

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Umum Beton**

Beton merupakan salah satu konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan dan lain-lain. Beton ini dibuat dengan cara mencampurkan agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), semen serta air sampai menjadi satu kesatuan. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan, pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dan air.

Beton yang sudah mengeras dapat juga dikatakan sebagai batuan tiruan, dengan rongga-rongga antara butiran yang besar (agregat kasar atau batu pecah), dan diisi oleh butiran kecil (agregat halus atau pasir), dan pori-pori antara agregat halus diisi oleh semen dan air. Semen juga berfungsi sebagai perekat atau pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling terikat dengan kuat sehingga terbentuklah suatu kesatuan yang padat. Beton keras yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil (**Tjokrodimulyo 1996 : 2**)

Beton mempunyai fungsi yang penting dalam suatu bangunan konstruksi yang digunakan baik untuk struktur rumah tinggal, gedung bertingkat, dan berbagai macam infrastruktur yang lain. Beton memiliki beberapa keunggulan seperti :

- a. Beton mudah dibentuk menggunakan bekisting sesuai dengan kebutuhan struktur bangunan, memiliki ketahanan yang tinggi terhadap temperature yang tinggi,
- b. Beton memiliki kuat tekan yang tinggi,
- c. Bahan baku beton relatif mudah didapat,
- d. Beton relatif tidak memerlukan perawatan dan tahan lama.
- e. beton tahan aus dan bakar sehingga perawatannya relatif lebih murah dan mudah.

Namun beton juga memiliki kekurangan seperti :

- a. Mutu akhir pekerjaan beton sangat dipengaruhi oleh mutu beton itu sendiri dan proses pelaksanaan pengecorannya,
- b. Beton merupakan material dengan berat jenis yang lumayan besar yaitu 2400 kg/m<sup>3</sup> dan memiliki kuat tarik yang kecil sekitar 9-15% dari kekuatan tekannya.
- c. beton bersifat getas atau tidak daktail sehingga harus dihitung dengan teliti agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail, terutama pada struktur tahan gempa.

Membuat beton sebenarnya sederhana hanya sekedar mencampurkan bahan-bahan dasarnya untuk membentuk campuran tersebut menjadi benda padat (beton). Tetapi jika ingin membuat beton yang baik, dalam artian memenuhi persyaratan yang lebih ketat karna tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan cara seksama agar memperoleh adukan beton yang baik dan menghasilkan beton yang keras. Beton yang baik adalah beton yang dapat

diaduk, dapat diangkut, dapat dituangkan, dapat dipadatkan, tidak ada kecendrungan untuk terjadi pemisahan kerikil dari adukan maupun pemisahan air dan semen dari adukan. Beton keras yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil (**Tjokrodimulyo 1996 : 2**).

## **2.2 Agregat**

Agregat merupakan material alami atau buatan yang berfungsi sebagai bahan campuran beton. Agregat menempati  $\pm 70\%$  volume beton, sehingga sangat berpengaruh terhadap sifat apapun kualitas beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian yang penting untuk pembuatan beton.

Mengingat bahwa agregat merupakan jumlah yang cukup besar dari volume beton dan sangat mempengaruhi sifat beton, maka perlu suatu material ini diberi perhatian yang lebih detail dan teliti dalam setiap pembuatan suatu campuran beton. Disamping itu, agregat dapat dapat mengurangi penyusutan akibat perkerasan beton dan juga mempengaruhi koefisien pemuaian akibat suhu panas, pemilihan jenis agregat yang akan dipilih tergantung pada mutu agregat, ketersediannya di lokasi, harga serta jenis konstruksi yang akan menggunakannya.

Agregat digolongkan menjadi 2 macam, yaitu agregat alam dan agregat buatan, agregat alam merupakan agregat yang bentuknya alami, terbentuk berdasarkan aliran air sungai dan degradasi. Agregat yang terbentuk dari aliran air sungai berbentuk bulat dan licin, sedangkan agregat yang terbentuk dari proses degradasi berbentuk kubus (bersudut) dan permukaannya kasar. Sedangkan agregat

buatan merupakan agregat yang berasal dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen dan mesin pemecah batu.

Banyaknya hal yang harus diketahui mengenai agregat, karna setiap pekerjaan konstruksi apapun, agregat merupakan hal yang sangat penting, untuk itu diperlukan pemahaman yang lebih mengenai agregat supaya menghasilkan konstruksi yang baik dan berkualitas. Menurut **Silvia Sukirman (2003)**, agregat merupakan buti-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil (fragmen-fragmen) yang berfungsi sebagai bahan campuran atau pengisi dari suatu beton. Sedangkan menurut **Tjokodimulyo (1992)** agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

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

Jenis agregat yang digunakan sebagai bahan susunan beton adalah agregat halus dan agregat kasar.

### **2.2.1 Agregat Halus**

Agregat halus adalah semua butiran lolos saringan 4,75 mm. agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan dari batuan secara alami, atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batuyang biasa disebut abu batu. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, serta tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton. Kegunaannya adalah

untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar. Ada beberapa pengertian agregat halus antara lain, yaitu :

- Agregat halus adalah butiran halus yang memiliki kehalusan 2 mm – 5 mm.
- Menurut **SNI 02-6820-2002**, agregat halus adalah agregat dengan besar butiran maksimum 4,75 mm.
- Menurut **Nevil (1997)**, agregat halus merupakan agregat yang besarnya tidak lebih dari 5 mm, sehingga pasir dapat berupa pasir alam atau berupa pasir dari pemecahan batu.

Persyaratan agregat halus secara umum menurut **SNI-03-6821-2002** adalah sebagai berikut :

- Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras
- Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur karena faktor cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat diuji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
- Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpurnya melebihi 5% maka pasir harus di cuci.

Agregat halus harus mempunyai susunan besar butir dalam batas-batas berikut

:

**Tabel 2.1** Persentase lolos agregat pada ayakan

Ukuran lubang ayakan (mm)	Persen lolos kumulatif
9,60	100
4,80	95 – 100
2,40	80 – 100
1,20	50 – 85
0,60	25 – 60
0,30	10 – 30
0,15	2 – 10

### 2.2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang butirannya lebih besar dari 5 mm atau agregat yang semua butirannya dapat tertahan diayakan 4,75 mm. agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil dari disintegrasi dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan manual atau mesin. Agregat kasar harus terdiri dari butiran-butiran yang keras, permukaan yang kasar. agregat harus memenuhi syarat kebersihan yaitu, tidak mengandung lumpur lebih dari 1 %, dan tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton.

Menurut **Tjokrodimulyo (1996)**, beberapa faktor yang harus diperhatikan pada saat pemilihan untuk pekerjaan campuran beton, yaitu :

#### 1) Bentuk Agregat

Bentuk agregat dipengaruhi oleh dua sifat, yaitu kebulatan dan sperikal. Kebulatan atau ketajaman sudut ialah sifat yang dimiliki yang tergantung pada ketajaman relatif dari sudut dan ujung butir. Sedangkan sperikal adalah sifat yang

tergantung pada rasio antara luas bidang permukaan butir dan volume butir. Bentuk butiran agregat lebih berpengaruh pada beton segar dari pada setelah beton mengeras. Berdasarkan bentuk butiran agregat dapat dibedakan menjadi : bulat, tidak beraturan, bersudut, memanjang, pipih, panjang dan pipih.

a. Bulat

Umumnya agregat ini berbentuk bulat atau bulat telur. Permukaannya agak licin, pengaruh gesekan selama transportasi terbawa arus air. Pasir atau kerikil jenis ini umumnya berasal dari sungai atau pantai.

b. Tidak Beraturan

Bentuk alamnya tidak beraturan, atau sebagian terjadi karena pergeseran dan mempunyai sisi tepi bulat. Pasir atau kerikil jenis ini biasanya berasal dari sungai, darat, atau dari lahar gunung.

c. Bersudut

Bentuk ini tidak beraturan memiliki sudut-sudut yang tajam dan permukaannya kasar. Yang termasuk jenis ini adalah semua yang dihasilkan dari alat mesin pemecah dari berbagai jenis batu.

d. Memanjang

Butir agregat dikatakan memanjang jika panjangnya melebihi kedua sisi dimensi lainnya atau panjang lebih dari tiga kali lebarnya.

e. Pipih

Disebut pipih jika tebalnya jauh lebih kecil dari kedua dimensi lainnya. Biasanya disebut pipih bila tebalnya kurang dari sepertiga lebar. Agregat ini berasal dari batuan-batuan yang berlapis.

f. Panjang dan Pipih

Material yang panjangnya melebihi lebarnya dan lebarnya melebihi tebalnya.

**2) Tekstur Permukaan Butir**

Tekstur permukaan adalah suatu sifat permukaan yang tergantung pada ukuran, halus atau kasar, mengkilap atau kusam. Pada dasarnya tekstur permukaan butir dapat dibedakan menjadi : sangat halus (glassy), halus, granuler, kasar, berkilat, berpori, dan berlubang-lubang. Tekstur permukaan butir tergantung pada kekerasan, ukuran molekul, tekstur batuan, dan besar gaya yang bekerja pada permukaan butiran yang menyebabkan kehalusan permukaan agregat. Jika ditinjau dari permukaannya, agregat dapat dibedakan menjadi 6, antara lain :

- Agregat permukaan seperti gelas, mengkilat. Contoh : flint hitam, obsidian.
- Agregat dengan permukaan licin, biasanya agregat ini ditemukan pada batuan yang butiran-butirannya sangat kecil atau halus. Contoh : kerikil sungai, chart, batu lapis, marmer dan rhyolite.
- Agregat dengan permukaan berbutirpecahan dari batuan ini menunjukkan adanya butir-butir bulat yang seragam atau merata. Contoh : batuan pasir, colite.
- Agregat dengan permukaan kasar umumnya berupa pecahan batuan, permukaan tampak kasar, berbutir halus sampai medium kristal tidak tampak jelas. Contoh : basalt, felsites, porphyry, batu kapur.



- Agregat dengan permukaan berkristal mempunyai susunan Kristal yang tampak jelas. Contoh : granite, gabbro gneiss.
- Agregat dengan permukaan berpori dan berongga seperti sarang lebah, batuan ini mempunyai pori dan rongga-rongga yang mudah terlihat. Contoh : batu bata, batu apung, batu klinker, batu lahar merapi.

### **3) Berat Jenis Agregat**

Berat jenis agregta adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Karena butiran agregat umumnya mengandung butiran pori-pori yang ada dalam butiran tertutup atau tidak berhubungan, maka berat jenis agregat dibedakan menjadi dua istilah, yaitu berat jenis mutlak, jika volume benda padatnya tanpa pori dan berat jenis semu, jika volume benda padatnya termasukpori-pori tertutupnya.

### **4) Berat Satuan dan Kepadatan**

Berat satuan agregat adalah berat agregat satu satuan volume, dinyatakan dengan kg/liter atau ton/m<sup>3</sup>. Jadi berat satuan dihitung berdasarkan berat agregat dalam suatu tempat tertentu, sehingga yang dihitung volumenya ialah volume padat (meliputi pori tertutup) dan volume pori terbuka.

### **5) Ukuran Maksimum Agregat**

Ukuran maksimum agregta yang biasa dipakai adalah 10 mm, 20 mm, atau 40 mm.

## 6) Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam), maka volume pori akan besar .sebaliknya bila butirannya bervariasi akan terjadi volume pori yang kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit

**Tabel 2.2** Batas-batas gradasi dari agregat kasar sesuai SK-SNI-T-15-1990-03

Lubang Ayakan (mm)	Prosentase Berat Butir Lewat Ayakan	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	1 0-35	25-55
4,8	0-5	0-10

## 7) Kadar Air Agregat

Kandungan didalam agregat dibagi menjadi beberapa tingkat, yaitu :

- Kering tungku, dimana agregat benar-benar tidak berair atau dalam kondisi yang benar-benar dapat secara penuh menyerap air.
- Kering udara, dimana permukaan agregatnya kering namun mengandung sedikit air di dalam porinya.

- Jenuh kering muka, yaitu tidak ada air dipermukaan tetapi butir-butirnya berisi air sejumlah yang dapat diserap. Dengan demikian butiran tidak dapat menyerap dan menambah jumlah air jika dipakai dalam campuran adukan beton.
- Basah, dimana butir-butir mengandung banyak air baik dipermukaan maupun di dalam butiran, sehingga bila dipakai dalam campuran akan menambah air.

Keadaan kering jenuh muka (*Saturated Surface Dry*) lebih dipakai sebagai standar, karena merupakan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah dan mengurangi air dari pastinya, dan kadar air di lapangan lebih banyak mendekati keadaan SSD dari pada kering tungku.

#### **8) Kekuatan dan Keuletan Agregat**

Kekerasan agregat tergantung dari kekerasannya bahan penyusunnya. Butiran agregat dapat bersifat kurang kuat disebabkan dua hal yaitu, karena terdiri dari bahan yang lemah atau terdiri dari partikel-partikel yang kuat tapi tidak terikat dengan kuat dan pada umumnya kekuatan dan elastisitas agregat tergantung dari jenis batuan, tekstur dan struktur butirannya, karena agregat merupakan bagian terbesar dari beton sehingga kekuatan agregat akan mempengaruhi kekuatan beton.

### 2.3 Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982). Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat, selain itu juga untuk mengisi rongga diantara butiran-butiran agregat.

Semen Portland dibuat melalui beberapa langkah, sehingga sangat halus dan memiliki sifat adhesif maupun kohesif. Semen diperoleh dengan membakar kalsinat atau batu gamping yang mengandung alumina dengan perbandingan tertentu. Bahan tersebut dicampur dan dibakar dengan suhu  $1400^{\circ}\text{C}$  -  $1500^{\circ}\text{C}$  dan menjadi klinker. Setelah itu didinginkan dan dihaluskan sampai seperti bubuk. Lalu ditambahkan gips atau kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ) kira-kira 2-4 %, persen sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan. Bahan tambahan lain terkadang ditambahkan juga untuk membentuk semen khusus misalnya kalsium klorida untuk menjadikan semen yang cepat mengeras. Semen biasanya dikemas dalam kantong 40kg / 50kg.

**Tabel 2.3** Susunan oksida semen Portland.

No	Oksida	Persentase
1	Kapur ( Ca O <sub>4</sub> )	60 - 65
2	Silika ( Si O <sub>2</sub> )	17 - 25
3	Alumina ( Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3 - 8
4	Besi ( Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,5 - 6
5	Magnesia (MgO )	0,5 - 4
6	Sulfur ( SO <sub>3</sub> )	1 - 2
7	Soda / portash ( Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O )	0,5 - 1

Menurut **SII 0031-81** semen Portland dibagi menjadi lima jenis, sebagai berikut :

➤ **Tipe 1 :**

Dipakai untuk keperluan konstruksi yang tidak memerlukan persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal. Cocok dipakai pada tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0,0 - 0,10 % dan dapat digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat dan lain-lain.

➤ **Tipe 2 :**

Dipakai untuk konstruksi bangunan dari beton massa yang memerlukan ketahanan sulfat (pada lokasi tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0,10 – 0,20 %) dan panas hidrasi sedang, misalnya bangunan dipinggir laut, bangunan

dibekas tanah rawa, saluran irigasi, beton massa untuk dam-dam dan landasan jembatan .

Dengan memperhatikan rumus untuk menghitung panas hidrasi jelaslah bahwa C3A dan C3S menghidrasi sangat cepat, sedangkan C2S dan C4AF menghidrasi lambat, dengan menimbulkan panas hidrasi lebih rendah. Dengan menambah prosentase C2S dari semen portland tipe I dan mengurangi prosentase C3A dan C3S diperoleh semen yang mengeluarkan panas hidrasi lebih rendah; disamping itu semen jenis II ini lebih tahan terhadap serangan sulfat daripada tipe I. Semen tipe II disebut juga “modified Portland cement” dan penggunaannya sama seperti untuk tipe I ditambah dua keuntungan yang disebut diatas.

➤ **Tipe 3 :**

Dipakai untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kekuatan tekan awal tinggi pada fase pemulaan setelah pengikatan terjadi, misalnya untuk pembuatan jalan beton, bangunan tingkat tinggi, bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan terhadap serangan sulfat.

Semen tipe III disebut juga “semen dengan kekuatan awal tinggi”. Jenis ini digunakan bilamana kekuatan harus dicapai dalam waktu singkat, walaupun harganya sedikit lebih mahal. Biasanya dipakai pada pembuatan jalan yang harus cepat dibuka untuk lalu-lintas; juga apabila acuan itu harus bisa dibuka dalam waktu singkat. Panas hidrasi 50% lebih tinggi dari pada yang ditimbulkan semen tipe I.

➤ **Tipe 4 :**

Dipakai untuk kebutuhan pengecoran yang tidak menimbulkan panas, pengecoran dengan penyemprotan (setting time lama) yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Semen portland tipe IV ini menimbulkan panas hidrasi rendah dengan prosentase maksimum untuk C3S sebesar 35 %, untuk C3A sebesar 7 % dan untuk C2S prosentase minimum sebesar 40 %. Tipe IV ini tidak lagi diproduksi dalam jumlah besar seperti pada waktu pembuatan Hoover Dam, akan tetapi telah diganti dengan tipe II yang disebut “modified portland cement”.

➤ **Tipe 5 :**

Dipakai untuk konstruksi bangunan pada tanah/air yang mengandung sulfat melebihi 0,20 % dan sangat cocok untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan dan pembangkit tenaga nuklir. Semen portland tipe V ini tahan terhadap serangan sulfat serta mengeluarkan panas. Reaksi antara C3A dan  $\text{CaSO}_4$  menyebabkan terjadinya Calcium Sulfoaluminate.

Dengan cara yang sama, dalam semen yang telah mengeras, hidrat dari C3A dapat bereaksi dengan garam-garam sulfat dari luar, kemudian membentuk Calcium Sulfoaluminate di dalam struktur pasta yang telah terhidrasi tersebut. Penambahan volume pada fase padat, jika terbentuk Calcium Sulfoaluminate dalam jumlah besar yaitu 227%, sehingga akibat reaksi-reaksi sulfat ini akan terjadi disintegrasi dari beton. Reaksi-reaksi lain yang mungkin terjadi antara lain :  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dengan garam-garam sulfat dari luar yang hasilnya adalah terbentuknya

gips yang diikuti dengan penambahan volume pada fase padat sebesar 124%. Reaksi-reaksi tersebut diatas dikenal sebagai serangan-serangan sulfat, yang paling aktif menyerang ialah garam-garam  $MgSO_4$  dan  $Na_2SO_4$ . Serangan-serangan ini akan dipercepat apabila disertai dengan silih bergantinya keadaan basah dan kering. Terutama di daerah-daerah yang terkena pengaruh pasang surut pada bangunan-bangunan beton dilaut menderita serangan-serangan sulfat ini. Gunakanlah semen tipe V ini untuk menahan serangan-serangan ini. Semen tipe V ini mengandung kurang dari 5% C3A dan sejumlah terbatas C4AF dan Mg. Kadar C3S dibatasi sampai dengan 50% oleh karena C3S melepaskan sejumlah banyak  $Ca(OH)_2$  selama berlangsungnya hidrasi, sehingga akan mengurangi ketahanan semen terhadap serangan kimia.

Untuk keperluan campuran pembuatan beton, semen harus memenuhi syarat-syarat sesuai dengan standar **Normalisasi Indonesia (NI)-8** sebagai berikut:

1. waktu pengikatan awal untuk segala jenis semen tidak boleh kurang dari 1jam (60 menit).
2. Pengikatan awal semen normal 60 – 120 menit.
3. Air yang digunakan memenuhi syarat air minum, yaitu bersih dari zat organis yang dapat mempengaruhi proses pengikatan awal.
4. Suhu ruangan  $23^{\circ} C$ .

Sifat-sifat fisika semen meliputi kehalusan butir, pengikatan semu, panas hidrasi, dan hilang pijar. Berikut ini adalah penjelasannya :



### **1. Kehalusan Butir**

Kehalusan butir semen mempengaruhi proses hidrasi. Waktu pengikatan akan semakin lama jika butir semen lebih kasar. Semakin halus butiran semen akan semakin cepat proses hidrasinya, sehingga kekuatan awal tinggi dan kekuatan akhir akan berkurang. Kehalusan butir semen yang tinggi dapat mengurangi terjadinya bleeding atau naiknya air kepermukaan, tetapi menambah kecendrungan beton untuk menyusut lebih banyak dan mempermudah terjadinya retak susut. Menurut **ASTM**, butir semen yang lolos ayakan no.200 harus lebih dari 78%. Untuk mengukur kehalusan butir semen digunakan "Turbidimeter" dari wagner atau "air permeability" dari blaine

### **2. Kepadatan (density)**

Berat jenis semen yang disyaratkan oleh **ASTM** adalah 3.15 Mg/m<sup>3</sup>. Pada kenyataannya, berat jenis yang diproduksi berkisar antara 3.05 Mg/m<sup>3</sup> – 3.25 Mg/m<sup>3</sup>. Variasi ini akan berpengaruh terhadap proporsi campuran semen dalam campuran. Pengujian berat jenis dapat dilakukan menggunakan Le Cleatelier Flask menurut standar **ASTM C-188**.

### **3. Waktu Pengikatan**

Waktu ikat adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, dihitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan. Waktu ikat semen dibedakan menjadi dua : 1) waktu ikat awal yaitu waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta

semen hingga hilangnya sifat keplastisan, 2) waktu ikatan akhir yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras. Pada semen Portland waktu ikat awal bekisar 1 - 2 jam, tetapi tidak boleh kurang dari 1 jam, sedangkan pada waktu ikat akhir tidak boleh lebih dari 8 jam.

#### **4. Panas Hidrasi**

Panas hidrasi adalah panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air, dinyatakan dalam kalori/gram. Jumlah panas yang dibentuk bergantung pada jenis semen yang di pakai dan kehalusan butiran semen. Dalam pelaksanaan, perkembangan panas ini dapat mengakibatkan masalah yakni timbulnya retakan pada saat pendinginan. Panas hidrasi naik sesuai dengan nilai temperatur pada saat hidrasi terjadi. Untuk semen biasa, panas hidrasi bervariasi mulai dari 37 kalori/gram pada temperatur sekitar 5 0C hingga 80 kalori/gram pada temperatur 40 0C. semua jenis semen pada umumnya sudah membebaskan sekitar 50% panas totalnya pada datu hingga tiga hari pertama 70% pada hari ketujuh, serta 83-91% setelah 6 bulan.

#### **5. Perubahan Volume (kekalan)**

Kekalan pasta semen yang telah mengeras merupakan suatu ukuran yang menyatakan kemampuan pengembangan bahan-bahan campurannya dan kemampuan mempertahankan volume setelah pengikatan terjadi.

## 6. Kekuatan Tekan

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kekuatan tekan beton dinotasikan sebagai berikut (PB,1089:16)

$f'c$  = kekuatan tekan beton yang disyaratkan (Mpa).

$f'ck$  = kekuatan tekan beton yang didapatkan dari hasil uji kubus 150 mm atau dari silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm (Mpa).

$f'c$  = kekuatan tarik dari hasil uji belah silinder beton (Mpa).

$f'cr$  = kekuatan tekan beton rata-rata yang dibutuhkan, sebagai dasar pemilihan perancangan campuran beton (Mpa).

$S$  = deviasi standar (s) (Mpa).

Beton harus dirancang proporsi campurannya agar menghasilkan suatu kuat tekan rata-rata yang disyaratkan. Pada tahap pelaksanaan konstruksi, beton yang telah dirancang campurannya harus diproduksi sedemikian rupa sehingga memperkecil frekuensi terjadinya beton dengan kuat tekan yang lebih rendah dari  $f'c$  seperti yang telah disyaratkan. Kriteria penerimaan beton tersebut harus pula sesuai dengan standar yang berlaku. Menurut Standar Nasional Indonesia, kuat tekan harus memenuhi  $f'c + 7,0 s$  untuk rata-rata empat buah benda uji yang berpasangan. Jika tidak memenuhi, maka diuji mengikuti ketentuan selanjutnya.

Kekuatan semen diuji dengan cara membuat mortar yang kemudian ditekan sampai hancur. Contoh semen yang akan diuji dicampur dengan pasir silika dengan perbandingan tertentu, kemudian dibentuk menjadi silinder 15 x 30 cm.

Setelah berumur 7 hari, 21 hari, 28 hari dan mengalami perawatan dengan perendaman, kemudian benda uji tersebut diuji kekuatan tekannya.

## 2.4 Air

Air merupakan bahan yang diperlukan untuk proses reaksi kimia, dengan semen untuk pembentukan pasta semen. Air juga digunakan untuk pelumas antara butiran dalam agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air dalam campuran beton menyebabkan terjadinya proses hidrasi dengan semen. Jumlah air yang berlebihan akan menurunkan kekuatan beton. Namun air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi yang tidak merata. Pada umumnya air yang dapat diminum digunakan sebagai campuran beton. Ciri-ciri air yang baik untuk campuran beton adalah tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa.

Jenis-jenis air untuk campuran beton :

1. Air hujan, air hujan menyerap gas dan udara pada saat jatuh ke bumi. Biasanya air hujan mengandung unsur oksigen, nitrogen dan karbondioksida.
2. Air permukaan, terdiri dari air sungai, air danau, air genangan, dan air reservoir. Air sungai atau danau dapat digunakan sebagai air pencampuran beton asal tidak tercemar limbah industri. Sedangkan air rawa atau genangan yang mengandung zat-zat alkali tidak dapat digunakan.
3. Air tanah, biasanya mengandung unsur kation dan anion. Selain itu juga kadang-kadang terdapat unsur CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan NH<sub>3</sub>.
4. Air laut, air laut mengandung 30.000 – 36.000mg/liter gram (3 %-3,6 %) dapat digunakan sebagai air campuran beton tidak bertulang. Air laut yang

mengandung garam diatas 3% tidak boleh digunakan untuk campuran beton. Untuk beton pra tekan, air laut tidak diperbolehkan karena akan mempercepat korosi pada tulangnya.

Air yang dipergunakan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur dan benda melayang lainnya yang lebih dari 2 gram / liter.
2. Tidak mengandung garam atau asam yang dapat merusak beton, zat organik dan sebagainya lebih dari 15 gram / liter.
3. Tidak mengandung klorida (Cl) yang lebih dari 1 gram / liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram / liter.

Air yang diperlukan untuk campuran beton dipengaruhi oleh :

- a. Ukuran agregat maksimum, diameter membesar maka kebutuhan air menurun, begitu juga jumlah mortar yang digunakan lebih sedikit.
- b. Bentuk butir, bentuk butir yang bulat akan menyebabkan kebutuhan air menurun misalkan untuk batu pecah perlu lebih banyak air.
- c. Gradasi agregat, gradasi yang baik akan menyebabkan kebutuhan air menurun untuk kelecakan yang sama.
- d. Kototan dalam agregat, makin banyak silt, tanah liat dan lumpur maka akan meningkatkan kebutuhan air meningkat.
- e. Jumlah agregat halus (dibandingkan agregat kasar) jika agregat halus lebih sedikit, maka kebutuhan air akan menurun.

## 2.5 Limbah Beton

Limbah beton merupakan hasil dari pembongkaraan konstruksi bangunan dan material yang sudah bukanlah murni agregat alam, melainkan terdapat bahan-bahan lain berupa semen dan air yang menyatu jadi pasta. Pemakaian limbah padat sebagai pengganti agregat kasar terhadap pembuatan beton di harapkan mampu mengurangi penggunaan material alam. Limbah padat tersebut berupa bongkaran beton dari konstruksi bangunan. Oleh karna itu dalam penelitian ini limbah beton akan dicoba sebagai material bahan pengisi campuran beton dan untuk melihat apakah dapat memberikan dampak positif terhadap kuat tekan beton.

Sebagai mana diperoleh dari penelitian sebelumnya (**Dhir, 1998 dan Hansen, 1992**). Pada penelitian yang dilakukan diperoleh hasil :

1. Gradasi

Bentuk dan tekstur serta diameter butiran agregat daur ulang sama dengan agregat alam. Hal ini dikarenakan ukuran butiran dapat diatur pada alat pemecahnya dan saringannya.

2. Kandungan Mortar dan Pasta Semen

Kandungan mortar dan pasta semen yang mengeras, yang ada pada agregat daur ulang berkisar antara 20 – 35 % untuk agregat kasar dan untuk agregat halus kurang lebih 45 – 60%. Kandungan mortar dan pasta semen tersebut mengakibatkan kekerasannya menurun dan adanya pasta semen yang mengeras disekeliling agregat kasar juga mengakibatkan permukaannya lebih

licin sehingga bisang temu pada material beton agregat daur ulang menjadi lebih banyak. Hal ini menunjukkan sifat yang berbeda dengan agregat alam dan akan berpengaruh terhadap kekuatan tekan beton yang dibentuknya.

### 3. Berat Jenis

Berat jenis agregat daur ulang lebih rendah dari agregat alam, yaitu 2100 – 2500 kg/m<sup>3</sup> untuk agregat daur ulang (**Hansen, 1992**) sedangkan agregat alam mempunyai berat jenis 2400 – 3000 kg/m<sup>3</sup> (**Nevile, 1996**).

### 4. Penyeran Air

Penyerapan air atau absorpsi yang terjadi pada agregat daur ulang sebesar 3 – 10 % (**Hansen, 1992**) sedangkan absorpsi agregat alam sebesar 0.2% - 4.5% (**Nevile, 1996**).