

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Beton merupakan suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat kasar, agregat halus, dengan atau tanpa bahan tambahan. Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang sering digunakan di bidang Teknik Sipil seperti pada bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain-lain.

Secara umum, pertumbuhan atau perkembangan industri konstruksi di Indonesia cukup pesat. Hampir 60% material yang digunakan dalam pekerjaan konstruksi adalah beton (*concrete*), yang pada umumnya dipadukan dengan baja (*composite*) atau jenis lainnya. Pada konstruksi jalan raya khususnya untuk perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) telah banyak aplikasi beton yang digunakan orang, yang saat ini di kenal dengan nama beton RCC (*Roller Compacted Concrete*). Beton RCC ini memiliki kekentalan yang cukup untuk dihamparkan menggunakan alat penghampar aspal (*asphalt finisher*) dan dipadatkan dengan roller.

2.2 Kelebihan dan Kekurangan Beton

Adapun kelebihan dari penggunaan beton yaitu:

1. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
2. Mampu memikul beban yang berat
3. Tahan terhadap temperatur yang tinggi
4. Biaya pemeliharaan yang kecil

Adapun kekurangan dari penggunaan beton yaitu:

1. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah
2. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
3. Beban yang berat
4. Daya pantul suara yang besar

5. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu, perlu diberi baja tulangan atau tulangan kasa.

2.3 Sifat Beton Segar

Sifat-sifat beton segar hanya penting sejauh mana mempengaruhi pemilihan peralatan yang dibutuhkan dalam pengerjaan dan pemadatan serta kemungkinan mempengaruhi sifat-sifat beton pada saat mengeras. Ada dua hal yang harus dipenuhi dalam pembuatan beton yaitu pertama sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu lama oleh beton yang mengeras seperti kekuatan, keawetan dan kestabilan volume. Yang kedua Sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu pendek ketika beton dalam kondisi plastis (*workability*) atau kemudahan pengerjaan tanpa adanya *bleeding* dan *segregation*. Akan tetapi sifat ini tidak dapat dirumuskan dengan pasti dan berlaku untuk semua jenis bahan baku, kondisi lingkungan dan cuaca disekitar lokasi pekerjaan. Sebagai contoh, campuran yang mudah dikerjakan untuk pekerjaan lantai belum tentu akan mudah dikerjakan pada cetakan balok dengan penampang sempit serta mempunyai penulangan yang rapat.

Campuran beton direncanakan berdasarkan asumsi adanya hubungan antara sifat-sifat komposisi campuran dan sifat-sifat beton setelah mengeras. Untuk dapat bertahan dengan sifat-sifat ini, maka beton harus dipadatkan secara seragam pada cetakannya. Dengan demikian, pengetahuan tentang sifat beton merupakan hal penting dalam upaya menghasilkan beton yang berkualitas baik setelah mengeras.

Istilah kemudahan pengerjaan masih memberikan pengertian yang umum dan untuk dapat memahami sifat ini lebih jauh. Kemudahan pengerjaan atau *workability* pada pekerjaan beton didefinisikan sebagai kemudahan untuk dikerjakan, dituangkan dan dipadatkan serta dibentuk dalam acuan (Hsley, 1942:224). Kemudahan pengerjaan ini diindikasikan melalui nilai slump. Maka sifat ini dapat dijabarkan kedalam sifat-sifat yang lebih spesifik, yaitu :

- a. Sifat kemampuan untuk dipadatkan (*compactibility*).

- b. Sifat kemampuan untuk dialirkan (*mobility*).
- c. Sifat kemampuan untuk tetap dapat bertahan seragam (*stability*).

Keseluruhan sifat yang dibutuhkan untuk suatu campuran yang baik, dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal.

2.3.1 Sifat kemudahan dipadatkan dan dialirkan

Kedua sifat ini mempunyai kaitan erat antara yang satu dengan yang lainnya dan dapat dikatakan bahwa campuran yang mudah dialirkan akan mudah pula dipadatkan. Ternyata untuk dapat memahami mengenai masalah aliran campuran beton segar, prinsip-prinsip yang terdapat didalam ilmu tentang sifat aliran air atau gas tidak dapat diterapkan pada campuran beton. Ini disebabkan karena ilmu tentang aliran air dan gas didasarkan pada massa yang mempunyai ukuran partikel/molekul atau atom yang seragam.

Salah satu sifat yang dapat menggambarkan kedua sifat tersebut adalah sifat kekentalan campuran, walaupun sifat kekentalan ini tidak identik sepenuhnya dengan sifat-sifat kemudahan untuk dialirkan. Untuk mengukur sifat kemudahan pengerjaan dapat dilakukan dengan metode pengujian *slump test*.

2.3.2 Sifat dapat bertahan seragam

Sifat ini merupakan kebutuhan lain agar beton dapat dihasilkan mencapai kekuatan optimal. Bertahan disini ialah tidak terjadi perubahan terhadap keseragaman campuran akibat terjadinya pemisahan butiran agregat dengan pasta semen selama proses pengangkutan, pengecoran dan pemadatan. Campuran yang tidak stabil dapat ditandai dengan terpisahnya air dengan benda padat serta timbulnya pemisahan agregat kasar dari pastanya.

- a. Pemisahan agregat kasar dari campuran (*segregasi*)

Pemisahan ini terjadi bila adanya kohesi dari adukan beton tidak mampu untuk menahan butiran agregat untuk tetap mengambang. Beton tidak mungkin dipadatkan apabila terjadi pemisahan agregat kasar dari adukannya, dan bila ini terjadi maka kualitas beton ditempat tersebut kurang baik.

Pengaruh segregasi dapat diatasi dengan mengubah susunan gradasi dan kadar semen, dimana dengan cara ini campuran yang dihasilkan masih tetap mempunyai sifat kemudahan untuk dikerjakan.

b. Pemisahan air dari campuran

Dapat terjadi akibat proses pengendapan butiran semen yang mengambang. Proses ini terjadi setelah proses pengecoran dalam bakisting selesai. *Bleeding* dapat diamati dengan terbentuknya lapisan air yang tergenang dipermukaan beton. Pada campuran beton normal dengan kekentalan agak tinggi, proses ini terjadi secara bertahap dengan merembesnya air keseluruh permukaan beton.

c. Penguapan dan susut plastis

Pada daerah yang beriklim tropis, penguapan dapat mengganggu sifat kemudahan pengerjaan campuran beton, karena campuran dengan segera kehilangan keplastisannya sebelum proses pemadatan dapat dilakukan secara sempurna. Penguapan menjadi permasalahan bila tingkat kecepatan penguapan melebihi kecepatan *bleeding*.

2.4 Kepadatan Beton

Untuk mendapatkan mutu beton yang baik yang harus diperhatikan adalah kepadatan beton. Faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan beton antara lain:

a. Gradasi agregat

Gradasi agregat mempengaruhi kepadatan beton serta kuat tekan beton. Agregat kasar yang tidak pecah/kerikil alami biasanya licin dan bulat menghasilkan beton yang mempunyai kuat tekan yang relatif rendah dibandingkan dengan beton yang memakai batu pecah.

b. Proporsi campuran

Yang dimaksud adalah proporsi volume dari bermacam-macam bahan pilihan dari campuran beton yang mempengaruhi workabilitas.

c. Kadar air

Faktor kepadatan dikaitkan dengan kadar air beton. Kadar air dalam volume campuran adalah penting untuk menentukan w/c yang sekecil mungkin sehingga pori-pori beton semakin kecil.

2.5 Pemadatan Beton

Pemadatan dapat dilakukan pada beton dalam keadaan segar dan dalam keadaan segar dan dalam keadaan setting awal. Tujuan pemadatan pada beton dalam keadaan segar adalah:

- a. Untuk mengurangi rongga-rongga udara dalam beton, dapat dilakukan dengan penekanan awal (*initial pressure*) sebelum beton mengeras.
- b. Untuk mendapatkan kepadatan beton yang optimal.

Pemadatan beton dapat dilakukan menggunakan batang penumbuk baja dengan menusukkan pada beton, menggunakan alat getar mekanis (*vibrator*), menggunakan mesin getar dan mesin *sentrifugal*, juga dapat memberikan tekanan awal pada beton segar.

Hal-hal yang perlu diperhatikan saat dilakukan pemadatan adalah:

- a. Pemadatan dilakukan sebelum waktu *setting*, biasanya antara 1 sampai 2 jam tergantung apakah ada pemakaian *admixture*.
- b. Alat pemadat tidak boleh menggetarkan pembesiannya, karena akan menghilangkan melepaskan kuat lekat antara besi dengan beton yang baru dicor dan memasuki taha waktu *setting*.
- c. Pemadatan tidak boleh terlalu lama untuk menghindari *bleeding*, yaitu naiknya air atau pasta semen ke atas permukaan beton dan meninggalkan agregat dibagian bawah.

2.6 Cangkang Kerang

Kerang merupakan nama sekumpulan moluska *dwincangkerang* pada *family cardiidae* yang merupakan salah satu komoditi perikanan yang telah lama di budidayakan sebagai salah satu usaha sampingan masyarakat pesisir. Teknik

budidaya mudah dikerjakan, tidak memerlukan modal besar dan dapat dipanen setelah berumur 6 – 7 bulan. Hasil panen kerang per hektar per tahun dapat mencapai 200 – 300 ton kerang utuh atau sekitar 60 -100 ton daging kerang (Porsepwandi,1998). Sedangkan berdasarkan data statistik hasil perikanan Indonesia dan Sumatera Selatan terdapat 31.163 ton/tahun kerang Indonesia, sedangkan di daerah Sumatera Selatan terdapat kerang sebanyak 448 ton/tahun.

Cangkang kerang berbentuk seperti hati, bersimetri dan mempunyai tetulang diluar. Cangkang kerang mempunyai tiga bukaan diantaranya inhalen, ekshalen, dan pedal untuk mengalirkan air serta untuk mengeluarkan kaki. Kerang biasanya mengorek lubang dengan menggunakan kakinya dan makan plankton yang didapat dari aliran air yang masuk dan keluar. Kerang-kerang juga berupaya untuk melompat dengan membengkokkan lalu meluruskan kakinya.

Cangkang kerang mengandung senyawa kimia pozzolan yaitu mengandung zat kapur (CaO), Alumina dan silika sehingga dengan harapan bahwa kulit kerang dapat meningkatkan karakteristik beton. Penambahan serbuk cangkang kerang yang homogen akan menjadikan campuran beton yang lebih reaktif. Adapun komposisi kimia serbuk cangkang kerang (Siti Maryam, 2006), seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Serbuk Cangkang Kerang

Komposisi Kimia Cangkang Kerang	Kadar (% berat)
CaO	66,70
SiO ₂	7,88
Fe ₂ O ₃	0,03
MgO	22,28
Al ₂ O ₃	1,25

(Sumber : Siti Maryam, 2006)

2.7 Material Pembentukan Beton

Material yang digunakan pada campuran beton yang dipakai sebagai bahan perkerasan jalan terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, air dan bahan

tambah bila diperlukan. Pada campuran ini, akan digunakan kulit kerang sebagai pengganti agregat kasar. Dalam pembuatan campuran beton, material yang digunakan harus mempunyai kualitas yang baik dan memenuhi syarat yang telah ditentukan sehingga menghasilkan beton yang mempunyai kuat tekan yang tinggi. Material-material yang akan digunakan antara lain:

2.7.1 Semen

Semen berfungsi sebagai bahan pengikat adukan beton segar dan juga sebagai bahan pengisi. Semen merupakan bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghasilkan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis) dengan gips sebagai bahan tambah. Ada dua macam semen, yaitu:

- a. Semen hidraulis adalah semen yang akan mengeras jika bereaksi dengan air, tahan terhadap air (*water resistance*) dan stabil didalam air setelah mengeras.
- b. Semen non-hidraulis adalah semen yang dapat mengeras tetapi tidak stabil di dalam air, akan tetapi mengeras diudara

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pengikatan semen antar lain:

- a. Kehalusan semen, semakin halus butiran semen maka semakin cepat waktu pengikatannya.
- b. Jumlah air, waktu pengikatan akan semakin cepat dengan semakin sedikitnya air.

Sesuai dengan tujuan penggunaannya, semen portland dibagi menjadi beberapa type, yaitu:

1. Semen Portland Type I (*Ordinary Portland Cement*)

Merupakan semen portland yang digunakan dalam penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus yang disyaratkan pada jenis lain. Contoh pemakaian: gedung, jalan raya, dan jembatan

2. Semen Portland Type II (*Moderate Sulphate Resistance Cement*)

Merupakan semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi sedang. Contoh pemakaian:

dermaga, bendungan, bangunan diatas tanah berawa, dan bangunan tepi pantai.

3. Semen Portland Type III (*High Early Strenght Cement*)

Merupakan semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi. Contoh pemakaian: jalan layang dan landasan lapangan udara.

4. Semen Portland Type IV (*Low Heat Hydration*)

Merupakan semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap panas hidrasi rendah. Contoh pemakaian: bendungan, bangunan dengan massa besar.

5. Semen Portland Type V (*High Sulphate Resisstance Cement*)

Merupakan semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. Contoh pemakaian: dermaga, bangunan dipinggir pantai, bangunan diatas tanah berawa.

2.7.2 Air

Air merupakan material yang sangat penting dalam campuran beton dan harganya paling murah. Dalam pembuatan beton, air yang digunakan harus bersih dan bebas dari campuran bahan yang berbahaya seperti minyak, tumbuhan, dan kandungan lain. Air mempunyai pengaruh penting terhadap kekuatan dan kemudahan dalam pelaksanaan beton karena kelebihan air dapat menurunkan kekuatan beton dan dapat mengakibatkan beton menjadi *bleeding*, yang mana air bersama semen akan bergerak keatas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituangkan.

Perbandingan antara jumlah air dengan semen harus dipertahankan karena kekuatan beton dipengaruhi oleh dua hal, yaitu faktor air semen dan kepadatan.

2.7.3 Agregat halus

Agregat sebagai bahan pengisi yang memberikan sifat kaku dan stabilitas dimensi dari beton. Agregat halus sebaiknya berbentuk bulat dan halus

dikarenakan untuk mengurangi kebutuhan air. Agregat halus yang pipih akan membutuhkan air yang lebih banyak dikarenakan luas permukaan agregat (*surface area*) akan lebih besar.

Gradasi agregat halus sebaiknya sesuai dengan spesifikasi ASTM C-33, yaitu:

- Mempunyai butiran yang halus.
- Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%.
- Tidak mengandung zat organik lebih dari 0,5%. Untuk beton mutu tinggi dianjurkan dengan modulus kehalusan 3,0 atau lebih.
- Gradasi yang baik dan teratur (diambil dari sumber yang sama)

Tabel 2.2 Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang ayakan (mm)	Persen Berat Butiran yang Lewat Ayakan			
	Zona I (Pasir Kasar)	Zona II (Pasir Agak Kasar)	Zona III Pasir Agak Halus)	Zona IV (Pasir Halus)
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	90-100
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	5-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber : SNI 03-2834-1993)

2.7.4 Agregat kasar

Langkah awal untuk mempersiapkan agregat kasar berupa batu pecah adalah dengan memisahkan butiran agregat berdasarkan ukuran butiran, dilakukan dengan pengayakan dengan menggunakan saringan. Setelah pemisahan butiran agregat kasar selesai, batu pecah dicuci untuk membuang kotoran yang melekat pada agregat agar dapat meningkatkan kualitas agregat.

Adapun kualitas agregat kasar yang dapat menghasilkan beton mutu tinggi adalah:

- a. Agregat kasar harus merupakan butiran keras dan tidak berpori. Agregat kasar tidak boleh hancur karena adanya pengaruh cuaca. Sifat keras diperlukan agar diperoleh beton yang keras pula, sifat tidak berpori untuk menghasilkan beton yang tidak mudah tembus oleh air.
- b. Agregat kasar harus bersih dari unsur organik.
- c. Agregat tidak mengandung lumpur lebih dari 10% berat kering. Lumpur yang dimaksud adalah agregat yang melalui ayakan diameter 0,063 mm, bila melebihi 1% berat kering maka kerikil harus dicuci terlebih dahulu.
- d. Agregat mempunyai bentuk yang tajam. Dengan bentuk yang tajam maka timbul gesekan yang lebih besar pula yang menyebabkan ikatan yang lebih baik, selain itu dengan bentuk tajam akan memerlukan pasta semen sehingga akan mengikat dengan lebih baik.

Tabel 2.3 Batas Gradasi Agregat Kasar

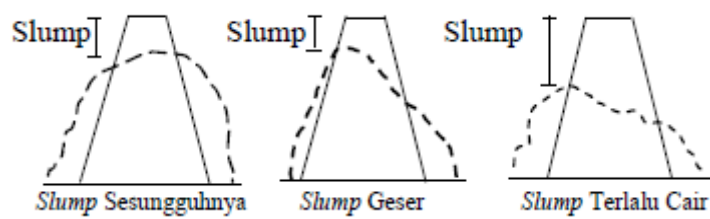
Lubang ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan		
	4,8-38	4,8-19	4,8-9,6
38	95-100	100	100
19	35-70	95-100	100
9,6	10-40	30-60	50-85
4,8	0-5	0-10	0-10

(Sumber : SNI 03-2834-1993)

Pada penelitian ini, agregat kasar pada campuran beton diganti dengan menggunakan cangkang kerang. Agregat kasar yang akan digunakan hendaklah dikelola dengan baik dikarenakan untuk meminimalkan terjadinya segregasi, degradasi, kontaminasi atau campuran dengan bahan lain.

2.8 Slump Beton

Percobaan *slump* beton adalah suatu cara untuk mengukur kelecikan adukan beton, yaitu kecairan/kekentalan adukan yang berguna dalam pekerjaan beton. *Slump* merupakan besarnya nilai keruntuhan beton secara vertikal yang diakibatkan karena beton belum memiliki batas *yield stress* yang cukup untuk menahan berat sendiri karena ikatan antar partikelnya masih lemah sehingga tidak mampu untuk mempertahankan ikatan semulanya. Pemeriksaan *slump* dimaksud untuk mengetahui konsistensi beton dan sifat mudah dikerjakan (*workability*) sesuai dengan syarat yang telah ditetapkan.



Gambar 2.1 Kemungkinan *Slump* yang terjadi

Tabel 2.4 Nilai-nilai *Slump* untuk Berbagai Pekerjaan

Jenis Pekerjaan	Slump (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, plat pondasi, dan pondasi telapak tulang	125	50
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan konstruksi dibawah tanah	90	25
Plat, balok, kolom, dan dinding	150	50
Perkerasan jalan	75	50
Pembetonan missal	75	25

(Sumber : PBBI 1971)

2.9 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tertentu. Nilai kuat tekan beton diperoleh dari rumus sebagai berikut:

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan:

$f'c$ = kuat tekan (MPa)

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji (cm²)

Kekuatan beton yang sebenarnya tidak sama dengan kekuatan yang diukur saat pengujian dilakukan. Kuat tekan ini sendiri dipengaruhi oleh:

1. Efek dari jenis dan jumlah semen

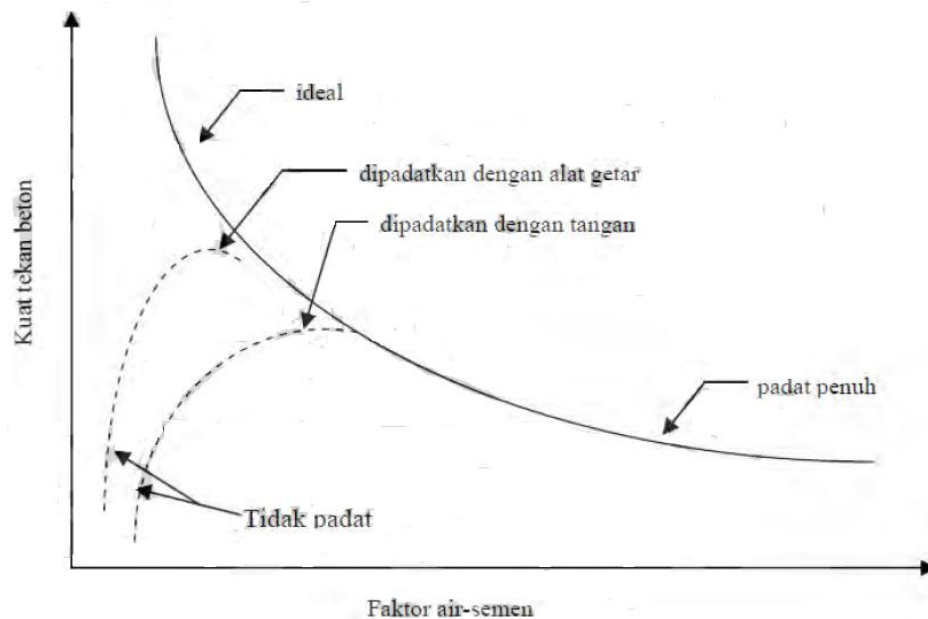
Semakin banyak jumlah semen yang terdapat dalam campuran, maka kuat tekan beton akan semakin tinggi.

2. Efek dari agregat

- Kekuatan beton meningkat seiring peningkatan dari modulus kehalusan dari agregat halus, yang menggambarkan ukuran dari agregatnya.
- Agregat kasar dengan tekstur permukaannya yang kasar serta bersudut seperti granit dan kapur dapat meningkatkan kekuatan beton sampai 20% disbanding dengan menggunakan batu kali dengan rasio air-semen yang sama

3. Efek dari rasio air-semen

Rasio air-semen adalah perbandingan antara berat air dan semen dalam campuran beton. Kekuatan optimum dapat dicapai bila jumlah air campuran cukup untuk proses hidrasi, namun ketika kadar air meningkat, dengan jumlah semen yang tetap, maka rongga yang ada semakin besar dan kuat tekannya akan menurun.



Gambar 2.2 Hubungan Antara Kuat Tekan Beton dan Faktor Air-Semen

4. Pengaruh rongga udara (*void*)

Peningkatan kandungan air akan meningkatkan *void* dalam beton sehingga daya tahan, impermeabilitas dan kuat tekan menjadi berkurang.

5. Keuntungan dari *curing*

Beton memiliki kekuatan yang semakin besar seiring dengan waktu dan curing yang baik. Curing yang baik dapat menjaga kelembaban suhu serta mengontrol hidrasi dari beton.

2.10 Pemeriksaan Sifat Fisik Material di Laboratorium

Pemeriksaan sifat fisik material berguna dalam merencanakan campuran beton. Adapaun pemeriksaan yang dilakukan yaitu:

a. Berat jenis dan penyerapan agregat

Berat jenis adalah perbandingan relatif antara massa jenis sebuah zat dengan massa jenis air murni. Penyerapan air adalah penambahan berat dari suatu agregat akibat air yang meresap kedalam pori-pori, tetapi belum

termasuk air yang tertahan pada permukaan luar partikel, dinyatakan sebagai persentase dari berat keringnya.

$$B_j \text{ kering} = \frac{B_k}{(W_2 + B_j - W_1)} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$B_j \text{ jenuh (SSD)} = \frac{B_j}{(W_2 + B_j - W_1)} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan:

- B_j = Berat kering permukaan jenuh (gr)
- B_k = Berat kering oven (gr)
- W_1 = Berat bejana + benda uji + air (gr)
- W_2 = Berat bejana + air (gr)

b. Analisa saringan

Analisa Saringan Agregat adalah penentuan presentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka presentase digambarkan pada grafik pembagian butir.

$$\text{Modulus Halus Butir (MHB)} = \frac{\text{Jumlah\%KumulatifTertinggal}}{100} \dots\dots\dots(2.5)$$

c. Berat isi gembur dan padat agregat

Pengujian berat isi pada agregat berguna untuk mengkonversi dari satuan berat ke satuan volume. Dalam merancang campuran beton komposisi bahan ditentukan dalam satuan berat. Pada waktu membuat beton di lapangan dengan komposisi berat kurang praktis, biasanya di lapangan menggunakan komposisi perbandingan yaitu dengan takaran (volume). Untuk mengkonversi dari komposisi satuan berat ke komposisi satuan volume digunakan angka berat isi.

$$\text{Berat isi} = \frac{S2 - S1}{\text{Volume Silinder}} \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan:

S1 = Berat silinder (gr)

S2 = Berat silinder + agregat (gr)

d. Kekerasan agregat

Kekerasan merupakan lawan dari keausan. Ketahanan terhadap abrasi sering dipakai sebagai indeks secara umum untuk kualitas agregat. Untuk mengetahui kekerasan atau sifat tahan abrasi dengan pengujian berikut, yaitu dengan menggunakan mesin *Los Angeles*, mesin *Rudolf* dan mesin *Rockwell*. Pada penelitian ini menggunakan bejana *Rudolf* untuk menguji kekerasan agregat.

$$\text{Kekerasan Agregat} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan:

A = Berat benda uji awal (gr)

B = Berat benda uji tertahan di saringan no. 2,36 mm (gr)

e. Kadar air agregat

Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen.

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{w1 - w2}{w2} \times 100\% \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan:

w1 = Berat agregat (gr)

w2 = Berat kering oven sebelum dicuci (gr)

f. Kadar lumpur agregat

Kadar lumpur pada agregat dapat menurunkan kekuatan, karena lumpur yang sangat halus dapat menghambat proses hidrasi antara semen dan air, sehingga terbentuknya Calsium Silikat Hidrat atau dalam semen dinamakan Tobermorin, menjadi terhambat. Kadar lumpur yang tinggi juga dapat menyebabkan nilai creep (rangkak) pada beton menjadi tinggi.

$$\text{Kadar Lumpur Agregat} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \dots\dots\dots(2.9)$$

dengan:

w_1 = Berat kering oven sebelum dicuci (gr)

w_2 = Berat kering oven setelah dicuci (gr)

g. Berat jenis semen

Berat jenis adalah perbandingan relatif antara massa jenis sebuah zat dengan massa jenis air murni. Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (*concrete*). Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan.

$$\text{Berat Jenis Semen} = \frac{BS}{(v_2 - v_1) \times d} \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan:

BS = Berat semen (gr)

V_1 = Pembacaan skala ke-1 (ml)

V2 = Pembacaan skala ke-2 (ml)

d = Berat isi air (1)

2.11 Tinjauan Penelitian Terkait

Penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini antara lain:

1. *Studi Penggunaan Cangkang Kerang Laut Sebagai Bahan Penambah Agregat Kasar Pada campuran Beton* oleh Mufti A Sultan ST. MT, Arbain Tata ST. MT, Hatta Annur, 2013.
2. *The Influence of Initial Pressure On The Concrete Compressive Strenght* oleh Lina Flaviana Tilik, Maulid M. Iqbal, Rosidawani Firdaus, Pilar Jurnal Jurusan Teknik Sipil, Vol. 6, Nomor 2, Maret 2011
3. *Pengaruh Tekanan Awal Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Abu Terbang Sebagai Pengganti Substitusi Parsial Semen*, oleh Indra Sumanjaya, Universitas Sriwijaya, 2004.
4. *Terhadap Pengaruh Penambahan Kulit Kerang Pada Kandungan Free Lime (Kapur Bebas) Pada Semen Portland Tipe I di PT.Semen Baturaja (Persero)*, oleh Patma Putri Cahyani, Politeknik Negeri Sriwijaya, 2012.