

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Beton**

Beton yang digunakan sebagai struktur teknik sipil, dapat dimanfaatkan dalam banyak hal. Dalam teknik sipil, struktur beton digunakan untuk bangunan pondasi, kolom, balok, pelat atau pelat cangkang. Dalam teknik sipil hidro, beton digunakan untuk bangunan air seperti bendungan, saluran, dan drainase perkotaan. Dalam teknik sipil transportasi, beton digunakan untuk lapis perkerasan yang kaku, saluran samping, gorong-gorong, dan yang lainnya. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (Portland cement), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (admixture atau additive). (Tri Mulyono, 2004)

Dalam keadaan yang mengeras, beton bagaikan batu karang dengan kekuatan tinggi. Dalam keadaan segar, beton dapat diberi bermacam bentuk sehingga dapat digunakan untuk membentuk seni arsitektur atau semata mata untuk tujuan dekoratif. Beton juga akan memberikan hasil akhir yang bagus jika pengolahan akhir dilakukan dengan cara khusus, umpamanya diekspos agregatnya (agregat yang mempunyai bentuk yang bertekstur seni tinggi diletakkan di bagian luar, sehingga nampak jelas pada permukaan betonnya). Selain tahan terhadap serangan api, beton juga tahan terhadap serangan korosi. Secara umum kelebihan dan kekurangan beton adalah:

Kelebihan dari beton antara lain:

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

Adapun kekurangan dari beton antara lain :

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit dirubah
- b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- c. Berat
- d. Daya pantul suara yang besar.

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah :

- a. Kualitas semen,
- b. Proporsi semen terhadap campuran,
- c. Kekuatan dan kebersihan agregat,
- d. Interaksi atau adhesi antara pasta semen dengan agregat,
- e. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton,
- f. Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton,
- g. Perawatan beton,
- h. Kandungan klorida tidak melebihi 0,15 % dalam beton yang diekspos dan 1 % bagi beton yang tidak diekspos (Nawy, 1985).

### **2.1.1 Sifat dan Karakteristik 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.

### 2.1.1.1 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. Kuat tekan beton dapat dicari dengan rumus :

$$\text{Kuat tekan beton, } (f'c) = \frac{P}{A} \left( \frac{kg}{cm^2} \right) \dots\dots\dots (2.1)$$

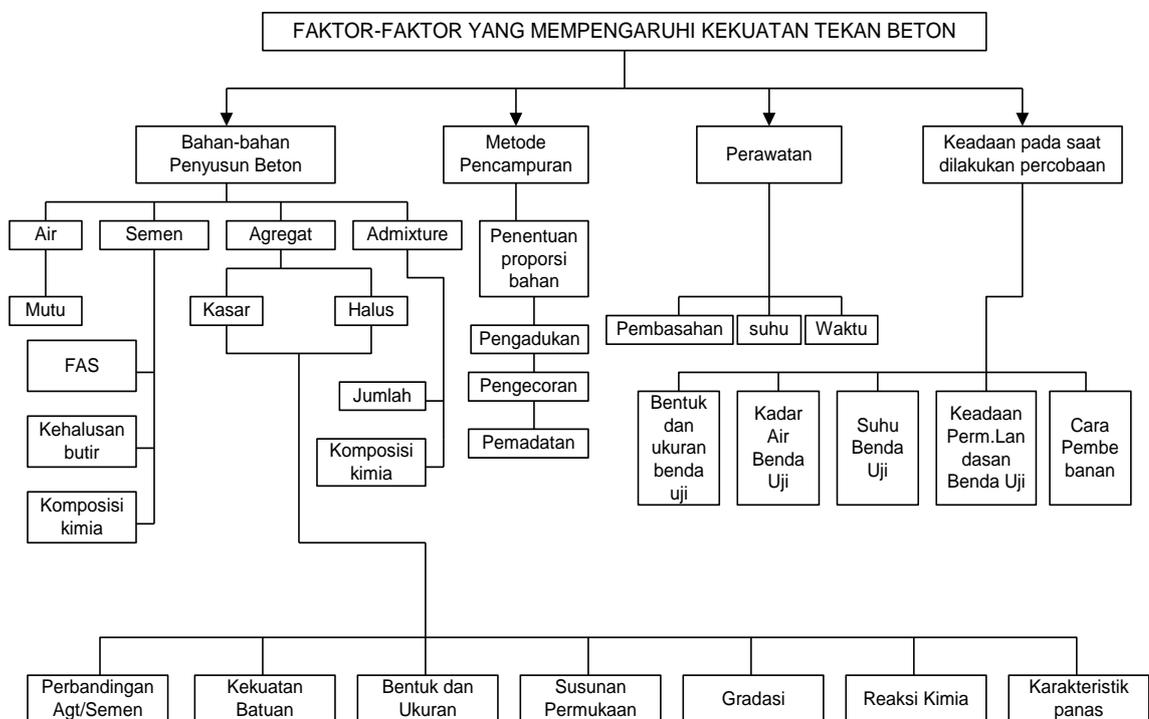
Dimana:  $f'c$  = kuat tekan beton  $\left( \frac{kg}{cm^2} \right)$

P = beban tekan maksimum (kg)

A = luas penampang tertekan (cm<sup>2</sup>)

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

- a. Jenis semen dan kualitasnya, mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
- b. Efisiensi dari perawatan (*curing*), kehilangan kekuatan sampai 40 % dapat terjadi bila pengeringan diadakan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pembuatan benda uji.
- c. Suhu. Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat-hancur akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
- d. Umur pada keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya. Kecepatan bertambahnya kekuatan tergantung pada jenis semen. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai bertahun-tahun.



(Sumber : Tri Mulyono, 2004)

**Gambar 1.1** Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton

Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

- a. Beton sederhana, dipakai untuk pembuatan bata beton atau bagian-bagian non struktur. Misalnya, dinding bukan penahan beban.
- b. 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.
- c. Beton prategang, dipakai untuk balok prategang yaitu balok dengan baja tulangan ditarik dulu sebelum diberi beban.
- d. Beton kuat tekan tinggi dan sangat tinggi, dipakai pada struktur khusus misalnya gedung bertingkat sangat banyak.

**Tabel 1.1** Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya

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

(Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 1998)

### 2.1.1.2 Kemudahan Pengerjaan

Kemudahan pengerjaan beton merupakan salah satu kinerja utama yang dibutuhkan. Walaupun suatu struktur beton dirancang agar mempunyai kekuatan

yang tinggi, tetapi jika rancangan tersebut tidak dapat diimplementasikan dilapangan karena kesulitan untuk dikerjakan maka rancangan tersebut menjadi percuma. Kemajuan teknologi membawa dampak yang nyata untuk mengatasi hal ini, yaitu dengan penggunaan bahan tambah untuk memperbaiki kinerja.

### **2.1.1.3 Rangkak dan Susut**

Rangkak (*creep*) atau *lateral material flow* didefinisikan sebagai penambahan regangan terhadap waktu akibat adanya beban yang bekerja. Deformasi awal akibat pembebanan disebut sebagai regangan elastis, sedangkan regangan akibat tambahan beban yang sama disebut regangan rangkak. Rangkak timbul dengan intensitas yang semakin berkurang setelah selang waktu tertentu dan kemungkinan berakhir setelah beberapa tahun. Nilai rangkak untuk beton mutu tinggi lebih kecil dibandingkan dengan beton mutu rendah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya rangkak dan susut dapat diuraikan sebagai berikut : (1) Sifat bahan dasar beton (komposisi dan kehalusan semen, kualitas adukan, dan kandungan mineral dalam agregat), (2) Rasio air terhadap jumlah semen (*water cement ratio*), (3) Suhu pada saat pengerasan (*temperature*), (4) Kelembaban nisbi pada saat proses penggunaan (*humidity*), (5) Umur beton pada saat beban bekerja, (6) Nilai *slump* (*slump test*), (7) Lama pembebanan, (8) Nilai tegangan, (9) Nilai rasio permukaan komponen struktur.

### **2.1.2 Sifat dan karakteristik campuran beton**

Sifat dan karakteristik campuran beton segar secara tidak langsung akan mempengaruhi beton yang telah mengeras. Pasta semen tidak bersifat elastis sempurna tetapi *viscoelastic-solid*. Gaya gesek dalam, susut dan tegangan yang terjadi biasanya tergantung dari energi pemadatan dan tindakan *preventif*

terhadap perhatiannya pada tegangan dalam beton. Hal ini tergantung dari jumlah dan distribusi air, kekentalan aliran gel (pasta semen) dan penanganan pada saat sebelum terjadi tegangan serta *kristalin* yang terjadi untuk pembentukan porinya.

#### **2.1.2.1 Sifat dan karakteristik bahan penyusun**

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

#### **2.1.2.2 Metode pencampuran**

##### **a. Penentuan proporsi bahan (*Mix Design*)**

Proporsi campuran dari bahan-bahan penyusun beton ini ditentukan melalui perancangan beton (*mix design*). Hal ini dimaksudkan agar proporsi dari campuran dapat memenuhi syarat kekuatan serta dapat memenuhi aspek ekonomi. Metode perancangan ini pada umumnya menentukan komposisi dari bahan-bahan penyusun beton untuk kinerja tertentu yang diharapkan. penentuan proporsi campuran dapat digunakan untuk beberapa metode yang dikenal, antara lain : (1).*Metode American Concrete Institute*, (2). *Portland Cement Association*, (3).*Road Note No.4*, (4). *British Standard, Departement of Engineering*, (5). Departemen Pekerjaan Umum (SK.SNI.T-15-1990-03) dan (6). Cara Coba-coba.

##### **b. Pengecoran (*placing*)**

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

c. Pematatan (Vibrating)

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

### 2.1.2.3 Perawatan (*curing*)

Perawatan dimaksudkan untuk menghindari panas hidrasi yang tidak diinginkan, terutama disebabkan oleh suhu. Cara dan bahan serta alat yang digunakan untuk perawatan akan menentukan sifat dari beton keras yang dibuat, terutama dari sisi kekuatannya. Waktu-waktu yang dibutuhkan untuk merawat beton pun harus terjadwal dengan baik.

### 2.1.2.4 Kondisi saat pengerjaan pengecoran

Kondisi pada saat pekerjaan pengecoran akan mempengaruhi kualitas beton yang dibuat. Faktor-faktor tersebut antara lain: (1). Bentuk dan ukuran contoh, (2). Kadar air, (3). Suhu contoh, (4). Keadaan permukaan landasan dan (5). Cara pembebanan.

### 2.1.3 Sifat – sifat Beton Segar

Dalam pengerjaan beton segar, tiga sifat penting yang harus selalu diperhatikan adalah *workability* (kemudahan pengerjaan), *segregation* (pemisahan kerikil) dan *bleeding* (naiknya air).

a. *Workability* (kemudahan pengerjaan)

Kemudahan pekerjaan dapat dilihat dari konsistensi adukan beton (*slump*) yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya.

Unsur-unsur yang mempengaruhinya antara lain :

- 1) Jumlah air pencampur
- 2) Kandungan semen
- 3) Gradasi campuran pasir dan kerikil
- 4) Bentuk butiran agregat kasar
- 5) Butir maksimum
- 6) Cara pemadatan dan alat pemadatan.

b. Pemisahan kerikil (*Segregation*)

*Segregasi* adalah pemisahan butiran-butiran kasar campuran beton yang terjadi, hal ini akan menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton.

*Segregasi* dapat disebabkan oleh beberapa hal, yaitu :

- 1) Kurang semen
- 2) Terlalu banyak air
- 3) Besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm
- 4) Permukaan butir agregat kasar.

Semakin kasar permukaan butir agregat, semakin mudah terjadi *segregasi*.

Kecenderungan *segregasi* ini dapat dicegah jika :

- 1) Tinggi jatuh dibatasi
- 2) Penggunaan air sesuai dengan yang telah ditetapkan

- 3) Cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan
- 4) Ukuran agregat sesuai dengan yang telah ditetapkan
- 5) Pemadatan yang baik sesuai aturan

c. *Bleeding* (naiknya air).

*Bleeding* adalah kecenderungan air untuk naik ke permukaan pada beton yang baru dipadatkan. *Bleeding* dapat diamati dengan terbentuknya lapisan air yang tergenang dipermukaan beton. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput yang tak berguna.

Terjadinya *bleeding* ini dipengaruhi oleh :

- 1) Gradasi butir agregat yang kurang baik
- 2) Terlalu banyak air
- 3) Proses hidrasi yang lambat
- 4) Pemadatan yang berlebihan.

*Bleeding* dapat dikurangi dengan cara :

- 1) Memberi banyak semen
- 2) Menggunakan air sesedikit mungkin
- 3) Menggunakan butir halus lebih banyak
- 4) Memasukkan sedikit udara dalam adukan untuk beton khusus.

## 2.1.4 Bahan bahan penyusun beton

### 2.1.4.1 Semen

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

Semen Portland diproduksi untuk pertama kalinya pada tahun 1824 oleh Joseph Aspdin, dengan memanaskan suatu campuran tanah liat yang dihaluskan dengan batu kapur atau kapur tulis dalam suatu dapur sehingga mencapai suatu suhu yang cukup tinggi untuk menghilangkan gas asam karbon. Sifat-sifat semen Portland dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

#### a. Sifat kimia semen Portland

Secara garis besar, ada 4 (empat) senyawa kimia utama yang menyusun semen portland, yaitu :

- 1) Trikalsium Silikat ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) yang disingkat menjadi  $\text{C}_3\text{S}$ .
- 2) Dikalsium Silikat ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) yang disingkat menjadi  $\text{C}_2\text{S}$ .
- 3) Trikalsium Aluminat ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang disingkat menjadi  $\text{C}_3\text{A}$ .
- 4) Tertakalsium aluminoferrit ( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) yang disingkat menjadi  $\text{C}_4\text{AF}$ .

#### b. Sifat fisika semen Portland

Sifat-sifat fisika semen portland meliputi kehalusan butir, konsistensi, waktu pengikatan, perubahan volume, kekuatan.

Tipe semen Portland dibedakan dalam beberapa tipe, yaitu :

- 1) Tipe I (*ordinary Portland Cement*), semen Portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti tipe-tipe semen lainnya.
- 2) Tipe II (*modified cement*), semen Portland yang dalam penggunaannya untuk beton yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- 3) Tipe III (*Rapid-hardening Portland cement*), semen Portland yang dalam penggunaannya untuk beton yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi.
- 4) Tipe IV (*Low-heat Portland cement*), semen Portland yang dalam penggunaannya untuk beton yang memerlukan panas hidrasi yang rendah.
- 5) Tipe V (*Sulphate-resisting cement*), semen Portland yang memiliki sifat ketahanan terhadap sulfat kadar tinggi.

#### **2.1.4.2 Air**

Faktor air sangat mempengaruhi dalam pembuatan beton, karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air adalah alat untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penggunaan beton. Jumlah air yang digunakan tentu tergantung pada sifat material yang digunakan. Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan organis yang dapat merusak beton atau tulangnya. (Tata Cara Perhitungan Setandar Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002).

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

- a. Memungkinkan reaksi kimiawi semen yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
- b. Sebagai pelincir campuran kerikil, pasir dan semen agar memudahkan dalam pencetakan atau pengerjaan beton.

#### **2.1.4.3 Agregat**

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

Sifat yang paling penting dari suatu agregat ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi daya tahan terhadap proses pembekuan waktu musim dingin dan agresi kimia, serta ketahanan terhadap penyusutan. Agregat yang digunakan dalam campuran beton harus bersih, keras, bebas dari sifat penyerapan secara kimia, tidak bercampur dengan tanah liat/lumpur dan distribusi/gradasi ukuran agregat memenuhi ketentuan yang berlaku.

Gradasi yang baik dan teratur (*continuous*) dari agregat halus kemungkinan akan menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan tinggi. Gradasi yang baik adalah gradasi yang memenuhi syarat zona tertentu dan agregat halus tidak boleh mengandung bagian yang lolos pada satu set ayakan lebih besar dari 45 % dan tertahan pada ayakan berikutnya. Kebersihan agregat juga akan mempengaruhi

dari mutu beton yang akan dibuat terutama dari zat-zat yang dapat merusak baik pada saat beton muda maupun beton sudah mengeras.

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

- a. Volume udara. Udara yang terdapat dalam campuran beton akan mempengaruhi proses pembuatan beton, terutama setelah terbentuknya pasta semen.
- b. Volume padat. Kepadatan volume agregat akan mempengaruhi berat isi dari beton tadi.
- c. Berat jenis agregat. Berat jenis agregat akan mempengaruhi proporsi campuran dalam berat sebagai kontrol.
- d. Penyerapan. Penyerapan berpengaruh pada berat jenis.
- e. Kadar air permukaan agregat. Kadar air permukaan agregat berpengaruh pada penggunaan air saat pencampuran.

Pada umumnya agregat digolongkan dalam tiga kelompok, yaitu :

- a. Batu, untuk butiran lebih dari 40 mm.
- b. Kerikil, untuk butiran antara 5 mm dan 40 mm.
- c. Pasir, untuk butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

Sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. Untuk menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan seperti yang diinginkan, sifat-sifat ini harus diketahui agar kita dapat mengambil tindakan yang benar dalam mengatasi masalah yang timbul. Sifat-sifat tersebut :(1). Serapan air dan kadar air agregat, (2). Berat jenis dan daya serap agregat, (3). Gradasi agregat, (4). Modulus

halus butir, (5). Ketahanan kimia, (6). Kekekalan, (7). Perubahan volume, (8). Karakteristik panas (sifat thermal agregat), dan (9). Bahan yang mengganggu.

#### A. Agregat halus (pasir)

Agregat halus ialah agregat yang ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75 mm (saringan no.4). Agregat tersebut dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir tersebut. Pasir alam terbentuk dari pecahan batu karena beberapa sebab. Pasir dapat diperoleh dari dalam tanah, pada dasar sungai atau dari tepi laut. Oleh karena itu, pasir dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu :

1. Pasir galian. Diperoleh langsung dari permukaan tanpa atau dengan cara menggali terlebih dahulu. Pasir ini biasanya tajam bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam. Tetapi biasanya dibersihkan dari kotoran tanah dengan cara dicuci.
2. Pasir sungai. Diperoleh dari dasar sungai yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan, daya lekat antar butir agak kurang, karena butirannya bulat. Karena butirannya kecil, maka baik dipakai untuk memplester tembok.
3. Pasir laut. Diambil dari pantai, butiran-butirannya halus dan bulat. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena banyak mengandung garam-garaman yang menyerap kandungan air dan udara. Hal ini menyebabkan pasir selalu agak basah dan juga menyebabkan pengembangan bila sudah menjadi bangunan.

SK. SNI T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standard* di Inggris. Agregat halus dikelompokkan

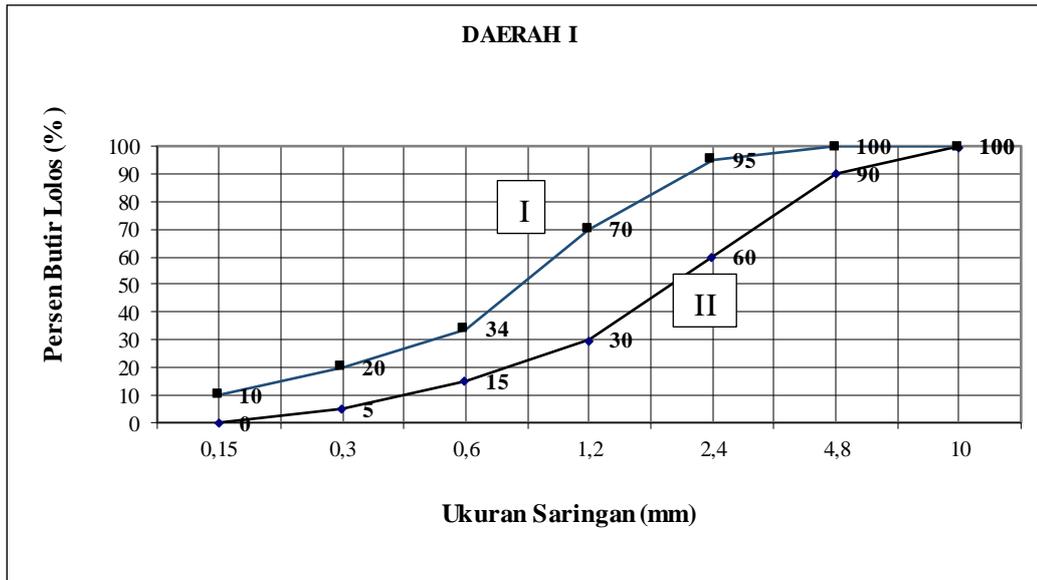
dalam empat *zone* (daerah) seperti dalam Tabel 2.2. Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 2.2 sampai 2.5 untuk mempermudah pemahaman.

**Tabel 1.2** Batas gradasi agregat halus (*British Standard*)

Lubang	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	IV
Ayakan (mm)				
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 : Tri Mulyono, 2004)

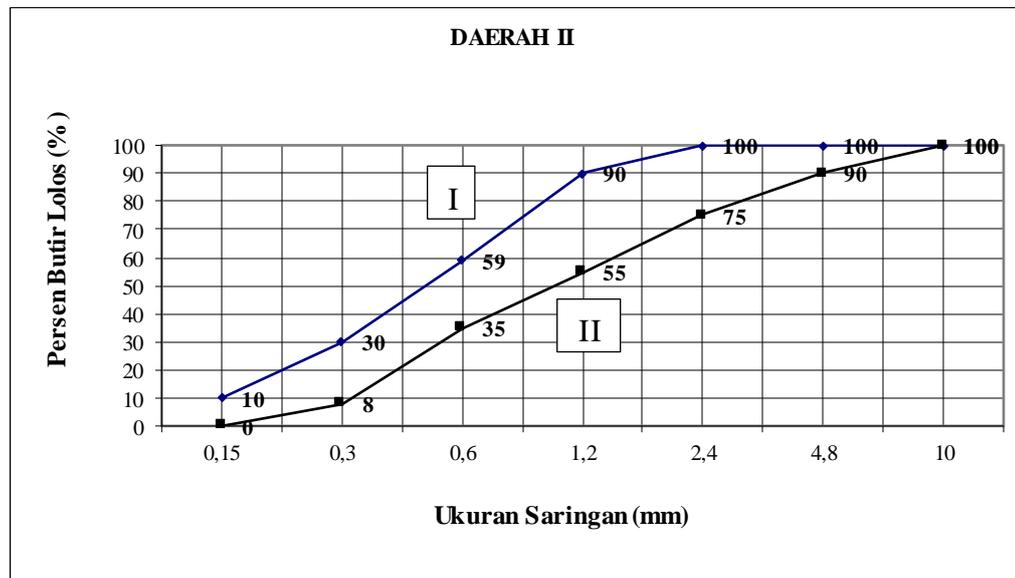
- Keterangan :
- Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
  - Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar
  - Daerah Gradasi III = Pasir Halus
  - Daerah Gradasi IV = Pasir Agak Halus



**Gambar 1.2** Daerah Gradasi Pasir Kasar

Keterangan : I = syarat batas atas

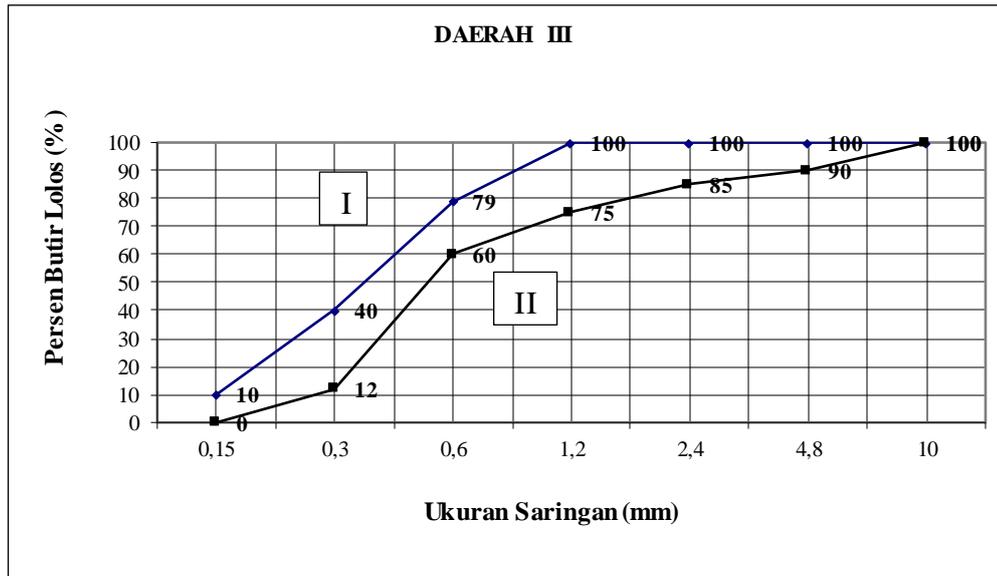
II = syarat batas bawah



**Gambar 1.3** Daerah Gradasi Pasir Agak Kasar

Keterangan : I = syarat batas atas

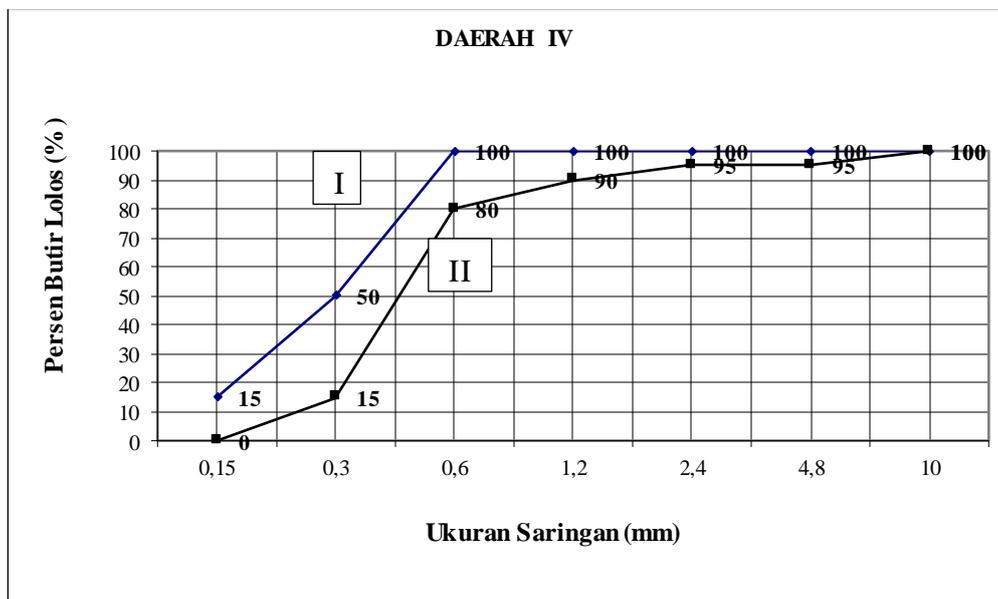
II = syarat batas bawah



**Gambar 1.4** Daerah Gradasi Pasir Halus

Keterangan : I = syarat batas atas

II = syarat batas bawah



**Gambar 1.5** Daerah Gradasi Pasir Agak Halus

Keterangan : I = syarat batas atas

II = syarat batas bawah

ASTM C.33-86 dalam “*Standard Specification for Concrete Aggregates*” memberikan syarat gradasi agregat halus seperti yang tercantum dalam Tabel 2.3.

**Tabel 1.3** 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 : Tri Mulyono, 2004)

**B. Agregat kasar (kerikil)**

Agregat kasar yaitu agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar dan semua ukuran butiran lebih besar dari 4,75 mm (saringan No.4). Agregat ini dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidrolis yang pecah.

Menurut *British Standard* (B.S), gradasi agregat kasar (kerikil/batu pecah) yang baik sebaiknya masuk dalam batas, batas yang tercantum dalam Tabel 2.4.

**Tabel 1.4** Syarat agregat kasar menurut *British Standard*

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

(Sumber : Tri Mulyono, 2004)

### 2.1.5 Pengujian bahan penyusun 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 bahan ini meliputi pemeriksaan bahan agregat halus, agregat kasar dan bahan tambah lainnya. Pengujian dilakukan menggunakan alat yang telah tersedia dilaboratorium.

#### 2.1.5.1 Pemeriksaan berat volume agregat

##### A. Prosedur Pelaksanaan

Agregat dimasukkan ke dalam talam sekurang-kurangnya kapasitas wadah, kemudian dikeringkan dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat menjadi tetap untuk digunakan sebagai benda uji berat isi padat agregat dengan cara penusukan :

1. Berat wadah timbangan dan dicatat ( $W_1$ ).
2. Wadah diisi dengan benda uji dengan tiga lapis yang sama tebal.  
Setiap lapis didapatkan dengan tongkat yang ditusukan sebanyak 25 kali secara merata.
3. Permukaan benda uji diratakan dengan menggunakan mistar perata.
4. Benda uji timbangan dan dicatat, ( $W_2$ ).
5. Benda uji timbangan, ( $W_3 = W_2 - W_1$ )

##### B. Perhitungan

$$\text{Berat isi Agregat} = \frac{W_3}{V} \text{ (kg/dm}^3\text{) .....(2.2)}$$

Dengan : V adalah isi wadah ( $\text{dm}^3$ )

##### C. Hasil Pemeriksaan.

### 2.1.5.2 Analisa saringan agregat halus dan kasar

#### A. Perosedur Pelaksanaan

1. Benda uji di keringkan didalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat contoh besar.
2. Contoh dicurahkan pada perangkat saringan diguncang dengan dari saringan paling besar diatas perangkat saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

#### B. Perhitungan

Persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing–masing saringan terhadap berat total benda uji hitung.

#### C. Hasil Perhitungan.

### 2.1.5.3 Pemeriksaan kadar lumpur dalam agregat halus

#### A. Prosedur Pelaksanaan

1. Contoh benda uji dimasukan ke dalam gelas ukur.
2. Air ditambahkan pada gelas ukur guna melarutkan lumpur.
3. Gelas di kocok untuk mencuci pasir dari lumpur.
4. Gelas di simpan pada tempat yang datar dan biarkan lumpur mengendap setelah 24 jam.
5. Tinggi pasir ( $V_1$ ) dan tinggi lumpur ( $V_2$ ) diukur

#### B. Perhitungan

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1+V_2!} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

#### C. Hasil pemeriksaan.

### 2.1.5.4 Pemeriksaan kadar air agregat kasar dan halus

#### A. Prosedur Pelaksanaan

1. Berat talam ditimbang dan dicatat, ( $W_1$ ).
2. Benda uji dimasukkan kedalam talam dan kemudian berat talam + benda uji ditimbang kemudian dicatat, ( $W_2$ ).
3. Berat benda uji dihitung, ( $W_3 = W_2 - W_1$ )
4. Contoh benda uji dikeringkan bersama talam dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  hingga mencapai bobot tetap.
5. Setelah kering, contoh timbangan dan dicatat berat benda uji beserta talam ( $W_4$ ).
6. Berat benda uji kering dihitung, ( $W_5 = W_4 - W_1$ )

B. Perhitungan

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan:  $W_3$  = Berat contoh semula (gram)

$W_5$  = Berat contoh kering (gram)

#### 2.1.5.5 Analisis pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus

A. Prosedur pelaksanaan

1. Agregat halus yang jenuh air dikeringkan sampai di peroleh kondisi dengan indikasi contoh tercurah dengan baik.
2. Sebagian dari contoh di masukan pada *metal sand cone mold*. Benda uji didapatkan dengan tongkat pemadat (tamper) jumlah tumbukan adalah 25 kali jika cetakan di angkat dan butiran - butiran pasir longsor/runtuh maka contoh benda uji dalam kondisi SSD.
3. Berat piknometer yang berisi air sesuai kapasitas ditimbang dengan ketelitian 0,1 gram.

4. Contoh agregat halus dimasukkan ke dalam piknometer sesuai kapasitasnya. Piknometer di isi dengan air sampai 90% penuh kemudian goyang – goyang untuk membebaskan gelembung – gelembung udara. Timbang piknometer yang berisi contoh dan air, diamkan selama 24 jam,
5. Contoh benda uji di siapkan dari piknometer dan keringkan pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam, setelah kering kemudian ditimbang.

#### B. Perhitungan

$$\text{Berat jenis permukaan kering jenuh} = \frac{Ba}{B+Ba-Bt} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{Ba-Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

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

#### C. Hasil Pemeriksaan

##### 2.1.5.6 Analisis pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

###### A. Prosedur pelaksanaan

1. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
2. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap, sebagai catatan , bila penyerapan dan harga berat jenis di gunakan

dalam pekerjaan beton dimana agregatnya digunakan pada keadaan air aslinya. Maka tidak perlu pengeringan dengan oven.

3. Keringkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram ( $B_k$ ).
4. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24jam.
5. Keluarkan benda uji dari dalam air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan harus satu persatu.
6. Timbang benda uji kering permukaan jenuh ( $B_j$ ).
7. Letakan benda uji dalam keranjang, guncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air ( $B_a$ ).

#### B. Perhitungan

$$\text{Berat jenis curah} \quad \frac{B_k}{B_j - B_a} \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} \quad \frac{B_j}{B_j - B_a} \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\text{Berat jenis semu} \quad \frac{B_k}{B_k - B_a} \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\text{Penyerapan} \quad \frac{B_j - B_k}{B_a} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

$B_k$  = berat benda uji kering oven, dalam gram

$B_j$  = berat benda uji kering permukaan, jenuh dalam gram

$B_a$  = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh didalam air, dalam gram

#### C. Hasil Pemeriksaan

## 2.2 Abu terbang (*fly ash*)

Abu terbang adalah sisa hasil pembakaran serbuk batu bara dari tungku uap yang terbawa gas buangan cerobong asap yang kemudian tertangkap sebelum terbawa keluar cerobong asap. Menurut ASTM C.618 abu terbang (*fly ash*) didefinisikan sebagai butiran halus reduksi pembakaran batu bara atau bubuk batu bara.

**Tabel 1.5** Kandungan kimia abu terbang (*fly ash*)

No	Senyawa	Kadar %
1	Jumlah oksida $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	70
2	$\text{SO}_3$ maks	5
3	Hilang pijar maks	6
4	Kadar air maks	3
5	Total alkali dihitung sebagai $\text{Na}_2\text{O}$ maks	1,5

Sumber : SNI 03-2460-1991

Penelitian terdahulu :

Penelitian yang berjudul “Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (*Fly Ash*) dari PLTU II Sulawesi Utara Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton” oleh Alfian Hendri Umroh (2014). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kuat tekan beton mutu normal pada kondisi *High Volume Fly ash Concrete* akibat pengaruh penggantian sebagian semen terhadap abu terbang dengan presentase 0%, 30%, 40%, 50%, 60% dan 70% abu terbang terhadap berat semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan tertinggi pada presentase abu terbang 0% yaitu sebesar 24,83 MPa untuk umur rencana 28 hari.

Penelitian yang berjudul “Pengaruh Penambahan Abu Terbang (*Fly Ash*) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton” oleh Adrian Philip Marthinus (2015). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kuat Tarik belah beton mutu normal

pada kondisi *High Volume Fly ash Concrete* akibat pengaruh penggantian sebagian semen terhadap abu terbang dengan presentase 0%, 30%, 40%, 50%, 60% dan 70% abu terbang terhadap berat semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat Tarik belah maksimum pada presentase abu terbang 30% yaitu 3,21 MPa untuk umur beton 28 hari.

Penelitian yang berjudul “Kuat Tekan Beton Dengan Aditif Fly Ash Ex.PLTU Mpanau Tavaeli” oleh I Wayan Suarnita (2011). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan beton dengan presentase 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% abu terbang terhadap berat semen. Hasil pada penelitian ini penggunaan abu terbang sebagai bahan tambah nilai kuat tekan yang dihasilkan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya proporsi abu terbang, sehingga kuat tekan beton maksimum belum tercapai.

Penelitian yang berjudul “Pemanfaatan Abu Terbang Batu Bara sebagai Pengganti Sebagian Semen untuk Campuran Beton” oleh Muhammad Idris (2019). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan beton dengan menggunakan abu terbang batu bara sebagai pengganti sebagian semen dengan presentase 0% 15%, 30% dan 45% abu terbang terhadap berat semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan abu terbang (*fly ash*) batu bara 15% sampai dengan 30% sebagai pengganti semen dapat diaplikasikan kedalam campuran beton k-250.

Penelitian yang berjudul “Pengaruh Bahan Tambah *Fly Ash* Batu Bara Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi” oleh Andi Yusra. (2015). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya pengaruh penggunaan bahan tambah abu terbang terhadap kuat tekan beton mutu tinggi dengan presentase 0%,

5%, 8%, 10%, dan 15% abu terbang terhadap semen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil pengujian kuat tekan terbesar diperoleh dari beton dengan penambahan abu terbang sebesar 15% dengan kuat tekan rata-rata 66,96 MPa pada pengujian umur 56 hari.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu yang penulis temukan terdapat beberapa perbedaan, diantaranya presentase bahan tambah abu terbang terhadap berat semen, asal abu terbang yang digunakan dalam penelitian dan mutu beton yang berbeda dari penelitian terdahulu dengan penelitian yang telah dilaksanakan oleh penulis.

### **2.3 Kuat tekan beton yang maksimal**

Kuat tekan beton yang maksimal adalah adalah campuran beton rencana yang menghasilkan kekuatan tertinggi diantara rencana campuran beton lainnya. Untuk mendapatkan campuran beton yang maksimal, dapat dihasilkan dengan cara :

- a. Material yang digunakan harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan oleh sni,
- b. Pencampuran bahan didasarkan atas Standar Pekerjaan Umum (SNI 03-2834-2000),
- c. Pemeliharaan beton dilakukan dengan cara perendaman dengan umur rencana 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari.
- d. Pengujian beton dilakukan dengan alat *compression test*.

Dengan beberapa langkah diatas, diharapkan mendapatkan hasil uji yang maksimal berdasarkan campuran beton yang direncanakan.