

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Perkembangan dunia konstruksi di Indonesia saat ini sangat berdampak pada bertambahnya penggunaan beton sebagai material dalam perkuatan struktur. Selain itu teknologi pada beton juga selalu mengalami perkembangan yang lebih dinamis.

Pengertian beton sendiri adalah merupakan campuran yang homogen antara semen, air dan agregat. Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunannya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*Portland Cement*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (*admixture atau additive*). Sampai saat ini beton masih menjadi pilihan utama dalam pembuatan struktur. Selain karena kemudahan dalam mendapatkan material penyusunannya, hal itu juga dapat disebabkan oleh penggunaan tenaga yang cukup besar sehingga dapat mengurangi masalah penyediaan lapangan kerja. Hal yang menjadi pertimbangan pada proses produksinya berupa kekuatan tekan yang tinggi dan kemudahan pengerjaannya, serta kelangsungan proses pengadaan beton (Tri Mulyono, 2003).

Menurut SNI-03-2847-2002, pengertian beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk padat. Beton disusun dari agregat kasar atau agregat halus. Agregat halus yang digunakan biasanya adalah pasir alam yang dihasilkan oleh industri pasir, sedangkan agregat kasar yang dipakai biasanya berupa batu alam maupun batuan yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

Pengaplikasian material beton untuk konstruksi bangunan telah banyak dilakukan. Beton yang dihasilkan tersebut harus memenuhi syarat kekuatan sesuai yang ditentukan dalam perencanaan. Sifat-sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang dibuat. Kinerja beton

ini harus disesuaikan dengan kategori bangunan yang dibuat, yang harus memenuhi kriteria konstruksi, kekuatan tekan dan keawetan atau durabilitas.

Menurut Mulyono (2006) secara umum beton dibedakan kedalam 2 kelompok, yaitu :

a. Beton berdasarkan kelas dan mutu beton

Kelas dan mutu beton ini, dibedakan menjadi 3 kelas yaitu :

1. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahanbahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak diisyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan Bo.
2. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K 175, dan K 225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahanbahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak diisyaratkan. Pada mutu-mutu K 125 dan K 175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji.
3. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K 225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap serta dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

Adapun pembagian kelas beton, dapat dilihat dalam tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Kelas dan mutu beton

Kelas	Mutu	σ'_{bk} (kg/cm ²)	σ'_{bk} (kg/cm ²)	Tujuan	Pengawasan terhadap mutu kekuatan agregat tekan	
					Ringan	Tanpa
I	Bo	-	-	Non Struktural	Ringan	Tanpa
II	B1	-	-	Struktural	Sedang	Tanpa
	K 125	125	200	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 175	175	250	Struktural	Ketat	Kontinu
	K 225	225	200	Struktural	Ketat	Kontinu
III	K>225	>225	>300	Struktural	Ketat	Kontinu

(Sumber: Mulyono. T, 2003)

b. Berdasarkan jenisnya

Menurut Mulyono berdasarkan jenisnya beton dibagi menjadi 6 jenis, yaitu:

1. Beton ringan

Beton ringan merupakan beton yang dibuat dengan bobot yang lebih ringan dibandingkan dengan bobot beton normal. Agregat yang digunakan untuk memproduksi beton ringan pun merupakan agregat ringan juga. Agregat yang digunakan umumnya merupakan hasil dari pembakaran *shale*, lempung, *slates*, *residu slag*, residu batu bara dan banyak lagi hasil pembakaran vulkanik. Berat jenis agregat ringan sekitar 1900 kg/m³ atau berdasarkan kepentingan penggunaan strukturnya berkisar antara 1440 – 1850 kg/m³, dengan kekuatan tekan umur 28 hari lebih besar dari 17,2 Mpa menurut SNI 08-1991-03.

2. Beton normal

Beton normal adalah beton yang menggunakan agregat pasir sebagai agregat halus dan batu pecah sebagai agregat kasar sehingga mempunyai berat jenis beton antara 2200 kg/m³ – 2400 kg/m³ dengan kuat tekan sekitar 15 – 14 Mpa.

3. Beton berat

Beton berat adalah beton yang dihasilkan dari agregat yang memiliki berat isi lebih besar dari beton normal atau lebih dari 2400 kg/m³. Untuk menghasilkan beton berat digunakan agregat yang mempunyai berat jenis yang tinggi.

4. Beton massa (*Mass Concrete*)

Dinamakan beton massakarena digunakan untuk pekerjaan beton yang besar dan masif, misalnya untuk bendungan, kanal, pondasi, dan jembatan.

5. *Ferro-Cement*

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

6. Beton Serat (*Fibre Concrete*)

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

c. Jenis-jenis beton berdasarkan berat satuan (SNI 03-2847-2002)

1. Beton ringan : Berat satuan ≤ 1900 kg/m³
2. Beton normal : Berat satuan 2200 kg/m³ - 2500 kg/m³
3. Beton berat : Berat satuan ≥ 2500 kg/m³

SNI tidak menggolongkan beton serat, namun pada umumnya beton dengan berat satuan diatas 2500 kg/m³ dikategorikan beton berat, walaupun ada yang menerapkan nilai 3200 kg/m³ sebagai batas bawah beton berat. Beton yang berat satuannya berada diantara kategori diatas pada umumnya tidak efektif perbandingan berat sendiri dan kekuatannya, walaupun tidak ada larangan untuk membuat beton dengan berat satuan diantara 1900 kg/m³ - 2200 kg/m³.

Tabel 2.2 Mutu beton dan penggunaan

Jenis Beton	f_c' (Mpa)	σ_{bk}' (kg/cm ²)	Uraian
Mutu Tinggi	35 – 65	K400 - K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	20 -<35	K250 - K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu Rendah	15 -<20	K175 -<K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang di isi adukan, pasangan batu.
	10 -<15	K125 -<K175	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

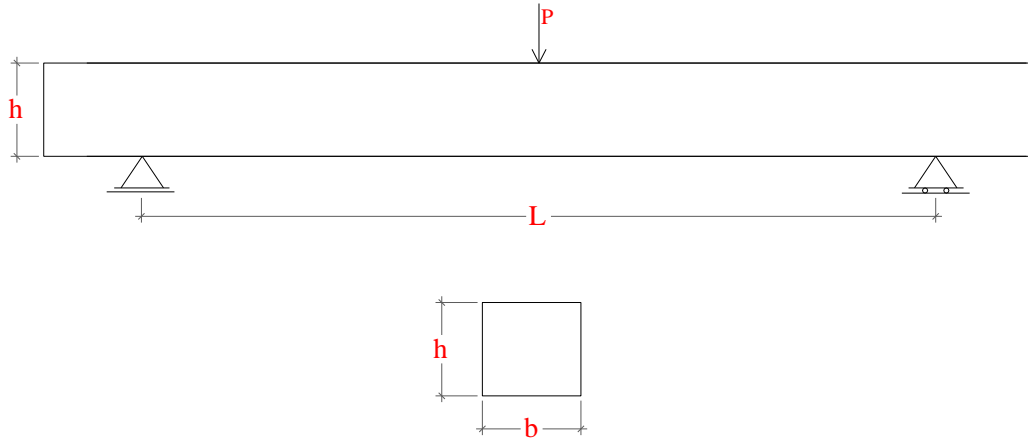
(Berdasarkan departemen PU puslitbang prasarana transportasi, Divisi 7 – 2005)

2.2 Kuat Lentur

Kuat lentur adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur yang dibagi dengan momen penahan penampang balok uji. Kuat lentur merupakan kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas.

Balok uji beton berpenampang persegi atau bujur sangkar dengan panjang total balok empat kali lebar penampangnya. Beban maksimum yang menyebabkan keruntuhan balok uji didapatkan dengan menggunakan beban terpusat tunggal (SNI 03-4154-1996) Kuat lentur dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$f_{lt} = \frac{3 P.L}{2bh^2} \dots\dots\dots (2.1)$$



Gambar 2.1 Perletakan pengujian Kuat lentur balok

Keterangan :

f_{lt} = Kuat lentur, dalam Mpa.

P = Beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji, dalam Newton.

L = Panjang bentang di antara kedua blok tumpuan, dalam mm.

b = Lebar balok rata-rata pada penampang runtuh, dalam mm.

h = Tinggibalok rata-rata pada penampang runtuh, dalam mm.

Karena sifat beton tidak kuat terhadap tarik, maka pada gambar 2.1 tampak bahwa bagian balok yang menahan tarik (di bawah garis netral) akan ditahan oleh tulangan, sedangkan bagian yang menahan tekan (diatas garis netral) tetap ditahan oleh beton.

2.3 Slump dan Faktor Air Semen (FAS)

Pada setiap pengerjaan beton ada hal-hal yang harus diperhatikan salah satunya adalah kelecakan beton segar, kelecakan beton biasanya diperiksa dengan menggunakan uji *slump* untuk dapat memperoleh nilai slump yang kemudian akan dipakai sebagai tolak ukur kelecakan beton segar untuk kemudahannya dalam

mengerjakan. Adapun faktor-faktor penyebab yang mempengaruhi kelecakan beton antara lain (Tjokrodinuljo, 2007) sebagai berikut ini :

1. Jumlah air yang dipakai dalam adukan beton.
2. Jumlah semen dalam campuran adukan.
3. Gradasi agregat.
4. Besar butir maksimum agregat.

Slump pada beton sangat berhubungan dengan faktor air semen (fas) yang ada pada beton. Faktor air semen (fas) sendiri adalah perbandingan antara air dan juga semen yang digunakan pada campuran beton segar, semakin tinggi nilai faktor air semen (fas) pada sebuah beton biasanya akan semakin tinggi pula nilai slump yang didapatkan yang berarti jika nilai *slump* tinggi maka kuat tekan pun akan semakin kecil.

2.4 Penyusutan

Proses susut secara umum didefinisikan sebagai perubahan volume yang tidak berhubungan dengan beban. Adapun proses susut pada beton yaitu:

- a. Penyusutan awal, akibat kehilangan air pada proses penguapan dan perembesan melalui acuan.
- b. Penyusutan akibat suhu ketika beton mulai dingin. Penyusutan ini masih dapat diatasi dengan perawatan yang baik. Terjadinya penyusutan akan berakibat retak-retak plastis pada beton.
 1. Retak yang lebih luas dari 0,15 mm tidak akan menimbulkan masuknya air pada tulangan (dapat diabaikan).
 2. Retak-retak sebesar (0,15 – 0,5 mm) perlu diatasi dengan menutup retakan tersebut (dengan emulsi latex dan lain-lain).

2.5 Keawetan

Keawetan beton merupakan lamanya waktu pada material untuk dapat melanjutkan pemakaiannya seperti yang telah direncanakan. Walaupun terjadi serangan dari luar baik fisik, mekanik dan kimia. Adapun pengaruh-pengaruh luar yang dapat merusak beton adalah pengaruh cuaca (hujan sinar matahari) silih berganti dan daya perusak kimiawi, misalnya air limbah/buangan, air laut, lemak gula dan sebagainya. Untuk mengatasi hal tersebut yaitu :

- Permukaan beton harus mulus misalnya (*Exposed concrete*).
- Tidak porous (rongga) dalam artian pemadatan harus baik.
- Menambah bahan tambahan tertentu untuk keperluan khusus.

2.6 Komposisi Beton

2.6.1 Semen Portland

Bahan pengikat hidrolis yang paling utama adalah semen *Portland*. Disebut pengikat hidrolis karena semen *Portland* akan mengikat (sifat adhesi dan kohesi) apabila diberi air dan kemudian terjadi reaksi kimia (proses hidrasi) yang bermula dari pasta semen yang plastis kemudian menjadi kaku dan keras. Semen portland hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling halus klinker (mineral pembentuk semen), yang terutama dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis yaitu CaO (“kapur hidup), SiO_2 (pasir besi/silika), Al_2O_3 (alumina), Fe_2O_3 , dan *gypsum/gips* sebagai bahan pembantu dan mengatur pengikatan. Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen Portland terbagi dalam 5 jenis yaitu :

1. Tipe I, yaitu untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya. Hanya tipe ini yang harus dipakai jika ingin ditambah *additive dan admixture*.
2. Tipe II, yaitu untuk konstruksi secara umum terutama sekali bila disyaratkan agak tahan terhadap Sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
3. Tipe III, yaitu untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Tipe IV, yaitu untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Tipe V, yaitu untuk konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap Sulfat. Kekuatan semen merupakan hasil dari proses hidrasi. Proses kimiawi ini berupa rekristalisasi dalam bentuk *interlocking-crystals* sehingga membentuk gel semen yang akan mempunyai kekuatan tekan tinggi apabila mengeras.

2.6.2 Agregat Halus

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat pemecah batu. Agregat ini berukuran 0,063 mm – 4,76 mm yang meliputi pasir kasar (*Coarse Sand*) dan pasir halus (*Fine Sand*). Untuk beton penahan radiasi, serbuk baja halus dan serbuk besi pecah digunakan sebagai agregat halus. Menurut PBI, agregat halus memenuhi syarat:

1. Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran tajam, keras, dan bersifat kekal artinya tidak hancur oleh pengaruh cuaca dan temperatur, seperti terik matahari hujan, dan lain-lain.
2. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % berat kering, apabila kadar lumpur lebih besar dari 5%, maka agregat halus harus dicuci bila ingin dipakai untuk campuran beton atau bisa juga digunakan langsung tetapi kekuatan beton berkurang 5 %.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik (zat hidup) terlalu banyak dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dari ABRAMS-HARDER dengan larutan NaOH 3%.
4. Angka kehalusan (*Fineness Modulus*) untuk *Fine Sand* antara 2,2 – 3,2. 5. Angka kehalusan (*Fineness Modulus*) untuk *Coarse Sand* antara 3,2 – 4,5.

Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beranekaragam besarnya. Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan tersebut juga dapat dipakai, asal saja kekuatan tekan adukan agregat pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama, tetapi dicuci terlebih dahulu dalam larutan NaOH 3% yang kemudian dicuci bersih dengan air pada umur yang sama. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang beranekaragam dan apabila diayak dengan ayakan susunan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Sisa diatas ayakan 4 mm minimum beratnya 2%.
2. Sisa diatas ayakan 1mm minimum beratnya 10%.
3. Sisa diatas ayakan 0,025 beratnya berkisar antara 80% sampai 95%.

2.6.3 Agregat Kasar

Agregat kasar (*Coarse Aggregate*) biasa juga disebut kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu, dengan butirannya berukuran antara 4,76 mm – 150 mm.. Ketentuan agregat kasar antara lain:

1. Agregat kasar harus terdiri dari butiran yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang butirannya pipih hanya dapat dipakai jika jumlah butir-butir pipihnya tidak melampaui 20% berat agregat seluruhnya.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dalam berat keringnya. Bila melampaui harus dicuci.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak beton, seperti zat yang relatif alkali.
4. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil alam dari batu pecah.
5. Agregat kasar harus lewat tes kekerasan dengan bejana penguji Rudeloff dengan beban uji 20 ton.
6. Kadar bagian yang lemah jika diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%.
7. Angka kehalusan (Fineness Modulus) untuk Coarse Aggregate antara 6 – 7,5.

Jenis agregat kasar yang umum adalah:

- a. Batu pecah alami: Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali.
- b. Kerikil alami: Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
- c. Agregat kasar buatan: Terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.
- d. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat: Agregat kasar yang diklasifikasi disini misalnya baja pecah, barit, magnetit dan limonit.

2.6.4 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan sekitar 25% berat semen saja. Namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini digunakan sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air sebagai pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena dapat mengurangi kekuatan beton serta akan didapatkan beton yang porous. Selain itu kelebihan air pada beton akan bercampur dengan semen dan bersama-sama muncul ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (bleeding) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang disebut dengan laitance (selaput tipis). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapislapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah. Apabila ada kebocoran cetakan, air bersama-sama semen juga dapat ke luar, sehingga terjadilah sarang-sarang kecil (Tjokrodimuljo, 1996).

Persyaratan air yang digunakan dalam campuran beton adalah sebagai berikut :

- a. Air tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter.
- b. Air tidak boleh mengandung garam-garaman lebih dari 15 gram/liter.
- c. Air tidak boleh mengandung Chlorida (Cl) lebih dari 0,5gram/liter.
- d. Air tidak boleh mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

2.6.5 Hollow Baja Ringan

Hollow Baja Ringan adalah salah satu jenis yang memiliki bentuk berongga sehingga memiliki banyak kesesuaian jika digunakan untuk beberapa jenis konstruksi. Lebih tepatnya bentuk dari besi ini adalah seperti penampang pipa panjang yang memiliki rongga berbentuk segi empat, maka tak jarang jika banyak orang menyebut besi ini dengan nama pipa kotak.

2.6.6 Pipa PVC

Pipa PVC (*PolyVinyl Chloride*) adalah polier termoplastik yang menduduki urutan ketiga dalam hal jumlah pemakaian dunia, setelah polietilena dan polipropilena. Pipa PVC sendiri umumnya bergua sebagai saluran air dalam suatu proyek perumahan atau gedung atau jalan dll. Pipa PVC ini memiliki sifat yang keras, ringan, dan kuat. Karena penginstalannya mudah, maka sangatlah ideal jika kita gunakan untuk saluran bawah zink dapur, kamar mandi, dll. Bahkan penggunaan pipa PVC ini dapat bekerja lebih baik daripada menggunakan pipa besi yang perlu solder, juga tahanterhadap hampir semua alkalin atau zat beracun serta mudah untuk pemasangan.

2.7 Umur Beton

Kuat tekan beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksud umur disini adalah dihitung sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu akan semakin lambat dan laju kenaikan itu akan menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari. Sebagai standar kuat tekan beton (jika tidak disebutkan umur secara khusus) adalah kuat tekan beton pada umur 28 hari. Laju kenaikan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis semen portland, suhu keliling beton, faktor air-semen dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton. Tjokrodimuljo (2007).

2.8 Perawatan

Tujun dari perawatan beton sendiri untuk mencegah adanya keretakan yang mungkin terjadi dimasa depan. Beton juga perlu dirawat untuk menjaga perbedaan suhu beton dengan sekitarnya yang terlalu besar. Perawatan beton juga diperlukan untuk stabilitas dan mencegah kehilangan air pada hari pertama. Perawatan beton bisa berlangsung hingga 2 minggu untuk melihat kondisi kelembapan pada beton. Hal ini sangatlah penting untuk proses hidrasi semen diawal-awal pemakaiannya. Tingkat kelembapan beton yang baik ialah diatas 80% untuk mencegah terjadinya keretakan. Perawatan beton baik dilakukan selama 2 minggu lamanya.

Perawatan ini tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton; kekedapan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur (Mulyono, 2005).

2.9 Prosedur Pengujian di Laboratorium

2.9.1 Pengujian Analisa Saringan dan Berat Jenis Penyerapan Agregat

Dalam pengujian ini ada beberapa prosedur kerja yang harus diikuti sesuai dengan langkah-langkah kerja dengan acuan yang dipakai, sehingga pengujian yang dilakukan akan menghasilkan nilai yang sebenarnya. Adapun pengujian ini meliputi sebagai berikut:

a. Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Modulus halus butir (MHB) ialah suatu indeks yang dipakai untuk ukuran kehalusan atau kekerasan butir-butir agregat. Maka semakin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa makin besar ukuran butir-butir agregatnya.

Analisa saringan agregat berguna untuk menentukan suatu persentase berat dari butiran agregat yang lolos dari saringan. Adapun pengujian ini dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{MHB} = \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Agregat Tertinggal 100}}{100} \dots\dots\dots(2.3)$$

b. Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan kerikil atau batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir 5 mm – 20 mm. Agregat kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal diatas ayakan 4,8 mm (SII.0052, 1980) atau 4,75 mm (ASTM C33, 1995) atau 5 mm (BS.812, 1976). Umumnya agregat kasar memiliki MHB sekitar 5,0 – 8,0.

Adapun pengujian ini dilakukan dengan menggunakan rumus pada persamaan sebagai berikut:

$$\text{MHB} = \frac{\text{Jumlah \% Kumulatif Agregat Tertinggal 100}}{100} \dots\dots\dots(2.4)$$

c. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Berat jenis adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama dan pada suhu yang sama pula. Sedangkan penyerapan adalah kemampuan agregat untuk menyerap air dalam kondisi kering sampai dengan kondisi jenuh permukaan kering (SSD = Saturated Surface Dry).

Penyerapan air adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering. Standar laboratorium untuk penyerapan akan diperoleh setelah merendam agregat yang kering kedalam air selama (24 ± 4) jam.

Pengujian berat jenis penyerapan agregat halus Pengujian agregat halus dilakukan untuk mengetahui berat jenis penyerapan agregat halus yang digunakan untuk menentukan nilai volume yang diisi oleh agregat. Pengujian ini dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$1. \text{ Berat jenis kering (Bulk dry specific gravity)} \\ = \frac{B2}{(B3+500) - B1} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$2. \text{ Berat jenis jenuh kering permukaan/SSD (Bulk SSD specific gravity)} \\ = \frac{500}{(B3+500) - B1} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$3. \text{ Penyerapan} \\ = \frac{500 - B2}{B2} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

B1 = Berat piknometer + Air + Benda Uji

B2 = Berat uji kering oven

B3 = Berat piknometer + Air

d. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar dilakukan untuk mengetahui berat jenis penyerapan agregat kasar yang digunakan untuk menentukan nilai volume yang diisi oleh agregat. Pengujian ini dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$1. \text{ Berat jenis kering (Bulk dry specific gravity)} \\ = \frac{Bk}{(W2+Bj) - W1} \dots\dots\dots(2.8)$$

2. Berat jenis jenuh kering permukaan/SSD (Bulk SSD specific gravity)

$$= \frac{B_k}{(W_2 + B_j) - W_1} - W_1 \dots\dots\dots(2.9)$$

3. Penyerapan

$$= \frac{B_j - b_k}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

B_k = Berat benda uji kering oven

B_j = Berat benda uji dalam keadaan SSD

W₁ = Berat piknometer + Air + Benda Uji

W₂ = Berat piknometer + Air

2.9.2 Pengujian Bobot Isi Agregat

Pengujian ini berguna untuk menghitung berat isi dalam kondisi padat atau gembur dan rongga udara dalam agregat. Ukuran butir agregat kasar adalah 5mm – 40mm, agregat halus terbesar 5mm. pengujian dalam kondisi padat dilakukan dengan cara ditusuk sedangkan dalam kondisi gembur dengan cara memasukan agregat sampai penuh lalu diratakan. Bobot isi kering udara agregat dihitung dalam kondisi kering oven dan kering permukaan. Pada kondisi padat dan gembur memiliki berat isi yang berbeda karena pada berat isi gembur masih terdapat rongga-rongga udara, berbeda dengan bobot isi padat yang dipadatkan dengan cara ditusuk sehingga berat isi padat lebih berat daripada berat isi gembur karena berat isi padat tidak memiliki rongga udara. Berat isi pada agregat sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti berat jenis, gradasi agregat, bentuk agregat, diameter maksimum agregat. Dalam SII No.52-1980, berat isi untuk agregat beton diisyaratkan harus lebih dari 1,2 - 1,5 gr/cm². Adapun dalam pengujian ini digunakan rumus :

1. Bobot isi gembur

$$= \frac{\text{Berat Silinder + Agregat Gembur}}{\text{Volume Silinder}} \dots\dots\dots(2.11)$$

2. Bobot isi padat

$$= \frac{\text{Berat Silinder + Agregat Padat}}{\text{Volume Silinder}} \dots\dots\dots(2.12)$$

2.9.3 Kadar Air Agregat Halus dan Kasar

Kadar air agregat adalah perbandingan berat air yang terkandung didalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering. Kadar air tiap agregat bergantung pada tempat agregat tersebut berada.

Kadar air agregat dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu:

- 1) Kadar air kering tungku, yaitu keadaan yang benar-benar tidak berair
- 2) Kadar air kering udara, yaitu punya kondisi agregat yang permukaannya kering tetapi mengandung sedikit air dalam porinya dan masih menyerap air
- 3) Jenuh kering permukaan, yaitu dimana tidak ada air dipermukaan agregat, tetapi masih dapat menyerap air. Dalam kondisi ini air dalam agregat tidak akan menambah atau mengurangi air pada campuran beton
- 4) Kondisi basah, yaitu dimana butir-butir agregat banyak mengandung air sehingga akan menyebabkan penambahan pada kadar air campuran beton.

Adapun pengujian ini dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_1 - W_2}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

W_1 = Berat agregat

W_2 = Berat kering oven

2.9.4 Kadar Lumpur Agregat Halus dan Kasar

Kadar lumpur merupakan banyaknya lumpur yang terkandung didalam agregat. Lumpur yang terkandung didalam agregat dapat mempengaruhi mutu beton tersebut. Lumpur yang terkandung tidak boleh terlalu banyak, ada

kecenderungan meningkatnya pemakaian air dalam campuran beton jika ada bahan-bahan itu tidak dapat menyatu dengan semen sehingga menghalangi penggabungan antara semen dan agregat serta mengurangi kekuatan beton.

Adapun pengujian ini dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{W_2 - W_3}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

W_2 = Berat kering oven

W_3 = Berat agregat setelah dicuci

2.9.5 Pengujian Kekerasan Agregat Kasar

Beton yang dibuat harus menggunakan bahan agregat normal tanpa bahan tambahan. Dengan ketentuan demikian perlu dilakukan terlebih dahulu percobaan kekerasan agregat kasar untuk mengetahui agregat tersebut bisa atau tidaknya digunakan untuk membuat beton dengan berat isi 2200 – 2500 kg/m³ (beton normal). Untuk memeriksa agregat kasar, kerikil alam dan batu pecah. Dilakukan sama seperti pengujian pada pasir ditambah dengan pemeriksaan kekerasan dan ketahanan aus. Pengujian kekerasan agregat ini dihitung menggunakan rumus : benda uji yang lolos lubang saringan/ayakan 2,36.

$$= \frac{A+B}{B} \times 100\% \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

A = berat benda uji semula

B = berat agregat tertahan saringan 2,36 mm

2.9.6 Konsistensi Semen

Konsistensi normal semen adalah suatu kondisi pasta semen dalam keadaan standar basah yang airnya merata dari ujung satu hingga ujung lainnya. Konsistensi normal semen berguna untuk menentukan waktu mulainya peningkatan semen dengan air. Metode pengujian konsistensi normal sesuai

dengan standar ASTM C 187 dengan menggunakan metode coba-coba menggunakan sejumlah pasta semen yang dibuat dari 500 gram semen dengan persentase air yang berbeda.

Konsistensi normal pasta semen didapatkan ketika jarum alat vicat berdiameter 10 mm dengan penurunan 10 ± 1 mm. Air pada konsistensi normal berkisar 22% dan 28%.

2.9.7 Waktu Ikat Semen

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Waktu pengikatan semen merupakan waktu yang dibutuhkan semen untuk mengeras.

Waktu ikat semen terbagi atas 2 yaitu waktu waktu ikat awal dan waktu ikat akhir. Pengujian waktu ikat dapat dilakukan apabila nilai konsistensi normal semen tercapai. Syarat nilai konsistensi normal yaitu apabila jarum penetrasi mencapai angka 10 ± 1 mm sedangkan waktu ikat awal 25 ± 1 mm.

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung dari mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan standar pengujian waktu ikat semen adalah SNI 15-2049-2004.

2.9.8 Berat Jenis Semen

Semen portland merupakan salah satu bahan hidrolis yang dibuat dari campuran bahan yang mengandung oksida utamanya: kalsium, silika, alumina, dan besi. Umumnya semen portland dibuat dalam suatu industri berteknologi modern dengan pengaturan komposisi yang akurat, sehingga terjamin mutunya. Namun demikian perbedaan pengaturan komposisi yang akurat, sehingga terjamin mutunya. Salah satu pengujian yang dapat mengindikasikan kepada hal tersebut adalah dengan pengujian berat jenisnya. Berat jenis semen portland komposit pada umumnya bernilai 3,0 – 3,2.

$$\text{Berat jenis semen} = \frac{\text{Berat Semen}}{(V^2 - V^1)d} \dots\dots\dots(2.16)$$