

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Beton

Beton adalah campuran dari agregat halus dan kasar (pasir, kerikil, batu pecah atau jenis agregat lain) dengan semen, yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu (Samekto & Rahmadiyanto, 2001). Berdasarkan SNI 03-2834-2000, beton didefinisikan sebagai campuran antara semen *Portland* atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

B. Kuat Tekan Awal

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naiknya secara cepat (linier) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Kekuatan tekan beton pada kasus-kasus tertentu akan bertambah sampai beberapa tahun dimuka. Biasanya kekuatan rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Untuk struktur yang menghendaki kekuatan awal tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan jenis semen tipe I (OPC-I). Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya yang paling utama dalah penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerjanya (Mulyono, 2004).

Beton dengan kekuatan awal tinggi merupakan beton yang memiliki daya tekan awal yang tinggi pada permulaan setelah proses pengikatan terjadi, sehingga dapat segera dilakukan penyelesaian secepatnya. Tipe beton ini biasa digunakan dalam pembuatan bangunan tingkat tinggi, beton pracetak, jalan beton atau jalan raya bebas hambatan, pembetonan di daerah dingin, bandar udara dan bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan sulfat. Pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971, disebutkan perbandingan kekuatan tekan (desak) beton pada berbagai umur beton seperti yang disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Perbandingan kekuatan beton pada berbagai umur (PBI-1971)

Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen <i>Portland</i> biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen <i>Portland</i> dengan kekuatan awal tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

Berdasarkan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971 diatas, dapat diketahui bahwa perkembangan kekuatan tekan beton dengan kekuatan tekan awal tinggi berbeda dengan beton normal. Contohnya pada saat umur beton mencapai umur 3 hari, beton yang memiliki karakteristik kekuatan tekan awal tinggi menurut PBI 1971 adalah mempunyai kekuatan sebesar 0,55 atau 55% kuat tekannya pada umur 28 hari. Sedangkan kekuatan beton normal pada umur 3 hari adalah sebesar 0,40 atau 40% dari kekuatannya pada umur 28 hari. Pada tipe beton kuat tekan awal tinggi memiliki perkembangan kekuatan yang lebih besar pada umur 3 hari, 7 hari dan 14 hari dibandingkan dengan beton normal, kemudian perkembangannya akan sama dengan beton normal pada umur 21 hari dan 28 hari.

Menurut Sugiharto (2006) Untuk mendapatkan campuran beton dengan tingkat *workability* yang tinggi dan kekuatan awal yang besar perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. agregat kasar dibatasi jumlahnya sampai kurang lebih 50 % dari volume padatnya,
- b. pembatasan jumlah agregat halus kurang lebih 40% dari volume *mortar*,
- c. *water-binder ratio* dijaga pada level kurang lebih 0,3,
- d. penggunaan *Hyperplasticizer* pada campuran beton untuk mendapatkan tingkat *workability* yang tinggi sekaligus menekan nilai *water-binder ratio*, dan

- e. ditambahkan bahan pengisi (*filler*) berupa *silica fume* untuk meningkatkan durabilitas dan kekuatan tekan dari beton.

C. Semen

Semen merupakan hasil industri yang sangat kompleks, dengan campuran serta susunan yang berbeda-beda. Semen dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu : 1). semen non-hidrolik dan 2). semen hidrolik. Semen non-hidrolik tidak dapat mengikat dan mengeras di dalam air akan tetapi dapat mengeras di udara. Contoh utama dari semen non-hidrolik adalah kapur. Semen hidrolik mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mengeras di dalam air. Contoh semen hidrolik antara lain kapur hidrolik, semen *pozzolan*, semen terak, semen alam, semen *portland*, semen *portland-pozzolan*, semen *portland* terak tanur tinggi, semen alumina dan semen ekspansif (Mulyono, 2004).

Semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *Portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih Kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambah lain (SNI-15-2049-2004).

Berdasarkan SNI-15-2049-2004 tentang Semen *Portland*, terbagi menjadi beberapa jenis tergantung pada penggunaannya adalah sebagai berikut:

1. jenis I yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain,
2. jenis II yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang,
3. jenis III yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi,
4. jenis IV yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah, dan
5. jenis V yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat.

Berdasarkan SNI-15-0302-2004, semen PPC (*Portland Pozzolan Cement*) merupakan suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen

antara semen *portland* dengan *pozzolan* halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen *portland* dan *pozzolan* bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen *portland* dengan bubuk *pozzolan*, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar *pozzolan* 6% sampai dengan 40% masa semen *portland pozzolan*. Semen PPC dibagi empat menurut jenis dan penggunaannya sebagai berikut:

1. jenis IP-U yaitu semen *portland pozzolan* yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton,
2. jenis IP-K yaitu semen *portland pozzolan* yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.
3. jenis P-U yaitu semen *portland pozzolan* yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, dan
4. jenis P-K yaitu semen *portland pozzolan* yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

Berdasarkan SNI-15-7064-2004, semen PCC (*Portland Cement Composit*) yaitu bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen *portland* dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen *portland* dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), *pozzolan*, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6%-35% dari massa semen *portland* komposit. Semen *portland* komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum seperti: pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan sebagainya.

D. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi campuran mortar (aduk) dan beton. Agregat aduk dan beton dapat juga didefinisikan sebagai bahan yang dipakai sebagai bahan pengisi atau

pengkurus, dipakai bersama dengan bahan perekat dan membentuk suatu massa yang keras, padat bersatu, yang disenut adukan beton (Samekto & Rahmadiyanto, 2001).

Menurut Mulyono (2004) agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*). Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Batasan antara agregat halus dan agregat kasar berbeda antara disiplin ilmu yang satu dengan yang lainnya. Meskipun demikian, dapat diberikan batasan ukuran antara agregat halus dengan agregat kasar yaitu 4,80 mm (*British Standard*) atau 4,75 mm (Standar ASTM). Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4,80 mm (4,75 mm) dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4,80 mm (4,75 mm). Agregat dengan ukuran lebih besar dari 4,80 mm dibagi lagi menjadi dua : yang berdiameter antara 4,80-40 mm disebut kerikil beton dan yang lebih dari 40 mm disebut kerikil kasar. Agregat yang digunakan dalam campuran beton biasanya berukuran lebih kecil dari 40 mm.

Berdasarkan SK SNI-S-04-1989-F, agregat untuk bahan bangunan sebaiknya dipilih yang memenuhi persyaratan sebagai berikut ini.

1. Agregat halus

- a. Butir-butirnya tajam dan keras dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$.
- b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 10%, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 15%.
- c. Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 5%.
- d. Tidak mengandung zat organis terlalu banyak, yang dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan 3% NaOH, yaitu warna cairan di atas endapan agregat halus tidak boleh lebih gelap daripada warna standar/pembanding.
- e. Modulus halus butir antara 1,50 – 3,80 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.

- f. Agregat halus dari laut/pantai, boeh dipakai asalkan dengan petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.
2. Agregat kasar
- a. Butir-butirnya keras dan tidak berpori, indeks kekasaran $\leq 5\%$ (diuji dengan goresan batang tembaga). Bila diuji dengan bejana Rudeloff atau Los Angeles.
 - b. Kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca (terik matahari dan hujan). Jika diuji dengan larutan garam Natrium Sulfat bagian yang hancur maksimum 12%, jika dengan garam Magnesium Sulfat maksimum 18%.
 - c. Tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06 mm) lebih dari 1%.
 - d. Tidak boleh mengandung zat-zat yang reaktif terhadap alkali.
 - e. Butiran agregat yang pipih dan panjang tidak boleh lebih dari 20%.
 - f. Modulus halus butiran antara 6 – 7,10 dan dengan variasi butir sesuai standar gradasi.
 - g. Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi dari 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, 1/3 tebal pelat beton, 3/4 jarak bersih antara tulangan atau berkas tulangan.

Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. untuk menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan seperti yang diinginkan. Sifat-sifat ini harus diketahui dan dipelajari agar kita dapat mengambil tindakan yang positif dalam mengatasi masalah-masalah yang timbul (Mulyono, 2004).

1. Kadar Air

Pori-pori dalam butir agregat mungkin terisi air. Berdasarkan banyaknya kandungan air di dalam agregat maka kondisi agregat dibedakan menjadi beberapa tingkat kandungan airnya (Tjokrodinuljo, 2010). Adapun tingkatan kandungan air pada agregat dijelaskan sebagai berikut ini.

- a. Kering tungku, yaitu agregat benar-benar dalam keadaan kering atau tidak mengandung air. Keadaan ini menyebabkan agregat dapat secara penuh menyerap air.

- b. Kering udara, butir-butir agregat mengandung sedikit air (tidak penuh) di dalam porinya dan permukaan butirnya kering.
- c. Jenuh kering muka, butir-butir agregat mengandung air sebanyak (tepat sama banyak) dengan volume porinya (pori-pori tepat terisi penuh air), namun permukaan butirnya kering.
- d. Basah, pori-pori agregat terisi penuh air dan permukaan butiran basah.

Berdasarkan SNI 03-1971-1990 tentang metode pengujian kadar air agregat, kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen. Hasil pengujian kadar air agregat dapat digunakan dalam pekerjaan perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton serta perencanaan campuran dan pengendalian mutu perkerasan jalan.

$$W_3 = W_2 - W_1 \dots\dots\dots (3.1)$$

$$W_5 = W_4 - W_1 \dots\dots\dots (3.2)$$

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\% \dots\dots\dots (3.3)$$

dengan :

W_1 = Berat wadah (gram)

W_2 = Berat benda uji dan wadah (gram)

W_3 = Berat benda uji semula (gram)

W_4 = Berat benda uji kering dan wadah (gram)

W_5 = Berat benda uji kering oven (gram)

2. Kadar Lumpur Agregat

Berdasarkan SNI 03-4142-1996 tentang metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no.200 (0,075 mm), tujuan metode ini adalah untuk memperoleh presentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan nomor 200 (0,75 mm), sehingga berguna bagi perencana dan pelaksana pembangunan.

$$W_3 = W_1 - W_2 \dots\dots\dots (3.4)$$

$$W_5 = W_4 - W_2 \dots\dots\dots (3.5)$$

$$W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\% \dots\dots\dots (3.6)$$

dengan :

W_1 = Berat kering benda uji dan wadah (gram)

W_2 = Berat wadah (gram)

W_3 = Berat kering benda uji awal (gram)

W_4 = Berat kering benda uji sesudah pencucian dan wadah (gram)

W_5 = Berat kering benda uji sesudah pencucian (gram)

W_6 = % bahan lolos saringan nomor 200 (0,075 mm)

3. Berat Jenis Agregat dan Penyerapan Air

Berat jenis adalah perbandingan berat volume agregat tanpa mengandung rongga udara terhadap air pada volume yang sama sedangkan penyerapan air adalah persentase berat air yang diserap agregat, dihitung terhadap berat kering. Menurut Tjokrodinuljo (2010) berat jenisnya, agregat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu.

- a. Agregat normal ialah agregat yang berat jenisnya antara 2,5 sampai 2,7. Agregat ini biasanya berasal dari batuan granit, basalt, kuarsa dan sebagainya. Beton yang dihasilkan memiliki berat jenis sekitar 2,3 dan disebut beton normal.
- b. Agregat berat yakni agregat yang berat jenisnya 2,8 keatas, contohnya magnetic (Fe_3O_4), barytes ($BaSO_4$), atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan juga berat jenisnya tinggi (sampai 5) yang efektif sebagai dinding pelindung atau perisai radiasi sinar X.
- c. Agregat ringan memiliki berat jenis kurang dari 2,0 yang biasanya dibuat untuk beton ringan. Berat beton ringan kurang dari 1800 kg/m^3 . Beton ringan biasanya dipakai untuk elemen non-struktural.

Berdasarkan SNI 03-1969-1990 tentang metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, tujuan pengujian ini adalah untuk memperoleh angka berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat kasar, serta angka penyerapan dari agregat. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan dalam pekerjaan penyelidikan *quarry* agregat, perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton, perencanaan campuran dan pengendalian mutu perkerasan jalan. Beberapa rumus yang digunakan sebagai berikut ini.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \dots\dots\dots (3.7)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \dots\dots\dots (3.8)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \dots\dots\dots (3.9)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots (3.10)$$

dengan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air (gram)

Sedangkan untuk agregat halus berdasarkan SNI 03-1970-1990 tentang metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus, tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan angka untuk berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dan penyerapan air pada agregat halus. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan dalam pekerjaan penyelidikan *quarry* agregat, perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton, perencanaan campuran dan pengendalian mutu perkerasan jalan. Dalam metode ini dilakukan perhitungan sebagai berikut ini.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{B + 500 - Bt} \dots\dots\dots (3.11)$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan} = \frac{500}{B + 500 - Bt} \dots\dots\dots (3.12)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \dots\dots\dots (3.13)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots (3.14)$$

dengan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

500 = Berat benda uji keadaan kering permukaan jenuh (gram)

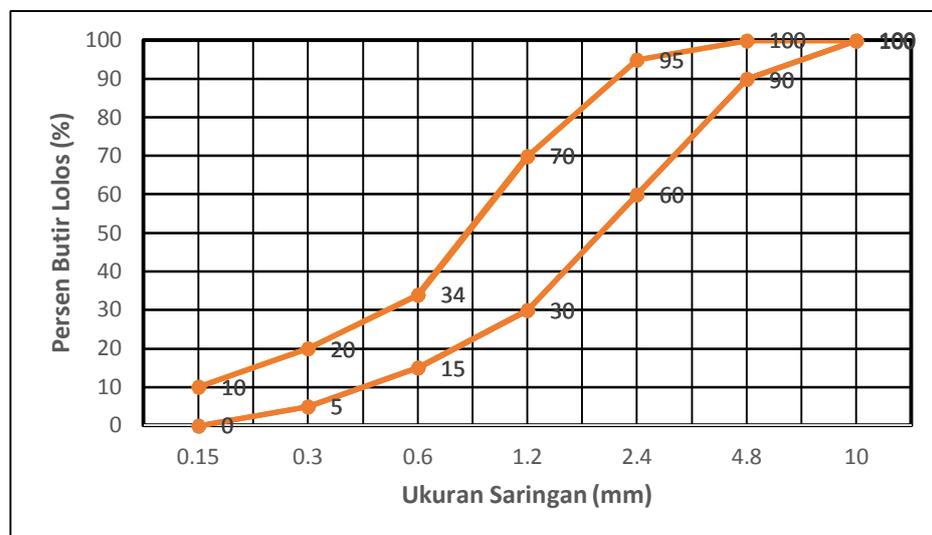
4. Gradasi butiran dan Modulus Halus Butir

Berdasarkan SK.SNI T-15-1990-03 agregat halus dikelompokkan dalam empat daerah seperti dalam Tabel 3.2. Tabel tersebut dijelaskan dalam Gambar 3.1 sampai 3.4 untuk mempermudah pemahaman.

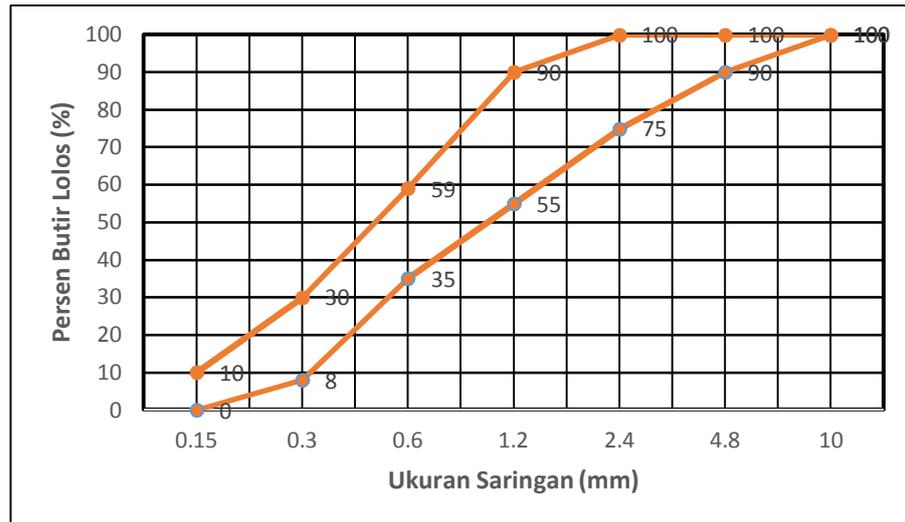
Tabel 3.2 Batas gradasi agregat halus (Mulyono, 2004)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	IV
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	5 – 20	12 – 40	15 – 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

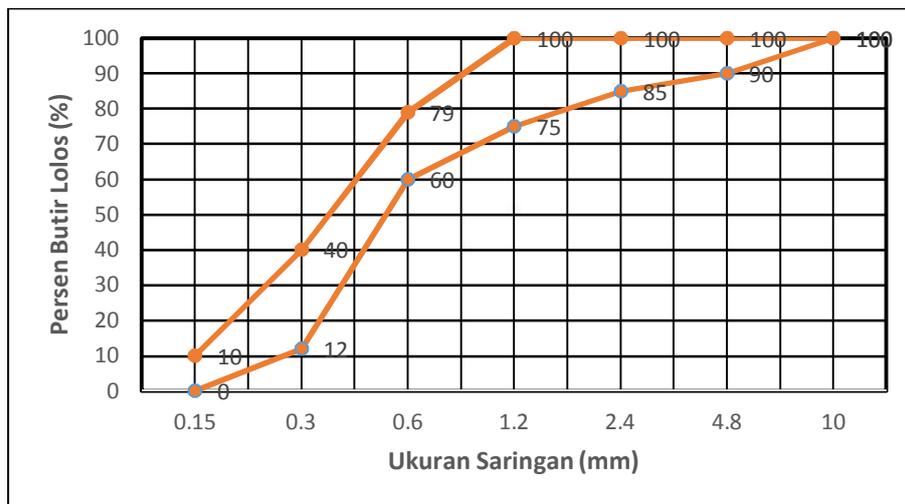
Keterangan : Daerah Gradasi I = Pasir Kasar
 Daerah Gradasi II = Pasir Agak Kasar
 Daerah Gradasi III = Pasir Halus
 Daerah Gradasi IV = Pasir Agak Halus



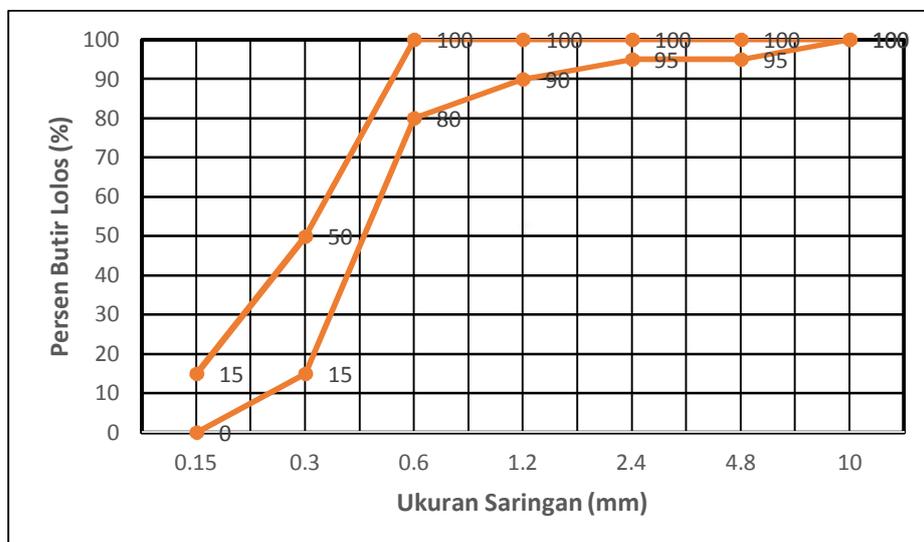
Gambar 3.1 Daerah gradasi pasir kasar (Mulyono, 2004)



Gambar 3.2 Daerah gradasi pasir agak kasar (Mulyono, 2004)



Gambar 3.3 Daerah gradasi pasir halus (Mulyono, 2004)



Gambar 3.4 Daerah gradasi pasir agak halus (Mulyono, 2004)

Hasil dari pengujian gradasi diperoleh nilai Modulus Halus Butir (MHB) yang merupakan suatu indeks atau acuan yang dipakai untuk ukuran kehalusan atau kekasaran butir agregat. Makin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa makin besar ukuran butir-butir agregatnya, pada umumnya agregat halus mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8 (Tjokrodinuljo, 2010).

Berdasarkan SNI 03-1968-1990 tentang metode pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar, tujuan pengujian ini adalah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus dan agregat kasar. Distribusi yang diperoleh dapat ditunjukkan dalam tabel atau grafik. Analisis saringan agregat adalah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Analisis hitungan untuk pengujian ini menggunakan rumus berikut ini.

$$\text{Persen berat tertahan} = \frac{\text{Berat tertahan}}{\text{Jumlah berat total}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.15)$$

Untuk mencari modulus halus butir (MHB) menggunakan rumus berikut.

$$\text{MHB} = \frac{\text{Jumlah berat tertahan kumulatif}}{\text{Jumlah berat tertahan (\%)}} \dots\dots\dots (3.16)$$

5. Berat Satuan Agregat

Berat satuan adalah berat agregat dalam satuan volume. Berat satuan normal yang berkisar diantara 1,50 – 1,80 (Tjokrodinuljo, 2010). Berdasarkan SNI 03-4804-1998 tentang pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat, tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui berat agregat dalam satu volume silinder benda uji berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berat isi atau berat satuan agregat dalam keadaan kering oven dihitung menggunakan rumus berikut ini.

$$M = \frac{G-T}{V} \dots\dots\dots (3.17)$$

dengan :

- M = Berat isi agregat dalam kondisi kering oven (gram/cm³)
- G = Berat agregat dalam silinder (gram)
- T = Berat silinder (gram)

V = Volume silinder (cm^3)

6. Keausan Butir Agregat Kasar

Berdasarkan SNI 03-2417-1991 tentang metode pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles, tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui angka keausan agregat yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan no.12 (1,7 mm) terhadap berat semula dalam persen. Pengujian ini dapat digunakan untuk mengukur keausan agregat kasar. Hasil pengujian bahan ini dapat digunakan dalam perencanaan dan pelaksanaan bahan perkerasan jalan atau konstruksi beton.

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots \dots \dots (3.18)$$

dengan :

a = berat benda uji semula (gram)

b = berat benda uji tertahan saringan no.12 (gram)

Agregat kasar yang digunakan dalam pembuatan beton harus diketahui tingkat keausannya karena akan berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Persyaratan keausan dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Persyaratan kekerasan agregat kasar (Tjokrodinuljo, 2007)

Kekuatan Beton	Maksimum bagian yang hancur dengan mesin <i>Los Angeles</i> , Lolos Ayakan 1,7 mm (%)
Kelas I (sampai 10 MPa)	50
Kelas II (10 – 20 MPa)	40
Kelas III (diatas 20 MPa)	27

E. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran

beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Syarat air yang dapat digunakan dalam proses pencampuran beton menurut SK SNI 03-2847-2002 adalah sebagai berikut ini.

1. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi.
 - a. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama
 - b. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan “*Metode uji kuat tekan untuk mortar semen hidrolis*” (Menggunakan specimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm)” (ASTM C 109).

F. Bahan Tambah

Bahan tambah atau *admixture* adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya. Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*)

dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Bahan tambah *admixture* ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*) sedangkan bahan tambah aditif yaitu yang bersifat mineral ditambahkan saat pengadukan dilaksanakan. Bahan tambah kimia (*chemical admixture*) lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan. Bahan tambah aditif merupakan bahan tambah yang lebih banyak bersifat penyemenan jadi bahan aditif lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatannya (Mulyono, 2004).

1. Bahan Tambah Kimia Tipe C (*Accelerating Admixture*)

Accelerating Admixture adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton. bahan ini digunakan untuk mengurangi waktu pengeringan (hidrasi) dan mempercepat pencapaian kekuatan pada beton. *Accelerating Admixture* yang paling terkenal adalah kalsium klorida. Bahan kimia lain yang berfungsi sebagai pemercepat antara senyawa-senyawa garam seperti klorida, bromide, karbonat, silikat dan terkadang senyawa organik lainnya seperti tri-etanolamin. Perlu ditekankan bahwa kalsium klorida jangan digunakan jika korosi progresif dari tulangan baja dapat terjadi. Dosis maksimum adalah 2% dari berat semen yang digunakan.

Penggunaan bahan tambah pemercepat laju pengerasan harus didasarkan atas pertimbangan ekonomi dengan membandingkan pada penggunaan bahan tambah lain seperti, bandingkan dengan penggunaan semen Tipe III, penggunaan semen yang lebih banyak, penggunaan metode perawatan dan proteksi yang berbeda, penggunaan bahan tambah air dan agregat yang panas.

2. Bahan Aditif *Silica Fume*

Menurut standar "*Specification for Silica Fume for Use in Hydraulic-Cement Concrete and Mortar*" (ASTM.C.1240,1995: 637-642) *silica fume* adalah material pozzollan yang halus, dimana komposisi silica lebih banyak yang dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silicon atau *alloy* besi silicon (dikenal sebagai gabungan antara mikrosilika dengan *silica fume*) (Mulyono, 2004).

Menurut Yogendra (dalam Mulyono, 2004) Penggunaan *silica fume* dalam campuran beton dimaksudkan untuk menghasilkan beton dengan kekuatan tekan yang tinggi. Beton dengan kekuatan tinggi digunakan, misalnya, untuk kolom struktur atau dinding geser, *pre-cast* atau beton pra-tegang dan beberapa keperluan lain. Kriteria kekuatan beton berkinerja tinggi saat ini sekitar 50-70 MPa untuk umur 28 hari. Penggunaan *silica fume* berkisar antara 0 – 30 % untuk memperbaiki karakteristik kekuatan dan keawetan beton dengan faktor air semen sebesar 0,34 – 0,28 dengan atau tanpa bahan *superplasticizer* dan nilai *slump* 50 mm.

Tujuan penggunaan bahan tambah untuk beton secara umum adalah memperoleh sifat-sifat beton yang diinginkan, sesuai dengan tujuan/keperluannya. Sifat-sifat yang dapat diperbaiki antara lain (Samekto & Rahmadiyanto, 2001):

1. memperbaiki kelecakan beton segar,
2. mengatur faktor air semen pada beton segar,
3. mengurangi penggunaan semen,
4. mencegah terjadinya segregasi dan *bleeding*,
5. mengatur waktu pengikatan aduk beton,
6. meningkatkan kuat desak beton keras,
7. meningkatkan sifat kedap air pada beton keras, dan
8. meningkatkan sifat tahan lama pada beton keras (lebih awet); sifat tahan lama ini dapat berhubungan dengan tahan terhadap pengaruh zat kimia, tahan terhadap gesekan, dan sebagainya.

G. Workability

Menurut Mulyono (2004) kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari nilai *slump* yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya. Unsur-unsur yang mempengaruhi antara lain seperti berikut ini.

1. Jumlah air pencampur, semakin banyak air semakin mudah untuk dikerjakan.
2. Kandungan semen, jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannyapun akan lebih tinggi.

3. Gradasi campuran pasir-kerikil, jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan lebih mudah dikerjakan.
4. Bentuk butiran agregat kasar, agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah untuk dikerjakan
5. Butiran maksimum
6. Cara pemadatan dan alat pemadat.

Percobaan *slump* dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan. Percobaan ini dilakukan dengan alat berbentuk kerucut terpancung, yang diameter atasnya 10 cm dan diameter bawahnya 20 cm dan tinggi 30 cm, dilengkapi dengan kuping untuk mengangkat beton segar dan tongkat pemadat diameter 16 mm sepanjang minimal 60 cm (Mulyono, 2004).

H. Perawatan Beton

Perawatan beton (*curing*) adalah suatu langkah/tindakan untuk memberikan kesempatan pada semen/beton mengembangkan kekuatannya secara wajar dan sesempurna mungkin. Untuk tujuan tersebut maka suatu pekerjaan beton perlu dijaga agar permukaan beton segar selalu lembap, sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras. Kelembapan beton ini harus dijaga agar proses hidrasi semen dapat terjadi dengan wajar dan berlangsung sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, akan terjadi beton yang kurang kuat, dan juga timbul retak-retak. Selain itu, kelembapan permukaan beton tadi juga dapat menambah beton menjadi lebih tahan terhadap pengaruh cuaca dan lebih kedap air. Beberapa cara perawatan beton:

1. menaruh beton segar di dalam ruang lembap,
2. menaruh beton segar di atas genangan air,
3. menaruh beton segar di dalam air,
4. menyelimuti permukaan beton dengan karung basah,
5. menggenangi permukaan beton dengan air, dan
6. menyirami permukaan beton dengan air bersih setiap saat secara terus menerus.

Cara 1, 2, dan 3 dilakukan terhadap contoh beton/benda uji berbentuk kubus/silinder, dan cara 4, 5, dan 6 dilakukan untuk perawatan beton segar yang dituang di lapangan kerja/proyek (Samekto & Rahmadiyanto, 2001).

I. Kuat Tekan

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. 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 (Mulyono, 2004).

Berdasarkan SNI 03-1974-1990 kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Besar nilai kuat tekan didapatkan dari hasil bagi beban maksimum hasil uji tekan dengan luas penampang benda uji silinder seperti yang tertulis pada persamaan (3.19).

$$\text{Kuat Tekan Beton} = \frac{P}{A} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) \dots\dots\dots (3.19)$$

dengan :

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang (cm²)

Kuat Tekan beton diwakili oleh tegangan maksimum f_c' dengan satuan kg/cm³ atau MPa. Nilai Kuat tekan beton umumnya relative lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya, oleh karena itu untuk meninjau mutu beton biasanya secara kasar hanya ditinjau kuat tekannya saja (Tjokrodimuljo, 2007). Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi beberapa beberapa jenis sebagaimana terdapat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Beberapa jenis beton menurut kuat tekannya (Tjokrodimuljo, 2007)

Jenis Beton	Kuat Tekan
Beton Sederhana (<i>Plain Concrete</i>)	Sampai 10 MPa
Beton Normal (Beton Biasa)	15 – 30 MPa
Beton Pra Tegang	30 – 40 MPa
Beton Kuat Tekan Tinggi	40 – 80 MPa
Beton Kuat Tekan Sangat Tinggi	>80 MPa

Menurut Pertiwi (2011) besarnya kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor antara lain seperti berikut ini.

1. Faktor air semen. Hubungan faktor air semen dan kuat tekan beton secara umum adalah bahwa semakin rendah nilai faktor air semen, semakin tinggi kuat tekan betonnya. Namun kenyataannya, pada suatu nilai faktor air semen semakin rendah, maka beton semakin sulit dipadatkan. Dengan demikian, ada suatu nilai faktor air semen yang optimal dan menghasilkan kuat tekan yang maksimal.
2. Jenis semen dan kualitasnya mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.
3. Jenis dan lekuk-lekuk (*relief*) bidang permukaan agregat. Kenyataannya menunjukkan bahwa penggunaan agregat batu pecah akan menghasilkan beton dengan kuat tekan yang lebih besar daripada agregat alami.
4. Efisiensi dari perawatan (*curing*). Kehilangan kekuatan sampai 40% dapat terjadi bila pengeringan terjadi sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan di lapangan dan pada pembuatan benda uji.
5. Suhu. Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat tekan akan tetap rendah untuk waktu yang lama.
6. Umur pada keadaan yang normal. Kekuatan beton bertambah dengan bertambahnya umur, tergantung pada jenis semen. Misalnya semen dengan kadar alumina tinggi menghasilkan beton yang kuat hancurnya pada 24 jam, sama dengan semen *portland* biasa pada 28 hari. Pengerasan berlangsung terus secara lambat sampai beberapa tahun.