

## **BAB II LANDASAN TEORI**

### **1.1 Pengertian Beton**

Beton adalah suatu hasil pencampuran dari semen, air, agregat halus, dan agregat kasar. Agregat merupakan komponen beton yang paling berperan, yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat disebut kasar apabila ukurannya melebihi 5 mm. Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton, keras dan daya tahannya disintergrasi beton. Agregat kasar ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan pasta semen. Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir, ukurannya bervariasi antara ukuran no.4 sampai no.100 saringan standar Amerika. Agregat halus yang baik harus bebas bahan organik, lempung, dan bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Variasi ukuran dalam suatu campuran harus mempunyai gradasi yang baik sesuai dengan standart analisis saringan dari ASTM (Amerika Society of Testing Materials) (Nawy, 1990). Semen merupakan pengisi pori-pori antara butiran-butiran agregat halus dan agregat kasar juga berfungsi sebagai perekat dalam proses pengerasan, sehingga butiran agregat saling terikat dengan kuat dan padat. Didalam campuran beton air mempunyai fungsi sebagai pelancar campuran agregat dan semen agar memudahkan pengadukan dan pencetakan. Pada bahan-bahan beton dan keadaan pengujian tertentu, jumlah air campuran yang dipakai menentukan kekuatan beton, selama campuran cukup plastis dan dapat dikerjakan (Murdock, 1986). Beton yang banyak digunakan saat ini adalah beton normal. Beton normal adalah

beton yang mempunyai berat isi 2200 – 2500 kg/m<sup>3</sup> (Susilorini, dkk, 2009) dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah dan yang tidak menggunakan bahan tambahan (admixture).

Beton yang memiliki kuat tekan beton tinggi namun kuat Tarik yang lemah. Kuat tekan di Indonesia sering menggunakan satuan N/mm<sup>2</sup>. kuat hancur dari beton sangat mempengaruhi oleh beberapa faktor :

1. Jenis dan kualitas semen.
2. Perawatan. Kehilangan kekuatan sampai dengan sekitar 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji.
3. Suhu pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat tekan beton akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
4. Umur, Pada keadaan yang normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah :

- a. Kualitas semen.
- b. Faktor air semen.
- c. Proporsi semen terhadap campuran.
- d. Kekuatan dan kebersihan agregat.
- e. Interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat.
- f. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton.
- g. Penempatan yang benar penyelesaian dan pemadatan beton.

- h. Perawatan beton.
- i. Kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak di ekspos (Nawy,1985 : 24)

Penambahan bahan tambah akan mempengaruhi kemudahan pengerjaan dan tanpa harus mengurangi tingkat kekuatan kuat tekan rencananya. Beton yang menggunakan bahan tambah biasanya dapat dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat dihilangkan/dikurangi, selain itu juga beton dapat lebih homogen, koheren dan stabil selama dikerjakan serta dapat ditertakan tanpa harus terjadi segregasi/pemisahan butiran dari bahan-bahan utama

### **1.1.1 Keunggulan Beton**

Dari pemaikainnya begitu luas, struktur beton mempunyai banyak keunggulan diantaranya :

- a. Beton sangat baik dalam menambah gaya tekan, tetapi beton tidak mampu menahan gaya tegangan yang tinggi, karena elastisitas yang rendah.
- b. Ketersediaan (*availability*) material dasar. Agregat dan air pada umumnya bisa didapat dari lokasi setempat. Semen pada umumnya juga dapat dibuat didaerah setempat, bila tersedia dengan demikian, biaya pembuatan relatif lebih murah karena semua bahan bisa didapat di dalam negeri dan di daerah setempat
- c. Kemudahan untuk digunakan (*versatility*). Pengangkutan bahan mudah, karena masing-masing bisa diangkut secara terpisah. Beton bisa dipakai untuk berbagai struktur, seperti bendungan, fondasi, jalan, landasan bandara udara, pipa, perlindungan dari radiasi, insulator panas, beton ringan bisa dipakai untuk blok dan panel. Beton arsitektur bisa untuk keperluan dekorasi. Beton

bertulang bisa dipakai untuk berbagai struktur yang lebih berat, seperti jembatan, gedung dan bangunan lainnya.

- d. Kemampuan beradaptasi (*adaptability*). Beton bersifat monolit sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja. Beton dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran bervariasi. Beton dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan situasi sekitar
- e. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal. Ketahanan (*durability*) beton cukup tinggi, lebih tahan karat sehingga tidak perlu dicat seperti struktur baja, dan lebih tahan terhadap bahaya kebakaran. (Paul Nugraha, 2007:4-5).

### **1.1.2 Kelemahan Beton**

Disamping keunggulan beton sebagai struktur juga mempunyai beberapa kelemahan antara lain:

- a. Berat sendiri beton yang besar, sekitar 2400 kg/m<sup>3</sup>.
- b. Kekuatan tariknya srendah meskipun kuat tekannya besar.
- c. Beton cenderung untuk retak, karena semennya hidraulis. Baja tulangan bisa berkarat, meskipun tidak terlihat separah struktur baja.
- d. Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan di lapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama.
- e. Penyusutan kering dan perubahan kadar air. Beton menyusut apabila mengalami kekeringan dan bahkan ketika terjadi pengerasan, memuai dan menyusut bilamana basah dan kering. Perubahan-perubahan ini mengharuskan untuk disediakannya suatu sambungan kontraksi pada suatu interval-interval agar tidak terjadi retak-retak yang tidak terlihat.

- f. Rayapan. Beton mengalami perubahan bentuk secara berangsur-angsur bilamana mengalami pembebanan, perubahan bentuk yang ditimbulkan oleh rayapan-beton ini tidak dapat kembali seperti semula bilamana beban ditiadakan. Rayapan ini hal yang sangat penting terutama yang berhubungan dengan beton pra-tekan. Rayapan dan penyusutan sukar dipisahkan didalam pengukuran perubahan bentuk selama pengujian.
- g. Kerapatan terhadap air. Beton yang paling baik tidak dapat secara sempurna rapat terhadap air dan kelembaban serta mengandung senyawa-senyawa yang mudah larut serta terbawa keluar oleh air yang jumlahnya berubah-ubah. Apabila diperlukan perhatian khusus terhadap konstruksi ini, perlu adanya sambungan yang bisa membentuk semacam saluran untuk aliran air tersebut.

### **1.1.3 Bahan Penyusun Beton**

Beton memiliki bentuk yang dapat padat dan keras. Berikut adalah bahan-bahan yang dipakai untuk menyusun beton, yaitu:

#### **1.1.3.1 Semen**

Semen yang digunakan untuk bahan beton pada penelitian ini adalah semen Portland atau semen Portland pozzolan, berupa semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai tambahan. Semen portland merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Di samping itu semen juga berfungsi untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat.

Walaupun semen hanya kira-kira mengisi 10% saja 208 INFO TEKNIK, Volume 17 No.2 Desember 2016 dari volume beton.

### **1.1.3.2 Agregat**

Menurut SK SNI T-15-1991-03 agregat didefinisikan sebagai material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk beton. Berdasarkan ukurannya, agregat dapat dibedakan menjadi:

- a. Agregat halus diameter 0,063-5 mm disebut pasir, dapat dibedakan menjadi pasir halus (diameter 0,063-1 mm) dan pasir kasar (diameter 1-5 mm).
- b. Agregat kasar diameter > 5mm, biasanya berukuran antara 5 hingga 40 mm

Untuk mencapai kekuatan beton yang baik perlu diperhatikan kepadatannya dan kekerasan massa agregat, karena pada umumnya semakin padat dan keras suatu agregat dapat menambah tinggi kekuatan dan durabilitinya (daya tahan terhadap penurunan mutu akibat pengaruh cuaca). massa padat diperlukan susunan gradasi butiran agregat yang baik. Sehingga bahan agregat harus mempunyai cukup kekerasan, sifat kekal, tidak bersifat reaktif terhadap alkali dan tidak mengandung lumpur. Diameter atau material organik ini adalah kurang dari 0,063 mm. Bila banyaknya lumpur atau material organik ini dikandung dalam agregat lebih besar dari 1% berat kering

### **1.1.3.3 Air**

Air merupakan komponen penting dari campuran beton yang memegang peranan penting dalam bereaksi dengan semen dan mendukung terbentuknya

kekuatan pesta semen. Tujuan utama dari penggunaan air adalah agar terjadi hidrasi, yaitu reaksi kimia antara semen dan air yang menyebabkan campuran beton menjadi keras setelah melewati waktu tertentu.,syarat-syarat tersebut menurut (Subakti, 1995) adalah sebagai berikut :

- a. Air yang digunakan harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam, juga zat organik dan bahan-bahan yang dapat merusak bahan yang lainnya.
- b. Air yang digunakan tidak boleh mengandung sejumlah ion klorida.
- c. Air yang digunakan adalah air tawar yang dapat diminum.

#### **1.1.3.4 Bahan Tambah**

Tambah Bahan tambah adalah suatu bahan bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Bahan tambah ada 2 jenis yaitu additive dan admixture. Bahan Tambah (Additive) adalah bahan tambah yang ditambahkan pada saat proses pembuatan semen di pabrik, bahan tambah additive yang ditambahkan pada beton untuk meningkatkan kinerja kuat tekan beton. Beton yang kekurangan butiran halus dalam agregat menjadi tidak kohesif dan mudah bleeding, untuk mengatasi kondisi ini biasanya ditambahkan bahan tambah additive yang berbentuk butiran padat yang halus. Penambahan additive dilakukan pada beton yang kekurangan agregat halus dan beton dengan kadar semen biasa tetapi perlu dipompa pada jarak yang jauh. Yang termasuk jenis additive adalah pozzolan, fly ash, slag, dan silica fume. Adapun keuntungan penggunaan additive adalah (Mulyono T,2003) adalah dapat memperbaiki

workability beton, mengurangi panas hidrasi beton, mengurangi biaya pekerjaan beton, mempertinggi daya tahan terhadap serangan sulfat, meningkatkan usia beton, dan mengurangi penyusutan. Bahan tambah (Admixture) adalah bahan atau material selain air, semen dan agregat ditambahkan ke dalam beton selama pengadukan. Admixture digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik beton. Tujuan penggunaan admixture pada beton segar adalah untuk memperbaiki workability beton, mengatur faktor air semen pada beton segar, mengatur waktu pengikatan aduk beton, meningkatkan kekuatan beton keras, meningkatkan sifat kedap air pada beton keras, dan meningkatkan sifat tahan 210 INFO TEKNIK, Volume 17 No.2 Desember 2016 lama pada beton keras termasuk terhadap zat-zat kimia dan tahan terhadap gesekan. Ketentuan dan syarat mutu bahan tambah admixture sesuai dengan ASTM C 494-81 “Standard Specification For Chemical Admixture For Concrete”. Defenisi tipe dan jenis bahan tambah kimia tersebut dapat diterangkan sebagai berikut:

1. Tipe A, Water Reducing Admixture. Adalah bahan tambah yang bersifat mengurangi jumlah air pencampuran beton untuk menghasilkan beton yang konsentitasnya tertentu.
2. Tipe B, Retarding Admixture. Adalah bahan tambahan yang berfungsi yang menghambat pengikatan beton.
3. Tipe C, Accelerating Admixture. Adalah bahan tambahan berfungsi mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
4. Tipe D, Water Reducing And Retarding Admixture. Adalah bahan tambahan yang berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang

diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan beton.

5. Tipe E, Water Reducing And Accelerating Admixture. Adalah bahan tambahan berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan beton.
6. Tipe F, Water Reducing And High Range Admixture. Adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12%.
7. Tipe G, Water Reducing, High Range and Retarding Admixture. Adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12% atau lebih dan juga menghambat pengikatan beton.

#### **1.1.4 Superplasticizer**

*Superplasticizer* merupakan bahan tambah kimia berbasah dasar *Sulfonic Acid* (Asam Sulfonat) yang sesuai dengan ASTM-C 494-81 “Standart Specification For Chemical Admixture For Concrete. Superplasticizer termasuk jenis bahan tambah kimia Tipe F, Water Reducing dan High Range Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12 %. Dengan menambahkan Superplasticizer dapat mengurangi jumlah air pengaduk dalam jumlah yang cukup tinggi sehingga kekuatan beton yang dihasilkan tinggi dengan jumlah air sedikit

## **1.2 Pengertian pH Air**

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Ia didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen ( $H^+$ ) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut. Ia bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pH-nya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional.

### **1.2.1 pH Rendah**

pH rendah disebabkan beberapa faktor diantaranya:

- Kekurangan kandungan Kalsium (CaO) dan Magnesium (MgO),
- Curah hujan tinggi, pada daerah dengan iklim tropika basah
- Adanya unsur berlebihan, seperti Al (Aluminium), Fe (Besi)
- dan Cu (Tembaga).

### **1.2.2 Alat ukur pH Air**

pH air dapat diukur dengan alat pH meter, beberapa alat pengukur pH yang banyak digunakan saat ini diantaranya yaitu:

- pH meter digital
- pH paper
- pH test cair

### 1.3 Pengertian Salinitas

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam yang terlarut dalam air. Selain kandungan dalam air, terkadang salinitas juga digunakan sebagai istilah kandungan garam dalam tanah.

Disamping istilah salinitas air, terdapat pula istilah salinitas tanah. Salinitas tanah adalah seluruh kandungan garam yang terkandung dalam tanah.

Seringkali kita membedakan air menjadi dua jenis, yakni air tawar dan air asin. Sebenarnya, air tawar juga mengandung kadar garam dalam jumlah tertentu meskipun sangat rendah atau kurang dari 0,05%.

Jika kadar garam yang terkandung antara 3% hingga 5% maka disebut dengan air payau (*saline*).

#### 1.3.1 Alat ukur salinitas

Salinitas air dapat diukur dengan alat beberapa alat pengukur salinitas yang banyak digunakan saat ini diantaranya yaitu:

- Hydrometer salinitas
- Refraktometer

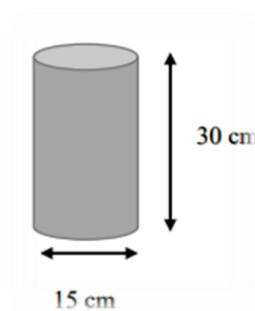
### 1.4 Tabel Salinitas Air – Berdasarkan Persentase Garam Terlarut

**Tabel 2.1** Salinitas Air – Berdasarkan Persentase Garam Terlarut

| Air Tawar | Air Payau  | Air Saline | Brine |
|-----------|------------|------------|-------|
| < 0.05 %  | 0.05 – 3 % | 3 – 5 %    | >5 %  |

## 1.5 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air. Perbandingan dari air semen, semakin tinggi kekuatan tekannya. Air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan akan tetapi menurunkan kekuatan (Wang dan Salmon, 1990). Kuat tekan beton diperoleh dengan benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang ditekan pada sisi yang berbentuk lingkaran.



**Gambar** Error! No text of specified style in document..1 Benda Uji Kuat Tekan Beton

Besarnya kuat tekan benda uji dapat dihitung dengan rumus :

$$f'c = \frac{P}{A} (kg/cm^2)$$

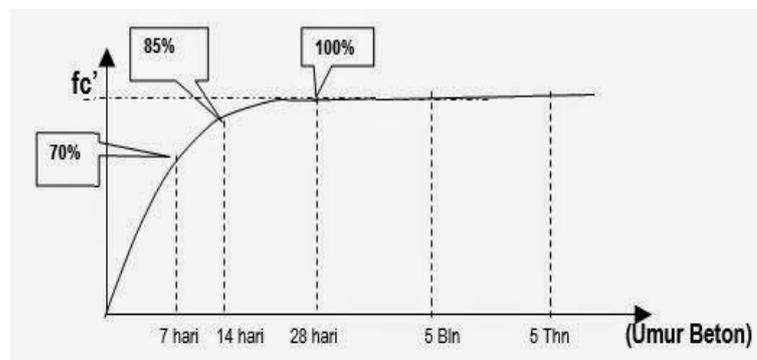
Keterangan :

$f'c$  = kuat tekan beton, (MPa).

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji ( $\text{cm}^2$ )

Kuat tekan beton (normal) naik secara cepat sampai umur 28 hari, seterusnya kenaikan kuat tekan berlangsung lambat dalam hitungan bulan atau tahun, sehingga pada umumnya kekuatan beton dipakai sebagai acuan pada umur 28 hari. Kuat tekan beton umur 7 hari sekitar 70% terhadap umur beton 28 hari sedangkan kuat tekan beton umur 14 hari sekitar 85% terhadap beton 28 hari. Dari hasil penelitian ternyata kekuatan beton terus naik sampai umur 50 tahun.



**Gambar 2.1** Grafik Umur Beton

Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air terhadap semen merupakan faktor utama didalam penelitian kekuatan beton. Semakin rendahnya perbandingan air-semen, semakin tinggi kekuatan tekan. Jumlah air tertentu diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi didalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pengerjaan (mudahnya beton untuk dicorkan) akan tetapi menurunkan kekuatan. suatu ukuran dari pengerjaan beton ini diperoleh dengan percobaan slump.

### 1.5.1 Faktor-Faktor yang mempengaruhi Kuat Tekan

Menurut Susilorini dan Suwarno (2009) faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton antara lain :

1. Faktor Air Semen dan Kepadatan Hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan beton diusulkan oleh Duff Abram, 1919 dalam (Susilorini dan Suwarno, 2009) sebagai berikut:

$$f^c = X \cdot A, B$$

dimana :

$f^c$  : Kuat tekan beton (MPa)

$X$  : f.a.s

$A, B$  : Konstanta

Dari rumus diatas, dapat dilihat bahwa semakin rendah nilai faktor air semen maka akan semakin tinggi kuat tekan betonnya.

Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.

2. Jenis dan lekak-lekuk bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat desak maupun kuat lentur.
3. Efisiensi dari perawatan , kehilangan kekuatan sampai 40 % dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pembuatan benda uji.

4. Suhu. Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat-hancur akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
5. Umur. Pada keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya. Kecepatan bertambahnya kekuatan tergantung pada jenis semen. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai bertahun-tahun.

### 1.5.2 Jenis Beton Berdasarkan Kuat Tekannya

Berdasarkan kuat tekannya beton dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. Beton sederhana, dipakai untuk pembuatan bata beton atau bagian-bagian non struktur. Misalnya, dinding bukan penahan beban.
2. Beton normal, dipakai untuk beton bertulang dan bagian-bagian struktur penahan beban. Namun untuk struktur yang berada di daerah gempa, kuat tekannya minimum 20 Mpa. Misalnya kolom, balok, dinding yang menahan beban dan sebagainya.
3. Beton prategang, dipakai untuk balok prategang yaitu balok dengan baja tulangan dilentur dulu sebelum diberi beban.
4. Beton kuat tekan tinggi dan sangat tinggi, dipakai pada struktur khusus

**Tabel 2.2** Beberapa Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya

| Jenis Beton                               | Kuat Tekan (Mpa) |
|---|------------------|
| Beton sederhana ( <i>plain concrete</i> ) | Sampai 10 Mpa    |
| Beton normal                              | 10 – 30 Mpa      |
| Beton prategang                           | 30 – 40 Mpa      |
| Beton kuat tekan tinggi                   | 40 – 80 Mpa      |
| Beton kuat tekan sangat tinggi            | > 80 Mpa         |

(Sumber : Ir. Kardiyono Tjokrodimulyo, M.E., 1998, Bahan Bangunan : IV-54, Tabel 2.3)

### 1.5.3 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton tergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya. Dalam perhitungan struktur boleh diambil modulus elastisitas beton sebagai berikut :

a.  $E_c = (W_c)^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f'_c}$  untuk  $W_c = 1,5 - 2,5$

b.  $E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$  untuk beton normal

Dimana:

$E_c$  = modulus elastisitas beton, MPa.

$W_c$  = berat jenis beton, Kg/cm<sup>3</sup> dan  $f'_c$  = kuat tekan beton, MPa.

### 1.5.4 Rangka Susut Beton

Rangkak (*creep*) atau *lateral material flow* didefinisikan sebagai penambahan regangan terhadap waktu akibat adanya beban yang bekerja. Deformasi awal akibat pembebanan disebut sebagai regangan elastis, sedangkan regangan akibat tambahan beban yang sama disebut regangan rangkak. Rangkak timbul dengan intensitas yang semakin berkurang setelah selang waktu tertentu dan kemungkinan berakhir setelah beberapa tahun. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya rangkak dan susut dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Sifat bahan dasar beton (komposisi dan kehalusan semen, kualitas adukan, dan kandungan mineral dalam agregat).
2. Rasio air terhadap jumlah semen (*water cement ratio*).
3. Suhu pada saat pengerasan (*temperature*).
4. Kelembaban nisbi pada saat proses penggunaan (*humidity*).

5. Umur beton pada saat beban bekerja.
6. Nilai *slump* (*slump test*).
7. Lama pembebanan.
8. Nilai tegangan.
9. Nilai rasio permukaan komponen struktur

### 1.5.5 Berat Jenis Beton

Beton normal yang dibuat dengan agregat normal (pasir dan kerikil biasa berat jenisnya antara 2,5 – 2,7) mempunyai berat jenis sekitar 2,3 – 2,4. Apabila dibuat dengan pasir atau kerikil yang ringan atau diberikan rongga udara maka berat jenis beton dapat kurang dari 2,0. Jenis-jenis beton menurut berat jenisnya dan macam-macam pemakaiannya dapat dilihat pada Tabel berikut.

**Tabel 2.3** Beberapa Jenis Beton Menurut Berat Jenis dan Pemakaiannya

| Jenis beton          | Berat jenis | Pemakaian       |
|----------------------|-------------|-----------------|
| Beton sangat ringan  | < 1,00      | Non struktur    |
| Beton ringan         | 1,00 – 2,00 | Struktur ringan |
| Beton normal (biasa) | 2,30 – 2,50 | Struktur        |
| Beton berat          | > 3,00      | Perisai sinar X |

### 1.6 Beton F'C 20

Beton f'c 20 adalah campuran semen, pasir, agregat dan additif yang sudah dikemas secara kering, hanya menambah air dan mengaduknya untuk dipakai sebagai material beton dengan kekuatan 20 Mpa.

Jenis beton ini dibuat untuk pekerjaan struktural. Aplikasinya sering kali dimanfaatkan untuk berbagai pekerjaan konstruksi mulai dari jalan, jembatan hingga gedung bangunan, kekuatan perencanaan 20 Mpa pada umur 28 hari.

**Tabel 2.4** Jenis Beton

| Jenis beton | $f_c'$ (Mpa) | $\sigma_{bk}$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Uraian  |
|-------------|--------------|-------------------------------------|---|
| Mutu tinggi | 35-65        | K400 – K800                         | Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya   |
| Mutu sedang | 20 - <35     | K250 - <K400                        | Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti plat 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 pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.  |
|             | 10 - <15     | K125 - <K175                        | Umumnya sebagai lantai kerja, penimbunan kembali beton.   |

### 1.6.1 Pengujian Kuat Tekan Beton $f'_c$ 20

Kekuatan beton dianggap sifat yang paling penting dalam berbagai kasus. Beton baik dalam menahan tegangan tekan dari pada jenis tegangan lain, dan umumnya pada perencanaan struktur beton memanfaatkan sifat ini (Nugraha dan Antoni, 2007: 181).

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).

Pengujian kekuatan tekan beton dilakukan dengan menggunakan mesin tekan. Benda uji diletakkan pada bidang tekan pada mesin secara sentris. Pembebanan dilakukan secara perlahan sampai beton mengalami kehancuran.

$$(f' c) = \frac{P}{A} \text{ (MPa)}$$

Keterangan:

$f'$  = Kuat tekan beton (MPa)

$P$  = Berat beban Maksimum (N)

$A$  = Luas permukaan benda uji (mm<sup>2</sup>)

Kekuatan beton ini sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain adalah sebagai berikut:

#### 1. Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah perbandingan berat antara air dan semen portland dalam campuran adukan beton. Faktor air semen ini sangat berpengaruh karena semakin tinggi faktor air semen semakin rendah kekuatannya dan sebaliknya apabila faktor air semen rendah maka kekuatan beton lebih tinggi.

#### 2. Umur Beton

Kuat tekan beton akan terus bertambah tinggi dengan bertambahnya umur sejak beton dicetak. kekuatan tekan akan naik dengan cepat hingga kenaikan kekuatan tersebut akan melambat. Laju kekuatan beton tersebut dianggap tidak mengalami kenaikan lagi setelah 28 hari.

#### 3. Jenis Semen

Semen portland sendiri menurut Standar Industri Indonesia (SII) memiliki 5 jenis dan sifat misalnya semen dengan kekuatan awal tinggi, semen dengan sifat

tahan terhadap sulfat. Dengan adanya jenis dan sifat yang dimiliki masing-masing semen maka keberadaan semen pada campuran beton sangatlah berpengaruh terhadap kekuatan beton.

#### 4. Jumlah Pasta Semen

Pasta semen dalam beton berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat. Pasta semen akan berfungsi secara maksimal jika seluruh pori antar butir-butir agregat terisi penuh oleh pasta semen, serta seluruh permukaan agregat terselimuti oleh pasta semen. Jika pasta semen tidak terlalu banyak maka rekatan antar agregat akan kurang kuat karena permukaan agregat tidak diselimuti oleh pasta semen dan sebaliknya bila pasta semen terlalu banyak maka kuat tekan beton hanya akan didominasi oleh pasta semen sehingga kuat tekannya akan menurun

#### 5. Sifat Agregat

Jumlah agregat dalam adukan mengisi sebagian besar volume beton lebih dari 70%, sehingga kuat tekan beton sangat dipengaruhi oleh sifat agregat. Berikut adalah beberapa sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan beton:

- a. Kekasaran permukaan, karena dengan permukaan agregat yang kasar maka rekatan antar agregat akan lebih baik karena permukaan tersebut tidak licin sehingga pasta semen akan merekat dengan baik.
- b. Bentuk agregat, bentuk agregat yang baik adalah yang bersudut karena bisa saling mengunci dan sulit untuk digeser. Kuat tekan betonnya juga lebih besar beton dengan agregat kasar batu pecah dibandingkan dengan kerikil karena bentuknya yang bulat.

- c. Kuat tekan agregat, karena 70% volume beton terisi oleh agregat kasar maka kuat tekan akan didominasi oleh kuat tekan agregat, apabila kuat tekan beton baik maka akan diperoleh kuat tekan yang tinggi dan sebaliknya.

### **1.6.2 Karakteristik Campuran Beton**

Sifat dan karakteristik campuran beton segar secara tidak langsung akan mempengaruhi beton yang telah mengeras. Pasta semen tidak bersifat elastis sempurna tetapi viscoelastic-solid. Gaya gesek dalam, susut dan tegangan yang terjadi biasanya tergantung dari energi pemadatan dan tindakan preventif terhadap perhatiannya pada tegangan dalam beton. Hal ini tergantung dari jumlah dan distribusi air, kekentalan aliran gel (pasta semen) dan penanganan pada saat sebelum terjadi tegangan serta kristalin yang terjadi untuk pembentukan porinya.

#### **1. Sifat dan Karakteristik Bahan Penyusun**

Selain kekuatan pasta semen, hal lain yang perlu menjadi perhatian adalah agregat. Karena proporsi campuran agregat dalam beton adalah 70-80 %, sehingga pengaruh agregat akan menjadi besar, baik dari sisi ekonomi maupun dari sisi teknikan. Semakin baik mutu agregat yang digunakan, secara linier dan tidak langsung akan menyebabkan mutu beton menjadi baik, begitu juga sebaliknya.

#### **2. Metode Pencampuran**

##### **a. Penentuan Proporsi Bahan (*Mix Design*)**

Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui perancangan beton (*mix design*). Hal ini dimaksudkan agar proporsi dari campuran dapat memenuhi syarat kekuatan serta dapat memenuhi aspek

ekonomis. Metode perancangan ini pada umumnya menentukan komposisi dari bahan-bahan penyusun beton untuk kinerja tertentu yang diharapkan. Penentuan proporsi campuran dapat digunakan dengan beberapa metode yang dikenal, antara lain : (1). *Metode American Concrete Institute*, (2). *Portland Cement Association*, (3). *Road Note No.4*, (4). *British Standard, Departement of Engineering*, (5). Departemen Pekerjaan Umum (SK.SNI.T-15-1990-03) dan (6). Cara coba-coba.

b. Metode Pencampuran (*Mixing*)

Metode pencampuran dari beton diperlukan untuk mendapatkan kelecakan yang baik sehingga beton mudah dikerjakan. Metode pengadukan atau pencampuran beton akan menentukan sifat kekuatan dari beton, walaupun rencana campuran baik dan syarat mutu bahan telah terpenuhi. Pengadukan yang tidak baik akan menyebabkan terjadinya *bleeding*, dan hal lain-lain yang tidak dikehendaki.

c. Pengecoran (*Placing*)

Metode pengecoran akan mempengaruhi kekuatan beton. Jika syarat-syarat pengecoran tidak terpenuhi, kemungkinan besar kekuatan tekan yang direncanakan tidak akan tercapai.

d. Pemadatan (*Vibrating*)

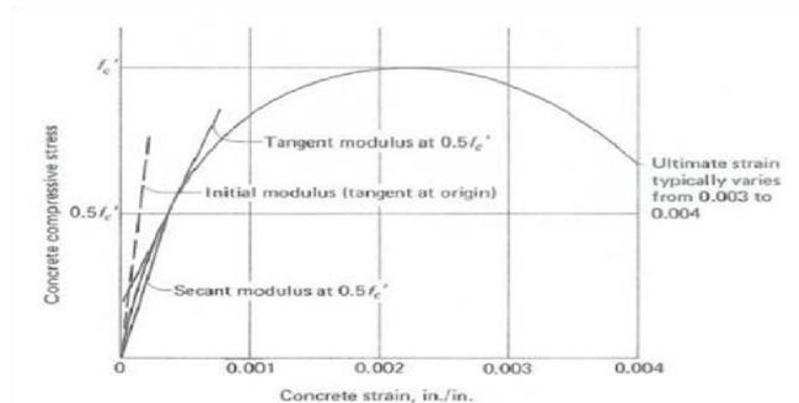
Pemadatan yang tidak baik akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton, karena tidak terjadinya pencampuran bahan yang homogen. Pemadatan yang berlebih pun akan menyebabkan terjadinya *bleeding*.

### 3. Perawatan (*Curing*)

Perawatan dimaksudkan untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, terutama disebabkan oleh suhu. Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kekedapan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi ukur.

#### 1.6.3 Modulus Elastis

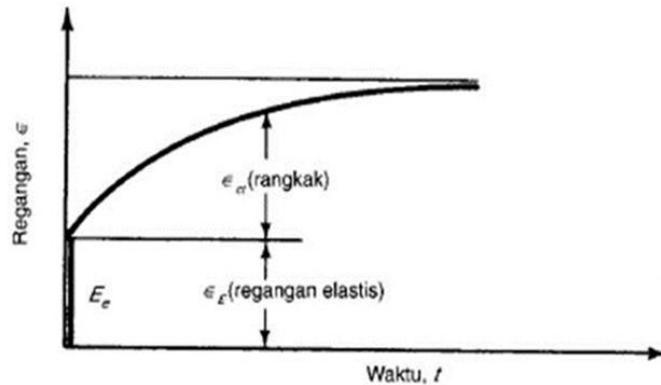
Modulus elastis beton adalah berubah-ubah menurut kekuatan. Modulus elastis juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji. (Chu-kia wang dan Charles G. Salmon ,1986:14)



**Gambar 2.2** Grafik Modulus Elastis Terhadap Kuat Tekan Beton

#### 1.6.4 Rangkak dan Susut

Rangkak (*creep*) dan susut (*shrinkage*) adalah deformasi yang tergantung dari waktu, dengan retak menimbulkan kerisauan yang terbesar bagi perencana yang tergantung disebabkan kurang tepatnya dan kekurangan pengetahuan tentang rangkakan dan susut". (Chu-kia wang dan Charles G. Salmon, 1986:18 ).



**Gambar 2.3** Grafik Rangkak Dan Susut Terhadap Waktu

#### 1.6.4.1 Rangkak

Rangkak (creep) atau lateral material flow adalah perubahan bentuk dibawah beban tetap. Pemberian beban pada beban pertama-tama akan menyebabkan deformasi elastis. Pemberian beban yang diperpanjang durasinya akan menyebabkan deformasi yang lambat yang disebut dengan rangkak. Besarnya deformasi ini tergantung pada faktor tegangan kekuatan pada waktu pembebanan tetapi dipengaruhi juga oleh faktor-faktor seperti proporsi campuran, ukuran spesimen dan bahkan kondisi iklim. Jika beban kemudian diangkat, beton akan mengalami recovery elastis yang langsung. Perpanjangan rangkak (creep recovery) adalah proses yang lebih lambat dan tidak akan secara penuh kembali pada dimensi semula.

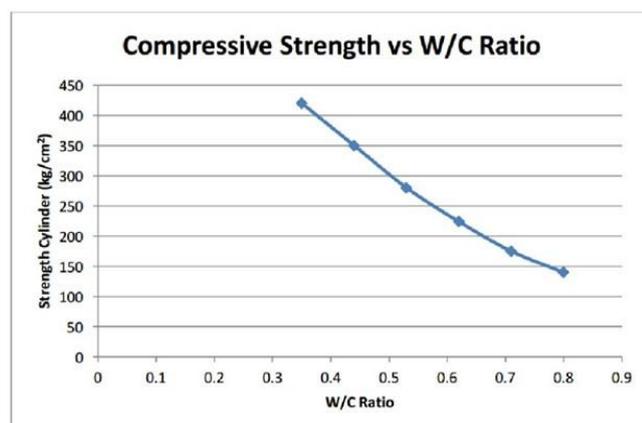
#### 1.6.4.2 Susut

Penyusutan merupakan salah satu penyebab utama dari retak pada bangunan. Susut terjadi pada semua bahan yang memakai semen sebagai pengikat. Susut didefinisikan sebagai perubahan volume yang terjadi ketika air masuk atau keluar dari gel semen, atau ketika air mengubah keadaan fisik atau

kimiawinya dalam pasta. Susut dari beton adalah jauh lebih kecil dibandingkan dengan susut dari pasta, karena pengaruh perlawanan dari agregat dan bagian lainnya yang tidak mengering. (Paul Nugraha, 2007:197)

### 1.6.5 Mix Design Beton

Tujuan utama mempelajari sifat-sifat beton adalah untuk perencanaan campuran beton (mix design), yaitu pemilihan dari bahan-bahan beton yang memadai, serta menentukan proporsi masing-masing bahan untuk menghasilkan beton yang ekonomis dengan kualitas yang baik.



**Gambar 2.4** Grafik Rasio Terhadap Kuat Tekan Beton

Menetapkan standar w/c yang dapat digunakan dengan mudah dalam grafik berikut ini. Besaran tersebut hanya gambaran kasar untuk mempermudah campuran secara manual di lapangan. Dalam menentukan w/c ratio secara akurat dan efisien, sangat diperlukan trial mix skala laboratorium dengan varian campuran tertentu. Berdasarkan grafik tersebut, kita dapat menentukan kuat tekan beton, misalnya untuk menentukan beton dengan kuat tekan 350 kg/cm<sup>2</sup> (dalam benda uji silinder 15 x 30 cm) kita dapat menggunakan w/c ratio 0,44 atau apabila jumlah air dibagi jumlah semen nilainya adalah 0,44.

Proses pengerasan beton dimulai dengan terjadinya proses hidrasi semen yang merupakan pembentukan *Calcium Silicate Hydrate* ( $C_3S_2H_3$ ) dari *Tricalcium Silicate*, *Dicalcium Silicate* dan air.



$C_3S_2H_3$  merupakan senyawa yang memperkuat beton, sedangkan  $Ca (OH)_2$  (kapur mati) adalah senyawa yang porous yang memperlemah beton. Dengan adanya unsur silika tambahan dari bahan tambah semen diharapkan  $Ca (OH)_2$  (kapur mati) akan bereaksi kembali dengan silika tersebut dan membentuk  $C_3S_2H_3$  yang mengurangi terbentuknya  $Ca (OH)_2$  sehingga dapat mempertinggi beton reaksi unsur silika dengan kapur bebas dapat dijelaskan sebagai berikut :



C – S – H atau Calcium Silicate Hydrate

Perlu dipilih bahan-bahan yang sesuai, dicampur dan digunakan sedemikian rupa untuk menghasilkan beton dengan sifat-sifat khusus yang diinginkan untuk tujuan tertentu dengan cara yang paling ekonomis. Pemilihan dari bahan dan cara konstruksi tidak mudah dikerjakan, karena terdapat variasi yang mempengaruhi kualitas dari beton yang dihasilkan dalam hal ini kualitas dan faktor ekonomis.

### 1.6.5.1 Air

Didalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi, yaitu :

1. Untuk memungkinkan reaksi kimiawi semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.

2. Sebagai pelincir campuran kerikil, pasir dan semen agar memudahkan dalam pencetakan atau pengerjaan beton.

Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ dan lainnya), air laut maupun air limbah juga dapat digunakan asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Tabel berikut ini memberikan kriteria kandungan zat kimiawi yang terdapat dalam air dengan batasan tingkat konsentrasi tertentu yang dapat digunakan dalam adukan beton.

**Tabel 2.5** Batasan Maksimum Kandungan Zat Kimia dalam Air

| Kandungan unsur kimiawi                             | Maksimum konsentrasi (ppm*) |
|---|-----------------------------|
| Chloride, Cl:                                       |                             |
| - Beton prategang                                   | 500                         |
| - Beton bertulang                                   | 1000                        |
| Sulfate, SO <sub>4</sub>                            | 1000                        |
| Alkali (Na <sub>2</sub> O + 0,658 K <sub>2</sub> O) | 600                         |
| Total solids  | 50000                       |

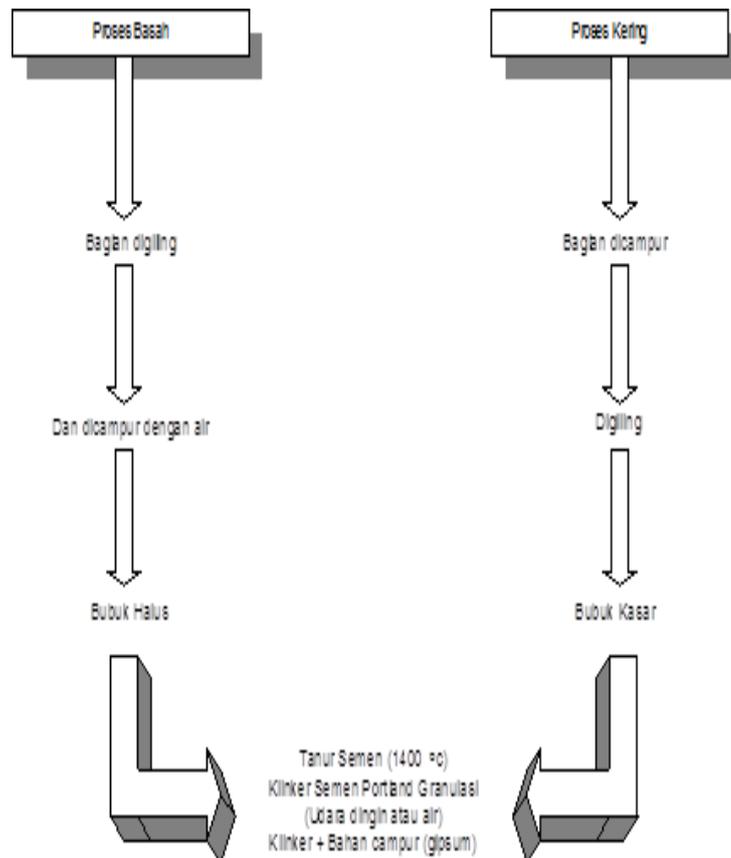
(Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton ; 11) ppm\* = parts per million

### 1.6.5.2 Semen Portland

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10 %,

namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting.

Semen Portland diproduksi untuk pertama kalinya pada tahun 1824 oleh Joseph Aspdin, dengan memanaskan suatu campuran tanah liat yang dihaluskan dengan batu kapur atau kapur tulis dalam suatu dapur sehingga mencapai suatu suhu yang cukup tinggi untuk menghilangkan gas asam karbon. Proses kering dan proses basah merupakan dua cara produksi yang dipergunakan dalam pembuatan semen, seperti yang diuraikan dalam gambar berikut ini.



**Gambar 2.2** Proses Pembuatan Semen

Semen yang satu dapat dibedakan dengan semen lainnya berdasarkan susunan kimianya maupun kehalusan butirnya. Perbandingan bahan-bahan utama

penyusun semen Portland adalah kapur (CaO) sekitar 60 % - 65 %, silica (SiO<sub>2</sub>) sekitar 20 % - 25 %, dan oksida besi serta alumina (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sekitar 7 % - 12 %. Sifat-sifat semen Portland dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

#### 1. Sifat Fisika Semen Portland

Sifat-sifat fisika semen portland meliputi kehalusan butir, waktu pengikatan, kekekalan, kekuatan tekan, pengikatan semu, panas hidrasi, dan hilang pijar.

#### 2. Sifat-Sifat Kimiawi

Sifat-sifat kimiawidari semen Portland meliputi kesegaran semen, sisa yang tak larut (insoluble residu), panas hidrasi semen, kekuatan pasta semen dan faktor air semen. Secara garis besar, ada 4 (empat) senyawa kimia utama yang menyusun semen portland, yaitu :

- a. Trikalsium Silikat (3CaO.SiO<sub>2</sub>) yang disingkat menjadi C3S.
- b. Dikalsium Silikat (2CaO. SiO<sub>2</sub>) yang disingkat menjadi C2S.
- c. Trikalsium Aluminat (3CaO. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang disingkat menjadi C3A.
- d. Tertakalsium aluminoferrit (4CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) yang disingkat menjadi C4AF.

Kandungan senyawa yang terdapat dalam semen membentuk karakter dan jenis semen menjadi lima jenis, yaitu :

#### 1. Jenis Semen Portland Type I

Jenis semen portland type I mungkin yang paling familiar disekitar Anda karena paling banyak digunakan oleh masyarakat luas dan beredar di pasaran. Jenis ini biasa digunakan untuk konstruksi bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus untuk hidrasi panas dan kekuatan tekan awal.

Kegunaan Semen Portland Type I diantaranya konstruksi bangunan untuk rumah permukiman, gedung bertingkat, dan jalan raya. Karakteristik Semen Portland Type I ini cocok digunakan di lokasi pembangunan di kawasan yang jauh dari pantai dan memiliki kadar sulfat rendah.

## 2. Jenis Semen Portland Type II

Kondisi letak geografis ternyata menyebabkan perbedaan kadar asam sulfat dalam air dan tanah dan juga tingkat hidrasi. Oleh karena itu, keadaan tersebut mempengaruhi kebutuhan semen yang berbeda. Kegunaan Semen Portland Type II pada umumnya sebagai material bangunan yang letaknya dipinggir laut, tanah rawa, dermaga, saluran irigasi, dan bendungan. Karakteristik Semen Portland Type II yaitu tahan terhadap asam sulfat antara 0,10 hingga 0,20 persen dan hidrasi panas yang bersifat sedang

## 3. Jenis Semen Portland Type III

Lain halnya dengan tipe I yang digunakan untuk konstruksi tanpa persyaratan khusus, kegunaan semen portland type III memenuhi syarat konstruksi bangunan dengan persyaratan khusus. Karakteristik Semen Portland Type III diantaranya adalah memiliki daya tekan awal yang tinggi pada permulaan setelah proses pengikatan terjadi, lalu kemudian segera dilakukan penyelesaian secepatnya. Jenis semen Portland type III digunakan untuk pembuatan bangunan tingkat tinggi, jalan beton atau jalan raya bebas hambatan, hingga bandar udara dan bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan asam sulfat. Ketahanannya Portland Type III menyamai kekuatan umur 28 hari beton yang menggunakan Portland type I

#### 4. Jenis Semen Portland Type IV

Karakteristik Semen Portland IV adalah jenis semen yang dalam penggunaannya membutuhkan panas hidrasi rendah. Jenis semen portland type IV diminimalkan pada fase pengerasan sehingga tidak terjadi keretakan. Kegunaan Portland Type IV digunakan untuk dam hingga lapangan udara.

#### 5. Jenis Semen Portland Type V

Karakteristik Semen Portland Type V untuk konstruksi bangunan yang membutuhkan daya tahan tinggi terhadap kadar asam sulfat tingkat tinggi lebih dari 0,20 persen. Kegunaan Semen Potrtland Type V dirancang untuk memenuhi kebutuhan di wilayah dengan kadar asam sulfat tinggi seperti misalnya rawa-rawa, air laut atau pantai, serta kawasan tambang. Jenis bangunan yang membutuhkan jenis ini diantaranya bendungan, pelabuhan, konstruksi dalam air, hingga pembangkit tenaga.

### **1.6.5.3 Agregat**

Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya berkisar antara 60 % - 70 % dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat inipun menjadi penting dan sifat-sifat yang dimilikinya akan berpengaruh langsung terhadap keawetan (durability) dan kinerja struktur beton.

Sifat yang paling penting dari suatu agregat ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresinya kimia, serta

ketahanan terhadap penyusutan. Agregat yang digunakan dalam campuran beton harus bersih, keras, bebas dari sifat penyerapan secara kimia, tidak bercampur dengan tanah liat/lumpur dan distribusi/gradasi ukuran agregat memenuhi.

Gradasi yang baik dan teratur (continuous) dari agregat halus kemungkinan akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi. Gradasi yang baik adalah gradasi yang memenuhi syarat zona tertentu dan agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45 % dan tertahan pada ayakan berikutnya. Kebersihan agregat juga akan mempengaruhi dari mutu beton yang akan dibuat terutama dari zat-zat yang dapat merusak baik pada saat beton muda maupun beton sudah mengeras.

Hal-hal yang perlu diperhatikan berkaitan dengan penggunaan agregat dalam campuran beton ada lima, yaitu :

1. Volume udara. Udara yang terdapat dalam campuran beton akan mempengaruhi proses pembuatan beton, terutama setelah terbentuknya pasta semen.
2. Volume padat. Kepadatan volume agregat akan mempengaruhi berat isi dari beton tadi.
3. Berat jenis agregat. Berat jenis agregat akan mempengaruhi proporsi campuran dalam berat sebagai kontrol.
4. Penyerapan. Penyerapan berpengaruh pada berat jenis
5. Kadar air permukaan agregat. Kadar air permukaan agregat berpengaruh pada penggunaan air saat pencampuran.

Pada umumnya agregat digolongkan dalam tiga kelompok, yaitu :

1. Batu, untuk butiran lebih dari 40 mm.
2. Kerikil, untuk butiran antara 5 mm dan 40 mm.
3. Pasir, untuk butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

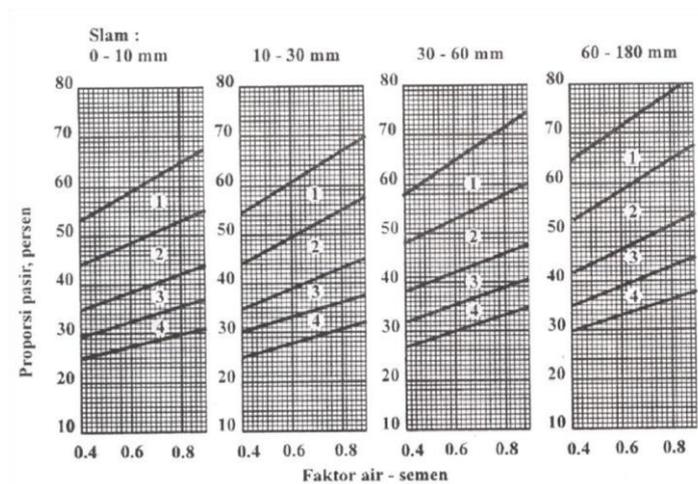
Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. Untuk menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan seperti yang diinginkan, sifat-sifat ini harus diketahui dan dipelajari agar kita dapat mengambil tindakan yang positif dalam mengatasi masalah-masalah yang timbul. Sifat-sifat tersebut adalah : (1). Serapan air dan kadar air agregat, (2). Berat jenis dan daya serap agregat, (3). Gradasi agregat, (4). Modulus halus butir, (5). Ketahanan kimia, (6). Kekekalan, (7). Perubahan volume, (8). Karakteristik panas (sifat thermal agregat), dan (9). Bahan-bahan lain yang mengganggu.

Agregat halus ialah agregat yang semua butir menembus ayakan 4,8 mm (5 mm). Agregat tersebut dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Pasir alam terbentuk dari pecahan batu karena beberapa sebab. Pasir dapat diperoleh dari dalam tanah, pada dasar sungai atau dari tepi laut. Oleh karena itu, pasir dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu :

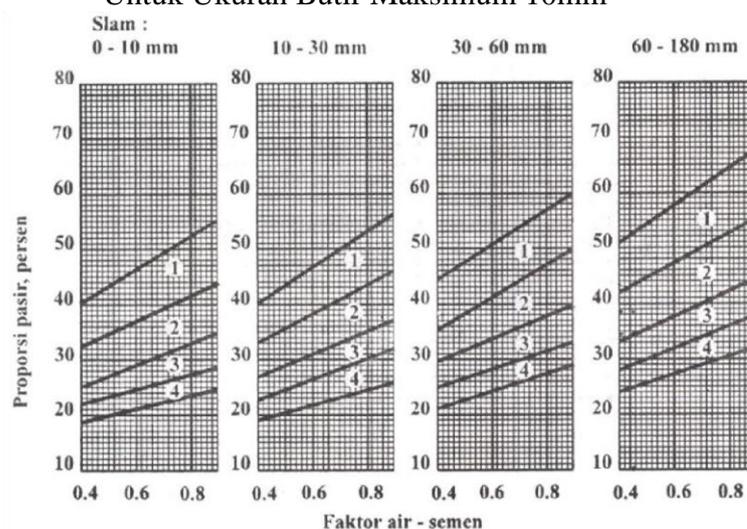
1. Pasir galian Diperoleh langsung dari permukaan tanpa atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Tetapi biasanya dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara dicuci.
2. Pasir sungai Diperoleh dari dasar sungai yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan, daya lekat antar butir agak kurang, karena

butirannya bulat. Karena butirannya kecil, maka baik dipakai untuk memplester tembok.

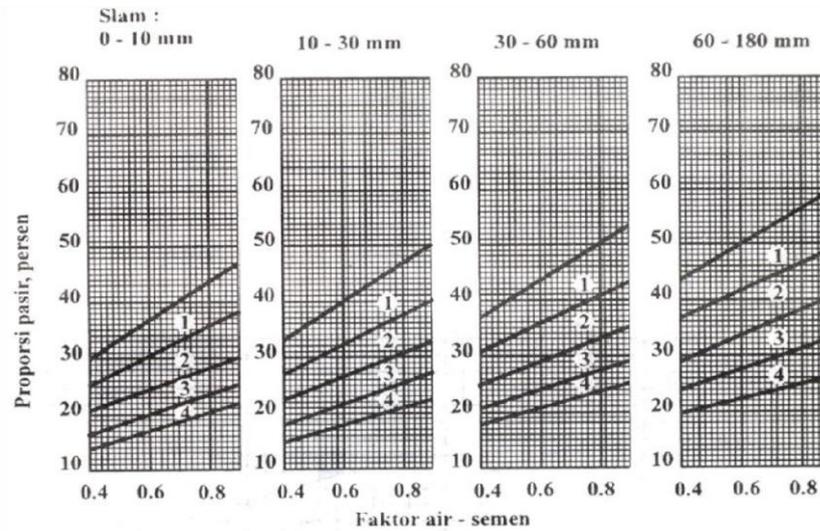
3. Pasir laut Diambil dari pantai, butiran-butirannya halus dan bulat. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman yang menyerap kandungan air dan udara. Hal ini menyebabkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan.



**Gambar 2.5** Grafik Presentase Agregat Halus Terhadap Agregat Keseluruhan Untuk Ukuran Butir Maksimum 10mm



**Gambar 2.63** Grafik presentase agregat halus terhadap agregat keseleruhan untuk ukuran butir maksimal 20mm.



**Gambar 2.7** Grafik presentase agregat halus terhadap agregat keseleruhan untuk ukuran butir maksimal 40mm

SK. SNI T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari British Standard di Inggris. Agregat halus dikelompokkan dalam empat zone (daerah) seperti dalam Tabel berikut:

**Tabel 2.6** Batas Gradasi Agregat Halus

| Lubang ayakan<br>(mm) | Persen Berat Butir yang lewat ayakan |          |         |         |
|-----------------------|--------------------------------------|----------|---------|---------|
|                       | I                                    | II       | III     | IV      |
| 0                     | 100                                  | 100      | 100     | 100     |
| .8                    | 0 – 100                              | 0 – 100  | 0 – 100 | 5 – 100 |
| .4                    | 0 – 95                               | 75 – 100 | 5 – 100 | 5 – 100 |
| .2                    | 0 – 70                               | 5 – 90   | 5 – 100 | 0 – 100 |
| 0.6                   | 15 – 34                              | 5 – 59   | 0 – 79  | 0 – 100 |
| 0.3                   | 5 – 20                               | 8 – 30   | 12 – 40 | 15 – 50 |
| 0.15                  | 0 – 10                               | 0 – 10   | 0 – 10  | 0 – 15  |

Keterangan : - Daerah Gradasi I = Pasir Kasar

- Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar

- Daerah Gradasi III = Pasir Halus

- Daerah Gradasi IV = Pasir Agak Halus

ASTM C.33-86 dalam “Standard Specification for Concrete Aggregates”

memberikan syarat gradasi agregat halus seperti yang tercantum dalam Tabel

**Tabel 2.7** Syarat Mutu Agregat Halus

| Ukuran lubang ayakan (mm) | Persen lolos kumulatif |
|---------------------------|------------------------|
| 9.5                       | 100                    |
| 4.75                      | 95 – 100               |
| 2.36                      | 80 – 100               |
| 1.18                      | 50 – 85                |
| 0.6                       | 25 – 60                |
| 0.3                       | 10 – 30                |
| 0.15                      | 2 – 10                 |

Agregat kasar yaitu agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar dan semua pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidrolis yang pecah. Menurut British Standard (B.S), gradasi agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang baik sebaiknya masuk dalam batas, batas tercantum dalam Tabel berikut: butir tertinggal diatas ayakan 4,8 mm (5 mm). Agregat ini dapat berupa kerikil,

**Tabel 2.8** Syarat Agregat Kasar

| Lubang Ayakan (mm) | Persen Butir lewat ayakan, besar butir maks |          |         |
|--------------------|---|----------|---------|
|                    | 40 mm                                       | 20 mm    | 12.5 mm |
| 40                 | 95 – 100                                    | 100      | 100     |
| 20                 | 30 – 70                                     | 95 – 100 | 100     |
| 12.5               | -   | -        | 90–100  |
| 10                 | 10 – 35                                     | 25 – 55  | 40 - 85 |
| 4.8                | 0 – 5                                       | 0 – 10   | 1 – 10  |

Mix Design : Kebutuhan bahan yang diperlukan untuk membuat 1 m<sup>3</sup> beton

dilapangan. Rumus-rumus dasar terkait dasar-dasar perhitungan adukan beton:

1. Perbandingan : - berat timbangan. - volume wadah.

2. Fas : 
$$\frac{\text{berat air}}{\text{berat semen}}$$
  

$$\frac{\text{berat bahan}}{\text{volume wadahnya}}$$

3. Berat satuan :
4. Berat jenis :  $\frac{\text{berat bahan}}{\text{volume bahan}}$
5. Berat bahan : volume bahan x berat satuan bahan
6. Berat bahan padat : volume absolut x berat jenis bahan x berat satuan
7. Volume bahan :  $\frac{\text{berat bahan}}{\text{berat satuan bahan}}$
8. Volume absolut bahan :  $\frac{\text{berat bahan}}{\text{berat jenis bahan} \times \text{berat satuan air}}$
9. Beton mampat, padat tanpa rongga akan diperoleh berat sendiri = berat jenis.
10. Beton dengan sedikit rongga didalamnya diperoleh berat sendiri < berat jenis.
11. Rongga : volume total – volume padat
12. Porositas :  $= \frac{\text{volume rongga}}{\text{volume total}} = 1 - \frac{\text{berat satuan}}{\text{berat jenis} \times \text{berat satuan air}}$

Diketahui berat satuan bahan :

1. Air= 1000 kg/m<sup>3</sup>
2. Semen = 1250 kg/m<sup>3</sup>
3. Pasir = 1500-1600 kg/m<sup>3</sup>, jika tidak ada pengujian lab, dilapangan
4. Kerikil = 1500-1600 kg/m<sup>3</sup>, pakainya antara 1500-1600 kg/m<sup>3</sup>

Perlu diketahui bahwa sebelum anda menggunakan komposisi beton sesuai standar yang berlaku di Indonesia berdasarkan SNI 7394 – 2008, pastikan terlebih dahulu data yang ada di dalam tabel tersebut harus dicek volume padat atau absolutnya untuk memenuhi 1 m<sup>3</sup>.

Bila data tersebut setelah di periksa volume padat atau absolutnya terbukti memenuhi 1 m<sup>3</sup>, maka dipastikan data yang ada di dalam tabel tersebut layak digunakan untuk kebutuhan membuat 1 m<sup>3</sup> beton dilapangan.

## **1.7 Sifat-Sifat Beton**

### **1.7.1 Sifat Kemudahan Pengerjaan (*Workability*)**

Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari nilai slump yang identik dengan keplastisan beton/keleccakan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Secara umum semakin encer beton segar maka semakin mudah beton segar dikerjakan. Sifat workability dari beton sangat di pengaruhi oleh:

1. Banyaknya air yang dipakai dala campuran beton
2. Konsistensi normal semen
3. Mobilitas setelah aliran dimulai
4. Kohesi atau perlawanan terhadap permindahan bahan
5. Gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus
6. Sifat saling lekat yang berarti penyusunan tidak akan terpisah sehingga akan memudahkan dalam pekerjaan

### **1.7.2 Kedap Air**

Beton mempunyai sifat kedap terhadap air, beton mempunyai rongga-rongga yang diakibatkan oleh adanya gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan selesai atau ruangan yang saat pengerjaan mengandung air yang tidak tercampur sempurna dengan semen. Air tentunya akan mengalami penguapan apabila suhu disekitarnya meningkat yang akan mengakibatkan

terbentuknya rongga udara dalam beton. Rongga udara ini merupakan tempat untuk masuk dan keluarnya air dalam beton.

### **1.7.3 Karakteristik Beton**

Sifat dan karakteristik campuran beton segar secara tidak langsung akan mempengaruhi beton yang mengeras. Pasta semen tidak bersifat elastis sempurna tetapi viscoelastic-solid yaitu mampu dibentuk tanpa kehilangan kontinuitas dan mempertahankan suatu bentuk arena butir semen dan buih udara disebut dalam air dan khususnya karena gaya-gaya interpartikal cenderung memegang buir bersama sekaligus mencegah kontak langsung. Gaya gesek dalam, susut dan tegangan yang terjadi biasanya tergantung dari energi tergantung dari jumlah dan distribusi air, kekentalan aliran gel (pastasemen) dan penanganan pada saat sebelum terjadi tegangan serta kristalin yang terjadi untuk pembentukan porinya.

#### **1.7.3.1 Sifat dan Karakteristik Bahan Penyusun**

Selain kekuatan pasta semen, hal lain yang perlu menjadi perhatian adalah agregat. Karena proporsi campuran agregat dalam beton adalah 70-80%, sehingga pengaruh agregat akan menjadi besar, baik dari sisi ekonomi maupun dari sisi teknik, semakin baik mutu agregat yang digunakan, secara linier dan tidak langsung akan menyebabkan mutu beton menjadi baik, begitu juga sebaliknya

#### **1.7.3.2 Metode Pencampuran**

##### **a. Penentuan Proporsi Bahan (Mix Design)**

Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui perancangan beton (mix design). Hal ini dimaksudkan agar proporsi dari

campuran dapat memenuhi syarat kekuatan serta dapat memenuhi aspek ekonomi. Metode perancangan ini pada umumnya menentukan komposisi dari bahan-bahan penyusun beton untuk kinerja tertentu yang diharapkan. penentuan proporsi campuran dapat digunakan untuk beberapa metode yang dikenal, antara lain :

- (1).Metode American Concrete Institute,
- (2). Porland Cement Association,
- (3).Road Note No.4,
- (4). British Standard, Departemen of Engineering,
- (5). Departemen Pekerjaan Umum (SK.SNI.T-15-1990-03) dan
- (6). Cara Coba-coba.

a. Pengecoran (Placing)

Metode pengecoran akan mempengaruhi kekuatan beton. Jika syarat-syarat pengecoran tidak terpenuhi, kemungkinan besar kekuatan tekan yang direncanakan tidak akan tercapai

b. Pemadatan (Vibrating)

Pemadatan yang tidak baik akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton, karena terjadinya pencampuran bahan yang homogen. Pemadatan yang berlebih pun akan menyebabkan terjadinya bleeding.

### **1.7.3.3 Perawatan**

Perawatan dimaksudkan untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, terutama disebabkan oleh suhu. Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kekedapan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi ukur. Cara dan bahan serta alat yang digunakan untuk perawatan akan menentukan sifat dari beton keras

yang dibuat, terutama dari sisi kekuatannya. waktu-waktu yang dibutuhkan untuk merawat beton pun harus terjadwal dengan baik.

#### **1.7.4 Segregation (Pemisah Kerikil)**

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. Segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya: (1). Campuran kurus kurang semen, (2). Terlalu banyak air, (3). Besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm dan (4). Permukaan butir agregat kasar, semakin kasar permukaan butir agregat, semakin mudah terjadi segregasi. Kecenderungan segregasi ini dapat dicegah jika : (1). Tinggi jatuh diperpendek, (2). Penggunaan air sesuai syarat, (3). Cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan, (4). Ukuran agregat sesuai dengan syarat, dan (5). Pematatan baik.

#### **1.7.5 Slump**

*Slump test* adalah pengujian sederhana yang paling sering digunakan. Kerena kelecakan beton sering diidentikan dengan slumpnya. Konsistensi/kelecakan adukan beton dapat diperiksa dengan pengujian *slump* yang didasarkan pada ASTM C 143-74. Percobaan ini menggunakan corong baja yang berbentuk konus berlubang pada kedua ujungnya, yang disebut kerucut Abrams. Bagian bawah berdiameter 20 cm, bagian atas berdiameter 10 cm tinggi 30 cm.

Nilai slump biasanya bervariasi dari nol untuk pencampuran yang kaku, sampai runtuh total untuk beton yang sangat cair.



**Gambar 2.10** bentuk hasil pengujian slump