kg/cm ² , minimum	125	100 70 ^{a)}	240	-	80
	Umur 7 hari, kg/cm ² , minimum	200	175 120 ^{a)}	-	70	150
	Umur 28 hari, kg/cm ² , minimum	280	-	-	170	210
4	Waktu pengikatan (metode alternatif) dengan alat:					
	Gillmore					
	- Awal, menit, minimal	60	60	60	60	60
	- Akhir, menit, maksimum	600	600	600	600	600
	Vicat					
	- Awal, menit, minimal	45	45	45	45	45
	- Akhir, menit, maksimum	375	375	375	375	375

(Sumber : SNI 15-2049-2004, Semen Portland)

e. Kehalusan Butir (*Fineness*)

Kehalusan semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu pengikatan (*setting time*) menjadi semakin lama jika butir semen lebih kasar. Kehalusan penggilingan butir semen dinamakan penampang spesifik, yaitu luas butir permukaan semen. Jika permukaan penampang semen lebih besar, semen akan memperbesar bidang kontak dengan air. Semakin halus butiran semen, proses hidrasinya semakin cepat, sehingga kekuatan awal tinggi dan kekuatan akhir akan berkurang.

Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya *bleeding* (naiknya air semen ke permukaan), tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Menurut ASTM, butir semen yang lewat ayakan no.200 harus lebih dari 78%.

Untuk mengukur kahalusan butir semen digunakan ”*turbidimeter*” dari Wagner atau ”*air permeability*” dari Blaney.

f. Kepadatan (*density*)

Berat jenis semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah 3.15 mg/m^3 . Berat jenis semen yang diproduksi berkisar antara 3.05 mg/m^3 sampai 3.25 mg/m^3 . Variasi ini akan berpengaruh pada proporsi campuran semen dalam campuran. Pengujian berat jenis semen dapat dilakukan dengan *Le Chatelier Flask* menurut standar ASTM C-188.

g. Konsistensi

Konsistensi semen berpengaruh pada saat awal pencampuran, yaitu pada saat terjadi pengikatan sampai saat beton mengeras. Konsistensi yang terjadi bergantung pada ratio antara semen dan air serta aspek-aspek bahan semen seperti kehalusan dan kecepatan hidrasi. Konsistensi mortar bergantung pada konsistensi semen dan agregat pencampurnya.

h. Waktu Pengikatan (*Setting Time*)

Waktu pengikatan adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, dihitung dari saat semen mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen sampai pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan.

Waktu pengikatan semen dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. Waktu pengikatan awal (*innitial setting time*), yaitu waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan. Pada semen *Portland* berkisar 1 – 2 jam, tetapi tidak boleh kurang dari 1 jam.
2. Waktu pengikatan akhir (*final setting time*), yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras. Tidak boleh lebih dari 8 jam.

Waktu pengikatan awal sangat penting pada kontrol pekerjaan beton. Pada keadaan tertentu diperlukan waktu pengikatan awal lebih dari 2 jam. Waktu yang panjang ini diperlukan untuk transportasi (*hauling*), penuangan (*dumping/pouring*), pemadatan (*vibrating*) dan penyelesaiannya (*finishing*). Proses ikatan disertai perubahan temperatur, dimulai sejak terjadi ikatan awal

dan mencapai puncaknya pada waktu berakhirnya ikatan akhir. Waktu ikatan akan memendek karena naiknya temperatur sebesar 30°C atau lebih. Waktu ikatan ini sangat dipengaruhi oleh jumlah air yang dipakai dan oleh lingkungan sekitarnya.

i. Panas Hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air. Satuannya kalori/gram. Jumlah panas yang terbentuk tergantung dari jenis semen yang dipakai dan kehalusan butir semen. Pada pelaksanaan, perkembangan panas mengakibatkan masalah, yakni timbulnya retakan pada saat pendinginan. Pada beberapa struktur beton, terutama struktur beton mutu tinggi, retakan ini tidak diinginkan. Oleh karena itu perlu dilakukan pendinginan melalui perawatan (*curing*) selama masa pelaksanaan.

Panas hidrasi naik sesuai dengan nilai temperatur pada saat hidrasi terjadi. Pada semen biasa, panas hidrasi bervariasi mulai 37 kalori/gram pada temperatur 5°C hingga 80 kalori/gram pada temperatur 40°C. Semua jenis semen umumnya telah membebaskan sekitar 50% panas totalnya pada satu hingga tiga hari pertama, 70% pada hari ketujuh, serta 83-91% setelah 6 bulan. Laju perubahan panas ini tergantung pada komposisi semen.

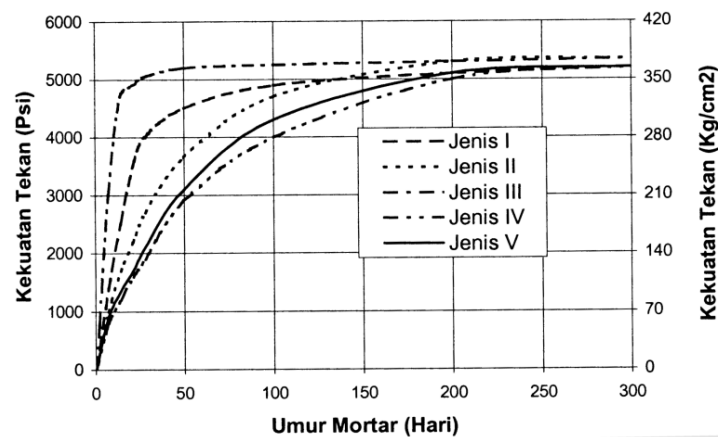
j. Kekekalan (*Perubahan Volume*)

Kekekalan pasta semen yang telah mengeras merupakan suatu ukuran yang menyatakan suatu kemampuan pengembangan bahan-bahan campurannya. Ketidakkekalan semen disebabkan oleh terlalu banyaknya jumlah kapur bebas yang pembakarannya tidak sempurna serta magnesia yang terdapat dalam campuran tersebut. Kapur bebas mengikat air kemudian menimbulkan gaya-gaya ekspansi. Alat untuk menentukan nilai kekekalan semen *Portland* adalah "*Autoclave Expansion of Portland Cement*" cara ASTM C-151, atau cara Inggris, BS "*Expansion by Le Chatellier*".

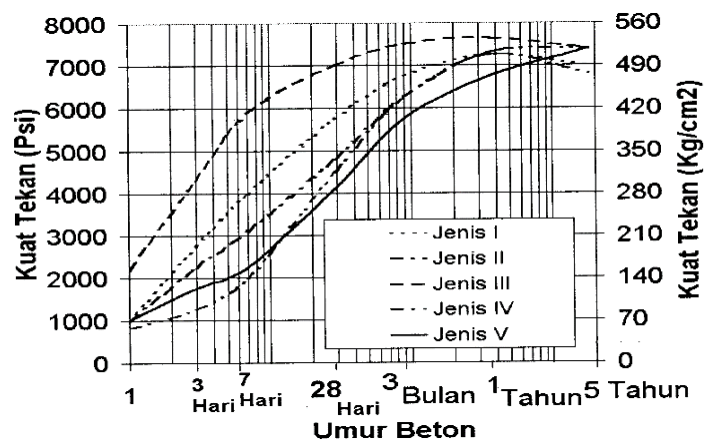
k. Kuat Tekan

Kuat tekan semen diuji dengan cara membuat mortar yang kemudian ditekan sampai hancur. Contoh semen yang akan diuji dicampur dengan pasir silika dengan perbandingan tertentu, kemudian dicetak dengan kubus ukuran 5x5x5

cm. Setelah berumur 3,7,14 dan 28 hari dan setelah mengalami perawatan dengan perendaman, benda uji tersebut diuji kuat tekannya. Perkembangan kekuatan tekan untuk mortar dan beton yang menggunakan berbagai jenis semen dapat dilihat pada gambar 2.2 dan 2.3 berikut:



Gambar 2.2. Perkembangan Kekuatan Tekan Mortar untuk Berbagai Tipe Semen *Portland*



Gambar 2.3 Perkembangan Kekuatan Tekan Beton untuk Berbagai Tipe Semen *Portland* dengan fas 0.49

1. Syarat Kimia Semen *Portland*

Secara garis besar ada empat senyawa kimia utama yang menyusun semen *Portland*, yaitu :

- a. Trikalsium Silikat ($3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$) disingkat menjadi C_3S .
- b. Dikalsium Silikat ($2 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$) disingkat menjadi C_2S .
- c. Trikalsium Aluminat ($3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) disingkat menjadi C_3A .

- d. Tetrakalsium Aluminoferrit ($4 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) disingkat menjadi C_4AF .

Komposisi C_3S dan C_2S sekitar 70 – 80% dari berat semen dan merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen (Cokrodimuljo, 1992).

2.2.2 Air

Air merupakan bahan yang penting juga dalam pembuatan suatu campuran beton. Air yang dicampur dengan semen akan membungkus agregat halus dan agregat kasar menjadi satu kesatuan. Pencampuran semen dan air akan menimbulkan suatu reaksi kimia yang disebut dengan istilah reaksi hidrasi. Dalam reaksi hidrasi komponen-komponen pokok dalam semen bereaksi dengan molekul air membentuk hidrat atau produk hidrasi. Dalam pembuatan campuran beton, hendaknya digunakan air yang bersih yang tidak tercampur dengan kotoran-kotoran kimia yang memungkinkan timbulnya reaksi sampingan dari reaksi hidrasi. Hampir semua air alami yang dapat diminum dan tidak memiliki rasa atau bau dapat digunakan sebagai air pencampuran dalam pembuatan beton. Adanya kotoran yang berlebih pada air tidak saja berpengaruh pada waktu ikat beton, kekuatan beton, dan stabilitas volume (perubahan panjang), namun juga dapat mengakibatkan pengkristalan atau korosi tulangan.

Air yang digunakan secara berlebihan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan mempengaruhi kekuatan beton. Jika beton menggunakan air yang tidak memenuhi syarat, kekuatan beton pada umur 7 hari atau 28 hari tidak boleh kurang dari 90% jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standar/suling (PB 1989:9).

- a. Syarat Umum Air

Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Air yang digunakan dalam pembuatan beton pratekan dan beton yang akan

ditanami logam aluminium (termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat) tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan (ACI 318-89:2-2). Untuk perlindungan terhadap korosi, konsentrasi ion klorida maksimum yang terdapat dalam beton keras umur 28 hari yang dihasilkan dari bahan campuran termasuk air, agregat, semen dan bahan tambah tidak boleh melampaui nilai batas yang diberikan pada tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.3 Batas Maksimum Ion Klorida

Jenis Beton	Batas (%)
Beton Pratekan	0.06
Beton bertulang yang terus berhubungan dg klorida	0.15
Beton bertulang yang selamanya kering atau terlindung dari basah	1.00
Konstruksi beton bertulang lainnya	0.30

(Sumber : SNI 03-2854-1992, Spesifikasi Kadar Ion Klorida dalam Beton)

b. Syarat Mutu Air Menurut British Standard (BS. 3148-80)

Kriteria yang harus dipenuhi oleh air yang akan digunakan sebagai campuran beton. Jika ketentuan-ketentuan ini tidak terpenuhi, sebaiknya air tidak digunakan untuk membuat campuran beton. Syarat-syarat tersebut antara lain:

1. Garam – garam Anorganik

Ion-ion utama yang biasa terdapat dalam air adalah kalsium, magnesium, natrium, kalium, bikarbonat, sulfat, klorida, nitrat dan kadang-kadang karbonat. Gabungan ion-ion tersebut tidak boleh lebih dari 2000mg per liter. Garam-garam anorganik ini akan memperlambat waktu pengikatan beton dan menyebabkan turunnya kekuatan beton. Konsentrasi garam-garam tersebut hingga 500 ppm dalam campuran beton masih diperbolehkan.

2. NaCl dan Sulfat

Konsentrasi NaCl atau garam dapur sebesar 20000 ppm umumnya masih diijinkan. Air campuran beton yang mengandung 1250 ppm natrium sulfat, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, dapat digunakan dengan hasil yang memuaskan.

3. Air Asam

Air asam dapat dipergunakan atau tidak dalam campuran beton, bergantung konsentrasi asam yang dinyatakan dalam ppm (*part per million*) Bisa atau tidaknya air ini digunakan tergantung nilai pH nya. Air netral biasanya mempunyai pH sekitar 7.00. Nilai pH diatas 7.00 menyatakan keadaan kebasaan dan nilai dibawah 7.00 menyatakan keasaman. Semakin tinggi nilai asam (pH lebih dari 3.00), semakin sulit beton dikelola. Karena itu penggunaan air diatas pH 3.00 harus dihindari.

4. Air Basa

Air dengan kandungan natrium hidroksida sekitar 0.5% dari berat semen, tidak banyak berpengaruh pada kekuatan beton asalkan waktu pengikatan tidak berlangsung dengan cepat. Konsentrasi basa lebih tinggi 0.5 % berat semen akan mempengaruhi kekuatan beton.

5. Air Gula

Bila kadar gula dalam campuran dinaikan hingga 0.2 % dari berat semen, maka waktu pengikatan biasanya akan semakin cepat. Gula sebanyak 0.25% berat semen atau lebih akan mengakibatkan bertambah cepatnya waktu pengikatan secara signifikan dan berkurangnya kekuatan beton pada umur 28 hari.

6. Minyak

Minyak mineral atau minyak tanah dengan konsentrasi lebih 2% berat semen dapat mengurangi kekuatan beton hingga 20%. Karena itu penggunaan air yang tercemar minyak sebaiknya dihindari.

7. Rumput Laut

Rumput laut yang tercampur dalam air campuran beton dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan beton secara signifikan. Bercampurnya rumput laut dengan semen mengakibatkan berkurangnya daya lekat dan menimbulkan sangat banyak gelembung udara pada beton. Beton menjadi keropos dan berkurang kekuatannya. Rumput laut dapat juga dijumpai dalam agregat terutama agregat halus yang berasal dari

pasir pantai. Hal ini akan mengakibatkan hubungan antar pasta semen dan agregat terganggu, bahkan menjadi buruk.

8. Zat-zat Organik, Lanau, Bahan-bahan Terapung

Kandungan zat organik dalam air dapat mempengaruhi waktu pengikatan semen dan kekuatan beton. Air yang berwarna tua, berbau tidak sedap dan mengandung butir-butir lumut perlu diragukan dan diuji sebelum dipakai. Lempung yang terapung atau bahan halus kira-kira 2000 ppm yang berasal dari batuan, diijinkan berada dalam campuran. Untuk mengurangi kadar lanau dan lempung dalam adukan beton, air yang mengandung lumpur harus diendapkan terlebih dahulu dalam bak-bak penampung sebelum digunakan.

9. Air Limbah atau Air Cemaran Limbah Industri

Air yang tercemar limbah industri sebelum dipakai harus dianalisis kandungan pengotornya dan diuji (dengan percobaan perbandingan) untuk mengetahui pengikatnya dan kuat tekan betonnya. Air limbah biasanya mengandung 400 ppm senyawa organik. Setelah air limbah diencerkan/disaring di tempat yang cocok untuk keperluan pencampuran beton, konsentrasi senyawa organik biasanya turun menjadi 20 ppm atau kurang. Jadi setelah diencerkan air limbah dapat digunakan.

2.2.3 Agregat

Menurut SNI 03-2847-2002 agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar, yang di pakai bersama - sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidraulik. Kualitas agregat sendiri sangat menentukan kuat beton mengingat agregat menempati 60 – 75% dari total volume keseluruhan beton.

Agregat menempati volume terbesar dalam adukan beton. Agregat dalam beton memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Sebagai bahan pengisi,
2. Menentukan kekuatan aduk beton,

3. Membuat beton/adukan stabil terhadap pengaruh luar dan cuaca, memperlambat sifat susut dan muai.
4. Memperkecil pemakaian perekat.

Dalam campuran beton agregat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis agregat, yaitu sebagai berikut:

- a. Berdasarkan asalnya agregat digolongkan menjadi dua macam yaitu agregat alam dan agregat buatan.

1. Agregat alam

Agregat yang menggunakan bahan baku dari batu alam atau penghancurannya. Jenis batuan yang baik digunakan untuk agregat harus keras, kompak, kekal dan tidak pipih. Agregat alam terdiri dari kerikil dan pasir alam, adalah agregat yang berasal dari penghancuran oleh alam dari batuan induknya. Biasanya ditemukan di sekitar sungai atau di daratan. Agregat beton alami berasal dari pelapukan atau disintegrasi dari batuan besar, baik dari batuan beku, sedimen maupun metamorf. Bentuknya bulat tetapi biasanya banyak tercampur dengan kotoran dan tanah liat. Oleh karena itu jika digunakan untuk beton harus dilakukan pencucian terlebih dahulu. Agregat batu pecah, yaitu agregat yang terbuat dari batu alam yang dipecah dengan ukuran tertentu.

2. Agregat Buatan

Agregat yang dibuat dengan tujuan penggunaan khusus (tertentu) karena kekurangan agregat alam. Biasanya agregat buatan adalah agregat ringan. Contoh agregat buatan adalah : Klinker dan breeze yang berasal dari limbah pembangkit tenaga uap, agregat yang berasal dari tanah liat yang dibakar (*leca = Lightweight Expanded Clay Agregate*), *cook breeze* berasal dari limbah sisa pembakaran arang, *hydite* berasal dari tanah liat (*shale*) yang dibakar pada tungku putar, *lelite* terbuat dari batu metamorphore atau shale yang mengandung karbon, kemudian dipecah dan dibakar pada tungku vertical pada suhu tinggi.

- b. Berdasarkan berat volume beton, agregat digolongkan menjadi agregat berat, agregat normal dan agregat berat.

1. Agregat ringan dipakai untuk pembuatan beton dengan berat volume kurang dari 1800 kg/m^3 . Jenis ini dibagi lagi yaitu beton ringan dengan berat volume kurang dari 1200 kg/m^3 dan beton setengah berat dengan berat volume $1200\text{-}1800 \text{ kg/m}^3$
 2. Agregat normal dipakai untuk adukan beton sehari-hari yang umum dipakai. Untuk konstruksi bangunan secara umum, berat volumenya $1800\text{-}2800 \text{ kg/m}^3$.
 3. Agregat berat dipakai untuk dipakai terutama untuk adukan beton yang ditekankan pada berat massa beton lebih dari 2800 kg/m^3 .
- c. Berdasarkan ukuran butirnya agregat digolongkan mejadi agregat halus dan agregat kasar.
1. Agregat halus adalah agregat yang semua ukuran butirnya menembus ayakan $4,0 \text{ mm}$ (SII. 0052, 1980), atau $4,75 \text{ mm}$ (ASTM C33, 1995) atau 5 mm (BS. 812, 1976).
 2. Agregat kasar adalah agregat yang sama semua butrinya tertinggal di atas $4,0 \text{ mm}$ (SII. 0052, 1980), atau $4,75 \text{ mm}$ (ASTM C33, 1995) atau 5 mm (BS. 812, 1976).

Syarat Mutu Agregat Menurut SII 0052-1980 adalah sebagai berikut:

- a. Agregat Halus
1. Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara $2,50 - 3,80$.
 2. Kadar Lumpur atau bagian butir lebih kecil dari 70 mikron , mak 5% .
 3. Kadar zat organik ditentukan dengan larutan Na-Sulfat 3% , jika dibandingkan warna standar tidak lebih tua daripada warna standar.
 4. Kekerasan butir jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembeding yang berasal dari pasir kwarsa Bangka memberikan angka hasil bagi tidak lebih dari $2,20$.
 5. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh Garam-Sulfat : a. Jika dipakai Natrium Sulfat , bagian yg hancur mak 10% . b. Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur mak 15% .

b. Agregat Kasar

1. Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 6,0 – 7,10.
2. Kadar Lumpur atau bagian butir lebih kecil dari 70 mikron, mak 1%.
3. Kadar bagian yang lemah diuji dengan goresan batang tembaga, mak 5%.
4. Sifat kekal diuji dengan larutan jenuh Garam-Sulfat :
 - a. Jika dipakai Natrium Sulfat , bagian yg hancur mak 12%.
 - b. Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur mak 18%.
5. Tidak bersifat reaktif alkali, jika di dalam beton dengan agregat ini menggunakan semen yang kadar alkali sebagi Na_2O lebih besar dari 0,6%.
6. Tidak boleh mengandung butiran panjang dan pipih lebih dari 20% berat.
7. Kekerasan butir ditentukan dengan bejana *Rudolf* dan dengan bejana *Los Angeles*.

2.3 Workability

Workability atau sering disebut kekenyalan/keleccakan (*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 factor air semen optimum untuk menghasilkan kuat tekan maksimum. Berdasarkan perbandingan berat.

Tabel 2.4 Perbandingan W/C berdasarkan jenis konstruksi dan kondisi lingkungan

Jenis Konstruksi	Kondisi Lingkungan		
	Kondisi Normal	Basah-kering berganti-ganti	Dibawah pengaruh sulfat/air laut
Koreksi langsing atau yang hanya mempunyai penutup tulangan kurang dari 25 mm	0.53	0.49	0.40
Struktur dinding penahan tanah, pilar, balok, abutment	-	0.53	0.44
Beton yang tertanam dalam air: pilar, balok, kolom	-	0.44	0.44
Struktur lantai beton diatas tanah	-	-	-
Beton yang terlindung dari perubahan udara (konstruksi interior bangunan)	-	-	-

(Sumber :Buku Struktur Beton, Universitas Semarang, 1999 hal 9)

2.5 Slump

Slump sebagai ukuran kekenyalan adukan beton, slump merupakan perbedaan tinggi dari adukan dalam suatu cetakan berbentuk kerucut terpancung terhadap tinggi adukan setelah cetakan diambil. Batasan slump bagi jenis elemen struktur dinyatakan dalam tabel dibawah nilai pada tabel itu berlaku untuk pemadatan dengan alat penggetar. Untuk cara pemadatan yang lain, nilai-nilai slump dapat dinaikkan 25 mm besar.

Tabel 2.5 Ukuran slump yang dianjurkan bagi berbagai jenis konstruksi

Uraian	Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	80	25
Pondasi telapak tidak bertulang dan konstruksi di bawah tanah	80	25
Pelat balok, kolom dan dinding	100	25
Perkerasan jalan	80	25
Pembetonan massal	50	25

(Sumber :Buku Struktur Beton, Universitas Semarang, 1999 hal 10)

2.6 Prosedur Pengujian di Laboratorium

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*)

$$= \frac{B_2}{(B_3+500) - B_1} \dots\dots\dots(2.2)$$

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

$$= \frac{500}{(B_3+500) - B_1} \dots\dots\dots(2.3)$$

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:

$$4. \text{ Kadar air agregat} \\ = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)$$

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

$$1. \text{ Berat kering benda uji awal} \\ W_3 = W_1 - W_2 \dots \dots \dots (2.6)$$

$$2. \text{ Berat benda uji setelah pencucian} \\ W_5 = W_4 - W_2 \dots \dots \dots (2.7)$$

$$3. \text{ Berat benda uji setelah pencucian} \\ W_5 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\% \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

W_1 = berat kering benda uji + wadah (gram)

W_2 = 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)

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:

$$1. \text{ Berat jenis kering (Bulk dry specific gravity)} \\ = \frac{B_k}{(W_2 + B_j) - W_1} \dots \dots \dots (2.9)$$

$$2. \text{ Berat jenis jenuh kering permukaan/SSD (Bulk SSD specific gravity)} \\ = \frac{B_j}{(W_2 + B_j) - W_1} \dots \dots \dots (2.10)$$

3. Penyerapan

$$= \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan :

B_k = Berat benda uji kering oven

B_j = 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

$$= \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots \dots \dots (2.12)$$

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

5. Berat kering benda uji awal

$$W_3 = W_1 - W_2 \dots \dots \dots (2.13)$$

6. Berat benda uji setelah pencucian

$$W_5 = W_4 - W_2 \dots \dots \dots (2.14)$$

7. Berat benda uji setelah pencucian

$$W_5 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\% \dots \dots \dots (2.15)$$

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 = % 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 5mm – 40mm, 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

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

b. Bobot isi padat

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

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)

V_2 = Volume akhir (ml)

V_1 = 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 vicat 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 (garam).

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.

2.7.1 Metode Perencanaan Campuran Beton

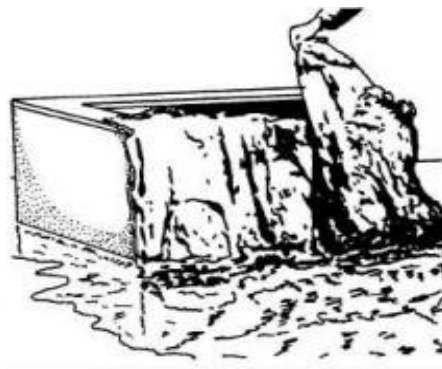
Dalam praktek ada beberapa metode rancangan campuran beton yang telah dikenal, antara lain seperti metode DOE yang dikembangkan oleh *Department of Environment* di Inggris dan Metode ACI (*American Concrete Institute*). Metode rancangan campuran beton dengan cara DOE ini di Indonesia dikenal sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum dan dimuat dalam Standar SNI 03-2834-2000, "Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal". Sedangkan SNI 7656:2012, "Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat dan beton massa" mengacu pada ACI. Secara garis besar kedua metode tersebut didasarkan pada hubungan empiris, bagan, grafik dan tabel, tetapi pada beberapa prosedur terdapat perbedaan.

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. Beton yang dirawat selama 7 hari akan lebih kuat sekitar 50% dari pada yang tidak dirawat. Dengan curing, kekuatan beton pada 28 hari dapat mencapai 4000 psi sedangkan beton yang tidak mengalami curing hanya mencapai kekuatan tidak lebih dari 2000 psi. Lamanya waktu perawatan beton tergantung dari tipe semen yang digunakan, proporsi campuran, kekuatan yang direncanakan, ukuran dan bentuk massa beton, cuaca dan kondisi lingkungan. Slab dan dek jembatan yang terekspos terhadap cuaca dan serangan kimia biasanya membutuhkan waktu perawatan yang lebih lama.

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.



Gambar 2.4 Perawatan dengan karung goni yang dibasahi



Gambar 2.5 Perawatan dengan dengan lapisan waterproof

Metode Dasar dalam melakukan perawatan pada beton (*Curring*) adalah sebagai berikut:

- a. Metode yang memberikan kelembapan tambahan.

Cara perawatan yang termasuk dalam metode ini adalah:

1. Penyiraman.
2. Penutupan dengan penutup yang dibasahi, seperti: jerami, tanah, karung goni, *cotton mat* dan bahan penahan kelembapan lainnya Kedua metode ini memberikan tambahan kelembapan selama pengerasan awal beton dan mendinginkan melalui melalui penguapan yang sangat penting untuk pengecoran saat cuaca panas. Perawatan beton yang paling baik adalah dengan menyiram beton secara kontinu sedangkan membungkus permukaan dengan penutup yang basah adalah yang paling banyak digunakan. Caranya:

- a. Bungkuslah beton dengan penutup yang dibasahi sesegera mungkin setelah beton cukup keras untuk mencegah rusaknya permukaan.
- b. Biarkan dan jagalah kelembapannya selama masa perawatan.
- c. Jika memungkinkan untuk membanjirinya dengan air dapat dilakukan dengan membuat tanggul dari tanah disekeliling beton atau merendam beton secara keseluruhan didalam air.

- b. Metode yang mencegah hilangnya kelembapan/surface sealing Metode ini terdiri dari beberapa cara:

1. Melapisi dengan lapisan waterproof/plastik film, dapat digunakan untuk

merawat beton struktural dan permukaan horisontal yang memiliki bentuk relatif sederhana. Lapisan yang digunakan harus cukup besar untuk menutup permukaan dan tepi-tepi beton. Caranya:

- a. Basahi permukaan sebelum ditutup dengan semprotan air yang halus.
- b. Bebanilah tepi-tepi bagian bawah lapisan untuk menutup secara keseluruhan.
- c. Biarkan di tempat selama masa perawatan. Bagaimanapun juga, beberapa jenis lapisan tipis ini dapat menghitamkan beton yang telah mengeras, terutama jika permukaan di-finishing menggunakan trowel baja.

2. Melapisi dengan bahan cair pembentuk membran (*liquid membran forming compounds*).

Cara pemberian lapisan ini adalah dengan menggunakan sprayer, atau menggunakan kuas pada beton yang telah mengeras tetapi jangan menggunakan kuas pada beton yang belum mengeras karena akan merusakkan permukaan, membuat beton rentan terhadap penetrasi bahan pelapis tersebut dan membuat lapisan tidak menyelubungi beton secara menyeluruh. Jika selama 3 jam awal pemberian lapisan ini terjadi hujan deras di lapangan, permukaan harus disemprot kembali. Perawatan dengan cara ini dapat melindungi beton untuk jangka waktu yang lama bahkan saat beton sudah digunakan.

Tabel 2.6 Metode *Curing*

Metode	Keuntungan	Kerugian
Penyeriman air atau penutupan dengan goni basah	Hasil yang sempurna jika dapat menjaga pengairan secara konsta	Memungkinkan mengering saat jeda penyiraman, kesulitan penerapan pada dinding vertikal, volume air yang dibutuhkan besar
Penutupan dengan jerami	Berperan sebagai insulator saat musim dingin	Dapat mengering, terbang tertiuip angin atau terbakar
Moist eart/ditutup dengan tanah basah	Murah tapi berantakan dan kotor	Meninggalkan noda pada beton, dapat mengering dan kesulitan pembersihan
Dibiarkan saja pada permukaan yang datar	Hasil yang sempurna, menjaga suhu yang seragam	Tidak bisa dilakukan pada cuaca yang dingin atau terlalu panas
Curing compound	Mudah dan murah	Penutupan yang tidak sempurna menyebabkan pengeringan, film dapat sobek maupun meninggalkan noda sebelum proses perawatan selesai dan dapat menyebabkan suhu didalam beton menjadi terlalu panas
Lapisan Waterproof	Perlindungan sempurna dan mencegah pengeringan	Mahal, harus tetap dalam bentuk gulungan dan permasalahan penyimpanan serta pemakaian
Plastik film	Kedap air absolut, perlindungan sempurna, ringan dan mudah dipakai baik pada struktur dengan bentuk sederhana maupun rumit	Harus diberi warna untuk perlindungan panas, memerlukan perawatan khusus, jika sobek harus ditambal dan harus dibebani untuk mencegah agar tidak tertiuip angin.

(Sumber :Buku pedoman pekerjaan beton, Wika Beton)

Pedoman umum dalam melakukan perawatan pada beton (*Curing*) adalah sebagai berikut:

- a. Beton (selain beton kuat awal tinggi) harus dirawat pada suhu diatas 10° C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya 7 hari setelah pengecoran kecuali jika dirawat sesuai poin c.
- b. Beton kuat awal tinggi harus dirawat pada suhu diatas 10° C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 3 hari pertama kecuali jika dirawat sesuai poin c.
- c. Perawatan dipercepat
 1. Percepatan waktu perawatan harus memberikan kuat tekan beton pada tahap pembebanan yang ditinjau sekurang-kurangnya sama dengan kuat rencana perlu pada tahap pembebanan tersebut.
 2. Proses perawatan harus sedemikian hingga agar beton yang dihasilkan mempunyai tingkat keawetan paling tidak sama dengan yang dihasilkan dengan metode perawatan pada poin a dan b.
 3. Bila diperlukan pengawas lapangan, dapat dilakukan penambahan uji kuat tekan beton dengan merawat benda uji di lapangan sesuai dengan Subbab 7.6 (4) SK SNI 03-2847-2002 untuk menjamin bahwa proses perawatan yang dilakukan telah memenuhi persyaratan.

2.9 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 menentukan mutu atau kualitas suatu material beton. Pada umumnya 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 2.10 dibawah ini.

Tabel 2.7 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 (kg/cm²)

P = beban (kg)

A = luas penampang (cm²)

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 2.8 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 Standar	1,00	1,02	1,04	1,06	1,11	1,18	1,43	2,00

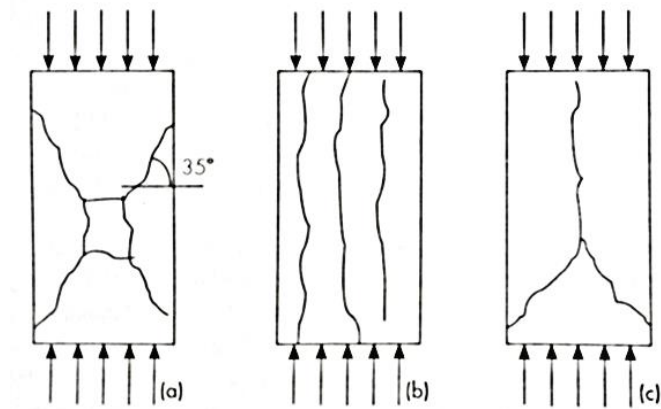
(Sumber : Hassoun et al.,2005)

Tabel 2.9 Rasio Kuat Tekan Benda Uji 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	0,77	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 2.6 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 2.6 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 2.6 c).



Gambar 2.6 Kegagalan pada uji kuat tekan beton : (a) gagal geser; (b) gagal belah; (c) gagal gabungan