

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Beton**

Beton merupakan salah satu elemen struktur yang terdiri dari partikel – partikel agregat yang diletakan oleh pasta yang terbuat dari semen Portland dan air. Pasta itu mengisi ruang – ruang kosong di antara partikel – partikel agregat dan setelah beton segar di cirkan ia akan mengeras sebagai akibat dari reaksi – reaksi kimia eksotermis antara semen dan air sehingga membentuk suatu bahan struktur yang padat dan dapat tahan lama ( ferguson, 1981, dalam muhamad ikhsan saifuddin, 2012).

Mulyono (2004), mengungkapkan bahwa beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah. Mutu beton dipengaruhi kecepatan pengerasan beton selanjutnya kadar lumpur, atas pengerjaan yang mencakup cara peruangan, pemadatan dan perawatan yang pada akhirnya mempengaruhi kekuatan beton.

Menurut Mulyono (2004) berbasarkan jenisnya beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu :

##### **1. Beton ringan**

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Berat jenis agregat ringan sekitar 800-1800 kg/m<sup>3</sup> atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar 1400kg/m<sup>3</sup> dengan kuat tekan umur 28 hari (6,89mpa-17,24 mpa) menurut SNI 08-1991-03.

##### **2. Beton normal**

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat yang memiliki berat isi lebih besar sehingga mempunyai berat jenis antara 2200kg/m<sup>3</sup>-2400kg/m<sup>3</sup> dengan kuat tekan 15- 40 mpa.

3. Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi yang lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400kg/m<sup>3</sup>.

4. Beton massa (*mass concrete*)

Dinamakan beton massa karena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan massif misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

5. Ferro-Cement

Adalah suatu bahan gabungan yang diperoleh dengan cara memberikan suatu tulangan yang berupa anyaman kawat baja sebagai pemberi kekuatan tarik dan daktil pada mortar semen.

6. Beton Serat (*fibre concrete*)

Beton serat (*fibre concrete*) adalah bahan komposit yang terdiri dari beton dan bahan lain berupa serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktil daripada beton normal.

Disamping beton memiliki jenis, betonpun memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut ini kelebihan dan kekurangan dari beton, yaitu ( Mulyono.T, 2004).

1. Kelebihan

- a. Dapat dengan mudah di bentuk sesuai kebutuhan konstruksi.
- b. Mampu memikul beban yang berat.
- c. Tahan terhadap temperature tinggi
- d. Biaya pemeliharaan yang kecil.

2. Kekurangan

- a. Bentuk yang sudah di buat sulit diubah.
- b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang sangat tinggi.
- c. Berat .
- d. Daya pantul suara yang besar.

## **2.2 Sifat dan Karakteristik Beton**

Sifat dan karakter beton secara umum :

1. Beton sangat baik menahan gaya tekan tetapi tidak begitu baik pada gaya tarik, bahkan kekuatan gaya tarik hanya 10% dari kekuatannya.
2. Beton tidak mampu menahan gaya tegangan yang tinggi karena elastisitasnya yang rendah.
3. Konduktivitas termal beton relatif

Sifat – sifat beton dipengaruhi oleh factor – factor berikut :

1. Kualitas semen.
2. Jenis semen yang memenuhi syarat yang sudah ditetapkan.
3. Perbandingan campuran semen agregat, air dan bahan tambah.
4. Cara mencampur komponen.
5. Ketelitian pekerjaan dan perawatan.

## **2.3 Kuat Tekan Beton**

Beton bersifat plastis dan basah saat pemulaan dibuat kemudian secara perlahan-lahan berubah menjadi keras dan kaku seperti batu. Sifat-sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat.

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Nilai kuat tekan beton dengan kuat tariknya tidak berbanding lurus.

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut.

## **2.4 Faktor-Faktor yang mempengaruhi Kuat Tekan Beton**

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor (Gambar 2.1), selain oleh perbandingan air-semen dan tingkat kepadatannya. Faktor-faktor penting lainnya yaitu :

1. 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.

## **2.5 Sifat Beton**

Dalam proses mix design beton, penyusunan campuran beton tidak hanya memperhatikan sifat beton pada suatu keadaan melainkan beton dirancang untuk dua kondisi yaitu pada beton segar (tahap plastis) dan beton keras (tahap perkerasan). Tahap plastis adalah keadaan saat bahan-bahan beton pertama kali dicampurkan sehingga teksturnya seperti adonan yang lunak, encer dan mudah berubah bentuk. Sedangkan tahap perkerasan terjadi ketika beton mulai mengeras.

### **2.5.1 Sifat Beton Segar**

Persyaratan utama campuran beton agar dapat dikatakan mempunyai sifat baik yaitu mampu memberikan kemudahan pengerjaan, yaitu bila campuran tersebut tetap bertahan seragam ketika berlangsung proses pengangkutan,

pengecoran, dan pemadatan. Dalam pengerjaan beton segar, tiga sifat penting yang harus diperhatikan adalah kemudahan pengerjaan (*workability*), pemisahan kerikil (*segregasi*), dan pemisahan air (*bleeding*).

#### **2.5.1.1 Kemudahan Pengerjaan/Workabilitas (*Workability*)**

Tingkat kemudahan (*workability*) merupakan ukuran dari tingkat kemudahan campuran untuk diaduk, diangkut, dituang, dan dipadatkan tanpa menimbulkan pemisahan bahan susunan pembentuk beton. Walaupun suatu struktur beton dirancang mempunyai kuat tekan yang tinggi, tetapi jika rancangan tersebut tidak dapat diterapkan di lapangan karena sulit dikerjakan, maka tujuan memperoleh kuat tekan yang tinggi tersebut tidak akan tercapai. Tingkat kemudahan ini berkaitan dengan keenceran adukan beton. Makin cair adukan beton, maka makin mudah untuk dikerjakan. Untuk mengukur tingkat keenceran beton, maka dilakukan pengujian slump (*slump test*) menggunakan alat Kerucut Abrahams. Slump test bermanfaat untuk mengamati variasi keseragaman campuran. Pengujian slump dilakukan untuk mencatat konsistensi dalam satuan mm penurunan benda uji beton selama pengujian. Sesungguhnya istilah *workability* sulit untuk didefinisikan dengan tepat, tetapi campuran beton bisa dikatakan mudah dikerjakan jika mempunyai sekurang-kurangnya tiga sifat utama sebagai berikut:

1. Kompaktibilitas, yaitu beton dapat dipadatkan sehingga rongga-rongga udaranya menjadi hilang atau berkurang.
2. Mobilitas, yaitu beton dapat mengalir kedalam cetakan beton.
3. Stabilitas, yaitu kemampuan beton untuk tetap menjaga sebagai massa yang homogen, koheren, dan stabil selama dikerjakan dan digetarkan tanpa terjadi pemisahan butiran dari bahan utamanya.
4. Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari konsistensi adukan beton yang identik dengan tingkat keplastisan adukan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Adapun konsistensi adukan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut, diantaranya:

- a) Jumlah air pencampur
- b) Semakin banyak air, adukan beton akan lebih mudah untuk dikerjakan.
- c) Kandungan semen
- d) Jika perbandingan air dan semen tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air, sehingga keplastisannya juga akan lebih tinggi.
- e) Gradasi agregat
- f) Agregat yang memenuhi syarat gradasi akan memberi kemudahan pengerjaan beton
- g) Bentuk butiran agregat
- h) Beton yang menggunakan agregat bentuk bulat akan lebih mudah dikerjakan.
- i) Butiran maksimum agregat
- j) Pada penggunaan jumlah air yang sama, butiran maksimum agregat yang lebih besar akan menghasilkan kemudahan yang lebih tinggi.
- k) Cara pemadatan dan alat pemadatan
- l) Cara menggunakan alat pemadat dengan benar akan berpengaruh terhadap kondisi terakhir beton basah. Setelah selesai pemadatan, akan memungkinkan tercapainya target mutu beton keras.

### **2.5.1.2 Pemisahan Kerikil (Segregasi)**

Segregasi adalah kecenderungan pemisahan bahan-bahan pembentuk beton karena penuangan dan pemadatan yang tidak baik. Bentuk segregasi beton merupakan proses penurunan partikel yang lebih kasar ke bagian bawah beton untuk memisahkan diri dari partikel yang lebih halus dan terpisahnya air semen dari adukan. Hal ini akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. Faktor penyebab segregasi dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu kurang semen, kurang atau kelebihan air pada campuran, kurangnya jumlah agregat halus, ukuran agregat maksimum > 40 mm, dan kekasaran permukaan butir agregat. Kecenderungan terjadinya segregasi dapat dicegah jika tinggi jatuh dibatasi, penggunaan air sesuai dengan yang telah ditetapkan, ukuran agregat sesuai dengan yang telah ditetapkan, dan pemadatan yang baik sesuai aturan.

### **2.5.1.3 Pemisahan Air (Bleeding)**

Bleeding adalah peristiwa pemisahan naiknya air ke permukaan beton setelah dilakukan pemadatan. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir yang pada saat beton mengeras akan membentuk selaput (laitance) yang tidak berguna. Peristiwa ini terjadi pada campuran yang terlalu banyak air, susunan butir agregat, kecepatan hidrasi, dan pada saat proses pemadatan. Terjadinya bleeding dimungkinkan oleh faktor gradasi agregat yang kurang baik, terlalu banyak air, proses hidrasi yang lambat, dan pemadatan yang berlebihan. Untuk mengurangi terjadinya bleeding dapat dilakukan dengan cara menggunakan semen lebih banyak, menggunakan sedikit mungkin air, menggunakan butir halus lebih banyak, dan memasukkan sedikit udara ke dalam beton.

### **2.5.1.4 Kohesifnes**

Kohesifnes yaitu sifat untuk saling melekat antara agregat dengan semen. Sifat ini termasuk sifat positif dari beton segar. Hal ini terjadi saat bahan-bahan beton dicampur dengan air terutama semen. Hal tersebut dipengaruhi oleh:

1. Kehalusan semen,
2. Kadar air pengaduk, dan
3. Bahan tambah (admixture).

### **2.5.1.5 Setting Time (Waktu Pengikatan Beton)**

Setting time atau waktu pengikatan pada beton adalah sifat beton atau semen pada waktu mengikat atau mengeras. Waktu standar pengikatan awal adalah 1-2 jam pada saat beton dicetak dan dipadatkan. Hal tersebut dapat dihindari dengan membuat faktor air yang sedikit tetapi tidak mengurangi workability, yaitu dengan penggunaan bahan tambah (admixture). Setting time ini dipengaruhi oleh:

1. Jenis semen yang digunakan

Semen memiliki beberapa tipe yang mempunyai waktu pengikatan yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan.

## 2. Faktor air semen

Apabila faktor air semen terlalu tinggi atau besar, maka beton menjadi semakin encer dan waktu pengikat pun akan menjadi semakin lama.

3. Suhu lingkungan juga mempengaruhi waktu pengikatan. Dengan suhu yang rendah, maka proses pengikatan awal akan semakin lama.

4. Bahan tambah (admixture).

### **2.5.2 Sifat Beton Keras**

Setelah beton mengeras atau berhentinya proses hidrasi, maka terbentuklah suatu benda padat dan keras dengan sifat-sifat tertentu. Sifat tersebut perlu diketahui untuk dapat digunakan dalam perencanaan atau untuk mengevaluasi kekuatan suatu struktur atau untuk menentukan metode penanganan masalah. Selain kekuatan, sifat-sifat lain yang perlu diperhatikan setelah beton mengeras adalah tahan lama (durability), kedap (impermeability), dan kekuatan (strength).

#### **2.5.2.1 Tahan Lama (Durability)**

Adalah ketahanan beton menghadapi segala kondisi yang direncanakan tanpa mengalami kerusakan selama jangka waktu layannya. Sifat ini merupakan sifat tahan terhadap perkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan. Beton yang demikian disebut dengan beton yang mempunyai ketahanan yang baik. Sifat tahan lama beton dibedakan dalam beberapa hal yaitu:

1. Tahan terhadap cuaca, ialah pengaruh dari kejadian cuaca seperti hujan dan pengaruh suhu ketika terjadi pada musim panas ataupun musim dingin. Karena jika hal itu terjadi akan mengakibatkan pengembangan dan penyusutan pada beton.
2. Tahan terhadap zat kimia, seperti air laut, air limbah, zat kimia industri serta buangan air kotor yang dapat mempengaruhi keawetan beton.
3. Tahan terhadap erosi, beton juga dapat mengalami pengikisan. Hal ini diakibatkan karena adanya pergerakan orang atau lalu lintas di atasnya, gerakan ombak laut atau partikel yang terbawa oleh air laut atau angin laut.

#### **2.5.2.2 Kedap (Impermeability)**

Beton biasanya 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 di sekitarnya meningkat dan akan mengakibatkan terbentuknya rongga udara dalam beton. Rongga udara ini merupakan tempat untuk masuk dan keluarnya air dalam beton.

### **2.5.2.3 Kekuatan (Strength)**

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kekuatan beton terutama dipengaruhi oleh banyaknya faktor air dan semen yang digunakan. Nilai kuat tekan beton semakin meningkat sejalan dengan peningkatan pada umurnya. Beton sudah memiliki kekuatan maksimum pada umur 28 hari. Beton harus dirancang proporsi campurannya agar menghasilkan suatu kuat tekan rata-rata yang disyaratkan. Besarnya variasi kekuatan contoh uji beton biasanya tergantung pada faktor air semen, umur beton, sifat agregat, mutu material, pembuatan dan kontrol dalam pengujian.

## **2.6 Bahan Campuran Beton**

Pada umumnya beton tersusun dari tiga bahan penyusun utama yaitu agregat halus dan kasar dengan semen dan air sebagai pengikatnya. Jika diperlukan, bahan tambah (admixture) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat-sifat tertentu dari beton yang bersangkutan. Perlu memilih bahan-bahan yang sesuai untuk dicampur dan digunakan 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 ekonomi.

### **2.6.1 Semen Portland**

Semen merupakan salah satu bahan dasar pembuatan beton yang tergolong kedalam jenis semen hidrolis. Semen hidrolis mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik pada sektor konstruksi. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta

semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (concrete). Proses ini disebut dengan istilah proses hidrasi semen. 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 sangat penting.

Jenis semen hidrolis yang banyak digunakan hingga saat ini adalah semen Portland. Semen Portland adalah material berbentuk bubuk berwarna abu-abu dan banyak mengandung kalsium dan aluminium silika. Beton yang terbuat dari semen Portland biasanya memerlukan waktu sekitar 28 hari untuk memperoleh kekuatan maksimalnya. Namun dalam hal khusus, sering dibutuhkan beton yang memiliki kuat tekan awal yang tinggi, sehingga diperlukan semen-semen jenis khusus.

#### **2.6.1.1 Sifat Fisika Semen Portland**

Semen yang satu dapat dibedakan dengan semen lainnya berdasarkan susunan kimianya maupun kehalusan butirnya. Sifat fisik semen meliputi kehalusan butir, berat jenis dan berat isi, waktu pengikatan palsu, kekekalan bentuk, kekuatan semen.

##### **A. Kehalusan Butir (*Fineness/Blaine*).**

Kehalusan butir semen akan mempengaruhi proses hidrasi. Semakin halus butiran semen maka luas permukaan butir untuk suatu jumlah berat semen tertentu menjadi lebih besar sehingga jumlah air yang dibutuhkan juga banyak. Semakin halus butiran semen maka proses hidrasinya semakin cepat sehingga semen mempunyai kekuatan awal tinggi. Selain itu, butiran semen yang halus akan mengurangi bleeding, tetapi semen cenderung terjadi penyusutan yang besar dan mempermudah terjadinya retak susut pada beton. Tingkat kehalusan semen diuji dengan alat Blaine.

## B. Berat Jenis dan Berat Isi

Berat jenis semen berkisar antara 3,10-3,30 gram/cm<sup>3</sup> dengan berat jenis rata-rata sebesar 3,15 gram/cm<sup>3</sup>. Berat jenis semen penting untuk diketahui karena dengan mengetahui berat jenis akan dapat dilihat kualitas semen tersebut. Semen yang mempunyai berat jenis < 3,0 biasanya pembakarannya kurang sempurna atau tercampur dengan bahan atau sebagian semen telah mengeras, ini berarti kualitas semen turun.

## C. Waktu Pengikatan

Waktu ikat adalah waktu yang dibutuhkan semen untuk mengeras mulai semen bereaksi dengan air sampai pasta semen mengeras dan cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikat semen ada 2, yaitu waktu ikat awal dan waktu ikat akhir. Waktu ikat awal adalah waktu dari pencampuran semen dengan air sampai pasta semen hilang sifat keplastiasannya. Waktu ikat awal semen berkisar antara 1-2 jam tetapi tidak boleh kurang dari 1 jam atau lebih dari 8 jam. Sedangkan waktu ikat akhir adalah waktu antara terbentuknya pasta semen sampai beton mengeras. Untuk tujuan-tujuan tertentu kadang dibutuhkan waktu initial setting time lebih dari 2 jam. Biasanya waktu yang lebih lama ini digunakan untuk pengangkutan beton (transportasi), penuangan, pemadatan, dan finishing.

## D. Kekekalan Bentuk

Kekekalan bentuk adalah sifat dari pasta semen yang telah mengeras, dimana bila pasta tersebut dibuat bentuk tertentu, bentuk itu tidak berubah. Ketidak kekalan semen disebabkan oleh jumlah kapur bebas yang berlebihan dan magnesia yang terdapat pada semen. Alat yang digunakan untuk menguji sifat kekekalan semen adalah Autoclave Expansion of Portland Cement (ASTM C-151).

## E. Kekuatan Semen

Kuat tekan semen sangat penting karena akan sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton. Kekuatan semen ini merupakan gambaran kemampuan semen dalam melakukan pengikatan daya rekatnya sebagai bahan pengikat.

## F. Pengikat Awal Palsu

Pengikat awal yaitu pengikatan semen yang terjadi kurang dari 60 menit saat setelah semen dicampur dengan air dan adonan menjadi kaku. Setelah pengikatan awal palsu ini berkahir, adonan tidak dapat diaduk kembali. Pengikatan awal palsu terjadi karena pengaruh gips pada semen tidak bekerja sebagaimana semestinya. Seharusnya fungsi gips pada semen adalah memperlambat pengikatan, tetapi karena gips yang terdapat dalam semen terurai, maka gips ini justru mempercepat pengikatan awalnya.

### 2.6.1.2 Sifat Kimia Semen Portland

Semen Portland memiliki beberapa senyawa kimia yang masing-masing memiliki sifat sendiri-sendiri. Sifat kimia semen meliputi kesegaran semen, sisa yang tak larut, panas hidrasi semen, kekuatan pasta semen dan faktor air semen,

Empat senyawa kimia yang utama dari semen Portland antara lain Trikalsium Silikat, Dikalsium Silikat, Trikalsium Aluminat, dan Tetrakalsium Aliminoferrit.

**Tabel 2. 1** Senyawa Utama Semen Portland

Nama senyawa	Komposisi oksida	Singkatan
Tricalcium silicate	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$
Dicalcium silicate	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$
Tricalcium aluminat	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$
Tetracalcium Aluminoferrite	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$
Kalsium sulfat dihidrat (Gypsum)	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{C}\bar{\text{S}}\text{H}_2$
$\text{CaO} = \text{C}; \quad \text{SiO}_2 = \text{S}; \quad \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{A}; \quad \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{F}; \quad \text{H}_2\text{O} = \text{H} \quad \bar{\text{S}} = \text{SO}_4^{2-}$		

(Sumber: Paul Nugraha, Teknologi Beton, 2007;31)

Senyawa tersebut menjadi kristal-kristal yang saling mengikat dan mengunci ketika menjadi klinker. Komposisi Trikalsium Silikat dan Dikalsium Silikat adalah 70% - 80% dari berat semen dan merupakan bagian yang dominan

memberikan sifat semen. Semen dan air saling bereaksi. Persenyawaan ini dinamakan proses hidrasi dan hasilnya dinamakan hidrasi semen. Senyawa Trikalسيوم Silikat jika terkena air akan cepat bereaksi dan menghasilkan panas. Panas tersebut akan mempengaruhi kecepatan mengeras sebelum hari ke-14.

Prinsip dasar pemilihan semen yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton yang tahan terhadap serangan sulfat adalah berapa banyak kandungan senyawa trikalسيوم silikatnya. Semen yang tahan sulfat harus memiliki kandungan trikalسيوم silikat tidak lebih dari 5%. Semen yang kandungan trikalسيوم silikatnya tinggi, jika terkena sulfat yang terdapat pada air atau tanah akan mengembang sehingga mengakibatkan retak-retak pada beton.

### **2.6.1.3 Jenis Semen Portland**

Melihat sifat yang berbeda dari masing-masing komponen semen, nampak bahwa perbedaan persentasi senyawa kimia akan menyebabkan sifat semen. Menurut ASTM (American Standard for Testing Material), membagi semen Portland menjadi 5 jenis, diantaranya:

1. Tipe I, yaitu jenis semen biasa yang dapat digunakan pada pekerjaan konstruksi umum.
2. Tipe II, merupakan modifikasi dari semen tipe I yang memiliki panas hidrasi lebih rendah dan dapat tahan dari beberapa jenis serangan sulfat.
3. Tipe III, merupakan tipe semen yang dapat menghasilkan kuat tekan beton awal yang tinggi. Setelah 24 jam proses pengecoran, semen tipe ini akan menghasilkan kuat tekan dua kali lebih tinggi daripada semen tipe biasa, namun panas hidrasi yang dihasilkan semen jenis ini lebih tinggi daripada semen hidrasi tipe I.
4. Tipe IV, merupakan semen yang mampu menghasilkan panas hidrasi yang rendah, sehingga cocok digunakan pada proses pengecoran dengan volume yang sangat besar.

5. Tipe V, biasanya digunakan untuk struktur-struktur beton yang memerlukan ketahanan yang tinggi dari serangan sulfat.

## **2.6.2 Agregat**

Agregat adalah bahan berbutir, seperti pasir, kerikil, batu pecah, slag tanur (blast-furnace slag) yang digunakan dengan media perekat untuk menghasilkan beton atau mortar semen hidrolis (SNI-2847-2013). Kandungan agregat merupakan komponen beton yang paling berperan dalam menentukan besarnya. Pada beton, biasanya komposisi agregat terdapat sekitar 60% sampai 80% dari berat campuran beton. Sisanya ditempati oleh pasta semen, air yang tersisa dari reaksi hidrasi serta rongga udara. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, agregat menjadi sangat penting. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar. Secara umum, semakin padat susunan agregat dalam campuran beton, maka beton yang dihasilkan akan makin tahan lama dan ekonomis. Oleh karena itu, agar dapat dipadatkan dengan baik, maka ukuran agregat harus dipilih sedemikian rupa sehingga memenuhi gradasi yang disarankan. Perlu juga diperhatikan bahwa agregat hendaknya memiliki kekuatan yang baik, awet, dan tahan cuaca, disamping itu juga harus bersih dari kotoran seperti lempung, tanah liat, lanau, maupun kotoran organik lainnya yang akan melemahkan lekatan antara pasta semen dan agregat.

### **2.6.2.1 Klasifikasi Agregat**

Klasifikasi agregat dibagi menurut sumber, berat, bentuk, tekstur permukaan, dan ukuran butir nominal.

#### **A. Klasifikasi Sumber**

Jika dilihat dari sumbernya, agregat dapat dibedakan menjadi 2 golongan yaitu agregat yang berasal dari alam dan agregat buatan. Contoh agregat yang berasal dari sumber alam adalah pasir alami dan kerikil, sedangkan contoh agregat buatan

adalah agregat yang berasal dari alat pemecah batu, pecahan genteng, pecahan beton, dan abu terbang.

#### B. Klasifikasi Berat

Agregat dapat pula dibedakan berdasarkan beratnya. Ada tiga jenis agregat berdasarkan beratnya yaitu agregat normal, agregat ringan, dan agregat berat.

1. Agregat normal dihasilkan dari pemecahan batu batuan atau langsung dari sumber alam dan biasanya berasal dari granit, basalt, kuarsa, dan sebagainya. Berat jenis rata-ratanya adalah 2,5-2,7 atau tidak boleh kurang dari 1,2 kg/dm<sup>3</sup>.
2. Agregat ringan digunakan untuk menghasilkan beton yang ringan dalam sebuah bangunan yang memperhitungkan berat dirinya. Agregat ringan ini paling banyak digunakan untuk beton pracetak. Beton yang dibuat dengan agregat ringan mempunyai keunggulan sifat lebih tahan api yang baik, tetapi terdapat juga kelemahan karena ukuran pori pada beton lebih besar sehingga penyerapannya lebih besar.
3. Agregat berat mempunyai berat jenis lebih besar dari 2.800 kg/m<sup>3</sup>. Berat jenis beton yang dihasilkan dapat mencapai 5kali berat jenis bahannya. Beton yang dibuat dengan agregat ini biasanya digunakan sebagai pelindung dari radiasi sinar-X.

#### C. Klasifikasi Bentuk

Bentuk agregat belum terdefiniskan secara jelas, sehingga sifat tersebut sulit diukur dengan baik. Namun bentuk agregat ditentukan oleh 2 sifat yang tidak saling tergantung yaitu kebulatan atau ketajaman sudut dan oleh sferikal yaitu rasio antara luas permukaan dengan volume butir agregat. Bentuk agregat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Secara alamiah dipengaruhi oleh proses geologi batuan. Setelah dilakukan penambangan, bentuk agregat dipengaruhi oleh cara peledakan maupun mesin pemecah batu dan teknik yang digunakan. Klasifikasi agregat berdasarkan bentuknya adalah sebagai berikut:

1. Agregat Bulat
2. Agregat ini terbentuk karena terjadinya pengikisan oleh air atau keseluruhannya terbantuk karena penggeseran. Beton yang dihasilkan dari agregat ini kurang cocok untuk struktur yang menekankan pada kekuatan atau untuk beton mutu tinggi, karena ikatan antar agregat kurang kuat.
3. Agregat Bulat Sebagian atau Tidak Teratur
4. Agregat ini sebagian terbentuk karena pergeseran sehingga permukaan atau sudut-sudutya berbentuk bulat. Beton yang dihasilkan dari agregat ini belum cukup baik untuk struktur yang menekankan pada kekuatan atau untuk beton mutu tinggi, karena ikatan antar agregat belum cukup baik.
5. Agregat Bersudut
6. Agregat ini mempunyai sudut yang tampak jelas, yang terbentuk ditempat-tempat perpotongan bidang-bidang dengan permukaan kasar. Beton yang dihasilkan dari agregat ini cocok untuk struktur yang menekankan pada kekuatan atau untuk beton mutu tinggi, karena ikatan antar agregatnya baik dan kuat. Agregat ini dapat juga digunakan untuk bahan lapis perkerasan.
7. Agregat Panjang
8. Agregat ini panjangnya jauh lebih besar dari pada lebarnya dan lebarnya jauh lebih besar dari pada tebalnya. Agregat disebut panjang jika ukuran terbesarnya lebih dari  $9/5$  dari ukuran rata-rata. Agregat jenis ini akan berpengaruh buruk pada mutu beton yang akan dibuat. Kekuatan tekan dari beton yang menggunakan agregat ini juga buruk.
9. Agregat Pipih
10. Agregat ini disebut pipih jika perbandingan tebal agregat terhadap ukuran-ukuran lebar dan tebalnya lebih kecil. Dinamakan pipih jika ukuran terkecilnya kurang dari  $3/5$  ukuran rata-ratanya. Agregat pipih sama dengan agregat panjang, tidak baik untuk campuran beton mutu tinggi.
11. Agregat Pipih dan Panjang
12. Agregat jenis ini mempunyai panjang yang jauh lebih besar dari pada lebarnya, sedangkan lebarnya jauh lebih besar dari tebalnya.

13. Dari bentuk tersebut, pengaruh terhadap beton segar adalah dalam sifat pengerjaan beton yaitu workability. Agregat dengan bentuk yang bersudut sulit untuk dikerjakan, berbeda dengan agregat yang berbentuk bulat. Hal ini dikarenakan gesekan antar agregat pada bentuk yang bersudut lebih besar dibandingkan dengan yang bulat. Demikian pula dengan agregat yang pipih dan lonjong akan mengalami kesulitan pada pengecoran, karena akan menghambat masuknya campuran beton kedalam cetakan yang sempit atau karena rapatnya tulangan.

#### D. Klasifikasi Tekstur Permukaan

Umumnya agregat dibedakan menjadi kasar, agak kasar, licin, dan agak licin. Ukuran susunan agregat tergantung dari kekerasan, ukuran molekul, tekstur batuan, dan besarnya gaya yang bekerja pada permukaan butiran yang telah membuat licin atau kasar permukaan tersebut. Permukaan yang kasar akan menghasilkan ikatan yang lebih baik jika dibandingkan dengan permukaan agregat yang licin. Semakin licin permukaan agregat akan semakin sulit beton untuk dikerjakan. Jenis agregat berdasarkan tekstur permukaannya dibedakan sebagai berikut:

1. Agregat licin atau halus merupakan agregat yang lebih sedikit membutuhkan air dibandingkan dengan agregat permukaan kasar. Agregat licin terbentuk dari akibat pengikisan oleh air, atau akibat patahnya batuan berbutir halus atau batuan yang berlapis-lapis.
2. Berbutir merupakan pecahan agregat yang berbentuk bulat dan seragam.
3. Kasar merupakan pecahan yang dapat terdiri dari batuan berbutir halus atau kasar yang mengandung bahan-bahan berkristal yang tidak dapat terlihat dengan jelas.
4. Kristalin yaitu agregat yang mengandung kristal-kristal yang nampak dengan jelas.
5. Berbentuk sarang lebah adalah agregat yang tampak dengan jelas pori-porinya dan rongga-rongganya.

#### E. Klasifikasi Berdasarkan Ukuran Butir Nominal

Ukuran agregat dapat mempengaruhi kekuatan tekan beton. Untuk perbandingan bahan-bahan campuran tertentu, kekuatan tekan beton berkurang bila ukuran maksimum bertambah besar, dan juga akan menambah kesulitan dalam pengerjaannya. Ukuran dan bentuknya harus disesuaikan dengan syarat yang diberikan ASTM, BS, ataupun SNI atau SSI. Berdasarkan ukuran butir agregat dibedakan menjadi 2 yaitu agregat kasar dan halus.

Agregat alam secara umum dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat yang dapat melalui saringan no. 4 (4,75 mm) dapat di klasifikasikan sebagai agregat halus. Sedangkan agregat yang tertahan di saringan no.4 diklasifikasikan sebagai agregat kasar.apabila dalam suatu campuran beton dikehendaki agregat dengan kombinasi tertentu, maka agregat dapat disaring dengan menggunakan suatu set alat saring agregat.

##### 1. Agregat Kasar

Agregat disebut agregat kasar apabila ukurannya sudah melebihi  $\frac{1}{4}$  inc (6 mm). Sifat kasar agregat mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Jenis agregat kasar yang umum adalah:

###### a. Batu pecah alami

Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.

###### b. Kerikil alami

Kerikil didapat dari proses alami yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah daripada batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pengerjaan yang lebih tinggi.

c. Agregat kasar buatan.

Terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Biasanya merupakan hasil dari proses lain dari proses blast-furnace dan lain-lain.

d. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat.

Dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom sekarang ini, juga untuk pelindung dari radiasi nuklir sebagai akibat dari semakin banyaknya pembangkit atom dan stasiun tenaga nuklir, maka perlu ada beton yang dapat melindungi dari sinar x, sinar gamma, dan neutron. Sifat beton penahan radiasi yang berat ini bergantung pada kerapatan dan kepadatannya, hampir tidak bergantung pada sektor aor semennya. Agregat yang diklasifikasikan disini misalnya baja pecah, barit, magnetit, dan limonit.

2. Agregat Halus

Agregat halus merupakan pengisi yang berupa pasir. Ukurannya bervariasi antara ukuran terbesar 4,8 mm atau agregat yang lolos saringan no.4 dan tertahan saringan no. 200. Agregat halus harus bebas bahan organik, lempung, partikel yang lebih kecil dari saringan no. 100 atau bahan-bahan lain yang dapat merusak campuran beton. Agregat halus harus terdiri dari bahan-bahan yang berbidang kasar, bersudut tajam, dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki. Agregat halus bisa terdiri dari pasir bersih, bahan-bahan halus hasil pemecahan batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dan dalam keadaan kering serta memenuhi persyaratan.

### 2.6.3 Susunan Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran agregat. Gradasi dalam agregat berpengaruh terhadap kepadatan beton. Untuk menghasilkan beton padat, diantara butiran harus saling mengisi. Untuk itu diperlukan variasi butiran agregat dari yang paling besar sampai yang paling kecil. Untuk mengetahui susunan butiran pada agregat dilakukan dengan analisa saringan. Syarat susunan butiran agregat untuk beton telah diatur dalam peraturan-peraturan seperti SK-SNI, ASTM, dan British

Standard. Menurut standar tersebut, gradasi agregat harus memenuhi syarat seperti dibawah ini.

A. Persyaratan Gradasi Agregat Halus

ASTM C.33-95 “*Standard Spesification for Concrete Anggregates*” memberikan syarat gradasi agregat halus seperti yang tercantum dalam tabel 2.1.

**Tabel 2. 2** Persyaratan Gradasi 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

(Sumber : Ir, Tri Mulyono, MT., 2003, Teknologi Beton ; 93, Tabel 4.8)

B. Persyaratan Gradasi Agregat Kasar

Persyaratan gradasi agregat kasar menurut Spesifikasi Umum 2018 tercantum dalam tabel berikut ini.

**Tabel 2. 3** Persyaratan Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan		Persen Berat Lolos Untuk Agregat					
ASTM	mm	Halus*	Kasar				
			Ukuran nominal maks 37,5 mm	Ukuran nominal maks 25 mm	Ukuran nominal maks 19 mm	Ukuran nominal maks 12,5 mm	Ukuran nominal maks 9,5 mm
	50,8	-	100	-	-	-	-
	38,1	-	90-100	100	-	-	-
	25,4	-	-	95-100	100	-	-
	19	-	35-70	-	90-100	100	-
	12,7	-	-	25-60	-	90-100	100
	9,5	100	10-30	-	30-65	40-75	90-100
	4,75	95-100	0-5	0-10	5-25	5-25	20-55
	2,36	80-100	-	0-5	0-10	0-10	5-30
	1,18	50-85	-	-	0-5	0-5	0-10
	0,3	10-30	-	-	-	-	0-5
	0,15	2-10	-	-	-	-	-

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Devisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2)

#### 2.6.4 Sifat Mekanikal Agregat

##### A. Kekuatan

Kekuatan agregat memberi pengaruh terhadap mutu kekuatan beton. Kekuatan beton tidak lebih tinggi dari kekuatan agregat, oleh karena itu sepanjang kekuatan tekan agregat lebih tinggi dari beton yang akan dibuat, maka agregat tersebut masih cukup aman digunakan sebagai campuran beton. Kekerasan atau kekuatan butir-butir agregat tergantung dari bahannya dan tidak dipengaruhi oleh lekatan antara butir satu dengan lainnya. Agregat yang lebih kuat biasanya mempunyai modulus elastisitas yang lebih tinggi. Butir-butir yang lemah tidak dapat menghasilkan kekuatan beton yang dapat diandalkan.

##### B. Lekatan

Bentuk dan tekstur permukaan agregat berpengaruh terhadap kekuatan beton, terutama untuk beton kekuatan tinggi. Pengaruh kuat lekat terhadap kekuatan lentur lebih besar dibandingkan dengan pengaruh terhadap kekuatan tekan. Tekstur

permukaan yang lebih kasar menghasilkan lekatan yang lebih kuat antara butiran agregat dengan mortar. Bentuk partikel juga berpengaruh terhadap persentase rongga dalam beton, terhadap workability dan terhadap rasio luas permukaan partikel volume. Adanya rasio luas permukaan volume yang tinggi akan membutuhkan air campuran yang banyak untuk mencapai workability.

#### C. Ketahanan Tumbukan

Ketahanan tumbukan atau toughness adalah sifat ketahanan agregat terhadap tumbukan dan kehancuran akibat beban.

#### D. Kekerasan

Hardness adalah ketahanan agregat terhadap pengausan. Untuk beton konstruksi permukaan jalan raya dengan lalu lintas berat, sifat hardness ini sangat penting. Metode pengujian yang umum dipakai adalah metode Los Angeles.

### **2.6.5 Air**

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengerjaannya. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan. 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. Sedapat mungkin air dengan konsentrasi padatan terlarut sebaiknya dihindari.

Karena pasta semen merupakan hasil kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang menentukan, tetapi perbandingan air dengan semen atau yang biasa disebut sebagai faktor air semen (water cement ratio) yang menentukan. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan

air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai. Sehingga akibatnya beton yang dihasilkan akan kurang kekuatannya. Karena beton harus cukup kuat dan mudah untuk dicetak, maka keseimbangan perbandingan antara berat air dan semen harus mendapat perbandingan yang cukup.

Sumber – sumber air yang bisa di dapatkan antara lain :

- A. Air yang terdapat di udara
- B. Air hujan
- C. Air tanah
- D. Air permukaan
- E. Air alut

#### **2.6.6 Bahan Tambahan**

Bahan campuran tambahan (admixture) adalah bahan- bahan yang ditambahkan de dalam campuran beton pada saat atau sealam pencampuran berlangsung. Fungsi bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu atau untuk menghemat biaya atau untuk tujuan lain seperti menghemat energi. Admixture atau bahan tambah didefinisikan Standard Definitions of Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates (ASTM C.125-1995:61) dan dalam Cement and Concrete Terminology (ACI SP-19) sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton, misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, penghematan, atau untuk tujuan lain seperti penghematan energi.

Di Indonesia, bahan tambah telah banyak digunakan. Manfaat dan penggunaan bahan tambah ini perlu dibuktikan dengan menggunakan bahan agregat dan jenis semen yang sama dengan bahan yang akan di pakai di lapangan. Dalam hal ini bahan yang dipakai sebagai bahan tambah harus memenuhi ketentuan yang diberikan oleh SNI. Untuk bahan tambah kimia harus memenuhi syarat yang

diberikan dalam ASTM C.494, “Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete”.

### **2.6.7 Jenis-Jenis Bahan Tambah**

Bahan tambah ini biasanya merupakan bahan tambah kimia yang dimaksudkan lebih banyak mengubah perilaku beton pada saat pelaksanaan pekerjaan, jadi dapat dikatakan bahwa bahan tambah kimia lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan. Beberapa jenis bahan tambah yang sering digunakan untuk beton dikelompokkan dalam 5 kelompok yaitu accelerating, air-entraining, water reducer, set retarding, high range water reducer, dan pozzolan.

#### **2.6.7.1 Accelerating Admixtures**

Accelerating admixtures adalah bahan tambah untuk mempercepat pertumbuhan kuat tekan beton. Bahan tambah ini dicampurkan ke dalam adukan beton untuk mereduksi waktu ikat beton dan mempercepat laju pertumbuhan kuat tekan beton. Bahan ini berasal dari bermacam-macam garam terlarut. Dosis maksimum yang dapat diberikan dari bahan tambah jenis ini adalah 1% dari berat semen atau sering diambil 0,5% saja.

#### **2.6.7.2 Air-Entraining Admixtures**

Air-Entraining Admixtures adalah bahan tambah pembentuk gelembung udara. Bahan tambah ini akan meningkatkan kemudahan pekerjaan beton serta pada beton yang telah mengeras akan mampu meningkatkan ketahanan terhadap es. Sebagian besar bahan tambah pembentuk gelembung udara berbentuk cair, meskipun ada sebagian yang berbentuk serbuk, serpihan ataupun semi padat. Jumlah yang dibutuhkan dalam suatu campuran tergantung pada bentuk dan gradasi agregat yang digunakan. Semakin halus agregat yang digunakan, maka dibutuhkan dosis yang semakin banyak .

#### **2.6.7.3 Water-reducing Admixtures**

Water-reducing Admixtures adalah bahan tambah pengurang air. Bahan tambah jenis ini banyak digunakan untuk mengurangi rasio air semen sehingga

dapat meningkatkan kuat tekan beton. Sebagian besar bahan tambah jenis ini berbentuk cair, dan biasanya menjadi bagian dari pencampur beton dan mengurangi jumlah air yang dibutuhkan dalam suatu adukan beton. Dosis yang digunakan biasanya diambil bervariasi dari 1 hingga maksimum 2% berat semen.

#### **2.6.7.4 Set Retarding Admixtures**

Set Retarding Admixtures adalah bahan tambah untuk memperlambat waktu ikat beton. Bahan ini digunakan untuk memperlama waktu ikat beton dan biasa digunakan apabila tempat pengadukan beton dan tempat penuangan adukan di lokasi proyek cukup jauh, sehingga selisih waktu antara mulai pencampuran adukan hingga pemadatan lebih dari 1 jam. Di kota besar dengan lalu lintas yang padat dan macet, bahan tambah ini sangat membantu para penyedia beton segar.

#### **2.6.7.5 High Range Water Reducer**

High Range Water Reducer adalah bahan tambah untuk mengurangi air dalam jumlah yang besar. Bahan ini digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran hingga 12% bahkan lebih, dan dapat menghasilkan beton dengan kelecakan yang bagus. Bahan tambah ini sering disebut juga istilah superplasticizer.

#### **2.6.7.6 Bahan Tambah Pozzolan**

Pozzolan adalah bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silika atau alumina. Pozzolan tidak mempunyai sifat semen, namun dalam keadaan halus yaitu lolos ayakan 0,21 mm dapat bereaksi dengan air dan kapur padam pada suhu normal ( $24^{\circ}$ - $27^{\circ}$ ) menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air. Pozzolan dapat dipakai sebagai bahan tambah untuk menggantikan sebagian jumlah semen. Jika dipakai sebagai substitusi parsial semen Portland, maka persentase penggunaan pozzolan biasanya berkisar antara 10% hingga 35% dari berat semen. Jenis pozzolan yang dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran beton adalah abu terbang (fly ash) dan silica fume.

### 2.6.8 Gula merah

Berbagai macam gula merupakan zat yang termasuk dalam golongan karbohidrat dengan C,H,O sebagai unsur pembentuknya. Gula ini biasa disebut sebagai *sukrosa / sakarosa* (C<sub>12</sub> H<sub>22</sub> O<sub>11</sub>) dan termasuk dalam golongan disakarida yang memiliki rasa manis. Rasa manis ini disebabkan oleh gugus hidroksilnya. Sukrosa / sakarosa ini terdiri dari molekul *manosakarida* dan oleh kegiatan enzim di pecah menjadi glukosa dan fruktosa.

Gula digunakan sebagai filter, memberikan tingkat kemanisan yang diperlukan dan mengurangi viskositas pada tekstur akhir (pada akhir pemasakan). Sedangkan sirup glukosa di gunakan untuk mengontrol rekristalisasi larutan gula super jenuh, dan memberikan viskotas. Makin banyak jumlah glukosa yang ditambahkan, adonan makin lengket dan makin liat. Sehingga boiling temperature dikurangi untuk mengontrol tekstur yang liat. Rasio standar gula : glukosa =1: 1,25. Untuk tekstur tertentu dan control kristalisasi, rasio gula dan glukosa dapat di inginkan menjadi 1:1,5.

Gula dapat di gunakan sebagai bahan additive retarder. Bahkan additive retarder umumnya merupakan senyawa polihidroksil, dimana polihidroksil ini bisa di dapat dari varian manosakarida (bisa didapat dari berbagai macam gula). Manosakarida bersifat manis, larut dalam air serta bersifat kristalin setelah didapat polihidroksil dari gula tadi, pada dosis yang terukur (tentunya dengan melakukan uji coba). Manfaat utama retarder ini adalah untuk setting waktu yang lebih lama bagi reaksi hidrasi sehingga menguntungkan banyak hal antara lain :

- a. Mudah dalam pelaksanaan (improve/high workability).
- b. Struktur dan tekstur beton lebih padat dan merata.
- c. Akibat dari struktur dan tekstur yang merata, maka kekuatan beton akan meningkat.
- d. Dapat menghambat proses infiltrasi klorida yang dapat merusak (korosi tulangan).
- e. Beton lebih tahan lama (high durability).

Kandungan gula merah terdiri dari :

1. Karbohidrat dan indeks glikemik
2. 240 ml mengandung 180 kalori , 30gr gula.
3. Antioksidan
4. Vitamin dan mineral ( catatan : satu sendok gula = 50 kalori- 13gr gula)

Kandungan sukrosa 0,03% - 0,15% dari berat semen akan memperlambat waktu pengikatan semen pada beton. Kekuatan 7 hari menurun dan selama 28 hari kekuatan akan meningkat. Kandungan gula 0.25% atau lebih menyebabkan pengikatan yang sangat cepat dan menyebabkan menurunnya kekuatan pada umur 28 hari. Setiap jenis gula mempengaruhi waktu pengikatan dan kekuatan secara berbeda-beda. Kandungan gula kurang dari 500ml tiap liter air tidak akan langsung mempengaruhi kekuatan tapi bila melebihi jumlah tersebut harus di uji coba lebih lanjut lamanya waktu pengikatan dan kekuatan. Beberapa material berfungsi sebagai (retarder) pada dosis tertentu berfungsi sebagai (accelerator) pada dosis lain. (Jayakumaran, 2005).

## **2.7 Uji Propertis Bahan Campuran Beton**

Pengujian terhadap bahan-bahan penyusun beton dilakukan untuk memahami sifat-sifat dan karakteristik bahan-bahan tersebut serta untuk menganalisis dampaknya terhadap sifat dan karakteristik beton yang dihasilkan, baik pada kondisi beton segar, beton muda maupun beton yang telah mengeras. Pengujian dilakukan menggunakan alat yang telah tersedia di laboratorium. Pengujian bahan ini meliputi bahan agregat halus, agregat kasar, dan bahan tambah lainnya.

### **2.7.1 Pengujian Agregat Halus**

Agregat halus harus terdiri dari bahan-bahan yang berbidang kasar, bersudut tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki. Agregat halus bisa terdiri dari pasir bersih, bahan-bahan halus hasil pemecah abtu atau kombinasu dari bahan-bahan tersebut dan dalam keadaan kering serta memenuhi persyaratan dengan menggunakan pengujian sebagai berikut.

### 2.7.1.1 Pengujian Berat Isi

Pengujian berat isi merupakan pengujian untuk menentukan berat isi dan rongga udara dalam agregat halus. Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi. Dalam pengujian berat isi ini menggunakan persamaan sebagai berikut:

- Berat isi Agregat B =  $\frac{W_3}{V}$  (kg/dm<sup>3</sup>)
- Rongga Udara =  $\frac{(A-W)-B}{(A \times B)} \times 100$

Dimana:

B = berat isi agregat (kg/dm<sup>3</sup>).

V = isi wadah (dm<sup>3</sup>).

A = bulk specific gravity agregat (kg/dm<sup>3</sup>).

W = berat isi air (kg/dm<sup>3</sup>).

### 2.7.1.2 Pengujian Kadar Air

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air agregat dengan cara mengeringkan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Percobaan ini digunakan untuk menyesuaikan berat takaran beton apabila terjadi perubahan kadar kelembaban beton. Adapun persamaan dalam menghitung pengujian kadar air adalah sebagai berikut:

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\%$$

Dengan:

- $W_3$  = berat contoh semula (gram).
- $W_5$  = berat contoh kering (gram).

### 2.7.1.3 Pengujian Analisa Saringan

Analisa saringan bertujuan untuk mengetahui pembagian butiran dari agregat halus yang digunakan. Pengujian ini sesuai dengan standar ASTM 136-04. Dari hasil pengujian dengan menggunakan saringan ini akan diketahui sebaran dari butiran agregat halus yang digunakan. Pengujian analisa saringan dilakukan dengan

menggunakan dua buah benda uji dengan hasil yang telah ditampilkan sebelumnya. Menurut ASTM 136-04 pemabagian butiran dari agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

**Tabel 2. 4** Syarat Mutu Agregat Halus Menurut ASTM C. 33-86

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

(Sumber : Teknologi Beton, Ir. Tri Muliono, MT)

Selain untuk mengetahui pembagian butiran dari agregat halus, analisa saringan juga berguna untuk mencari besarnya nilai finnes modulus. Nilai finnes modulus adalah nilai yang digunakan pada perhitungan rancang campur. Namun nilai ini tidak dapat menggambarkan sebaran ukuran butiran agregat, sehingga antara gradasi agregat dan finnes modulus merupakan kesatuan yang tidak dapat dipisahkan.

#### **2.7.1.4 Berat Jenis dan Penyerapan (Absorpsi) Air**

Pengujian berat jenis dan absorpsi dari agregat halus bertujuan untuk menentukan berat jenis curah, SSD, dan Apparent dari agregat halus. Disamping itu dari pengujian ini juga akan diketahui besar nilai absorpsi dari agregat halus.

Pada tahapan rancang campur, berat jenis yang akan digunakan adalah berat jenis SSD, karena pada kondisi ini akan sama dengan kondisi agregat pada saat pengecoran beton. Kondisi SSD digunakan karena pada kondisi ini kandungan air pada agregat jenuh (mengisi seluruh pori-pori), namun air tidak ada yang berada diantara butiran agregat, sehingga pada pengecoran, air yang digunakan tidak lagi

diserap oleh agregat dan tidak ada air tambahan yang berasal dari celah antar butiran agregat.

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam perhitungan berat jenis dan penyerapan (absorpsi) air adalah sebagai berikut:

- Berat jenis permukaan kering jenuh =  $B_a/(B+B_a-B_t)$
- Berat jenis semu =  $B_k/(B+B_k-B_t)$
- Penyerapan =  $(B_a-B_k)/B_k \times 100\%$

Keterangan:

- $B_k$  = berat benda uji kering oven, dalam gram
- $B$  = berat piknometer berisi air, dalam gram
- $B_t$  = berat piknometer berisi benda uji dan air, dalam gram
- $B_a$  = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, dalam gram

#### **2.7.1.5 Pengujian Gumpalan Lempung**

Metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat alam. Tujuan metode ini adalah untuk memperoleh persen gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat halus maupun kasar, sehingga dapat digunakan oleh perencana dan pelaksana. Rumus yang digunakan dalam perhitungan gumpalan lempung tersebut adalah:

- $P = ((W - R))/W \times 100\%$

Keterangan:

- $P$  = gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat.
- $W$  = berat benda uji (gram).
- $R$  = berat benda uji kering oven yang tertahan pada masing-masing ukuran saringan setelah dilakukan penyaringan basah (gram).

### 2.7.1.6 Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos No. 200

Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm) adalah banyaknya bahan yang lolos saringan no. 200 sesudah agregat dicuci sampai air cucian menjadi jenuh. Tujuan metode ini adalah untuk memperoleh persentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200, sehingga berguna bagi perencana dan pelaksana. Rumus yang digunakan adalah:

Berat kering benda uji awal:

1. Berat kering benda uji awal:

$$W_3 = W_1 - W_2$$

2. Berat kering benda uji sesudah pencucian:

$$W_5 = W_4 - W_2$$

3. Bahan lolos saringan no. 200:

$$W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100$$

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 uji sesudah pencucian + wadah (gram)

$W_5$  = berat kering benda uji sesudah pencucian (gram)

$W_6$  = % bahan lolos saringan no. 200

### 2.7.1.7 Pengujian Kotoran Organik dalam Pasir untuk Campuran Beton

Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan adanya bahan organik dalam pasir alam yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton. Pengujian ini adalah untuk mendapatkan angka dengan petunjuk larutan standar atau standar warna yang telah ditentukan terhadap larutan benda uji pasir. Pengujian ini selanjutnya dapat digunakan dalam pekerjaan pengendalian mutu agregat.

Mutu larutan benda uji lebih gelap dari warna larutan standar atau menunjukkan warna standar lebih besar dari no. 3, maka kemungkinan mengandung bahan organik yang tidak di izinkan untuk bahan campuran mortar atau beton.

### **2.7.2 Pengujian Agregat Kasar**

Agregat kasar yaitu agregat yang tertahan pada saringan no. 4. Agregat garus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering, kuat, awet, dan bebas dari bahan lain yang mengganggu serta memenuhi persyaratan dengan menggunakan pengujian sebagai berikut :

#### **2.7.2.1 Pengujian Berat Isi**

Pengujian berat isi merupakan pengujian untuk menentukan berat isi dan rongga udara dalam agregat kasar. Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi. Dalam pengujian berat isi ini menggunakan persamaan sebagai berikut:

- Berat isi Agregat  $B = W_3/V$  (kg/dm<sup>3</sup>)
- Rongga Udara =  $(( A-W )-B)/(( A X B )) X 100$
- Dimana:
- B = berat isi agregat (kg/dm<sup>3</sup>)
- V = isi wadah (dm<sup>3</sup>)
- A = bulk specific gravity agregat (kg/dm<sup>3</sup>)
- W = berat isi air (kg/dm<sup>3</sup>)

#### **2.7.2.2 Pengujian Kadar Air**

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air agregat dengan cara mengeringkan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Percobaan ini digunakan untuk menyesuaikan berat takaran beton apabila terjadi perubahan kadar kelembaban beton. Adapun persamaan dalam menghitung pengujian kadar air adalah sebagai berikut:

- Kadar air agregat =  $(W_3 - W_5) / W_5 \times 100\%$

Dengan:

- $W_3$  = berat contoh semula (gram)
- $W_5$  = berat contoh kering (gram)

### 2.7.2.3 Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini dilakukan berdasarkan Standar Spesifikasi Umum 2018. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan. Hasil ini harus memenuhi persyaratan yang tercantum sebagai berikut:

**Tabel 2. 5** Gradasi Kombinasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan		Persen Berat Lolos Untuk Agregat					
ASTM	mm	Halus*	Kasar				
			Ukuran nominal maks 37,5 mm	Ukuran nominal maks 25 mm	Ukuran nominal maks 19 mm	Ukuran nominal maks 12,5 mm	Ukuran nominal maks 9,5 mm
	50,8	-	100	-	-	-	-
	38,1	-	90-100	100	-	-	-
	25,4	-	-	95-100	100	-	-
	19	-	35-70	-	90-100	100	-
	12,7	-	-	25-60	-	90-100	100
	9,5	100	10-30	-	30-65	40-75	90-100
	4,75	95-100	0-5	0-10	5-25	5-25	20-55
	2,36	80-100	-	0-5	0-10	0-10	5-30
	1,18	50-85	-	-	0-5	0-5	0-10
	0,3	10-30	-	-	-	-	0-5
	0,15	2-10	-	-	-	-	-

(Sumber: Standar Spesifikasi Umum 2018)

### 2.7.2.4 Pengujian Abrasi

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin Los Angles. Keausan agregat tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan no. 12 terhadap berat semula, dalam persen dapat dipisahkan.

### 2.7.2.5 Berat Jenis dan Penyerapan (Absorpsi) Air

Pengujian berat jenis dan absorpsi dari agregat halus bertujuan untuk menentukan bulk dan apparent gravity dan absorpsi dari agregat kasar menurut ASTM C 127. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan berat jenis dan penyerapan absorpsi air adalah:

- Berat jenis curah  $= B_k / (B_j - B_a)$
- Berat jenis kering permukaan jenuh  $= B_j / (B_j - B_a)$
- Berat jenis semu  $= B_k / (B_k - B_a)$
- Penyerapan  $= (B_j - B_k) / B_a \times 100\%$

Keterangan:

- $B_k$  = berat benda uji kering oven, dalam gram
- $B_j$  = berat benda uji kering permukaan, dalam gram
- $B_a$  = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh di dalam air, dalam gram

### 2.7.2.6 Pengujian Gumpalam Lempung

Metode pengujian gumpalam lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan gumpalam lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat alam. Tujuan metode ini adalah untuk memperoleh persen gumpalam lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat halus maupun kasar, sehingga dapat digunakan oleh perencana dan pelaksana. Rumus yang digunakan dalam perhitungan gumpalam lempung tersebut adalah:

- $P = ((W - R) / W) \times 100\%$

Keterangan:

- $P$  = gumpalam lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat
- $W$  = berat benda uji (gram)
- $R$  = berat benda uji kering oven yang tertahan pada masing-masing ukuran saringan setelah dilakukan penyaringan basah (gram)

### 2.7.2.7 Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos No. 200

Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm) adalah banyaknya bahan yang lolos saringan no. 200 sesudah agregat dicuci sampai air cucian menjadi jenuh. Tujuan metode ini adalah untuk memperoleh persentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200, sehingga berguna bagi perencana dan pelaksana. Rumus yang digunakan adalah:

Berat kering benda uji awal:

- $W_3 = W_1 - W_2$

Berat kering benda uji sesudah pencucian:

- $W_5 = W_4 - W_2$

Bahan lolos saringan no. 200:

- $W_6 = (W_3 - W_5) / W_3 \times 100$

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 uji sesudah pencucian + wadah (gram)
- $W_5$  = berat kering benda uji sesudah pencucian (gram)
- $W_6$  = % bahan lolos saringan no. 200

## 2.8 Rancangan Campuran Beton Normal

Campuran beton merupakan perpaduan dari komposit material penyusunnya. Karakteristik dan bahan akan mempengaruhi hasil rancangan. Perencanaan campuran beton merupakan suatu hal yang kompleks jika dilihat dari perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya. Karena bahan penyusun tersebut akan menyebabkan variasi dari produk beton yang dihasilkan. Tujuan perancangan campuran beton adalah untuk menentukan proporsi bahan-bahan baku penyusun beton yang optimal dengan kekuatan yang maksimum. Pengertian optimal adalah penggunaan bahan yang minimum dengan tetap mempertimbangkan kriteria standar dan ekonomis dilihat dari biaya keseluruhan untuk membuat struktur

beton tersebut. Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui sebuah perencanaan beton (mix design).

Ada sejumlah metode perencanaan campuran (mix design). Tidaklah dapat dikatakan mana metode yang paling baik, karena masing-masing mempunyai keunggulan, tergantung material yang dipakai dan tujuan struktur beton tersebut. Dalam menentukan proporsi campuran dapat digunakan beberapa metode yang dikenal, antara lain:

1. Metode American Concrete Insitute,
2. Portland Cement Association,
3. Road Note No. 4,
4. British Standard atau Departement of Environment,
5. Departemen Pekerjaan Umum, dan
6. Cara coba-coba.

Metode American Concrete Institute (ACI) mensyaratkan suatu campuran perancangan beton dengan mempertimbangkan sisi ekonomisnya dengan memperhatikan ketersediaan bahan-bahan di lapangan, kemudahan pengerjaan, serta keawetan dan kekuatan pekerjaan beton. Cara ACI melihat bahwa dengan ukuran agregat tertentu, jumlah air perkubik akan menentukan tingkat konsistensi dari campuran beton yang pada akhirnya akan mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan (workability).

Meurut SNI 7.15-1990-03, beton yang digunakan pada rumah tinggal atau untuk penggunaan beton dengan kekuatan tekan tidak melebihi 10 MPa sesuai dengan teori perencanaan proporsi campuran adukan beton. Pembuatan beton boleh menggunakan campuran dengan perbandingan volume 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil dengan slump tidak lebih dari 100 mm.

Pengerjaan beton dengan kekuatan tekan hingga 20 MPa boleh menggunakan penekaran volume, tetapi pengerjaan beton dengan kekuatan beton akan lebih besar dari 20 MPa harus menggunakan campuran berat. Sebelum

melakukan perancangan, data-data yang dibutuhkan harus dicari. Jika data-data yang dibutuhkan tidak ada atau tidak memenuhi ketentuan yang telah disyaratkan, maka dapat diambil data yang telah ada pada penelitian sebelumnya atau menggunakan data dari tabel-tabel yang telah dibuat untuk membantu penyelesaian perancangan campuran beton.

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk merancang suatu campuran beton adalah metode Departemen Pekerjaan Umum (SNI 03-2834-2000). Berikut langkah-langkah perancangan beton normal metode Departemen Pekerjaan Umum (SNI 03-2834-2000).

### 2.8.1 Kuat Tekan Beton yang Disyaratkan (0)

Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan struktur yang direncanakan dan kondisi setempat pada umur 28 hari.

Berikut ini merupakan mutu suatu beton dan penggunaannya:

**Tabel 2. 6** Mutu Beton dan Penggunaannya

Jenis Beton	$f'_c$ (MPa)	$b_k'$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Uraian
Mutu Tinggi	$x \geq 45$	$x \geq K500$	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang, beton prategang, gelagar beton prategang, plat beton prategang dan sejenisnya
Mutu Sedang	$20 \leq x \leq 45$	$K250 \leq x \leq 500$	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti plat lantai jembatan., gelagar beton bertulang, diagfragma, kereb beton pracetak, gorong – gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan, perkerasan beton semen.

Mutu Rendah	15 $\leq x$ < 20	K175 $\leq x <$ K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar, dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10 $\leq x$ < 15	K125 $\leq x <$ K175	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

(Sumber: Beton untuk Jalan dan Jembatan)

### 2.8.2 Penetapan Nilai Deviasi Standar (s)

Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaan, makin kecil nilai deviasi standarnya. Penetapan nilai deviasi standar (s) ini berdasarkan hasil pengalaman praktek pelaksanaan pada waktu yang lalu, untuk membuat beton mutu yang sama dan menggunakan bahan dasar yang sama pula.

- a. Jika pelaksana mempunyai catatan data hasil pembuatan beton serupa pada masa lalu, maka persyaratan jumlah data hasil uji minimum 30 buah (satu data hasil uji kuat tekan adalah hasil rata-rata dari uji tekan dua silinder yang dibuat dari contoh beton yang sama dan diuji pada umur 28 hari atau umur pengujian lain yang ditetapkan). Jika jumlah data hasil kurang dari 30 buah maka dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengkali seperti tampak pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2. 7** Faktor pengali deviasi standar (s) bila data hasil uji yang tersedia kurang dari 30

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	Lihat butir 4.2.3.1 1) (5): 1) deviasi standar yang didapat dari pengalaman di lapangan selama produksi beton. (5) bila data uji lapangan untuk menghitung s yang memenuhi

	persyaratan butir 4.2.3.1 1) diatas tidak tersedia, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan harus diambil tidak kurang dari ( $f'_c + 12$ MPa)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

- b. Jika pelaksana tidak mempunyai catatan atau hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk data hasil uji kurang dari 15 buah), maka nilai margin langsung diambil sebesar 12 MPa. Untuk memberikan gambaran bagaimana cara menilai tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton, dapat melihat tabel berikut:

**Tabel 2. 8** Deviasi Standar untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

Isi Pekerjaan		Deviasi Standar (MPa)		
Sebutan	Vol Beton (m <sup>3</sup> )	Baik Sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	4,5 < S < 5,5	5,5 < S < 6,5	6,5 < S < 8,5
Sedang	1000 – 3000	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 5,5	6,5 < S < 7,5
Besar	> 3000	2,5 < S < 3,5	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 6,5

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

### 2.8.3 Perhitungan Nilai Tambah Margin (M)

Jika nilai tambah atau margin dihitung berdasarkan nilai deviasi standar, maka dilakukan dengan rumus:

- $M = k \times s$

Dimana:

- $M$  = nilai tambah (MPa)
- $K = 1,64$
- $s$  = standar deviasi (MPa)

#### **2.8.4 Kuat Tekan Rata-rata**

Kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan diperoleh dengan rumus:

- $f'_{cr} = [f'_c] + M$

Dengan:

- $f'_{cr}$  = kuat tekan rata-rata (MPa)
- $f'_c$  = kuat tekan yang disyaratkan (MPa)
- $M$  = nilai tambah (MPa)

#### **2.8.5 Menentukan Jenis Semen Portland**

Menurut PUBLI 1982, di Indonesia semen Portland dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu jenis I, II, III, IV, dan V. Jenis I merupakan jenis semen biasa, adapun jenis semen III merupakan jenis semen yang dipakai untuk struktur yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi atau dengan kata lain sering disebut dengan semen cepat mengeras. Pada langkah ini ditetapkan apakah menggunakan semen biasa atau semen yang cepat mengeras .

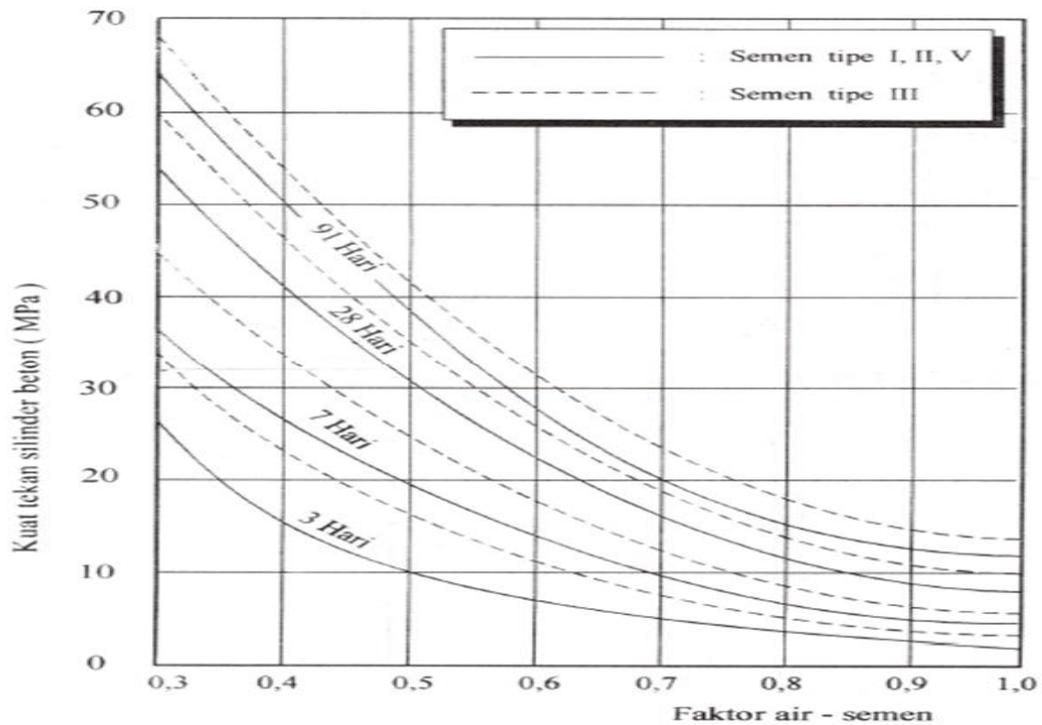
#### **2.8.6 Penetapan Jenis Agregat**

Jenis kerikil dan pasir ditetapkan, apakah berupa agregat alami (tidak dipecahkan) atau agregat jenis batu pecah.

#### **2.8.7 Faktor Air Semen**

Faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan. Faktor air semen dapat dicari melalui dua cara, yaitu:

1. Cara pertama, berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu dan ditetapkan nilai faktor air semen berdasarkan grafik berikut.



**Gambar 2. 1** Grafik Hubungan Faktor Air Semen dan Kuat Tekan Rata-rata untuk Benda Uji Silinder (diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

(Sumber Teknologi Beton, Trimulyono, 2003)

2. Cara kedua, berdasarkan jenis semen yang dipakai, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata yang direncanakan pada umur tertentu. Ditetapkan nilai faktor air semen sebesar 0,5.

**Tabel 2. 9** Perkiraan kuat tekan beton dengan faktor air semen 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa) pada umur (hari)				Bentuk Benda Uji
		3	7	28	91	
Semen Portland tipe I atau semen tahan sulfat tipe II, V	Batu tak pecah	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
	Batu tak pecah	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	23	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak pecah	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak pecah	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

### 2.8.8 Faktor Air Semen Maksimum

Agar beton yang dihasilkan tidak cepat rusak, maka perlu ditetapkan nilai faktor air semen maksimum. Penetapan faktor air semen maksimum dilakukan dengan melihat Tabel 2.10 Perkiraan kuat tekan beton dengan faktor air semen 0,5. Jika nilai faktor air semen lebih rendah dari pada nilai minimum, maka faktor air semen ini dapat dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

Untuk lingkungan khusus, faktor air semen maksimum harus memenuhi SNI 03-1951-1992 tentang spesifikasi beton tahan sulfat dan SNI 03-2914-1994 tentang spesifikasi beton bertulang kedap air.

**Tabel 2. 10** Persyaratan jumlah semen maksimum dan FAS untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus

Kondisi Lapangan	Nilai Faktor air semen maksimum
Beton di dalam ruangan bangunan	
a. Keadaan keliling no korosif	0.60
b. Keadaan keliling korosif di sebabkan	0.52
Beton di luar ruangan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.60
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0.55
b. Mendapatkan pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	Lihat tabel
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air :	
a. air tawar dan air laut	Lihat Tabel

(Sumber: Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, Teknologi Beton: 74, Tabel 7,12)

**Tabel 2. 11** Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat

Kadar gangguan sulfat	Konsentrasi Sulfat Sebagai SO <sub>3</sub>			Tipe semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (Kg/M <sup>3</sup> )			Factor air semen
	Dalam tanah		Sulfat (SO <sub>3</sub> ) Dalam air Tanah g/l		40 mm	20 mm	10 mm	
	Total SO <sub>3</sub> (%)	SO <sub>3</sub> dalam campuran Air : Tanah = 2: 1 g/l						
1	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Tipe 1 dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	80	300	350	0,50
2	0,2-0,5	1,0-1,9	0,3-1,2	Tipe 1 dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	290	330	350	0,50
				Tipe 1 Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	270	310	360	0,55
				Tip ell atau Tipe V	250	290	340	0,55
3	0,5-1	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe 1 Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	340	380	430	0,45
				Tip ell atau Tipe V	290	330	380	0,50
4	1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tip ell atau Tipe V	330	370	420	0,45

5	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Tip ell atau Tipe V Lapisan pelindung	330	370	420	0,45
---	----------------	----------------	----------------	---------------------------------------	-----	-----	-----	------

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

**Tabel 2. 12** Ketentuan semen minimum untuk beton bertulang kedap air

Berhubungan dengan	Tipe Semen	Faktor air Semen
Air Tawar	Semua tipe I s.d V	0.50
Air Payu	Tipe I + Pozolan (15-40% ) atau semen porland Pozolan	0.45
	Tipe II atau V	0.50
Air Laut	Tipe II atau V	0.45

(Sumber: Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, Teknologi Beton: 75, Tabel 7,12.b)

### 2.8.9 Nilai Slump (Derajat Pengerjaan)

Penetapan nilai slump dilakukan dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya. Cara pengangkutan adukan beton dengan aliran dalam pipa yang dipompa dengan tekanan memnutuhkan nilai slump yang besar, adapun pemadatan adukan engan alat getar dapat dilakukan dengan nilai slump agak kecil. Nilai slump yang diinginkan dapat dilihat dari tabel 2.14 di bawah ini.

**Tabel 2. 13** Penetapan nilai slump

Pemakaian beton	Maksimum	Minimum
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur di bawah tanah	9,0	2,5
Plat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

(Sumber: Ir. Kardiyono Tjokrodinuljo, Teknologi Beton: 76, Tabel 7,13)

Dari tabel 2.14 nilai slump yang ditetapkan dalam perancangan campuran beton adalah maksimum 15,0 mm dan minimum 7,5 mm.

### 2.8.10 Ukuran Agregat Maksimum

Penetapan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan hasil uji gradasi agregat kasar yang telah dilakukan dan ditetapkan sesuai dengan spesifikasi yang telah memenuhi syarat.

### 2.8.11 Nilai Kadar Air Bebas

Penetapan nilai kadar air bebas/jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang diinginkan. Nilai kadar air bebas dapat dilihat dari tabel berikut.

**Tabel 2. 14** Perkiraan kadar air bebas (kg/m<sup>3</sup>)

Ukuran besar butir agregat maksimum (mm)	Jenis agregat	Nilai Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber: SNI 03-2843-2000)

Catatan: Koreksi suhu udara:

Untuk suhu diatas 25°C, setiap kenaikan 5°C harus ditambah air 5 liter per m<sup>2</sup> adukan beton.

Dari tabel diatas, apabila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai dari jenis yang berbeda (alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus:

- Kadar air bebas =  $\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$

Keterangan:

- $W_h$  = jumlah air untuk agregat halus
- $W_k$  = jumlah air untuk agregat kasar

#### **2.8.12 Jumlah Semen**

Jumlah atau berat semen per meter kubik beton dihitung dengan membagi jumlah air (dari langkah 2.7.11) dengan faktor air semen yang paling kecil diantara minimum atau maksimum (langkah 2.7.7 dan 2.7.8).

#### **2.8.13 Jumlah Semen Maksimum**

Nilai semen maksimum didapat apabila ditetapkan sebelumnya.

#### **2.8.14 Jumlah Semen Minimum**

Kebutuhan semen minimum ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau, dan air laut. Kebutuhan semen minimum ditetapkan menurut tabel berikut.

**Tabel 2. 15** Persyaratan jumlah semen minimum

Lokasi	Jumlah semen minimum per m <sup>3</sup> beton (Kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton didalam ruang bangunan:		
a. Keadaan keliling non korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton diluar ruang bangunan:	325	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari	275	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung		0.60
Beton masuk kedalam tanah:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		(Tabel 5 SNI 2002)
Beton kontinu berhubungan:		
a. Air tawar		(Tabel 6 SNI 2002)
b. Air laut		

(Sumber: SNI 03-2834-200)

### 2.8.15 Faktor Air Semen yang Disesuaikan

Jika jumlah semen mengalami berubah karena pertimbangan kadar air semen maksimum atau kadar air minimum, maka tentukan nilai faktor air semen yang disesuaikan, didapat dengan melakukan dua cara sebagai berikut:

1. Faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum.
2. Jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan faktor air semen.

### 2.8.16 Susunan Besar Butir Agregat Halus

Berdasarkan gradasi (hasil analisa saringan), agregat halus yang akan dipakai dapat di klasifikasikan menjadi 4 daerah (zona). Penentuan daerah gradasi itu didasarkan pada grafik gradasi yang diberikan pada tabel.

**Tabel 2. 16** Susunan Butir Agregat Halus

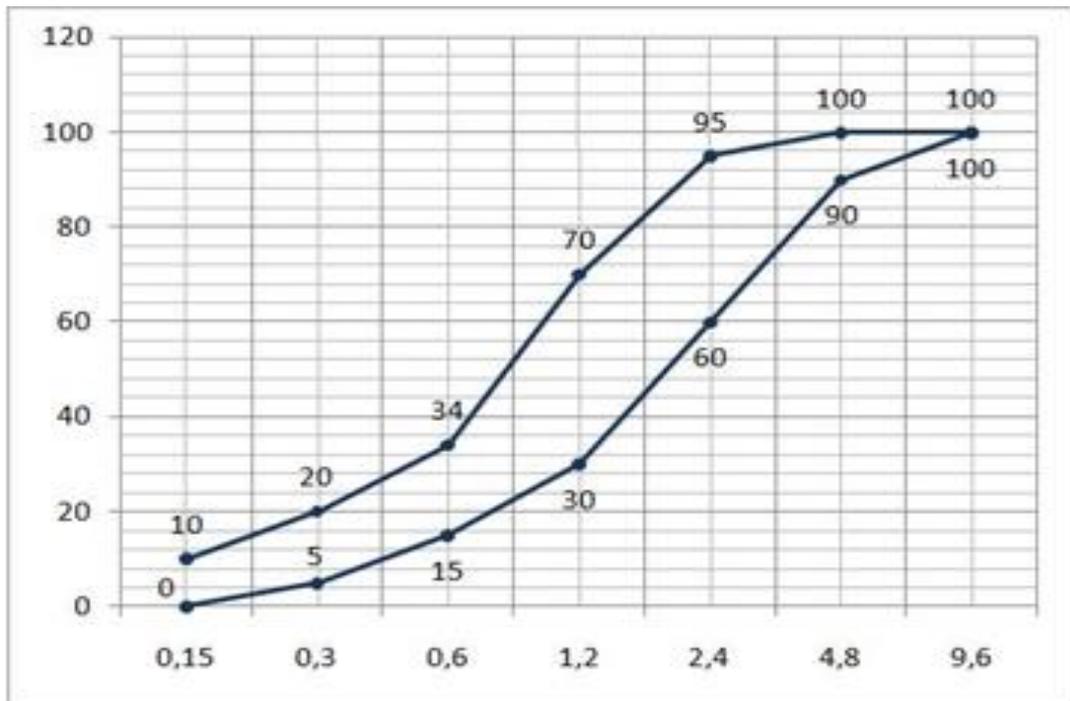
Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat saringan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber : Ir.Kardiyono Tjokrodimulyo, Teknologi Beton : 81, Tabel 7.16)

Keterangan:

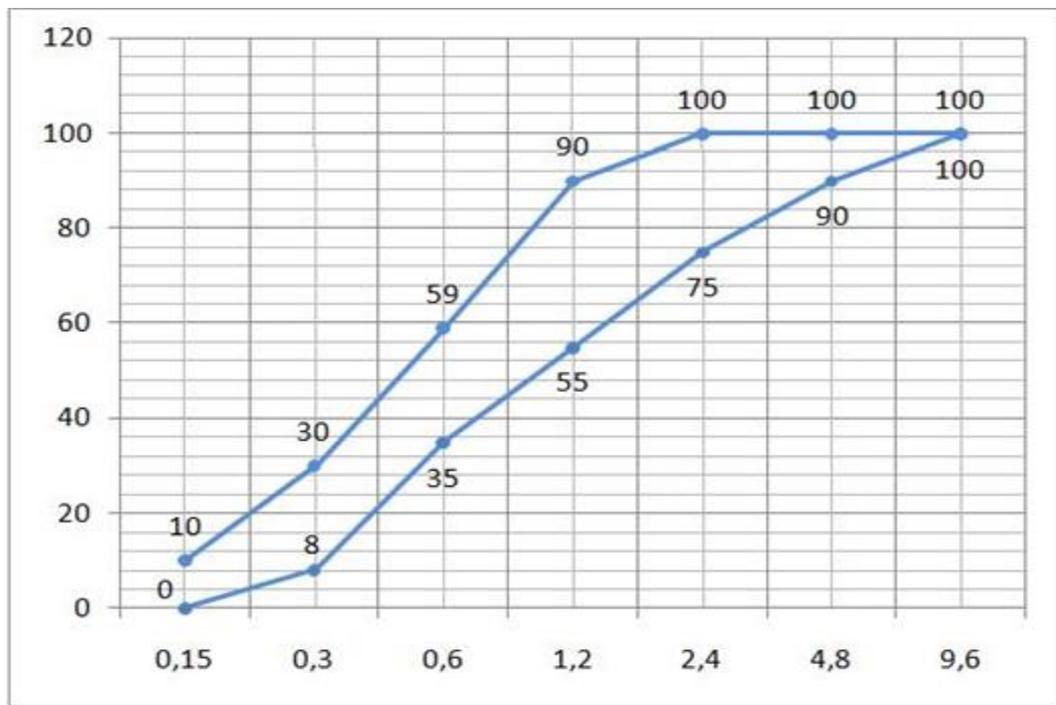
- Daerah gradasi I = pasir kasar
- Daerah gradasi II = pasir agak kasar
- Daerah gradasi III = pasir halus
- Daerah gradasi IV = pasir agak halus

Setelah itu, tentukan gradasi agregat halus sesuai dengan syarat menurut kurva gradasi agregat halus.



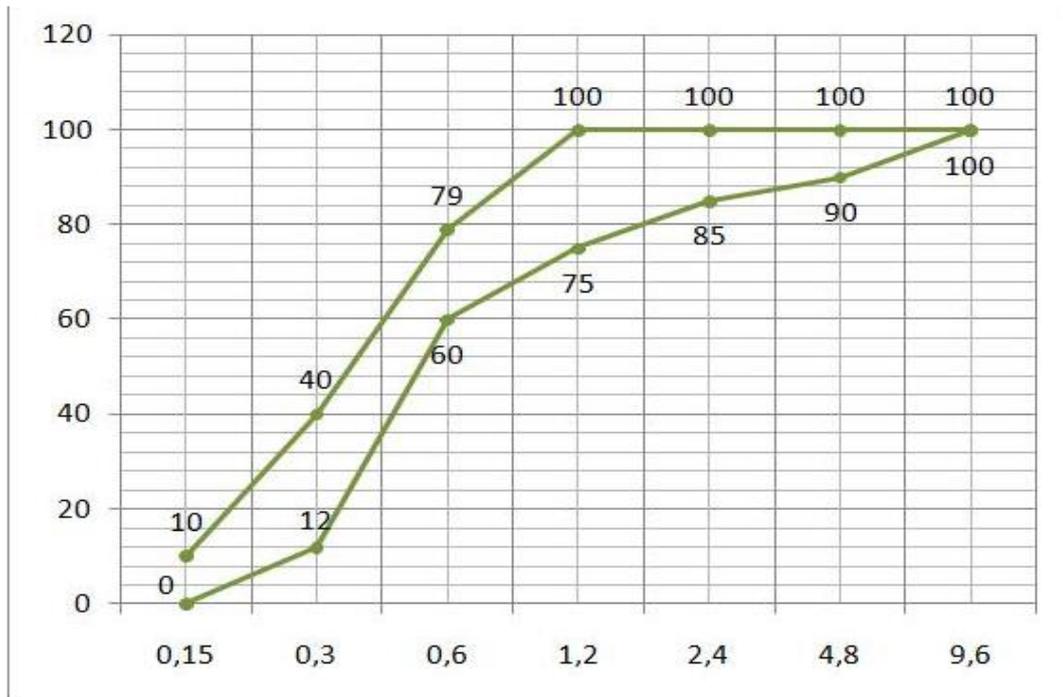
**Gambar 2. 2** Kurva Gradasi Agregat Halus Tipe I

(Sumber: SNI 03-2834-2000)



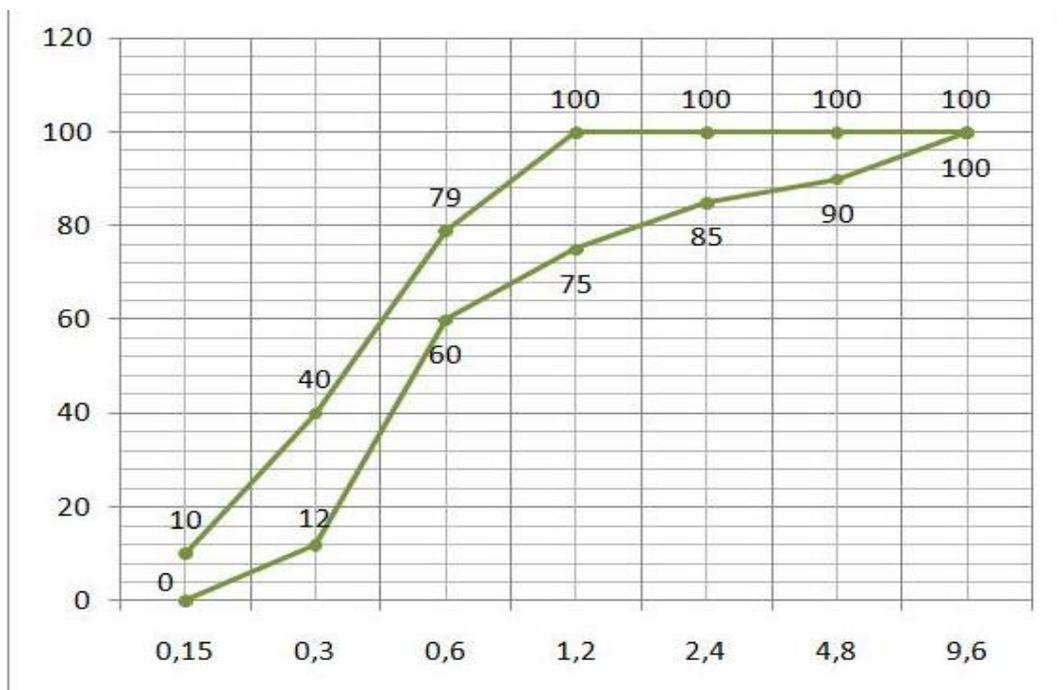
**Gambar 2. 3** Kurva Gradasi Agregat Halus Tipe II

(Sumber: SNI 03-2834-2000)



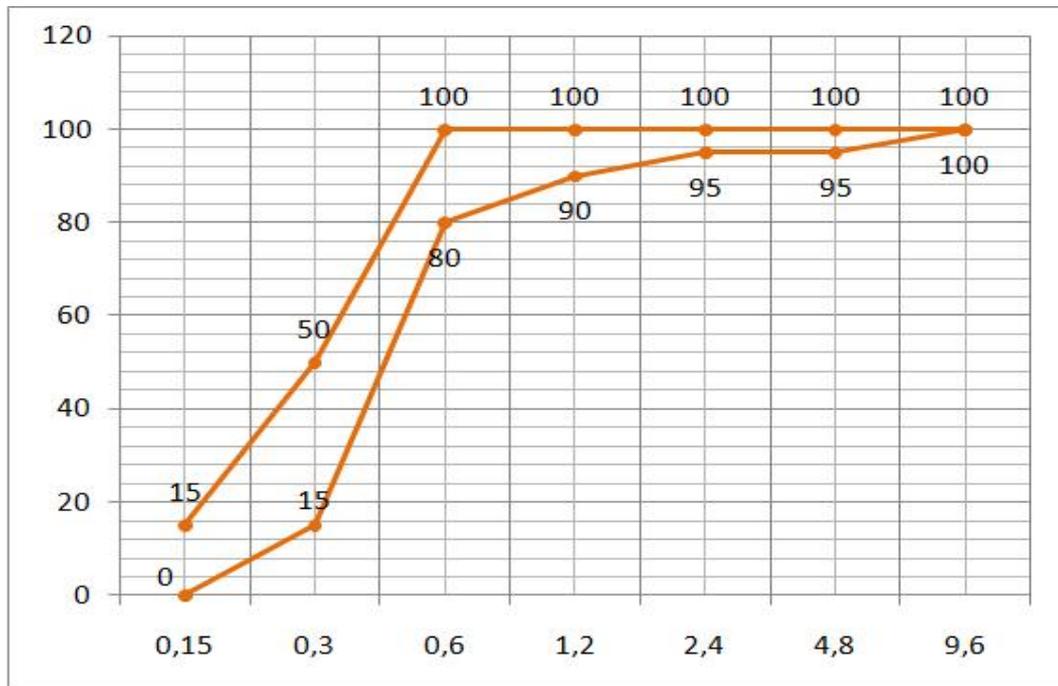
**Gambar 2. 4** Kurva Gradasi Agregat Halus Tipe III

(Sumber: SNI 03-2834-2000)



**Gambar 2. 5** Kurva Gradasi Agregat Halus Tipe IV

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

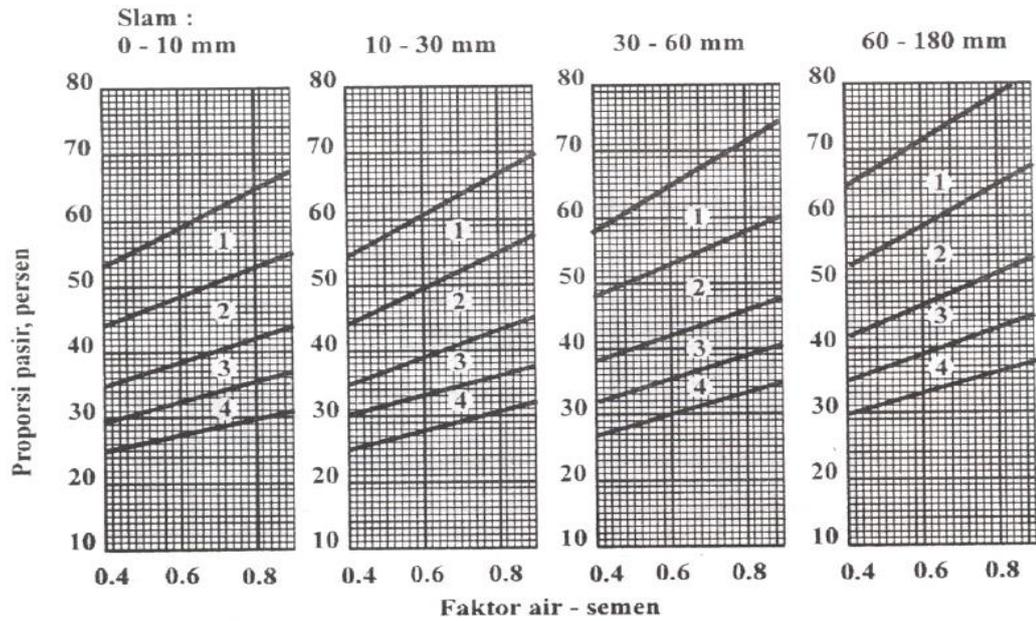


**Gambar 2. 6** Kurva Gradasi Agregat Halus Tipe V

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

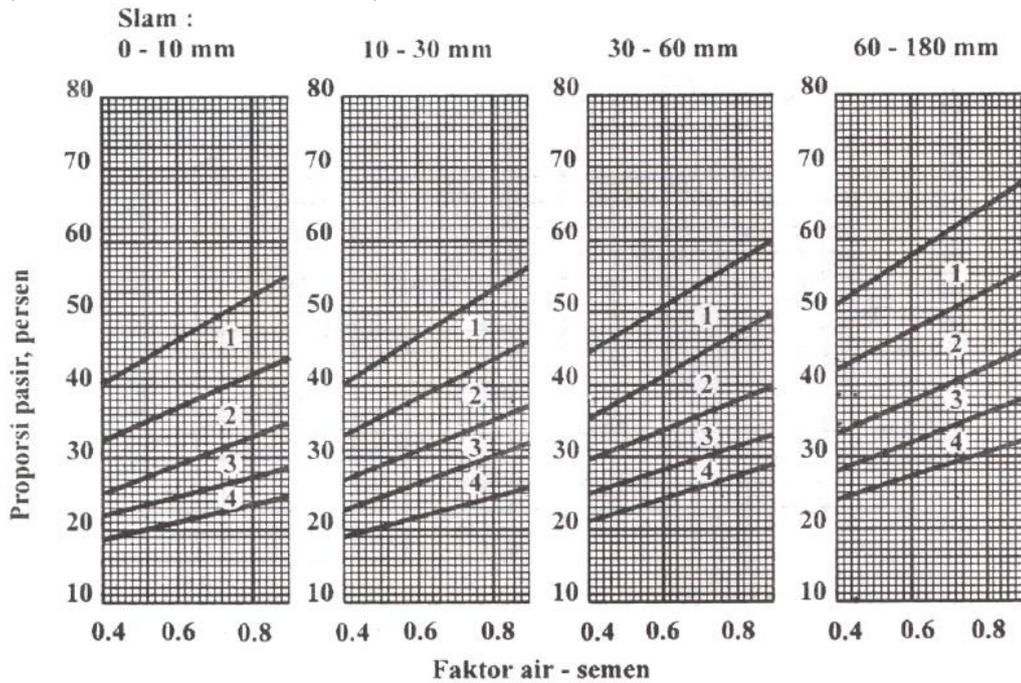
### 2.8.17 Perbandingan Agregat Halus dengan Agregat Kasar

Nilai banding antara agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar campuran. Proporsi agregat halus ditentukan berdasarkan nilai ukuran butir maksimum yang dipakai, faktor air semen, dan nilai slump yang digunakan serta zona gradasi agregat halus yang didapat dari gambar grafik 2.7, 2.8, 2.9 dan akan diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.



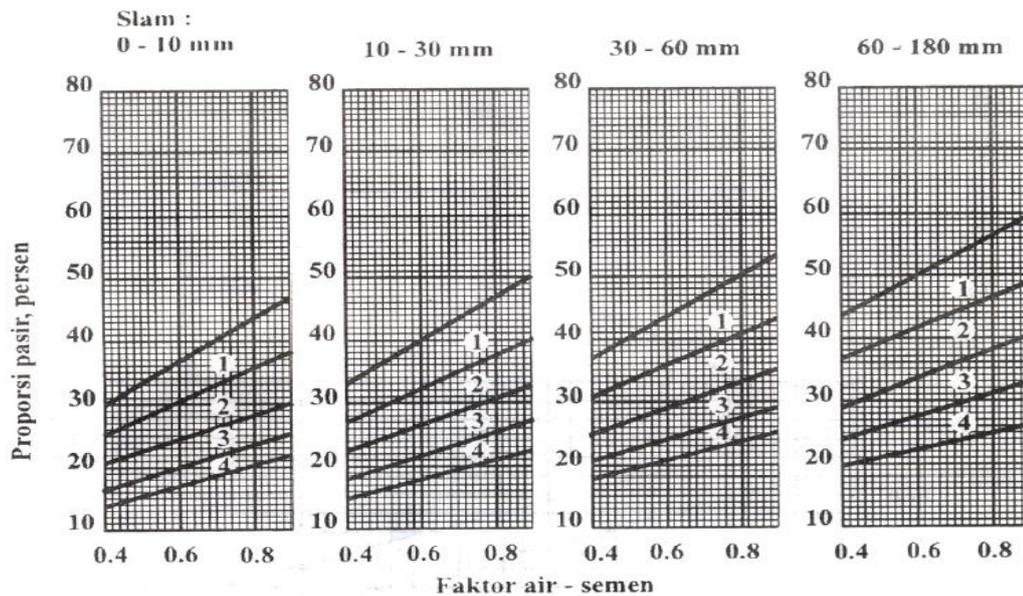
**Gambar 2. 7** Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 10 mm

(Sumber: SNI 03-2834-2000)



**Gambar 2. 8** Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 20 mm

(Sumber: SNI 03-2834-2000)



**Gambar 2. 9** Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimal 40 mm

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

### 2.8.18 Berat Jenis Relatif Agregat Campuran/Gabungan

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$Bj \text{ camp} = P/100 \times Bj \text{ ag.hls} + K/100 \times Bj \text{ ag.ksr}$$

Dengan:

BJ camp = berat jenis agregat campuran

Bj agg. halus = berat jenis agregat halus

Bj agg. kasar = berat jenis agregat kasar

P = persentase agg. halus terhadap agg. campuran

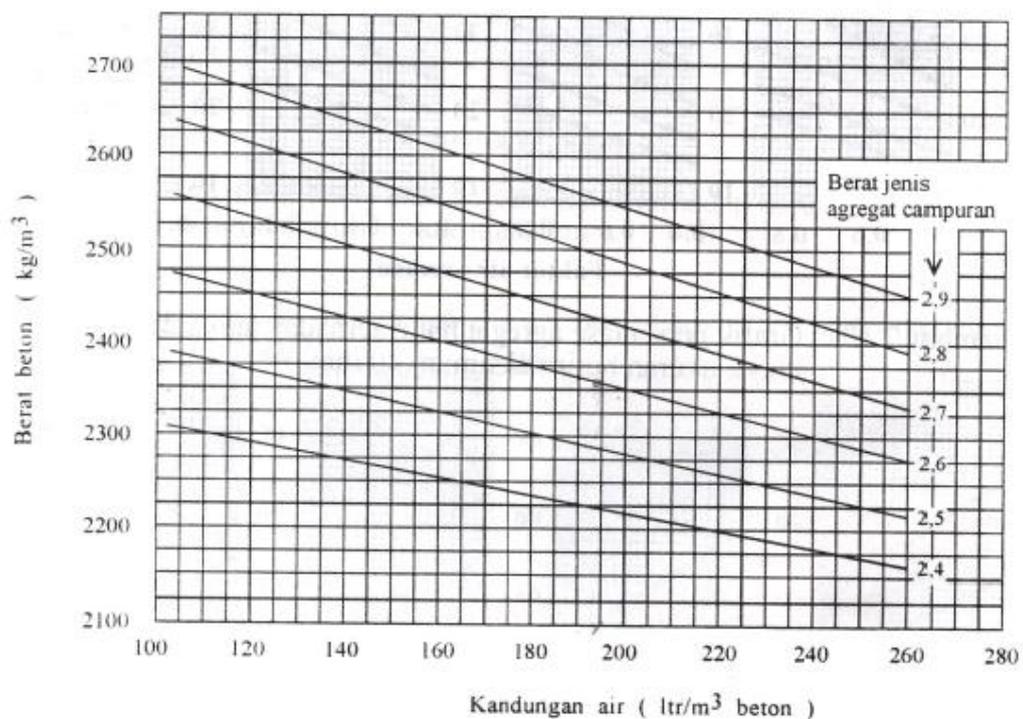
K = persentase agg. kasar terhadap agg. campuran

Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium. Namun, jika tidak ada dapat diambil sebesar 2,5 untuk agregat tidak dipecah atau alami dan untuk agregat pecahan diambil 2,60 dan 2,70.

### 2.8.19 Berat Isi Beton (Beton)

Dengan data berat jenis agregat campuran dan kebutuhan air tiap per meter kubik betonnya, maka dengan grafik dibawah dapat diperkirakan berat jenis betonnya, dengan cara:

1. Dari berat jenis agregat campuran pada langkah 17 (nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar), dibuat garis kurva berat jenis gabungan yang sesuai dengan garis kurva yang paling dekat dengan garis kurva pada grafik dibawah.
2. Kebutuhan air yang diperoleh dimasukkan dalam grafik, kemudian dari nilai ini ditarik garis vertikal ke atas sampai mencapai garis kurva yang dibuat.
3. Dari titik potong ini kemudian ditarik garis horizontal ke kiri sehingga diperoleh nilai berat jenis beton.



**Gambar 2. 10** Grafik perkiraan isi beton basah yang telah selesai dipadatkan  
(Sumber: SNI 03-2834-2000)

### 2.8.20 Berat Agregat Campuran/Gabungan

Kebutuhan agregat campuran dihitung dengan cara mengurangi berat beton per meter kubik dikurangi kebutuhan air dan semen.

- $W_{campuran} = W_{beton} - A - S$

Dengan:

- $W_{campuran}$  = kebutuhan agregat campuran (kg)
- $W_{beton}$  = berat beton (kg/m<sup>3</sup>)
- $A$  = kebutuhan air (ltr)
- $S$  = kebutuhan semen (kg)

### 2.8.21 Kebutuhan Agregat Halus (Pasir)

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan cara mengalikan kebutuhan agregat campuran dengan persentase berat agregat halusnya.

- $W_{pasir} = P/100 \times W_{campuran}$

Dengan:

- $W_{pasir}$  = kebutuhan agregat pasir (kg)
- $W_{campuran}$  = kebutuhan agregat campuran (kg)
- $P$  = persentase pasir terhadap campuran

### 2.8.22 Kebutuhan Agregat Kasar (Kerikil)

Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan cara mengurangi kebutuhan agregat campuran dengan kebutuhan agregat halus.

- $W_{kerikil} = W_{campuran} - W_{pasir}$

Dengan:

- $W_{kerikil}$  = kebutuhan agregat kerikil (kg)
- $W_{pasir}$  = kebutuhan agregat pasir (kg)
- $W_{campuran}$  = kebutuhan agregat campuran (kg)

### 2.8.23 Koreksi Proporsi Campuran Beton

Setelah rancangan campuran beton selesai, perlu diingat bahwa yang akan digunakan dalam campuran beton adalah kondisi ada adanya (keadaan jenuh

kering-muka), sehingga harus ada penyesuaian dengan rancnagan yang sudah dibuat, maka dilakukan koreksi terhadap kebutuhan bahannya. Koreksi harus dilakukan minimum satu hari sekali.

- Air :  $A - (Ah - A1)/100 \times B - (Ak - A2)/100 \times C$
- Agregat Halus :  $B + (Ah - A1)/100 \times B$
- Agregat Kasar :  $C + (Ah - A1)/100 \times C$

Dengan :

- A : jumlah kebutuhan air (liter/m<sup>3</sup>)
- B : jumlah kebutuhan agregat halus (kg/m<sup>3</sup>)
- C : jumlah kebutuhan agregat kasar (kg/m<sup>3</sup>)
- Ah : kadar air sesungguhnya dalam agregat halus (%)
- Ak : kadar air sesungguhnya dalam agregat kasar (%)
- A1 : kadar air pada agregat halus jenuh muka (%)
- A2 : kadar air pada agregat kasar jenuh muka(%)

Untuk mempermudah pelaksanaan, berikut ini diberikan tabel formulir perencanaan adukan beton.

**Tabel 2.17** formulir perencanaan adukan beton.

No.	URAIAN		TABEL/GRAFIK/	NILAI	Satuan
			PERHITUNGAN		
1	Kuat tekan yang disyaratkan, pada umur 28 hari		Ditetapkan	....	Mpa
2	Deviasi standar (s)		Ditetapkan	....	Mpa
3	Nilai tambah / Margin (m)			....	Mpa
4	Kuat tekan rata-rata yang di rencanakan		Ditetapkan	....	Mpa
5	Jenis semen		(1) +(3)	....	
6	Jenis agregat	Kasar	Ditetapkan	....	
		Halus	Ditetapkan	....	

7	Faktor air semen maksimum		....	
8	Digunakan Faktor air semen yang rendah		....	
9	Nilai Slump		....	Mm
10	Ukuran maksimum butiran agregat kasar		....	Mm
11	Kebutuhan air	Ditetapkan	....	Ltr
12	Jumlah Semen portland		....	Kg
13	Jumlah Semen portland minimum		....	Kg
No.	URAIAN	TABEL/GRAFIK/	NILAI	Satuan
		PERHITUNGAN		
14	Penyesuaian jumlah air		....	Ltr
15	Penyesuaian jumlah faktor air-semen	Tetap	....	
16	Zona/ daerah gradasi agregat halus	Tetap	....	
17	Persen agregat halus terhadap campuran		....	%
18	Berat jenis agregat campuran		....	
19	Berat beton	Ditetapkan	....	kg/m <sup>3</sup>
20	Kebutuhan Campuran pasir dan kerikil		....	kg/m <sup>3</sup>
21	Kebutuhan agregat halus (pasir)		....	kg/m <sup>3</sup>
22	Kebutuhan agregat kasar (kerikil)		....	kg/m <sup>3</sup>

(Sumber : Formulir Perencanaan Campuran Beton Menurut Standar Pekerjaan Umum (SK-SNI-T-15-1990-03))

## 2.9 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan beton adalah kemampuan untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2005).

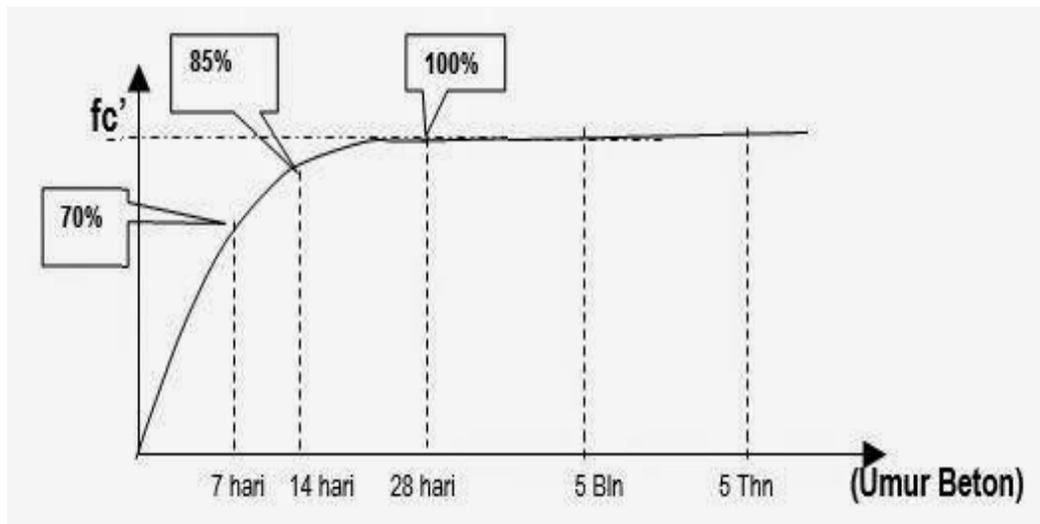
Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang biasa digunakan yaitu berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 30 mm, diameter 150 mm. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi ( $f'_c$  yang dipakai beda uji pada umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan. Kuat tekan beton dapat dicari dengan rumus:

- $(f'_c) = P/A$  (MPa)

Dimana:

- $(f'_c)$  = kuat tekan beton (MPa)
- $P$  = beban tekan maksimum (N)
- $A$  = luas penampang tertekan  $[(mm)]^2$

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 pada umur 7 hari sekitar 70% terhadap umur beton 28 hari, sedangkan kuat tekan beton pada umur 14 hari sekitar 80% terhadap beton umur 28.



**Gambar 2. 11** Grafik umur beton

(Sumber: Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007)

Bahan penyusun beton yang perlu mendapat perhatian adalah agregat karena agregat mencapai 70-80% volume beton. Oleh karena itu, kekuatan agregat

sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, maka hal-hal yang perlu diperhatikan pada agregat adalah permukaan dan bentuk agregat, gradasi agregat, dan ukuran maksimum agregat. Apabila dalam pengujian kuat tekan beton mencapai hasil yang telah ditargetkan, maka beton tersebut memenuhi dan mampu memberikan informasi yang cukup.

### **2.9.1 Faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan**

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, selain oleh perbandingan air-semen dan tingkat kepadatannya. Faktor penting lainnya yaitu:

- Jenis semen dan kualitasnya mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
- Kekuatan dan kebersihan agregat yang digunakan dalam pencampuran beton.
- Pencampuran yang tepat dari bahan pembentuk beton.
- Ketepatan dalam pemadatan beton memiliki pengaruh yang signifikan pada kekuatan beton sebagai hasil akhir dari pengecoran.
- Efisiensi dan perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pembuatan benda uji. Kehilangan kekuatan sampai 40% dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Hal ini dilakukan dengan menjaga kelembaban dan suhu yang sesuai agar beton terhidrasi dengan tepat sesuai dengan mutu yang diinginkan.
- Umur, pada keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya. Kecepatan bertambahnya kekuatan tergantung pada jenis semen.

### **2.9.2 Jenis-Jenis Beton Berdasarkan Kuat Tekannya**

Berdasarkan kuat tekannya, beton dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya:

1. Beton sederhana, dipakai untuk pembuatan bata beton atau bagian-bagian non-struktur, misalnya dinding bukan penahan beton.
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 dahulu sebelum diberi beban.
4. Beton kuat tekan tinggi dan sangat tinggi, dipakai pada struktur khusus, misalnya pada gedung bertingkat banyak.

**Tabel 2.18** Jenis Beton Menurut Kuat Tekannya

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton sederhana (plain concrete)	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: Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007)