

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Analisis Pengujian Bahan Material Beton

2.1.1 Uji Kadar air Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pengujian kadar air agregat yang diperoleh akan menghasilkan berat air yang dikandung dan agregat dalam keadaan kering. Tujuan untuk pengujian akan memperoleh angka persentase dari kadar yang dikandung dari agregat tersebut.

Peralatan yang digunakan untuk Pengujian kadar air agregat sebagai berikut :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % berat contoh
2. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
3. Talam logam tahan karat berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan benda uji

Untuk proses pengujian kadar air agregat adalah sebagai berikut :

1. Menimbang dan catatlah berat dalam (W_r);
2. Memasukan benda uji ke talam kemudian timbang dan catat beratnya(W_2);
3. Menghitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$);
4. Mengeringkan benda uji beserta dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap
5. Setelah dikeringkan, timbang dan catat berat benda uji beserta talam (W_4)
6. Menghitung berat benda uji kering ($W_S = W_4 - W_1$).

Keterangan :

W_3 = Berat benda uji semula (gram)

W_5 = Berat benda uji kering (gram)

2.1.2 Uji Berat Jenis Agregat Halus Dan Agregat Kasar

2.1.2.1 Uji Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian berat jenis menentukan perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur yang ditentukan. Pelaksanaan berat jenis curah digunakan untuk menghitung volume yang ditempati oleh agregat dalam berbagai campuran yang mengandung agregat termasuk beton semen, beton aspal dan campuran lain yang diproporsikan atau dianalisis berdasarkan volume absolut.

Peralatan yang digunakan dalam pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar yaitu:

1. Timbangan

Timbangan harus sesuai dengan persyaratan dalam SNI 03 – 6414 – 2002 yang dilengkapi dengan peralatan yang sesuai untuk menggantung wadah contoh uji didalam air pada bagian tengah-tengah alat penimbang.

2. Wadah contoh uji

Suatu keranjang kawat 3,35 mm (Saringan No. 6) atau yang lebih halus, atau ember dengan tinggi dan lebar yang sama dengan kapasitas 4 sampai 7 liter untuk agregat dengan ukuran nominal maksimum 37,5 mm (Saringan No.1 ½ inci) atau lebih kecil, dan

wadah yang lebih besar jika dibutuhkan untuk menguji ukuran maksimum agregat yang lebih besar. Wadah harus dibuat agar dapat mencegah terperangkapnya udara ketika wadah ditenggelamkan.

3. Tangki Air

Sebuah tangki air yang kedap dimana contoh uji dan wadahnya akan ditempatkan dengan benar-benar terendam ketika digantung di bawah timbangan, dilengkapi dengan suatu saluran pengeluaran untuk menjaga agar ketinggian air tetap.

4. Alat penggantung (kawat)

Kawat untuk menggantung wadah haruslah kawat dengan ukuran praktis terkecil untuk memperkecil seluruh kemungkinan pengaruh akibat perbedaan panjang kawat yang terendam.

5. Saringan 4,75 mm (No. 4)

Saringan atau ukuran yang lain jika dibutuhkan (Pasal 5).

Langkah-langkah pengambilan dan persiapan contoh uji sebagai berikut :

1. Pengambilan dan persiapan contoh uji harus disesuaikan dengan SNI 03 – 6889– 2002.
2. Mencampur agregat secara menyeluruh dan kurangilah sampai mendekati jumlah yang diperlukan dengan menggunakan prosedur yang sesuai dengan SNI 13 – 6717 – 2002. Pisahkan semua material yang lolos saringan ukuran 4,75 mm (No.4) dengan penyaringan kering, kemudian cuci secara menyeluruh untuk menghilangkan debu atau material lain dari permukaan agregat. Jika agregat kasar mengandung sejumlah bahan yang lebih halus

dari saringan ukuran 4,75 mm (No.4) dalam jumlah yang substansial, seperti agregat ukuran 2,36 mm (No.8) dan Saringan ukuran No. 9 (dalam AASHTO M 43), gunakan saringan ukuran 2,36 mm (No. 8) sebagai pengganti saringan ukuran 4,75 mm (No.4). Sebagai pilihan, pisahkan material yang lebih halus dari saringan ukuran 4,75 mm (No.4) dan ujilah material tersebut menurut SNI 03 – 1970 – 1990.

3. Berat contoh uji minimum untuk digunakan disajikan di bawah ini. Di dalam banyak kejadian mungkin saja diinginkan untuk menguji suatu agregat kasar dalam beberapa ukuran terpisah per fraksi; dan jika contoh uji mengandung lebih dari 15 persen yang tertahan di atas saringan ukuran 37,5 mm (No. 1½ inci), maka ujilah material yang lebih besar dari 37,5 mm di dalam satu atau lebih ukuran fraksi secara terpisah dari ukuran yang lebih kecil. Apabila suatu agregat diuji dalam ukuran fraksi yang terpisah, berat contoh uji minimum untuk masing-masing fraksi harus merupakan perbedaan antara berat yang telah ditentukan untuk ukuran minimum dan maksimum dari fraksi tersebut.
4. Jika contoh diuji dalam dua fraksi atau lebih, tentukanlah susunan butiran (gradasi) contoh sesuai dengan SNI 03 1974 – 1990, termasuk saringan yang dipergunakan untuk memisahkan fraksi di dalam cara uji ini. Dalam menghitung persentase material dalam setiap ukuran, abaikanlah jumlah material yang lebih halus dari pada saringan ukuran 4,75 mm (No.4) atau saringan ukuran 2,36 mm (No. 8) apabila digunakan seperti yang dijelaskan pada pasal 5, butir b.

Urutan proses pengujian berat jenis agregat kasar adalah sebagai

berikut :

1. mengeringkan contoh uji tersebut sampai berat tetap dengan temperatur $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, dinginkan pada temperatur kamar selama satu sampai tiga jam untuk contoh uji dengan ukuran maksimum nominal 37,5 mm (Saringan No. 1 $\frac{1}{2}$ in.) atau lebih untuk ukuran yang lebih besar sampai agregat cukup dingin pada temperatur yang dapat dikerjakan pada temperatur (kira-kira 50°C). Sesudah itu rendam agregat tersebut di dalam air pada temperatur kamar selama (24 ± 4) jam. Pada saat menguji agregat kasar dengan ukuran maksimum yang besar, akan memerlukan contoh uji yang lebih besar, dan akan lebih mudah di uji dalam dua atau lebih contoh yang lebih kecil, kemudian nilai-nilai yang diperoleh digabungkan dengan perhitungan-perhitungan pada pasal 7.
2. Apabila nilai-nilai penyerapan dan berat jenis akan dipergunakan dalam menentukan proporsi campuran beton yang agregatnya akan berada pada kondisi alaminya, maka persyaratan untuk pengeringan awal sampai berat tetap dapat dihilangkan, dan jika permukaan partikel butir contoh terjaga secara terus menerus dalam kondisi basah, perendaman sampai (24 ± 4) jam juga dapat dihilangkan. Sebagai catatan nilai-nilai untuk penyerapan dan berat jenis curah (jenuh kering permukaan) mungkin lebih tinggi untuk agregat yang tidak kering oven sebelum direndam dibandingkan dengan agregat yang sama tetapi diperlakukan seperti pada pasal 6 butir a. Hal ini jelas, khususnya untuk partikel butiran yang lebih besar dari 75 mm (3 inci) karena air tidak mungkin mampu masuk sampai pusat butiran dalam waktu perendaman seperti yang disyaratkan.

3. Memindahkan contoh uji dari dalam air dan guling-gulingkan pada suatu lembaran penyerap air sampai semua lapisan air yang terlihat hilang. Keringkan air dari butiran yang besar secara tersendiri. Aliran udara yang bergerak dapat digunakan untuk membantu pekerjaan pengeringan. Kerjakan secara hati-hati untuk menghindari penguapan air dari pori-pori agregat dalam mencapai kondisi jenuh kering permukaan. Tentukan berat benda uji pada kondisi jenuh kering permukaan. Catat beratnya dan semua berat yang sampai nilai 1,0 gram terdekat atau 0,1 persen yang terdekat dari berat contoh, pilihlah nilai yang lebih besar.
4. Setelah ditentukan beratnya, segera tempatkan contoh uji yang berada dalam kondisi jenuh kering permukaan tersebut di dalam wadah lalu tentukan beratnya di dalam air, yang mempunyai kerapatan $(997 \pm 2) \text{ kg/m}^3$ pada temperatur $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$. Hati-hatilah sewaktu berusaha menghilangkan udara yang terperangkap sebelum menentukan berat tersebut, menggoncangkan wadah dalam kondisi terendam. Wadah tersebut harus terendam dengan kedalaman yang cukup untuk menutup contoh uji selama penentuan berat. Kawat yang menggantungkan kontainer tersebut harus memiliki ukuran praktis yang paling kecil untuk memperkecil kemungkinan pengaruh akibat perbedaan panjang kawat yang terendam
5. Mengeringkan contoh uji tersebut sampai berat tetap pada temperatur $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, dinginkan pada temperatur-kamar selama satu sampai tiga jam, atau sampai agregat telah dingin pada suatu temperatur yang dapat dikerjakan pada.

Langkah-langkah perhitungan pengujian berat jenis agregat kasar :

1. Berat jenis curah kering.

Lakukanlah perhitungan berat jenis curah kering (S_d), pada temperatur air 23°C / temperatur agregat 23°C dengan rumus berikut ini:

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{B-C} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

A : berat benda uji oven (gram)

B : berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C : berat benda uji dalam air (gram)

2. Berat jenis curah (jenuh kering permukaan)

Lakukan perhitungan berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s), pada temperatur air 23°C / temperatur agregat 23°C dalam basis jenuh kering permukaan dengan rumus berikut ini :

$$\text{Berat jenis curah (Jenuh Kering Permukaan)} = \frac{B}{B-C} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = berat benda uji dalam air (gram)

3. Berat jenis semu

Lakukan perhitungan berat jenis semu (S_a), pada temperatur air 23°C / temperatur agregat 23°C dengan cara berikut ini.

$$\text{Berat jenis Semu} = \frac{A}{A-C} \dots\dots\dots (2.3)$$

A = berat benda uji kering oven (gram)

C = berat benda uji dalam air (gram)

4. Penyerapan air

Hitung persentase penyerapan air (S_w) seperti dengan cara :

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{B-A}{B} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

B : berat benda uji kering oven (gram)

A : berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

2.1.2.2 Uji Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian berat jenis agregat halus bertujuan untuk acuan para penguji di laboratorium untuk menguji agregat halus. Cara uji ini setelah (24 ± 4) jam didalam air berat jenis curah kering dan berat jenis semu, berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan, serta penyerapan air.

Peralatan yang digunakan dalam proses pengujian berat jenis agregat halus yaitu:

1. Timbangan
2. Piknometer
3. Cetakan
4. Batang penumbuk
5. Oven
6. Alat pengukur
7. Alat bantu lain
8. Pompa vakum atau alat pemanas untuk mengeluarkan gelembung
9. Saringan dengan ukuran bukaan 4,75 mm (no4)
10. Talam
11. Bejana tempat air

Langkah-langkah pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus yaitu :

1. Perhatikan agregat halus beratnya harus sampai ketelitian 0,1 gram.
2. Isi piknometer dengan air sebgayaan saja, setelah itu masukan ke dalam piknometer (500+10) gram agregat halus dalam kondisi jenuh kering permukaan yang telah dipersiapkan sebelum nya. Tambahkan kembali air kira-kira 90% kapasitas piknometer. Putar dan guncangkan piknometer dengan tangan untuk menghilangkan gelembung udara yang terdapat di dalam air. Cara uji lain yang dapat digunakan untuk mempercepat pengeluaran gelembung udara dari dalam air diperbolehkan asalkan tidak menimbulkan pemisahan dan merusak butiran agregat. Sesuaikan temperatur piknometer, air dan agregat pada $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, apabila diperlukan rendam dalam air yang bersirkulasi. Penuhi piknometer sampai batas pembacaan pengukuran. Timbang berat total dari piknometer, benda uji dan air. Untuk menghilangkan gelembung udara dari dalam air membutuhkan waktu 15-20 menit bila dilakukan secara manual.

Cara alternatrif diantaranya :

- Menentukan berat dapat dilakukan dengan menghitung jumlah air yang dibutuhkan untuk mengisi piknometer pada temperatur yang ditentukan secara volumetrik dengan menggunakan buret yang keteltianya.
- Menggunakan labu Le Chatelier adalah dengan mengisi labu tersebut dengan air sampai pada posisi garis yang berada di antara 0 dan 1 ml. Catat pembacaan ini pada temperatur $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$. Masukan 55 gram agregat halus kondisi jenuh kering permukaan ke dalam labu. Setelah

semua agregat halus dimasukan, pasang tutup labu dan putar labu dengan sedikit dimiringkan untuk mengeluarkan gelembung udara yang terjebak, lanjutkan hingga tidak ada lagi gelembung yang naik ke permukaan. Baca posisi akhir pada labu ukur. Jika menggunakan alkohol untuk menghilangkan buih di permukaan air, volume alkohol yang dipergunakan (tidak lebih dari 1 ml) harus dikurangi pada pembacaan terakhir (R2).

3. Mengeluarkan agregat halus dari dalam piknometer, keringkan sampai berat tetap pada temperatur $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, diinginkan pada temperatur ruang selama $(1,0 \pm 0,5)$ jam dan timbang beratnya. Pada saat mengeringkan dan menimbang berat benda uji dari dalam piknometer, sisa dari contoh uji dalam kondisi jenuh kering permukaan boleh digunakan untuk menimbang berat kering ovennya. Benda uji ini harus diambil pada saat yang bersamaan dan selisih beratnya hanya 0,2 gram. Jika labu Le Chatelier digunakan, akan diperlukan benda uji yang terpisah, keringkan sampai berat tetap kemudian timbanglah kembali benda uji ini harus diambil pada saat yang bersamaan dengan yang dimasukan ke dalam labu *Le Chatelier*.
4. Menimbang berat piknometer pada saat terisi air saja sampai batas pembacaan yang ditentukan pada $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$.

2.1.3 Uji Kadar Lumpur Agregat Halus

Uji kadar lumpur untuk memperoleh persentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No 200 (0,075mm), sehingga berguna bagi perencanaan dan pelaksana. Pengujian ini meliputi persyaratan, ketentuan-ketentuan, cara

pengujian agregat untuk menentukan persen bahan dalam agregat yang lolos saringan No 200 (0,075 mm).

Peralatan yang digunakan yaitu :

1. Saringan

Saringan menggunakan dua ukuran No 200 (0,075 mm) dan diatasnya saringan No 16 (1,18 mm)

2. Wadah

Wadah untuk menampung benda uji pada waktu pelaksanaan

3. Timbangan

Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat benda uji

4. Oven

Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai (110-5)°C;

2.1.4 Uji Analisa Saringan

Uji analisa ini bertujuan untuk pemeriksaaan menentukan pembagian agregat halus dan agregat kasar. Pengujian analisa agregat penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir.

Perlatan yang dibutuhkan sebagai berikut :

1. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji

2. Satu set saringan; 37,5 m (3"); 63,5 mm (2½"); 50,8 mm (2"); 19,1 mm (¾"); 12,5 mm (½); 9,5 mm (¾); No.4 (4,75mm); No.8 (2,36 mm); No.16 (1,18 mm); No.30 (0,600 mm); No.50 (0,300 mm); No.100 (0,150 mm); No 200 (0,075 mm);

3. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$;
4. Mesin pengguncang saringan
5. Talam-talam
6. Kuas
7. Sikat kuningan dan alat-alat lainnya

Urutan proses dalam pengujian sebagai berikut :

1. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, Sampai berat tetap;
2. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

2.1.5 Uji Berat Volume Agregat

Cara pengujian ini menentukan berat isi campuran beton dan beberapa formula untuk menghitung volume produksi campuran, kadar semen dan kadar udara dalam beton

Peralatan yang dibutuhkan dalam uji berat volume agregat yaitu:

1. Timbangan
2. Batang penusuk
3. Penggetar/vibrator
4. Wadah ukur
5. Palu karet

Tata cara pelaksanaan uji berat volume agregat yaitu :

1. Pemilihan metode pemadatan

Pemilihan pemadatan berdasarkan nilai uji slump ditentukan dalam spesifikasi. Untuk uji nilai slump yang terletak diantara 25 -75 mm pemadatan dapat dilakukan dengan cara ditumbuk atau penggetaran (vibrator)

2. Pemadatan

Beton terbagi dalam tiga lapis dengan volume yang sama pada setiap lapis. Untuk wadah ukur yang digunakan dengan volume 14 liter atau lebih kecil, tusuk-tusuk setiap lapis dengan batang penusuk. Penusukan dilakukan secara merata di atas penampang melintang wadah ukur dan untuk dua lapis di atasnya. Setelah setiap lapis ditusuk, pukul-pukul setiap sisi menggunakan palu untuk mengurangi jumlah pori dalam beton

3. Penggetaran internal

Tempatkan campuran beton dalam setiap lapis dalam wadah ukur sebelum penggetaran dimulai pada lapis tersebut. Masukkan alat penggetar pada tiga tempat yang berbeda di setiap lapis.

4. Penyelesaian pemadatan

Setelah penyelesaian pemadatan, wadah ukur tidak boleh dalam keadaan kekurangan maupun kelebihan beton.

5. Pembersihan dan penimbangan

Tentukan berat beton dan wadah ukur dengan timbangan sesuai dengan persyaratan untuk hasil yang akurat.

2.2 Zat Tambah Abu Daun Bambu

Zat tambah yang digunakan pada beton disebut juga admixture atau bahan tambah kimia yang ditambahkan pada material campuran beton. Abu daun bambu mengandung silika mencapai 75,90 – 92,78 %. Silika merupakan bahan material yang terdapat pada semen yang berfungsi sebagai pengikat material beton.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia

Material	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	Mn (%)	CdO (%)
Abu Daun Bambu	92,78	0,58	4,01	0,84	0,05	0,49	0,01
	Cl (%)	SrO (%)	Sc ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	SO ₃ (%)	Fe (%)
	0,02	0,01	0,01	0,26	0,01	1,42	1,00
	Zn (%)	Si (%)	S (%)	K (%)	Sc (%)	Ti (%)	Cr (%)
	0,04	88,5	1,4	1,62	0,01	0,07	0,02
	Ca (%)	Sr (%)					
	6,79	0,02					

2.3 Perancangan Campuran Beton

Beton campuran antara semen hidraulik atau semen Portland yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau zat tambah membentuk benda padat, beton normal mempunyai berat jenis 2400 kg/m³.

Syarat Perancangan Campuran beton sebagai berikut :

1. Kuat tekan Rencana

Beton yang direncanakan harus memenuhi persyaratan kuat tekan rata-rata, yang telah memenuhi syarat data deviasi berdasarkan standar hasil uji tekan yang lalu (umur 28 hari) untuk kondisi dan jenis konstruksi yang sama.

Bahan-bahan penyusun campuran beton adalah sebagai berikut :

- a) Air
- b) Semen
- c) agregat

$$s = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

S = Standar deviasi

xi = nilai x ke-i

$\bar{x}$ = nilai rata-rata data

n = jumlah nilai hasil uji, yang diambil minimum 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji)

dua hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus sebagai berikut :

- a) mewakili bahan, bahan prosedur pengawasan mutu dari kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan;
- b) mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan f'_c yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai f_{cr} yang ditentukan;
- c) paling sedikit terdiri dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari

- d) bila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi pasal 4.3.2.1 butir 1), tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali dari tabel

Tabel 2.2 Faktor Pengali Deviasi Standar

Jumlah pengujian	Faktor pengali deviasi standar
Kurang dari 15	Lihat 4.3.2.1.
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

(Sumber : SNI-03-2834-2000)

- e) Bila data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar yang memenuhi persyaratan butir 1) di atas tidak tersedia, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan f_{cr} harus diambil tidak kurang dari $(f' + 12 \text{ MPa})$;

Nilai tambah dihitung menurut rumus

$$M = 1,64 \times s_r ;$$

Keterangan:

M = Nilai tambah

1,64 = tetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase

kegelapan hasil uji sebesar maksimum 5%

s_r = Deviasi standar rencana

Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan dihitung menurut rumus berikut:

$$F_{cr} = f'_c + M$$

$$F_{cr} = f'_c + 1,64 S_{cr}$$

- Pemilihan faktor air semen

Pemilihan faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan didasarkan:

- a) Hubungkan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 2 dan Grafik 1 atau 2
- b) Lingkungan khusus, faktor air semen maksimum harus memenuhi SNI 03-2914-1994 tentang spesifikasi beton bertulang kedap air, (tabel 4,5,6).

- Slump

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, didapatkan dan diratakan.

- Besar butir agregat maksimum

Besar butir agregat maksimum tidak boleh melebihi :

- a) Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan
- b) Sepertiga dari tebal plat
- c) Tiga perempat dari jarak bersih minimum diantara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

- Kadar air bebas

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

a) Agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada tabel 2 dan grafik 1 atau 2;

b) Agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$$

Keterangan:

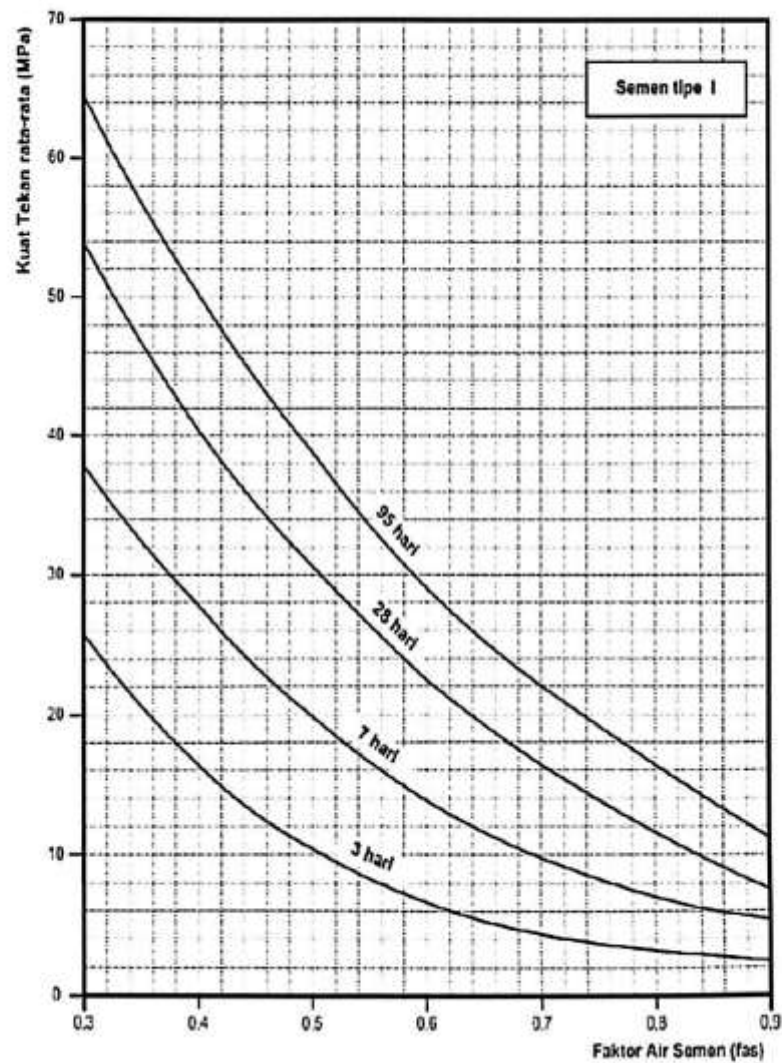
W_h = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus

W_k = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar pada tabel

Tabel 2.3 Perkiraan kekuatan tekan (MPa) Beton dengan faktor air semen dan agregat kasar dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

Jenis semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)			
		Pada umur (hari)			
		3	7	28	29
Semen Portland Tipe 1	Batu rak dipecahkan	17	23	33	40
	Batu pecah	19	27	37	45
Semen tahan Sulfat Tipe II,V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48
	Batu pecah	25	32	45	54
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44
	Batu pecah	19	27	37	45
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53
	Batu pecah	30	40	53	60

(Sumber : SNI-03-2834-2000)



CS Scanned with CamScanner

Gambar2.1 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (Benda Uji Berbentuk Silinder Diameter 150 mm, Tinggi 300 mm)

(Sumber : SNI-03-2834-2000)

Tabel 2.4 Perkiraan kadar air bebas (Kg/m^3) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	--	--	--	--
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber : SNI-03-2834-2000)

Catatan : Untuk suhu di atas 25°C , Setiap kenaikan 5°C harus ditambah air 5 l/m^2 adukan beton.

Tabel 2.5 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum
untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus

Lokasi ---	Jumlah Semen Minumum Per m ³ beton (kg)	Nilai faktor air- Semen maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,6
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton masuk ke dalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Lihat tabel
Beton yang kontinu berhubungan :		
a. Air tawar		
b. Air laut		Lihat tabel

(Sumber : SNI-03-2834-2000)

Tabel 2.6 Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat

Kadar Gangguan Sulfat	Konsentras sulfat sebagai SO_3			Tipe semen	Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (Kg/M ³)			Faktor Air semen	
	Dalam tanah		Sulfat (SO_3) Dalam air tanah g/l						
	Total SO_3 (%)	SO_3 Dalam campuran air Tanah = 2:1 g/l			40 Mm	20 mm	10 mm		
1	Kurang dari 0,2	Kurang dari 1,0	Kurang dari 0,3	Tipe I dengan atau tanpa pozolan (15-40%)	80	300	350	0,5	
2				Tipe I dengan atau tanpa pozolan (15-40%)	290	330	350	0,5	
				Tipe I dengan atau tanpa pozolan (15-40%)	270	310	360	0,55	
				Tipe II atau Tipe V	250	290	340	0,55	
3	0,5-1	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe II atau tipe V	340	380	430	0,45	
				Tipe II atau tipe V	290	330	380	0,5	
4	1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tipe II atau Tipe V	330	370	420	0,45	
5	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Tipe II atau Tipe V Lapisan pelindung	330	370	420	0,45	

(Sumber : SNI-2834-2000)

Tabel 2.7 Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air

Jenis beton	Kondisi lingkungan yang berhubungan dengan	Faktor air semen maksimum	Tipe semen	Kandungan semen minimum (kg/m ³) Ukuran nominal maksimum agregat	
				40 mm	20 mm
Bertulang atau prategang	Air tawar Air payau	0,5 0,45	Tipe – V Tipe 1 + Pozolan (k15-40%) atau Semen Portland Pozalen Tipe II atau Tipe V	280	300
	Air laut	0,5 0,45		340	380

(Sumber : SNI-03-2834-2000)

Tabel 2.8 Persyaratan batas-batas susunan besar butir agregat kasar (kerikil atau koral)

Ukuran mata ayakan (mm)	Persentase berat bagian yang lewat ayakan ukuran nominal agregat (mm)		
	38-4,76	19-4,76	9,6-4,76
38,1	95-100	100	
19	37-70	95-100	100
9,52	10-40	30-60	50,85
4,76	0-5	0-10	0-10

(Sumber : SNI-03-2834-2000)

2. Berat Jenis Relatif Agregat

Berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut :

1) Data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai bawah ini :

- Agregat tak pecah : 2,5
- Agregat dipecah : 2,6 atau 2,7

2) Berat jenis agregat gabungan dihitung sebagai berikut:

Berat jenis agregat gabungan = persentase agregat halus x berat jenis agregat halus + persentase agregat kasar x berat jenis agregat kasar

3. Proporsi Campuran Beton

Proporsi campuran beton (semen, air, agregat halus dan agregat kasar) harus dihitung dalam kg/m³ adukan

4. Koreksi Proporsi Campuran.

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran halus dikoreksikan terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan dihitung menurut rumus sebagai berikut :

$$\text{Air} = B - (C_k - C_a) \times C/100 - (D_k - D_a) \times D/100; \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\text{Agregat halus} = C + (C_k - C_a) \times C/100 ; \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\text{Agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times D/100 \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

B = jumlah air

C = jumlah agregat halus D adalah jumlah agregat kasar

C_a = absorpsi air pada agregat halus (%) D_a adalah absorpsi agregat kasar (%)

C_k = kandungan air dalam agregat halus (%) D_k adalah kandungan air dalam agregat kasar (%)

Langkah-langkah pembuatan rencana campuran beton normal dilakukan sebagai berikut :

- 1) Mengambil kuat tekan beton yang disyaratkan f_{Xc} pada umur tertentu;
- 2) Menghitung deviasi standar menurut ketentuan butir 4.3.2.1 ;
- 3) Menghitung nilai tambah menurut butir 4.3.1.2)
- 4) Menghitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan f_{Xcr} menurut butir 4.2.3.1.3);
- 5) Tetapkan jenis semen;
- 6) Menentukan jenis agregat kasar dan agregat halus, agregat ini dapat dalam bentuk tak dipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan;
- 7) Menentukan faktor air semen menurut butir 4.2.3.2 Bila dipergunakan grafik 1 atau 2 ikuti langkah-langkah berikut :
 - Menentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 2, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai;
 - Lihat grafik 1 untuk benda uji berbentuk silinder atau grafik 2 untuk benda uji berbentuk kubus;
 - Tarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir 1 di atas
 - Tarik garis lengkung melalui titik titik pada sub. Butir 3 secara proposional;
 - Tarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 4 diatas;

- Tarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapat faktor air semen yang diperlukan;
- 8) Menetapkan faktor air semen maksimum menurut butir 4.2.3.2.3 (dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak). Jika nilai faktor air semen yang diperoleh dari butir di atas lebih kecil dari dikehendaki, maka yang dipakai yang terendah;
 - 9) Tetapkan slump;
 - 10) menetapkan ukuran agregat maksimum jika tidak ditetapkan lihat butir 4.2.3.4 ;
 - 11) Menentukan nilai kadar air bebas menurut butir 4.2.3.5 dari tabel 3
 - 12) Menghitung jumlah semen yang besarnya adalah kadar semen adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen;
 - 13) menjumlahkan semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan;
 - 14) Menentukan jumlah semen semimum mungkin. Jika tidak lihat table 4.5.6 jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan;
 - 15) Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen minimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali;
 - 16) Menentukan susunan butir agregat halus (pasir kalau agregat halus sudah dikenal dan sudah dilakukan analisa ayak menurut standar yang berlaku, maka kurva dari pasir ini dapat dibandingkan dengan kurva-

kurva yang tertera dalam grafik 3 sampai dengan 6 atau gabungkan pasir pasir tersebut seperti pada table 8;

- 17) Menentukan susunan agregat kasar menurut grafik 7,8 atau 9 bila lebih dari satu macam agregat kasar gabungkan seperti table 9.
- 18) Menentukan persentase pasir dengan perhitungan atau menggunakan grafik 13 sampai dengan 15; dengan diketahui ukuran butir agregat maksimum menurut 10. Slumps menurut butir 9, faktor air semen menurut butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik. Jumlah ini adalah jumlah seluruhnya dari pasir atau fraksi agregat yang lebih halus dari 5mm. Dalam agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia seringkali dijumpai bagian yang lebih halus dari 5mm dalam jumlah yang lebih dari 5 persen
- 19) Menghitung berat jenis relative agregat menurut butir 4.2.3.6;
- 20) Menentukan berat isi beton menurut grafik 16 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari tabel 3 dan berat jenis relatif dari agregat gabungan menurut butir 18;
- 21) Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas;
- 22) Menghitung kadar agregat halus besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21;
- 23) Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi kadar agregat halus butir 22; dari

langkah-langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1m^3 beton;

- 24) Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan;
- 25) mengoreksi proporsi campuran menurut perhitungan pada butir 4.2.3.8;
- 26) Membuat campuran uji, ukur dan catatlah besarnya slump serta kekuatan tekan yang sesungguhnya, perhatikan hal berikut:
 - Jika harga yang didapat sesuai dengan harga yang diharapkan, maka susunan campuran beton tersebut dikatakan baik. Jika tidak maka campuran perlu dibetulkan;
 - Kalau slumpnya ternyata terlalu tinggi atau rendah, maka kadar air perlu dikurangi atau ditambah (demikian juga kadar semennya, karena faktor air semen harus dijaga agar tetap tak berubah);
 - Jika kekuatan beton dari campuran ini terlalu tinggi atau rendah, maka faktor air semen dapat atau harus ditambah atau dikurangi sesuai dengan Grafik 1 atau 2

27) Notasi

f : Kuat tekan beton yang disyaratkan

$\text{MPa } f_{cr}$: Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan

s : deviasi standar, MPa

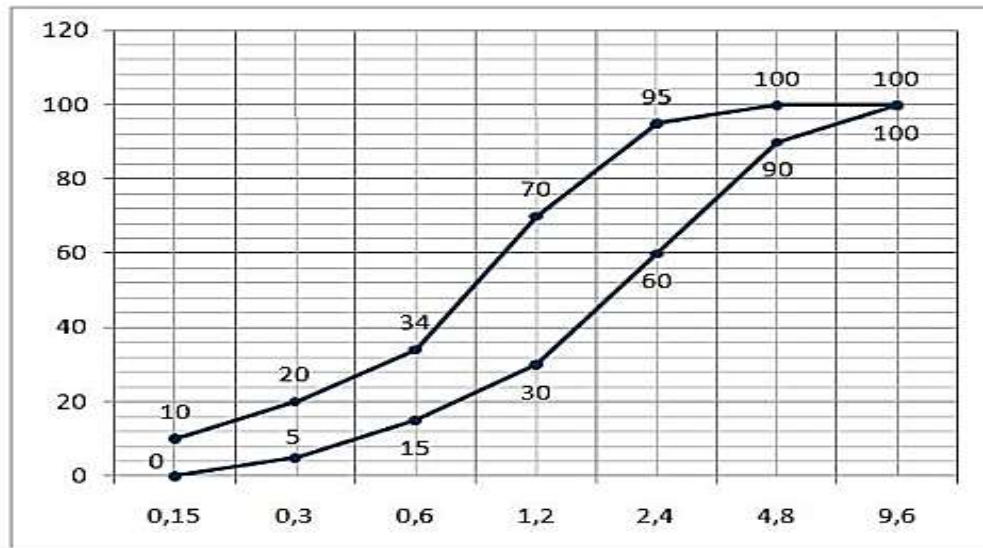
M : margin

K : tetapan statistic yang tergantung pada banyaknya bagian

Yang cacat

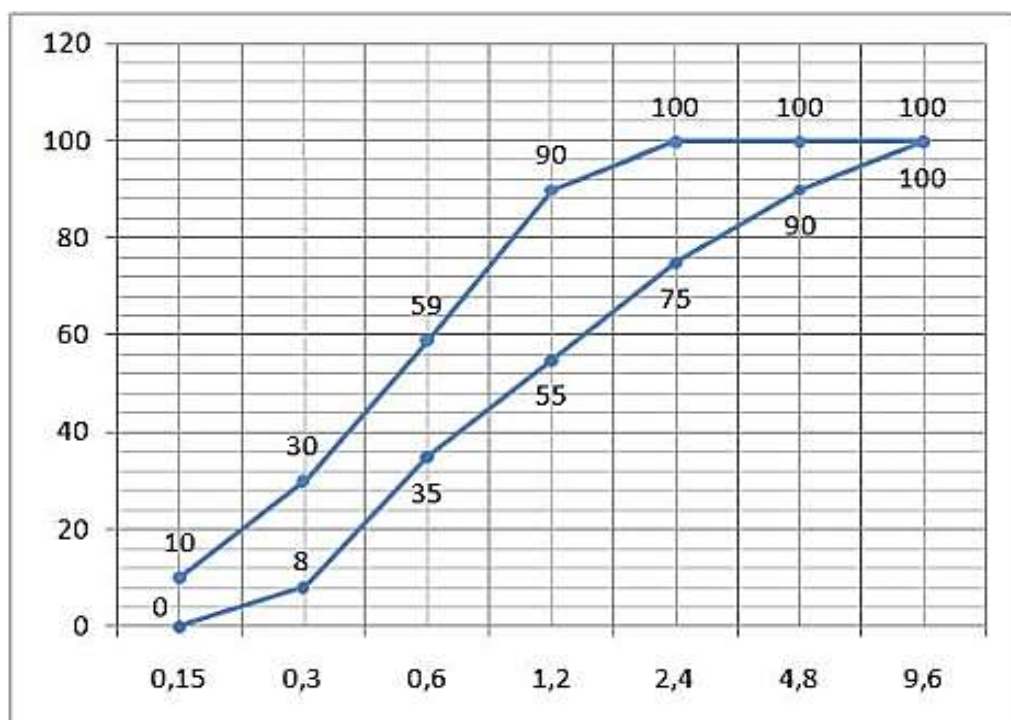
S : kondisi jenuh permukaan kering

28) Grafik



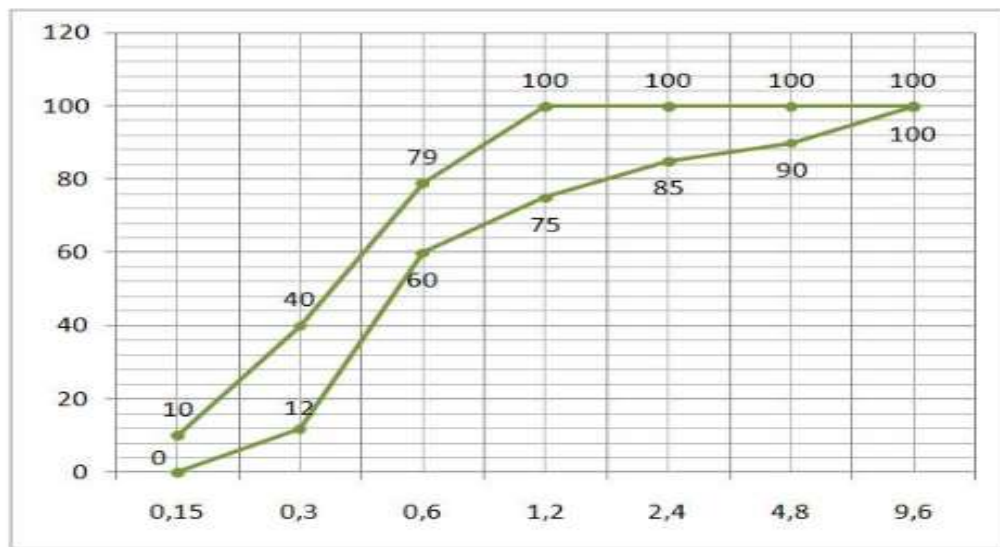
Gambar 2.2 Grafik batas gradasi agregat halus

(Sumber : SNI-03-2834-2000)



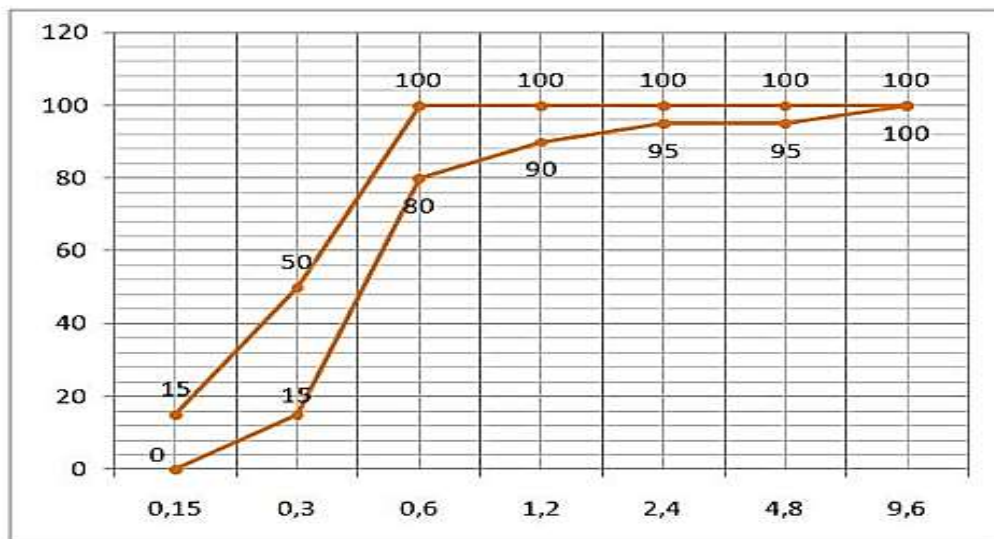
Gambar 2.3 Grafik batas gradasi agregat halus (sedang)

(Sumber : SNI-03-2834-2000)



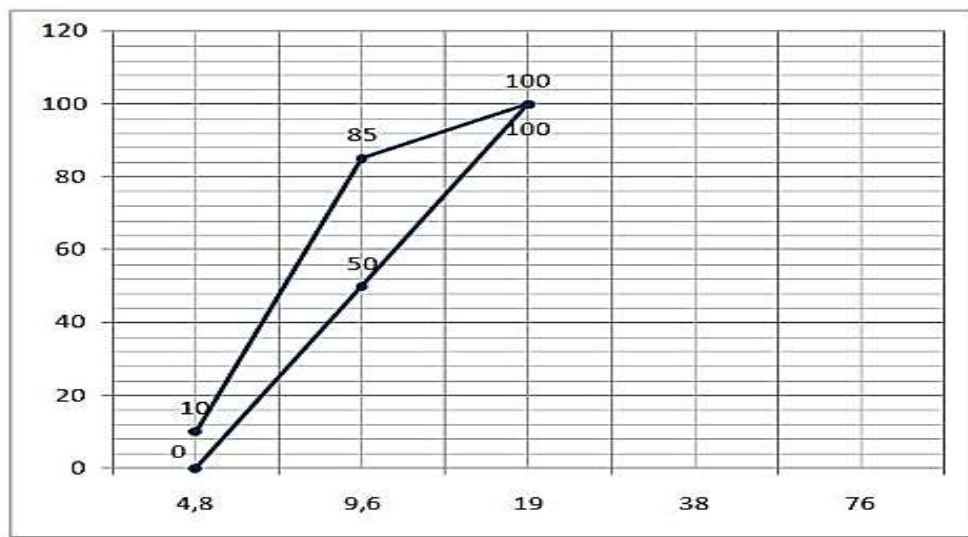
Gambar2.4 Grafik batas gradasi agregat halus No 3

(Sumber : SNI-03-2834-2000)



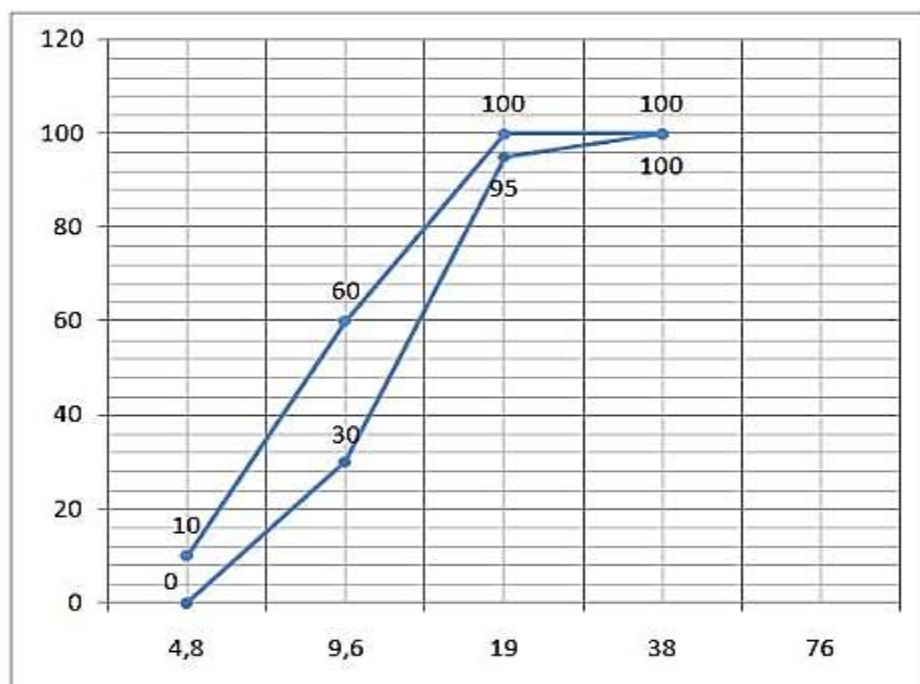
Gambar2.5 Grafik batas gradasi agregat halus dalam daerah No.4

(Sumber : SNI-03-2834-2000)



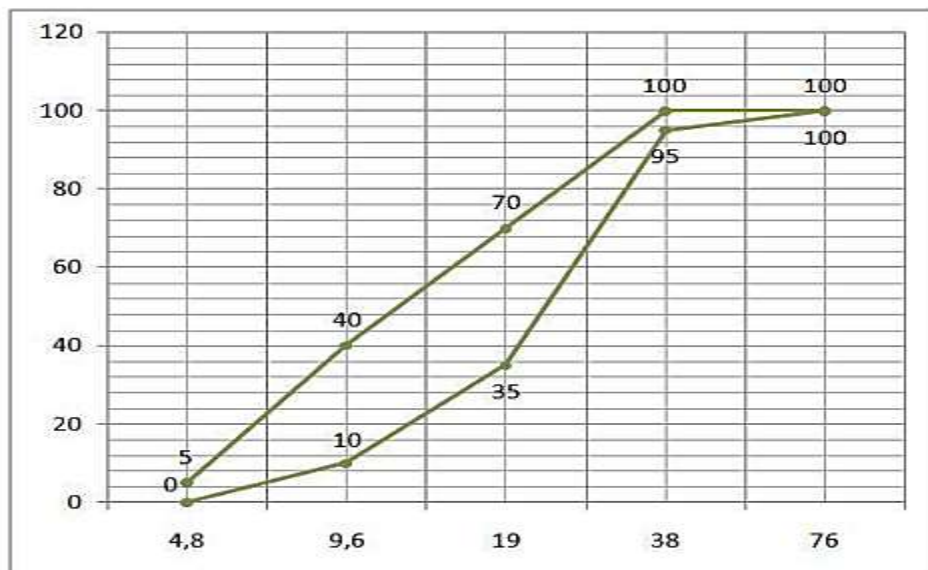
Gambar2.6 Grafik batas gradasi agregat kasar ukuran maksimum 10 mm

(Sumber : SNI-03-2834-2000)



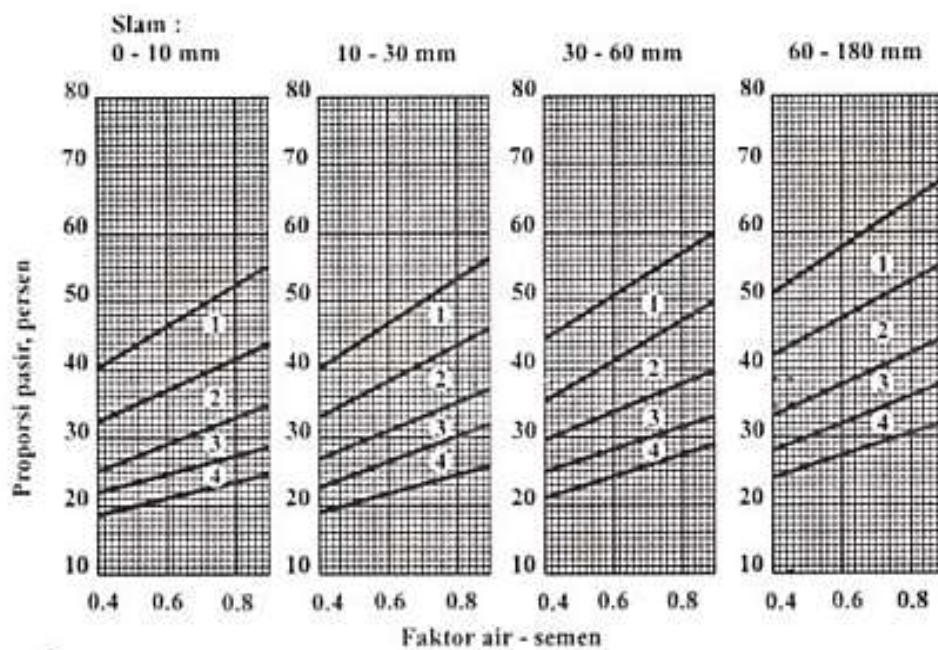
Gambar2.7 Grafik batas gradasi agregat kasar ukuran maksimum 20 mm

(Sumber : SNI-03-2834-2000)



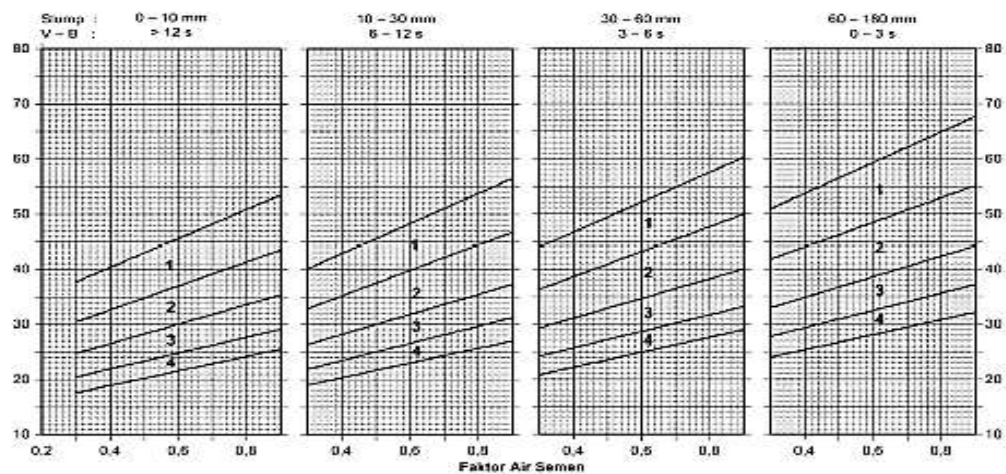
Gambar 2.8 Grafik batas gradasi agregat kasar ukuran maksimum 40 mm

(Sumber : SNI-03-2834-2000)



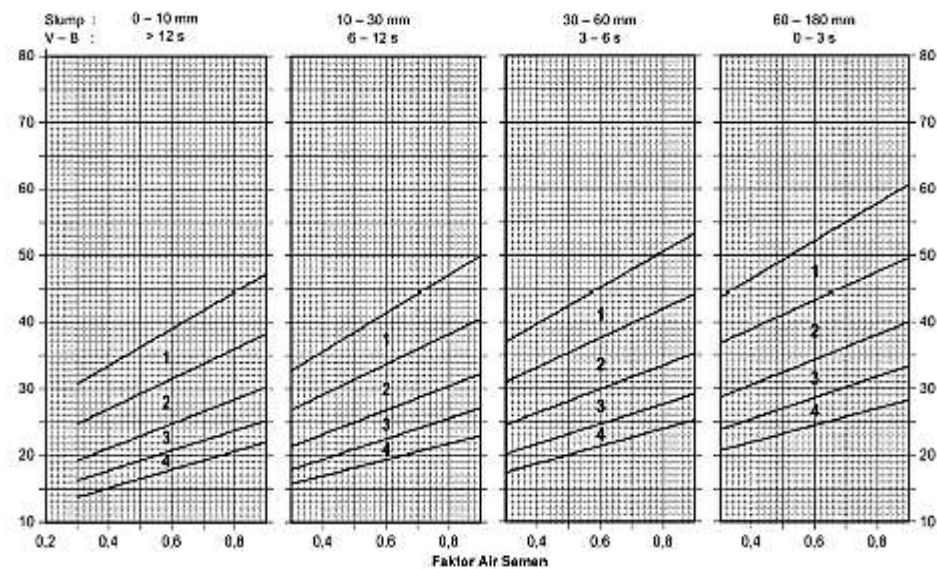
Gambar 2.9 Grafik persentase agregat halus terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm

(Sumber : SNI-03-2834-2000)



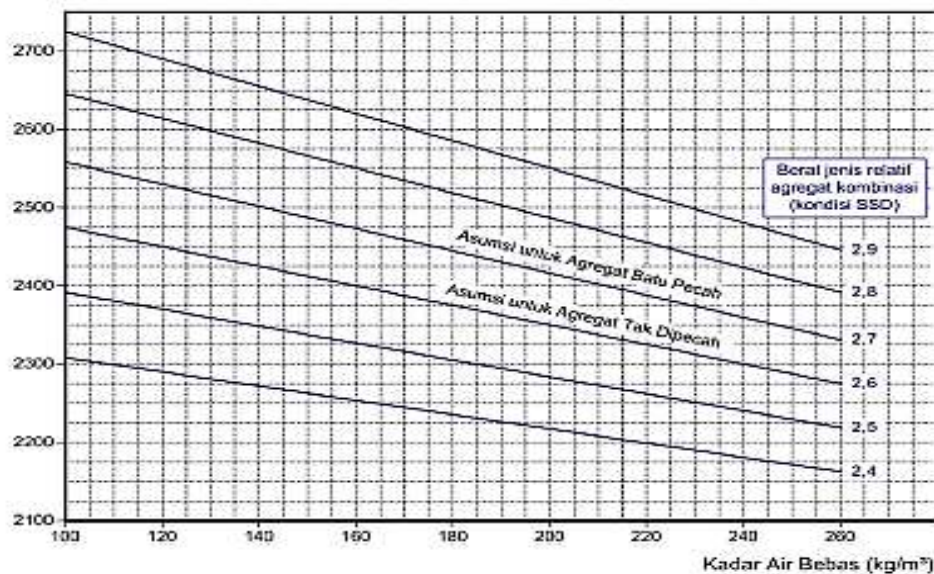
Gambar2.10 Grafik persen agregat halus terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm

(Sumber : SNI-03-2834-2000)



Gambar2.11 Grafik persen agregat halus terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm

(Sumber : SNI-03-2834-2000)



Gambar2.12 Grafik perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapatkan

(Sumber : SNI-03-2834-2000)

2.4 Pengujian Nilai *Slump* (*SlumpTest*)

Pengujian nilai *slump* ini bertujuan untuk memantau homogenitas dan *workability* adukan beton segar untuk mencari suatu kekentalan tertentu yang dinyatakan dengan satu nilai *slump*. Kondisi laboratorium dengan material beton yang terkendali secara ketat, nilai *slump* umumnya meningkat sebanding dengan nilai kadar air campuran beton, dengan demikian berbanding terbalik dengan kekuatan beton.

Peralatan yang digunakan sebagai berikut:

1. Alat uji

Alat uji harus terbuat dari logam yang tidak lengket dan tidak bereaksi dengan semen. Cetakan berbentuk kerucut dengan diameter 203 mm,

diameter atas 102 mm, tinggi 305 mm. Cetakan harus dilengkapi dengan bagian injakan kaki dan untuk pegangan seperti gambar.

2. Cetakan dengan material alternatif

Cetakan yang bukan dari bahan logam diperbolehkan bila memenuhi persyaratan. Cetakan harus diuji coba untuk mendapatkan hasil-hasil yang dapat dibandingkan dengan hasil-hasil yang diperoleh jika menggunakan cetakan logam yang sesuai persyaratan. Cetakan harus cukup kaku untuk menjaga ukuran yang telah ditetapkan dan toleransi selama penggunaan, tahan terhadap gaya tumbuk dan harus tidak menyerap air. Uji banding harus terdiri minimum 10 sampel pada masing-masing dari tiga nilai slump yang berbeda dengan rentang dari 50 mm sampai 125 mm. Tidak boleh ada hasil-hasil uji *slump* individual yang berbeda lebih dari 15 mm dari hasil yang diperoleh dengan menggunakan cetakan logam.

3. Batang penusuk

Batang penusuk harus merupakan suatu batang baja yang lurus, penampang lingkaran dengan diameter 16 mm dan panjang sekira 600 mm, memiliki salah satu atau kedua ujung berbentuk bulat setengah bola dengan diameter 16 mm.

2.5 Pemeliharaan Uji Beton

Tata cara ini mencakup prosedur pembuatan dan perawatan spesimen silinder dan balok dari sample yang mewakili beton segar untuk suatu proyek konstruksi. Beton yang digunakan untuk membuat spesimen yang dicetak harus merupakan sample yang sesuai dengan proporsi campuran yang telah

direncanakan, termasuk penambahan air pencampur dan bahan campuran tambahan. Standar ini tidak berlaku untuk pembuatan spesimen dari beton yang tidak mempunyai *slump* terukur atau spesimen dengan ukuran atau bentuk lain.

Tatacara untuk pemeliharaan beton yaitu :

1. Perawatan standar

Metode perawatan standar digunakan bila spesimen dibuat dan dirawat untuk tujuan yang dijelaskan dalam SNI-4810-2013

2. Penyimpanan

Jika spesimen tidak bisa dicetak di tempat di mana spesimen akan menerima perawatan awal untuk disimpan. Lantai pendukung untuk tempat penyimpanan spesimen harus rata atau dengan kemiringan tidak lebih dari 20 mm/m. Jika cetakan sekali pakai silinder beton dipindahkan, angkat dan tahan bagian bawah silinder dengan sendok aduk yang besar atau dengan alat yang serupa. Segera perbaiki, jika permukaan bagian atas rusak sewaktu pemindahan spesimen ke tempat penyimpanan awal.

3. Perawatan awal

Segera setelah pencetakan dan *finishing*, spesimen harus disimpan maksimum 48 jam dalam rentang temperatur dari 16°C dan 27°C dan pada suatu lingkaran yang mencegah kehilangan kelembapan pada spesimen. Untuk campuran beton dengan kekuatan yang disyaratkan. Berbagai prosedur yang dapat digunakan selama periode perawatan awal untuk menjaga kondisi kelembapan dan temperatur yang disyaratkan.

Kondisi lingkungan yang baik untuk perawatan awal spesimen dapat dilakukan sebagai berikut:

- 1) Segera rendam spesimen di dalam larutan kapur hidroksida jenuh.
- 2) Segera dalam kotak kayu yang kuat dan rapat
- 3) Ditimbun dengan pasir lembab
- 4) Tutup dengan lembaran plastik
- 5) Masukkan ke dalam kantong atau
- 6) Tutup dengan lembaran plastik atau bahan yang tidak meyerap air, suhu lingkungan harus diatur selama perawatan awal spesimen dengan salah satu prosedur gunakan ventilasi, gunakan es, gunakan pengkondisian temperatur yang dilengkapi thermostat atau gunakan metoda pemanasan dengan lampu.

4. Perawatan akhir

Balok harus dirawat dengan cara sama seperti silinder kecuali bahwa balok harus disimpen dalam air jenuh kalsium hidroksida pada temperatur $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ selama minimal 20 jam sebelum dilakukan pengujian. Pengeringan permukaan balok harus dicegah setelah balok dikeluarkan dari air sampai dilakukan pengujian.

5. Perawatan di Lapangan

Demi kepraktisan perawatan balok dilakukan dengan cara yang sama dengan beton pada struktur. Pada akhir (48 ± 4) jam setelah pencetakan, pindahkan benda uji ke lokasi penyimpanan dan lepaskan cetakan.

2.6 Uji Kuat Tekan Beton

Uji kuat tekan terdiri dari penggunaan beban tekan aksial terhadap benda uji berbentuk silinder. Kuat tekan benda uji dihitung dengan membagi beban maksimum yang diterima selama pengujian dengan luas penampang benda uji.

Hasil pengujian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengendalian mutu dari komposisi campuran beton, proses pencampuran dan kegiatan pengecoran beton; penentuan hasil pekerjaan yang memenuhi spesifikasi dan evaluasi keefektifan bahan tambah serta pengendalian kesetaraan penggunaannya.

Peralatan yang digunakan untuk uji kuat tekan beton :

1. Mesin penguji
2. Landasan beban
3. Penunjujan beban
4. Benda uji

Perhitungan kuat tekan benda uji dengan membagi beban maksimum yang diterima oleh benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang rata yang ditentukan sebagai mana yang diuraikan pada pasal.5 dan nyatakan hasilnya dengan dibulatkan ke 1 (satu) desimal dengan satuan 0,1 MPa.

$$\text{Kuat tekan beton } f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

f'_c = Dinyatakan dalam MPa atau N/mm²

P = Gaya tekan aksial,dinyatakan dalam Newton(N)

A = Luas penampang melintang benda uji (mm²)