

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang saat ini banyak dipakai di Indonesia. Karena sifatnya yang unik maka diperlukan pengetahuan yang cukup untuk proses produksinya, antara lain mengenai sifat bahan dasarnya, cara pembuatan, cara evaluasinya, dan variasi bahan tambahannya.

Beton mempunyai kelebihan dari pada kayu atau baja, antara lain : harganya relatif murah, tidak memerlukan biaya perawatan, tahan lama karena tidak membusuk dan berkarat, mudah dibentuk sesuai dengan keinginan pembuatnya.(Kardiyono Tjokrodinuljo, 1998).

Beton adalah suatu material yang menyerupai batu yang diperoleh dengan membuat suatu campuran yang mempunyai proporsi tertentu dari semen, pasir dan kerikil atau agregat lainnya, dan air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai dengan bentuk dan dimensi yang diinginkan. Semen dan air berinteraksi secara kimiawi untuk mengikat partikel – partikel agregat tersebut menjadi suatu masa yang padat. Beton dalam berbagai variasi sifat kekuatan dapat diperoleh dengan pengaturan yang sesuai dari perbandingan jumlah material pembentuknya. Beton juga dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang

sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih. Bahan-bahan pilihan itu adalah semen, agregat dan air. Agregat dapat berupa kerikil, batu pecah, pasir atau bahan sejenisnya. Semen, agregat, dan air dalam perbandingan tertentu dicampur bersama-sama sampai campuran menjadi homogen dan bersifat plastis sehingga mudah dikerjakan. Karena hidrasi semen oleh air, adukan tersebut akan mengeras, dan memiliki kekerasan dan kekuatan yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai tujuan. Dalam adukan beton, campuran air dan semen membentuk pasta yang disebut pasta semen. Pasta semen ini, selain mengisi rongga diantara butiran agregat halus, juga berfungsi sebagai perekat/pengikat dalam proses pengerasan sehingga butiran-butiran agregat saling terikat dengan kuat dan terbentuklah suatu massa yang padat. (Wuryati Samekto dan Candra Rahmadiyanto, 2001).

## **2.2. Sifat – Sifat Umum Beton**

Pada umumnya beton terdiri dari kurang lebih 15% semen, 8% air, 3% udara, dan selebihnya agregat kasar dan agregat halus. Campuran tersebut setelah mengeras mempunyai sifat yang berbeda-beda tergantung pada cara pembuatan, perbandingan campuran, cara mencampur, cara mengangkut, cara mencetak, cara memadatkan, cara merawat, dan sebagainya, akan mempengaruhi sifat-sifat beton.

Sifat-sifat beton yang diuraikan tidak selalu sama semua harus dimiliki oleh setiap konstruksi beton, dan sifat-sifat tersebut juga relatif

ditinjau dari sudut pemakaian beton itu sendiri. Yang penting beton harus memiliki sifat-sifat yang sesuai dengan tujuan pemakaian beton. Misalnya suatu kolom bangunan, yang terpenting harus memiliki kuat tekan yang tinggi yang cukup kuat untuk menahan beban bangunan itu, sedang sifat kerapatan air tidak penting untuk diperhatikan, sebaliknya suatu bak air harus memiliki sifat rapat air. (Dr. Wuryati Samekto, M.Pd dan Candra Rahmadiyanto, S.T.,2001)

Untuk keperluan perancangan dan pelaksanaan struktur beton, maka pengetahuan tentang sifat-sifat beton setelah mengeras perlu diketahui, sifat-sifat tersebut antara lain:

1) Tahan lama (*Durrability*)

Merupakan kemampuan beton bertahan seperti kondisi yang direncanakan tanpa terjadi korosi dalam jangka waktu yang direncanakan. Dalam hal ini perlu pembatasan nilai factor air semen maksimum maupun pembatasan dosisi semen minimum yang digunakan sesuai dengan kondisi lingkungan. Sifat tahan lama pada beton dapat dibedakan dalam beberapa hal, antara lain sebagai berikut:

a. Tahan terhadap pengaruh cuaca

Pengaruh cuaca yang dimaksud adalah pengaruh yang berupa hujan dan pembekuan pada musim dingin, serta pengembangan dan penyusutan yang diakibatkan oleh basah dan kering silih berganti.

b. Tahan terhadap zat kimia

Daya perusak kimiawi oleh bahan-bahan seperti air laut, rawa-rawa, dan limbah, zat kimia hasil industry, buangan air kotor dari kota, dan sebagainya perlu diperhatikan terhadap keawetan beton.

c. Tahan terhadap erosi

Beton dapat mengalami kikisan yang diakibatkan oleh adanya orang yang berjalan kaki dan gerakan lalu lintas di atasnya, gerakan ombak laut, atau oleh partikel yang terbawa oleh air laut atau angin laut.

2) Kuat tekan

Kuat tekan ditentukan berdasarkan pembebanan uniaxial bend uni silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan satuan Mpa ( $\text{N/mm}^2$ ) untuk SK-SNI 1991.

3) Kuat tarik

Kuat tarik beton jauh lebih kecil dari kuat tekannya, yaitu sekitar 10%-15% dari kuat tekannya. Kuat tarik beton merupakan sifat yang penting untuk untuk memprediksi retak dan defleksi balok.

4) Modulus elastisitas

Modulus elastisitas beton adalah perbandingan antara kuat tekan beton dengan regangan beton biasanya ditentukan pada 25%-50% dari kuat tekan beton.

5) Rangkak (*creep*)

Merupakan salah satu sifat dimana beton mengalami deformasi terus menerus menurut waktu dibawah beban yang dipikul.

6) Susut (*shrinkage*)

Merupakan perubahan volume yang tidak berhubungan dengan pembebanan.

7) Kemampuan dikerjakan (*workability*)

Workability adalah bahwa bahan-bahan beton setelah diaduk bersama, menghasilkan adukan yang bersifat sedemikian rupa sehingga adukan mudah diangkut, dituang, dicetak, atau dipadatkan menurut tujuan pekerjaannya tanpa terjadinya perubahan yang menimbulkan kesukaran atau penurunan mutu. Sifat mampu dikerjakan dari beton sangat tergantung pada sifat bahan, perbandingan campuran, dan cara pengadukan serta jumlah seluruh air bebas. Dengan kata lain, sifat dapat mudah dikerjakan suatu adukan beton dipengaruhi oleh:

- a. Konsistensi normal PC.
- b. Kohesi atau perlawanan terhadap pemisahan bahan-bahan.
- c. Mobalitas setelah aliran dimulai.
- d. Sifat saling lekat, berarti bahan penyusunnya tidak akan terpisah-pisah sehingga memudahkan pengerjaan yang dilakukan. Jadi sifat dapat dikerjakan pada beton ini merupakan ukuran dari pemudahan adukan untuk diaduk, diangkut, dicetak, dan dipadatkan. Perbandingan bahan-bahan ataupun sifat bahan itu secara bersama-sama mempengaruhi sifat dapat dikerjakan beton segar. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat mudah dikerjakan antara lain sebagai berikut :

- Banyaknya air yang dipakai dalam campuran beton.
- Penambahan semen kedalam adukan juga menambah kemudahan pengerjaan beton.
- Gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus.
- Pemakaian butir-butir agregat
- Cara pemadatan beton atau jenis alat yang digunakan, missal dengan alat penggetar.

### **2.3. Bahan Pembuat Beton**

Beton yang baik diperlukan bahan-bahan dengan persyaratan khusus dan perhitungan yang tepat. Material pembentuk beton terdiri atas : semen, agregat ( agregat halus dan agregat kasar ) dan air. Material tersebut apabila dicampur secara baik akan menghasilkan campuran yang homogen dan bersifat plastis sehingga mudah dituang ke dalam cetakan dan kemudian akan mengalami proses kimia sehingga menjadi keras. Bahan-bahan tersebut antara lain :

#### **2.3.1 Semen Portland**

Semen merupakan bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat kalsium yang bersifat hidrolis), dengan batu gips sebagai bahan tambahan.

- a. Bahan baku semen dan senyawa-senyawa semen.

Jika bahan semen itu diuraikan susunan senyawanya secara kimia akan terlihat jumlah oksida yang membentuk bahan semen itu. Semen dibuat dari bahan-bahan yang banyak mengandung oksida. Unsur-unsur pembentuk semen antara lain sebagai berikut :

Tabel 2.1 Komponen bahan baku semen

Oksida	Persen (%)
Kapur, (CaO)	60-65
Silica, (SiO <sub>2</sub> )	17-25
Alumina, (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3-8
Besi, (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,5-8
Magnesia, (MgO)	0,5-4
Sulfur, (SO <sub>3</sub> )	1-2
Soda, (Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O)	0,5-1

Sumber : ( Kardiyo Tjokrodinuljo,1995 )

Masih ditambah sedikit unsur-unsur lain sebagai berikut :

1. Trikalium silikat (C3S)
2. Dikalium silikat(C2S)
3. Trikalium aluminat (Ca)
4. Tetrakalium aluminoforit (C<sub>4</sub>Af)

Disamping senyawa-senyawa di atas, di dalam semen Portland juga masih terdapat beberapa senyawa lain yang dapat mempengaruhi senyawa lain . senyawa ini berasal dari hasil bawaan bahan dasarnya atau bahan tambahan dalam proses pembuatan semen. Senyawa tersebut antara lain :

1. MgO

Senyawa ini adalah hasil pembawaan dari bahan dasar kapur yang digunakan. Jumlah MgO dalam semen Portland dibatasi maksimum 4%. Jika kadarnya melebihi jumlah ini akan mengakibatkan semen menjadi tidak kekal ( berubah bantuk ) setelah pengerasan terjadi beberapa lama ( setelah sekian bulan atau tahun ). Perubahan bentuk mengembangnya MgO dari oksida membentuk  $MgO(OH)_2$ .

## 2. Kapur bebas (CaO)

Karena susunan kimia ini yang kurang tepat pada waktu pembuatannya , atau pembakaran yang kurang sempurna, dapat terjadi kapur kotor sehingga tidak terikat kedalam empat senyawa semen.

## 3. Bagian tidak larut

Zat ini merupakan zat yang tidak larut dalam HCl. Umumnya zat tersebut adalah senyawa tanah atau silikat yang tidak berubah menjadi empat senyawa semen. Kadar bagian ini yang terlalu tinggi pada semen ( maksimum 3%) menunjukkan bahwa pembakaran atau penyusutan senyawa semen kurang baik, atau terdapat kemungkinan bahwa semen tadi telah sengaja dibubuhi benda lain setelah penggilingan selesai. Meskipun akibat penambahan ini tidak membahayakan sifat semennya, tetapi semen yang mengandung terlalu banyak bahan itu akan berkurang daya ikatnya karena tercampur benda yang tidak berguna.

#### 4. Kadar alkali

Didalam semen Portland, kadar alkali biasanya rendah (kurang dari 1%). Kadar alkali dalam semen mempengaruhi waktu pengerasan. pemakaian kadar alkali yang lebih dari 0,6% dapat mengakibatkan reaksi pengembangan bila semen dicampur dengan agregat yang bersifat agregat reaktif yaitu agregat yang mengandung silika amorf.

#### 5. Kadar hilang pada pemijaran

Zat ini adalah dari benda-benda yang terbang pada suhu  $88^{\circ}\text{C}$ , biasanya air atau  $\text{CO}_2$ . Semen yang kadar hilang pijarnya tinggi, adalah semen yang telah mengandung bagian-bagian yang mengeras. Kadar bagian ini dibatasi maksimum 3%-4%.

#### 6. Kadar gips

Gips dalam semen yang ditambahkan untuk memperlambat pengerasan klinker semen. Jika klinker semen digiling tanpa penambahan gips, bubuk halus klinker akan segera bersenyawa dengan air dan adonan itu akan mengeras dalam waktu kurang lebih 10 menit. Hal ini akan menyulitkan dalam pemakaian semen. Dengan demikian untuk dapat memperlambat pengerasan bubuk klinker dicampur gips. Penambahan bahan ini dalam semen adalah maksimum 4% dari berat klinker. Dalam analisis ini gips akan terlihat sebagai senyawa  $\text{SO}_3$  dan dibatasi jumlahnya sampai kurang lebih 2,5% - 3%.

b. Panas hidrasi

Persenyawaan semen dengan air akan mengeluarkan panas. Jumlah panas yang dibebaskan ini tergantung dari kadar susunan senyawa semen dan kehalusan butirannya. Senyawa semen yang paling besar mengeluarkan panas adalah C3A kemudian C4AF dan yang terendah adalah C2S.

Adanya pembebasan panas ini mempercepat pengerasan dari senyawa-senyawa itu. Tetapi setelah pengerasan terjadi, bagian yang telah mengeras mempunyai sifat lambat menyalurkan panas. Jika suatu masa yang terbuat dari semen terlalu tebal, panas hidrasi didalam benda itu akan tinggi sehingga dapat mengakibatkan retak, susut, dan dan lain-lain. Bahkan mungkin dapat berakibat fatal.

c. Sifat-sifat semen Portland

Semen Portland memiliki beberapa sifat-sifat sebagai berikut :

1. Kehalusan butir
2. Berat jenis dan berat isi
3. Waktu pengerasan semen
4. Kekekalan bentuk
5. Kekuatan semen
6. Pengerasan awal palsu
7. Pengaruh suhu

d. Semen Portland di Indonesia dibagi menjadi lima jenis antara lain :

1. Semen Portland tipe I untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lain.
2. Semen Portland tipe II yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Semen Portland tipe III yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal tinggi.
4. Semen Portland tipe IV yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi rendah.
5. Semen Portland tipe V yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

### **2.3.2 Agregat**

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai pengisi dalam campuran beton yang mengisi hampir 78% dari volume beton, maka pemilihan agregatpun harus diperhatikan. Ada 2 jenis agregat, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

Pasir dibedakan menjadi 3 yaitu, pasir galian, diambil dari tanah yang digali, pasir sungai, diambil dari dasar sungai, pasir laut, yaitu pasir yang diambil dari pantai. Kerikil dibedakan menjadi 2 jenis yaitu, kerikil alami, yaitu batu yang berasal dari peristiwa alam seperti agregat beku dan lain-lain, batu pecah, yaitu kerikil dari pemecah batu.

Fungsi agregat dalam beton :

1. Menghemat penggunaan semen Portland

2. Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton
3. Mengurangi susut pengerasan beton.
4. Mencapai susunan yang padat pada beton. Dengan gradasi agregat yang baik maka akan didapatkan beton yang padat.
5. Mengontrol “*workability* “ atau sifat dapat dikerjakan aduk beton. Dengan gradasi agregat yang baik, maka akan didapatkan beton yang mudah dikerjakan.

Agregat mempunyai banyak klasifikasi sebagai berikut, yaitu :

1. Ditinjau dari asalnya agregat didapat dengan 2 cara
  - a) Agregat alami pada umumnya bahan baku batu alam atau hasil penghancurannya. Jenis batu alam yang baik untuk agregat terutama adalah batuan beku. Butiran-butiran yang keras, kompak, tidak pipih, kekal, serta tidak mudah terpengaruh oleh keadaan disekelilingnya.  
Agregat beton yang berasal dari batuan alam dibedakan atas 3 kelompok, yaitu kerikil dan pasir alam, agregat batu pecah, batu apung.
  - b) Agregat buatan  
Agregat buatan adalah agregat yang dibuat dengan tujuan penggunaan tertentu, atau karena kekurangan agregat batuan alam. Agregat yang umum dibuat adalah agregat ringan.
2. Ditinjau dari berat jenisnya, agregat dibedakan atas 3 macam :
  - a) Agregat ringan

Agregat ringan, yaitu agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari  $2,0 \text{ kg/m}^2$  dan biasanya digunakan untuk beton non struktural. Agregat ini juga dapat digunakan untuk beton structural dan dinding. Kelebihannya yaitu memiliki berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan.

b) Agregat normal

Agregat normal adalah yang memiliki berat jenis antara  $2,5 \text{ kg/m}^2$  sampai  $2,7 \text{ kg/m}^2$ . Agregat ini biasanya berasal dari batuan granit, basalt, kuarsa, dan sebagainya. Beton yang menggunakan agregat ini biasanya memiliki berat jenis sekitar  $2,3 \text{ kg/m}^2$  dengan kuat desak antara 15 Mpa-40 Mpa. Beton yang dihasilkan dinamakan beton normal.

c) Agregat berat

Agregat berat memiliki berat jenis lebih dari  $2,8 \text{ kg/m}^2$ . Beton yang dihasilkan memiliki berat jenis yang tinggi juga, dapat mencapai  $5,0 \text{ kg/m}^2$ .

3. Ditinjau dari bentuknya, agregat ini mempunyai 4 bentuk yaitu :

a) Bulat

Umumnya agregat ini berbentuk bulat atau bulat telur. Pasir atau kerikil jenis ini biasanya berasal dari sungai atau pantai, dan mempunyai rongga udara minimum 33%. Ini berarti agregat mempunyai resiko luas permukaan yang kecil, sehingga hanya

memerlukan sedikit pasta semen untuk menghasilkan adukan beton yang baik.

b) Bersudut

Bentuk ini tidak beraturan, mempunyai sudut-sudut yang tajam dan permukaan kasar. Yang termasuk jenis ini adalah batu pecah semua jenis, yaitu hasil pemecahan dengan mesin dari berbagai jenis batuan. Agregat bersudut mempunyai rongga udara yang lebih kasar, yaitu antara 38%-40%.

c) Pipih

Agregat pipih ialah agregat yang memiliki perbandingan ukuran terlebar dan tertebal pada butiran itu lebih dari 3. Agregat jenis ini berasal dari batuan-batuan yang berlapis

d) Memanjang atau lonjong

Butiran agregat dikatakan memanjang atau lonjong jika perbandingan ukuran yang terpanjang dan terlebar lebih dari 3.

4. Ditinjau dari tekstur permukaan, dapat dibedakan atas :

- a) Agregat dengan permukaan seperti gelas, mengkilat
- b) Agregat dengan permukaan kasar
- c) Agregat dengan permukaan licin
- d) Agregat dengan permukaan berbutir
- e) Agregat berpori dan berongga

5. Ditinjau dari besar butirnya, dapat dibedakan menjadi 3 yaitu :

- a) Agregat halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirnya lolos ayakan dengan lubang 4,8 mm. agregat ini dapat digolongkan menjadi 3 jenis yaitu : pasir galian, pasir sungai, dan pasir laut.

b) Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan butiran-butirannya tertinggal diatas ayakan dengan lubang 4,8 mm, tetapi lolos ayakan 40 mm.

c) Batu

Batu adalah agregat dengan butiran yang lebih besar dari 40 mm.

Ada beberapa factor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan agregat sebagai campuran beton sebagai berikut :

1) Tekstur permukaan butir

Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat keseluruhan. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan (PBI,71).

2) Ukuran maksimum butir agregat

Adukan beton dengan tingkat kemudahan pekerjaan yang sama atau beton dengan kekuatan yang sama, akan membutuhkan semen yang lebih sedikit apabila dipakai butir-butir agregat yang besar.

Pengurangan jumlah semen juga berarti pengurangan panas hidrasi dan ini mengurangi kemungkinan beton untuk retak akibat susut atau perbedaan panas yang besar.

3) Gradasi agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butir dari agregat dan gradasi ini dilakukan dengan memakai analisa saringan. Bila butir 3 agregat memiliki ukuran yang sama volume pori akan besar, sebaliknya jika ukuran butir bervariasi akan terjadi pori yang kecil, hal ini karena butiran yang kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-pori akan menjadi sedikit, dengan kata lain kemampatannya tinggi.

4) Kadar air agregat

Air yang pada suatu agregat perlu diketahui untuk menghitung air yang dipakai dalam campuran adukan beton dan untuk mengetahui berat satuan agregat. Keadaan air di dalam agregat dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu :

- a. Kering tungku, agregat sama sekali tidak berair artinya dapat secara penuh menyerap air.
- b. Kering udara, butir agregat kering permukaannya tetapi mengandung sedikit air di dalam porinya, oleh karena itu pasir dalam tingkat ini masih dapat sedikit menyerap air.
- c. Jenuh kering muka, pada tingkat ini tidak ada air dipermukaan tetapi buti-butirnya berisi air sejumlah yang dapat diserap dan

juga tidak menambah jumlah air bila dipakai dalam adukan beton.

- d. Basah, pada tingkat ini butiran-butiran mengandung banyak air, sehingga bila dipakai dalam campuran akan menambah air.

Pasir pada umumnya terdapat disungai-sungai yang besar. Akan tetapi pasir yang digunakan untuk bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat yang ditentukan, syarat-syarat tersebut antara lain :

- 1) Butir-butir pasir harus berukuran antara 0,15 mm sampai 5 mm.
- 2) Harus keras, berbentuk tajam, dan tidak mudah hancur karena pengaruh perubahan cuaca atau iklim.
- 3) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (presentase berat dalam keadaan kering).
- 4) Bila mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
- 5) Tidak boleh mengandung bahan organik, garam, minyak dan sebagainya.

Pasir untuk pembuatan adukan beton harus memenuhi syarat diatas, selain pasir alam (dari sungai atau galian dalam tanah), terdapat pula pasir buatan yang dihasilkan dari batu yang duhaluskan dengan mesin pemecah batu, dari terak dapur tinggi yang dipecah-pecah dengan suatu proses. (Daryanto, 1994).

Pembagian pasir menurut tempat pengambilannya :

### 1. Pasir galian

Pasir golongan ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori, dan bebas dari kandungan garam. Pada kasus tertentu, agregat yang terletak pada lapisan paling atas harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

### 2. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai yang pada umumnya berbutir halus, dan bulat akibat dari proses gesekan. Daya lekat antar butir agak kurang karena bentuknya bulat. Karena ukuran butirannya kecil, maka baik dipakai untuk plesteran tembok juga untuk keperluan yang lain.

### 3. Pasir laut

Pasir laut ialah pasir yang diambil dari pantai. Butirannya halus dan bulat karena gesekan. Pasir ini merupakan yang paling jelek karena banyak mengandung garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara, dan ini mengakibatkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan. Karena itu sebaiknya pasir laut tidak dipakai dalam campuran beton.

Agregat halus yang akan digunakan harus memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan oleh ASTM (*American Society for Testing and Material*). Jika seluruh spesifikasi yang ada telah terpenuhi maka

barulah dapat dikatakan agregat tersebut bermutu baik. Adapun spesifikasi tersebut adalah :

1. Analisa saringan akan memperlihatkan jenis dari agregat halus tersebut. Melalui analisa saringan tersebut maka akan diperoleh angka Fine Modulus. Melalui Fine Modulus ini dapat digolongkan menjadi 3 jenis pasir yaitu :

- a. Pasir kasar :  $2,9 < FM < 3,2$
- b. Pasir sedang :  $2,6 < FM < 2,9$
- c. Pasir halus :  $2,2 < FM < 2,6$

Selain itu ada juga batasan gradasi untuk agregat halus, sesuai dengan ASTM 33-74a. batasan tersebut dapat dilihat pada table berikut :

Table 2.2 Batasan Gradasi Agregat Halus

Ukuran saringan ASTM	Presentase berat yang lolos pada tiap saringan
9.5 mm (3.8 inch)	100
4.76 mm (no. 4)	95-100
2.36mm (no. 8)	80-100
1.19 mm (no.16)	50-85
0.595 mm (no. 30)	25-60
0.300 mm (no.50)	10-30
0.150 mm (no.100)	2-10

Sumber : ( ASTM C-33 )

2. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil 75 mikron (ayakan no.200), tidak boleh melebihi 5%(dari berat kering), apabila lebih maka agregat harus dicuci.
3. Kadar liat tidak boleh melebihi 1 % (dari berat kering).
4. Agregat halus harus bebas dari kotoran zat organik yang akan merugikan beton, atau kadar organik jika diuji di laboratorium tidak menghasilkan yang lebih tua dari standart percobaan A'brams-Harder.
5. Agregat halus yang digunakan untuk pembuatan beton dan akan mengalami basah dan lembab terus menerus atau yang berhubungan dengan tanah basah, tidak boleh mengandung bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali dalam semen, yang jumlahnya cukup dapat menimbulkan pemuaiian yang berlebihan didalam mortar atau beton dengan semen kadar alkalinya tidak lebih dari 0.60% atau dengan penambahan bahan yang dapat mencegah pemuaiian.
6. Sifat kekal (keawetan) diuji dengan larutan garam sulfat :
  - a. Jika dipakai Natrium-Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
  - b. Jika dipakai Magnesium-Sulfat, bagian yang hancur maksimum 15%.

### 2.3.3 Polyethylene (PE) dan high density polyethylene (HDPE)

*Polyethylene* (PE) adalah polimer yang termasuk golongan *polyolefins* yang dibuat dengan polimerisasi gas *etilena* ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ), *etilena* dapat dibuat dengan memberi gas hidrogen pada hasil fraksi minyak bumi, gas alam atau asetilen. PE mempunyai berat molekul rata-rata 50.000–300.000 dan tahan terhadap air, bahan kimia, tetapi pada suhu diatas 60°C dapat bereaksi dengan beberapa hidrokarbon organik dan tidak dipengaruhi oleh asam dan basa kuat kecuali asam nitrat pada suhu tinggi. PE pada umumnya diklasifikasikan atas tiga golongan, yaitu *low density polyethylene* (LDPE) dengan kerapatan 0,910 g/cm<sup>3</sup> paling banyak digunakan sebagai kantung dan harganya yang murah, dan *high density polyethylene* (HDPE) dengan kerapatan 0,941 g/cm<sup>3</sup>–0,956 g/cm<sup>3</sup> bersifat lebih kaku serta lebih tahan terhadap suhu tinggi mencapai 120°C dan *medium density polyethylene* (MDPE) dengan kerapatan 0,926 g/cm<sup>3</sup>–0,940 g/cm<sup>3</sup> (Birley *et al.* 1988 dalam Yusuf 2000).

Plastik HDPE merupakan salah satu dari tipe plastik *polyethylene*, HDPE memiliki struktur yang sederhana dan pada dasarnya memiliki struktur rantai polimer yang lumayan panjang. Rantai polimer ini lebih mudah menyesuaikan diri dengan ikatan rantai lainnya, karena itu HDPE memiliki tingkat kristalinitas tertinggi dalam *polyethylene*. HDPE juga memiliki berat molekul yang cukup tinggi untuk memperoleh tingkat kristalinitas antara 70-95% (Andrady, 2003).

HDPE memiliki kerapatan molekul yang lebih rapat dibandingkan dengan *low density polyethylene* (LDPE). HDPE juga memiliki kekakuan,

ketahanan panas, dan permeabilitas dibandingkan dengan LDPE. HDPE diklasifikasikan sebagai homopolymers yang kaku, dan kopolimer yang lebih tahan terhadap kekuatan retak atau koyak. HDPE memiliki temperatur kerja mulai dari 212 °F sampai 220 °F di bawah kondisi beban rendah (PPC, 2009). Adapun perbedaan plastik HDPE dan LDPE dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Perbedaan HDPE dengan LDPE

Deskripsi	LDPE	HDPE
Densitas pada suhu 20oC (g/cm <sup>2</sup> )	0,92-0,925	0,93-0,96
Suhu melunak (oC)	104	123-127
Titik melebur (oC)	108-120	125-135
Kristanilitas (%)	64-70	65-93
Indeks fluiditas	0,2-20	0,07-0,9
Panas jenis pada 20oC	0,55	0,45-0,55
Modulus elastisitas	2000	8000-12000
Tahanan volumetrik (ohm/cm <sup>2</sup> )	1017	1018
Konstanta dielektrik (60-10 <sup>8</sup> cycles)	2.3	2.3
Permeabilitas gas	-	-
Nitrogen	20	3
Oksigen	59	11
Gas karbon	280	43
Uap air	800	180

Sumber: Dahniah (2003)

#### 2.3.4 Air

Air merupakan bahan pembuat beton yang sangat penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen sehingga terjadi reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya proses pengerasan pada beton, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen,

air hanya diperlukan 25 % dari berat semen saja. Selain itu, air juga digunakan untuk perawatan beton dengan cara pembasahan setelah dicor. (Tjokrodimuljo, 1996).

Kebutuhan kualitas air untuk beton mutu tinggi tidak jauh berbeda dengan air untuk beton normal. Pengerasan beton dipengaruhi reaksi semen dan air, maka air yang digunakan harus memenuhi syarat-syarat tertentu. Air yang memenuhi persyaratan air minum merupakan air yang memenuhi syarat untuk bahan campuran beton, tetapi air untuk campuran beton adalah air yang bila dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90 % dari kekuatan beton yang menggunakan air suling.

Persyaratan air yang digunakan dalam campuran beton adalah sebagai berikut :

- a. Air tidak boleh mengandung lumpur (benda-benda melayang lain) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Air tidak boleh mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Air tidak boleh mengandung *Chlorida* (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Air tidak boleh mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Air laut telah dipakai dengan memuaskan untuk membuat beton tanpa tulangan, tetapi terdapat kecenderungan menimbulkan basah permukaan dan kristal berwarna putih di permukaan beton, serta sedikit mengurangi kekuatan. Air laut tidak boleh dipergunakan untuk membuat beton bertulang dan beton prategang. Tujuan utama dari penggunaan air ialah agar tidak terjadi hidrasi, yaitu reaksi kimia semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi

keras setelah lewat beberapa waktu tertentu. Air yang dibutuhkan agar terjadi proses hidrasi tidak banyak, kira-kira 20 % dari berat semen, tetapi kita tambahkan air untuk tujuan ekonomi. Dengan menambah lebih banyak air harus dibatasi, sebab dengan pemakaian air yang terlalu banyak akan menimbulkan gelembung air sehingga beton menjadi *poreous*. Selain itu dapat menurunkan kekuatan beton, kelebihan air juga dapat memberikan penyusutan yang besar pada beton.

#### **2.4. Perawatan beton**

Sejak campuran beton yang diletakkan dalam cetakan hingga beton dinyatakan mengeras dan kuat, harus dilakukan perawatan. Pekerjaan perawatan ini salah satunya adalah dengan menjaga agar permukaan selalu basah.

Selama proses pengerasan, beton akan mengalami reaksi kimia yaitu, proses hidrasi membutuhkan air dalam jumlah yang cukup, sehingga dihindari terjadinya penguapan, sebab akan menghentikan proses hidrasi akibat kehilangan air. Penguapan selain menghentikan proses hidrasi juga menyebabkan penyusutan kering secara cepat, yang mengakibatkan beton menjadi retak.

Agar proses hidrasi dapat terjadi secara baik diperlukan kelembaban permukaan beton yang tetap dan tidak boleh kering. Kelembaban permukaan beton dapat mendorong proses hidrasi berjalan dengan sempurna, sehingga beton menjadi tahan terhadap cuaca dan lebih kedap air.

Perawatan beton yang perlu dilakukan adalah menjaga kelembaban beton agar terus menerus dalam keadaan basah selama beberapa hari dan mencegah penguapan dan penyusutan awal. Perawatan yang teratur dan terjaga akan memperbaiki kualitas beton itu sendiri yaitu membuat beton tahan terhadap agresi kimia menurut (Triono Budi Sutanto, 2001).

## 2.5. Kuat tekan beton

Beton yang baik adalah beton yang mempunyai kuat tekan yang tinggi, kuat tarik tinggi, kuat lekat tinggi, susut kecil, tahan atas pengaruh cuaca, tahan terhadap zat kimia dan mempunyai elastisitas tinggi, maka sifat-sifat beton yang lain cenderung baik sehingga perencanaan campuran dengan target utama yang dicapai adalah kuat tekan beton yang tinggi.

Untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah mengeras yang disyaratkan, dilakukan pengujian kuat tekan beton. Prosedur pengujian kuat tekan mengacu pada *Standart Test methode for Compressive of Cylindrical Concrete*. Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

- a) Benda uji ditimbang dan dicatat beratnya.
- b) Benda uji diletakan pada mesin penekan dan posisinya diatur agar supaya tepat berada ditengah-tengah plat penekan.
- c) Pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan secara *continue* dengan mesin hidrolik sampai benda uji mengalami kehancuran.
- d) Beban maksimum akan lansung tersimpan secara otomatis.

Kuat tekan beton antara lain tergantung pada : faktor air semen, gradasi batuan, bentuk batuan, ukuran maksimum batuan, cara pengerjaan (campuran, pengangkutan, pemadatan dan perawatan) dan umur beton (Tjokrodinuljo, 1996).

Menurut Murdock dan K.M. Brook (1991), beton dapat mencapai kuat tekan 80 MPa atau lebih, bergantung pada perbandingan air dan semen dan tingkat pematannya. Di samping dipengaruhi oleh perbandingan air dan semen kuat tekan beton juga dipengaruhi oleh faktor lainnya, yaitu : jenis semen, kualitas agregat, efisiensi perawatan, umur beton dan jenis bahan *admixture*.

Berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI, 1989), besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f'c = P/A$$

dengan:  $f'c$  = kuat tekan beton

P = beban tekan maksimum

A = luas permukaan benda uji

## 2.6. Kekentalan adukan

Kekentalan adukan beton segar dapat diketahui dengan melalui percobaan slump yaitu suatu cara untuk mengetahui kelecakan adukan beton, hal ini penting untuk menghindari beton yang kurang baik akibat kelebihan atau kekurangan air sehingga pemadatan kurang sempurna.

## 2.7. Pemadatan adukan beton

Pemadatan beton dilakukan dengan cara manual atau dengan mesin. Pemadatan manual dilakukan dengan tongkat kayu atau baja. Adukan yang telah dituang harus segera dipadatkan dengan cara ditusuk-tusuk atau ditumbuk dengan tongkat tersebut, penusukan dengan tongkat dilakukan beberapa kali sampai adukan padat dan tampak lapisan mortar di atas permukaan beton yang dipadatkan. Pemadatan yang kurang sempurna akan menghasilkan beton yang kurang baik mutunya karena berongga dan kemampatannya kurang.

## 2.8. Perancangan adukan beton

Perencanaan standar ini sebenarnya diambil dari perencanaan adukan beton cara Inggris ( "*The British Mix Design Method* " ) yang tercantum dalam "*Design of Normal Concrete Mixes* " yang telah menggantikan cara *Road Note* nomor 4 sejak tahun 1975. Perencanaan adukan cara Inggris ini di Indonesia dikenal dengan cara DOE ( "*Departemen of Environment* "). Perencanaan menggunakan cara Inggris ini banyak menggunakan tabel.

Langkah-langkah pokok cara ini adalah :

- a) Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f'_c$ ) pada umur 28 hari.

Kuat tekan yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan struktur dan kondisi setempat. Di Indonesia, yang dimaksud dengan kuat tekan beton yang disyaratkan ialah kuat tekan

beton dengan kemungkinan lebih rendah dari nilai itu hanya sebesar 5 % saja.

b) Penetapan deviasi standar (Sd)

Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standar.

Penetapan deviasi standar (Sd) ini berdasarkan pada hasil pengalaman praktek pelaksanaan pada waktu lalu, untuk pembuatan beton mutu yang sama dan dengan menggunakan bahan dasar yang sama pula.

1. Jika pelaksanaan tidak mempunyai data pengalaman atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 buah benda uji, maka nilai deviasi standar diambil dari tingkat pengendalian mutu pekerjaan di bawah ini.

Table 2.4 Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	Sd (Mpa)
Memuaskan	2,8
Sangat baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa kendali	8,4

Sumber : (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995)

2. Jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton serupa minimum 30 buah silinder yang diuji kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka jumlah data koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali.

Table 2.5 Faktor pengali deviasi standar

Jumlah data	30	25	20	15	<15
Faktor pengali	1	1,03	1,08	1,16	-

Sumber : (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995)

3. Perhitungan nilai tambah (*margin*), (M)

$$M = K \times Sd$$

Dimana : M = nilai tambah, Mpa

$$K = 1,64$$

Sd = Deviasi Standar, Mpa

Rumus diatas berlaku jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton yang diuji kuat tekannya pada umur 28 hari, jika tidak mempunyai pengalaman atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 benda uji, maka nilai N langsung diambil 12 Mpa.

4. Penetapan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

dengan :  $f'_{cr}$  = Kuat tekan rata-rata, Mpa

$f'_c$  = Kuat tekan yang disyaratkan, Mpa

M = Nilai tambah, Mpa

## 5. Penetapan jenis semen Portland

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

## 6. Penetapan jenis agregat

Jenis kerikil dan pasir ditetapkan, apakah berupa agregat alami atukah agregat jenis batu pecah.

## 7. Tetapkan faktor air semen dengan salah satu cara sebagai berikut :

Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03 kekerasan pasir dan kerikil dibagi menjadi 4 kelompok menurut gradasinya yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Adapun jenis agregat kasar dibedakan menjadi 2 yaitu kerikil alami dan batu pecah.

Agregat yang baik butirannya tajam, kuat, dan tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm yaitu  $\leq 5\%$  bagi pembuatan beton sampai 10 Mpa, dan untuk di atas 10 Mpa atau mutu yang lebih tinggi yaitu tidak mengandung zat organik, kotoran yang lewat ayakan  $\leq 2,5\%$ , terjadi variasi butiran atau gradasi yang bersifat kekal, tidak hancur dan tidak reaktif terhadap alkali. Agregat kasar butir yang pipih dan panjang harus kurang dari 20% berat.

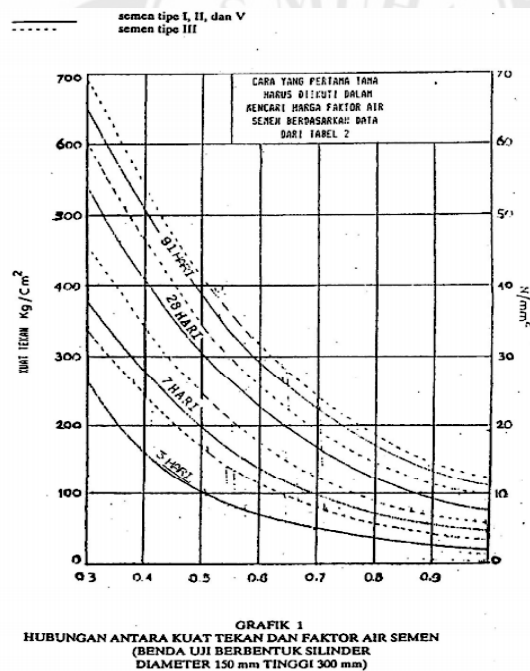
8. Menetapkan faktor air semen

Cara menetapkan faktor air semen terendah dengan 3 cara, antara lain sebagai berikut :

Table 2.6 Kuat tekan beton (Mpa) dengan Faktor Air Semen 0,50

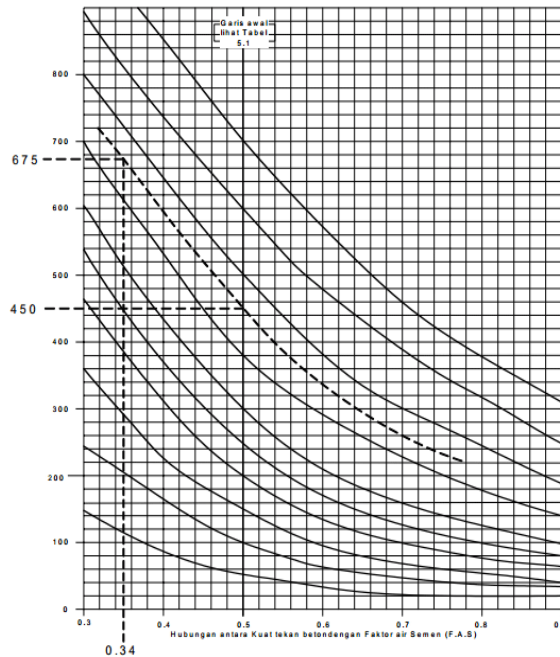
Jenis semen	Jenis agregat kasar	Umur 3 hari	Umur 7 hari	Umur 28hari	Umur 91 hari
I, II, III	Alami	17	23	33	40
	Batu pecah	19	27	37	45
III	Alami	21	28	38	44
	Batu pecah	25	33	44	48

Sumber : (Trimulyono, 1995)



Gambar 2.1. Penetapan faktor air semen berdasarkan jenis semen dan kuat tekan rata-rata.

Sumber : (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995)



Gambar 2.2. Penetapan faktor air semen berdasarkan jenis semen, jenis agregat, dan kuat tekan rata-rata.

Sumber : (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995)

Table 2.7 Persyaratan faktor air semen maksimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus

Jenis pembetonan	f.a.s maksimum
Beton didalam ruangan bangunan :	
a. Keadaan keliling non-korosif	0,6
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi	0,52
beton diluar ruangan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	0,6
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti.	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Lihat table
beton yang selalu berhubungan dengan air, air tawar/payau/laut.	Lihat table

Sumber : (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995)

## 9. Penetapan faktor air semen maksimum

Agar beton yang diperoleh tidak cepat rusak maka perlu ditetapkan faktor air semen maksimum. Penetapan faktor air semen maksimum direncanakan pada table 2.5. jika nilai faktor air semen maksimum ini lebih rendah dari pada faktor air semen pada langkah 7, maka faktor air semen maksimum ini dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

#### 10. Penetapan nilai slump

Penetapan nilai slump ini dilakukan dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya. Cara pengangkutan adukan beton dengan aliran dalam pipa yang dipompa dengan tekanan membutuhkan nilai slump yang besar, adapun pemadatan dengan alat getar dapat dilakukan dengan nilai slump yang lebih kecil. Nilai slump yang diinginkan dapat diperoleh dengan table berikut.

Table 2.8 penetapan nilai slump (cm)

Pemakaian beton	maks	min
Dinding, plat pondasi, dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur dibawah 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 : (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995)

#### 11. Penetapan besar butir agregat maksimum

Penetapan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan nilai terkecil dari ketentuan berikut :

- Tiga perempat kali jarak bersih minimum antara baja tulangan, atau berkas baja tulangan, tendon prategang atau selongsong.
  - Sepertiga kali tebal plat.
  - Seperlima jarak terkecil antara bidang samping dari cetakan.
12. Penetapan jumlah air yang dipakai per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang diinginkan. Seperti pada table berikut :

Table 2.9 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton

Ukuran maks. kerikil (mm)	jenis batuan	slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-80
10	Alami	150	180	205	225
	Pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Pecah	170	190	210	255
40	Alami	115	140	160	175
	Pecah	155	175	190	205

Sumber : (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995)

Dalam table apabila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai dari jenis yang berbeda (alami dan pecahan) maka jumlah air yang diperkirakan dengan diperbaiki dengan rumus :

$$A = 0,67 A_h + 0,33 A_k \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

A = Jumlah air yang dibutuhkan (liter/m<sup>3</sup>)

A<sub>h</sub> = Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halusnya  
(liter)

A<sub>k</sub> = Jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya  
(liter)

13. Hitung berat semen yang diperlukan

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan membagi jumlah air (dari langkah 11) dengan factor air semen yang diperoleh pada langkah 8.

14. Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan dengan table.

Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau, air laut.

Table 2.10 Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pementan dan lingkungan khusus.

Jenis pementan	Semen minimum (kg/m <sup>3</sup> beton)
Beton didalam ruang bangunan :	
a) Keadaan keliling non-korosif	275
b) Keadaan keliling korosif, disebabkan kondensasi atau korosif	325
Beton di luar ruang bangunan :	325
a) Tidak terlindung dari ujan dan terik matahari	275
b) Terlindung dari hujan dan terik matahari	
Beton yang masuk ke dalam tanah :	
a) mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti.	325
b) mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	tabel
beton yang selalu berhubungan dengan air, air tawar/payau/laut.	tabel

Sumber : (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1992)

15. Penyesuaian kebutuhan semen

apabila kebutuhan semen yang diperoleh dari no. 12 ternyata lebih sedikit dari kebutuhan minimum no. 13 maka kebutuhan semen harus dipakai yang minimum nilainya lebih besar.

16. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen

Jika jumlah semen ada perubahan akibat langkah 14 maka nilai faktor air semen berubah. Dalam hal ini dapat dilakukan dengan 2 cara :

- Pertama, faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum.
- Kedua, jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan faktor air semen.
  - Catatan : cara pertama akan menurunkan faktor air semen, sedangkan cara kedua akan menaikkan jumlah air yang diperlukan.

17. Penentuan daerah gradasi agregat halus

Berdasarkan gradasinya (hasil analisis ayakan) agregat halus yang akan dipakai diklasifikasikan menjadi 4 daerah. Penentuan daerah gradasi tersebut didasarkan atas grafik gradasi yang diberikan dalam tabel dibawah ini. Dengan tabel tersebut agregat halus dapat dimasukkan menjadi salah satu dari 4 daerah, yaitu daerah 1,2,3 dan 4.

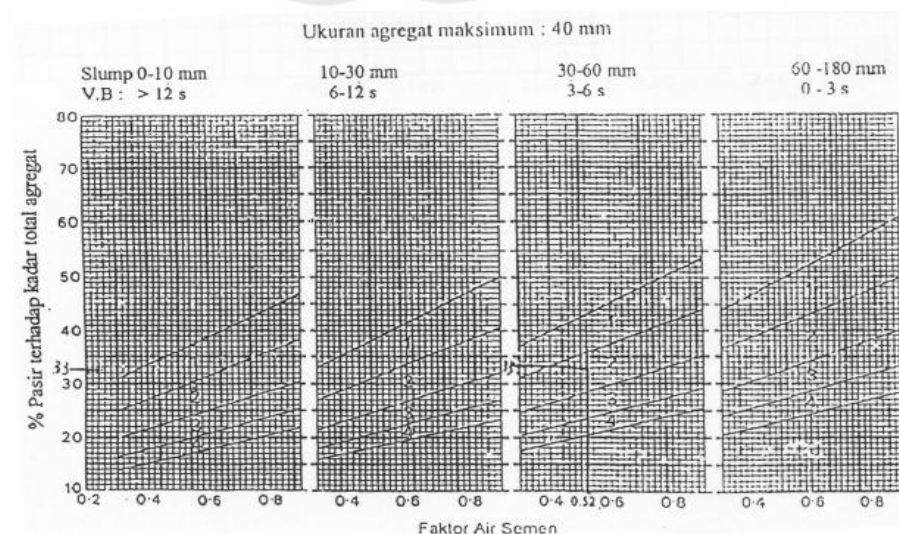
Table 2.11 Batas gradasi pasir

Lubang ayakan (mm)	persen berat butir yang lewat ayakan			
	1	2	3	4
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 : (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995)

### 18. Perbandingan agregat halus dan agregat kasar

Nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan berat agregat campuran. Penentuan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data tersebut dan grafik di bawah ini dapat diperoleh presentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.



Gambar 2.3 grafik presentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk butiran maksimum 40 mm.

Sumber : (SNI 03-2834, 2000)

19. Berat jenis agregat campuran

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$Bj \text{ campuran} = \frac{P}{100} \times bj \text{ agr. Halus} + \frac{K}{100} \times bj \text{ agr. kasar} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan :

Bj campuran : berat jenis agragat campuran  $\text{kg/m}^3$

Bj agr. Halus : berat jenis agragat halus  $\text{kg/m}^3$

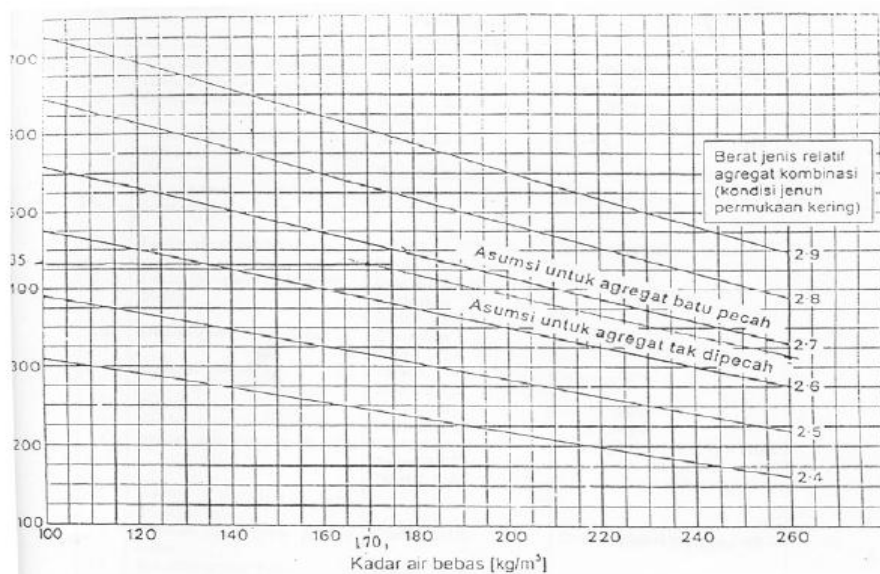
Bj agr. Kasar : berat jenis agragat kasar  $\text{kg/m}^3$

P : Presentase agregat halus terhadap agregat campuran (%)

K : Presentase agregat kasar terhadap agregat campuran (%)

20. Penentuan berat beton

Untuk menentukan berat beton digunakan data berat jenis campuran dan kebutuhan air tiap meter kubik, setelah ada data kemudian dimasukkan dalam grafik beton di bawah ini.



Gambar 2.4 Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton.

Sumber : (SNI 03-2834, 2000)

21. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil

$$\text{Berat pasir} + \text{berat kerikil} = \text{berat beton-kebutuhan air-kebutuhan semen}$$

$$= \text{langkah 19} - \text{langkah 11} - \text{langkah 12}$$

22. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil

$$\text{Kebutuhan pasir} = \text{kebutuhan pasir dan kerikil} \times \text{presentase berat pasir}$$

$$= \text{langkah 21} \times \text{langkah 17}$$

23. Menentukan kebutuhan kerikil

$$\text{Kebutuhan kerikil} = \text{kebutuhan pasir dan kerikil} - \text{kebutuhan pasir}$$
$$= \text{langkah 21} - \text{langkah 22}$$

## 2.9. Kekuatan beton

Pengujian beton sangat penting mengingat bahwa data hasil pengujian kekuatan beton merupakan besaran yang digunakan sebagai pengontrol dalam perencanaan konstruksi beton.

Pada perencanaan konstruksi beton sederhana atau umum, biasanya cukup digunakan data dari hasil pengujian tekan beton karakteristiknya saja. Dasar yang digunakan adalah nilai kekuatan beton karakteristik yang pada hakekatnya adalah hasil pengujian tekan.

Dalam penelitian ini mengingat keterbatasan bahan dan alat penguji, maka hanya dilakukan pengujian kuat tekan betonnya saja.