

## Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium



© BSN 2011

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN  
Gd. Mangala Wanabakti  
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.  
Telp. +6221-5747043  
Fax. +6221-5747045  
Email: [dokinfo@bsn.go.id](mailto:dokinfo@bsn.go.id)  
[www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)

Diterbitkan di Jakarta

## Daftar isi

Daftar isi .....	i
Prakata .....	iii
1 Ruang lingkup .....	1
2 Acuan normatif .....	1
3 Istilah dan definisi .....	2
4 Peralatan .....	3
4.1 Cetakan .....	3
4.2 Tongkat penusuk .....	4
4.3 Palu karet .....	4
4.4 Alat penggetar .....	4
4.5 Peralatan kecil .....	4
4.6 Alat pengukur slump .....	5
4.7 Wadah pengambilan contoh dan wadah pencampuran .....	5
4.8 Peralatan saringan basah .....	5
4.9 Peralatan untuk mengukur kadar udara .....	5
4.10 Timbangan .....	5
4.11 Pengaduk beton .....	5
5 Benda uji .....	5
5.1 Benda uji silinder .....	5
5.2 Benda uji prisma .....	6
5.3 Benda uji lainnya .....	6
5.4 Perbandingan ukuran benda uji dan ukuran agregat .....	6
5.5 Jumlah benda uji .....	6
6 Persiapan bahan .....	7
6.1 Temperatur .....	7
6.2 Semen .....	7
6.3 Agregat .....	7
6.4 Agregat ringan .....	8
6.5 Bahan tambahan .....	8
7 Cara pembuatan beton .....	9
7.1 Pengadukan beton .....	9
7.1.1 Umum .....	9
7.1.2 Pengaduk mesin .....	9
7.1.3 Pengadukan dengan tangan .....	10
7.1.4 Beton yang diaduk .....	10

**SNI 2493:2011**

7.2	<i>Slump</i> , kadar udara, produksi dan temperatur .....	10
7.2.1	<i>Slump</i> .....	10
7.2.2	Kadar udara.....	10
7.2.3	Produksi .....	10
7.2.4	Temperatur.....	11
7.3	Pembuatan benda uji.....	11
7.3.1	Penempatan cetakan.....	11
7.3.2	Penempatan benda uji.....	11
7.4	Pemadatan .....	12
7.4.1	Metode pemadatan.....	12
7.4.2	Penumbukan .....	12
7.4.3	Penggetaran.....	13
7.4.4	Penggetar eksternal .....	14
7.5	Pekerjaan akhir.....	14
7.5.1	Silinder .....	14
7.5.2	Silinder rangkai yang dicetak mendatar .....	14
8	Perawatan.....	15
8.1	Penutupan setelah pekerjaan akhir.....	15
8.2	Pembukaan cetakan .....	15
8.3	Lingkungan perawatan.....	15
8.4	Benda uji kuat lentur .....	15
9	Ketepatan dan bias .....	15
	Bibliografi.....	17
	Tabel 1 Jumlah lapisan yang diperlukan untuk benda uji .....	11
	Tabel 2 Diameter tongkat penumbuk dan jumlah tumbukan yang digunakan pada pencetakan benda uji .....	13
	Tabel 3 Nilai untuk pernyataan ketepatan sehubungan dengan pembuatan campuran dan pengujian dengan metode yang sesuai .....	16

## Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium merupakan revisi SNI 03-2493-1991, *Metode pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium*, yang diadopsi dari AASHTO T 126-01 (ASTM C 192/C 192 M-95), *Standard method of test for making and curing concrete test specimens in the laboratory*.

Perbedaan yang utama dengan versi SNI sebelumnya terletak pada persiapan, peralatan, persyaratan-persyaratan, serta beberapa penjelasan tambahan dan catatan-catatan, tentang pelaksanaan pekerjaan pembuatan dan perawatan benda uji beton dan tambahan metode serta acuan yang digunakan.

Standar ini disusun oleh Panitia Teknis Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Gugus Kerja Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan pada Subpanitia Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman BSN No. 8 tahun 2000 dan dibahas pada forum rapat konsensus tanggal 21 Mei 2007 di Bandung, dengan melibatkan para nara sumber, pakar dan lembaga terkait.



## **Pendahuluan**

Standar ini menjelaskan persyaratan persiapan material, pencampuran beton serta pembuatan dan perawatan benda uji beton dalam kondisi laboratorium.

Bila persiapan benda uji dikontrol seperti ditetapkan di dalam standar ini, benda uji dapat digunakan untuk mengembangkan informasi untuk tujuan-tujuan sebagai berikut:

- a) Proporsi campuran untuk pekerjaan beton;
- b) Evaluasi berbagai campuran dan material yang berbeda;
- c) Korelasi dengan pengujian yang tidak merusak (*nondestructive tests*);
- d) Penyediaan benda uji bagi tujuan-tujuan penelitian.



## Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium

### 1 Ruang lingkup

Standar ini meliputi cara kerja pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium, di bawah pengendalian secara akurat. Terhadap persyaratan bahan dan kondisi pengujian menggunakan beton yang dapat dipadatkan dengan tongkat pemadat atau penggetar.

Angka-angka dinyatakan dalam Satuan Internasional. Standar ini tidak melibatkan faktor-faktor keamanan dan keselamatan yang berhubungan dengan penggunaannya. Pengguna bertanggung jawab menjaga keamanan dan keselamatan sesuai dengan batasan peraturan.

### 2 Acuan normatif

SNI 03-1969-1990, *Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.*

SNI 03-1970-1990, *Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.*

SNI 03-1971-1990, *Metode pengujian kadar air agregat.*

SNI 03-1972-1990, *Metode pengujian slump beton.*

SNI 03-1973-1990, *Metode pengujian berat isi beton.*

SNI 03-1974-1990, *Metode pengujian kuat tekan beton.*

SNI 03-2458-1991, *Metode pengambilan contoh untuk campuran beton segar.*

SNI 03-3402-1994, *Metode pengujian berat isi beton ringan struktural.*

SNI 03-3418-1994, *Metode pengujian kandungan udara pada beton segar.*

SNI 03-4810-1998, *Metode pembuatan dan perawatan benda uji beton di lapangan.*

SNI 13-6717-2002, *Tata cara penyiapan benda uji dari contoh agregat.*

AASTHO M 6, *Fine aggregate for portland cement concrete.*

AASTHO M 43, *Size of aggregate for road and bridge construction.*

AASTHO M 80, *Coarse aggregate for portland cement concrete.*

AASTHO M 195, *Lightweight aggregates for structural concrete.*

AASTHO M 201, *Moist cabinets, moist rooms, and water storage tanks used in the testing of hydraulic cements and concretes.*

AASTHO M 205, *Molds for forming concrete test cylinder vertically.*

AASTHO T 23, *Making and curing concrete test specimens in the field.*

AASTHO T 121, *Mass per cubic meter (cubic foot), yield, and air content (gravimetric) of concrete.*

AASTHO T 141, *Sampling freshly mixed concrete.*

AASTHO T 231, *Capping cylindrical concrete specimens.*

AASTHO T 255, *Total evaporable moisture content of aggregate by drying.*

ASTM C 125, *Terminology relating to concrete and concrete aggregates.*

ASTM C 1064, *Test method for temperature of freshly mixed portland cement concrete.*

ASTM E 171, *Specification for standard atmospheres for conditioning and testing materials.*

### **3 Istilah dan definisi**

Istilah dan definisi yang digunakan dalam standar ini adalah sebagai berikut:

#### **3.1**

##### **agregat halus**

agregat yang susunan butirannya lolos saringan No. 4 (4,75 mm)

#### **3.2**

##### **agregat kasar**

agregat yang susunan butirannya tertahan saringan No. 4 (4,75 mm)

#### **3.3**

##### **beton**

campuran yang terdiri dari semen, air, agregat kasar dan agregat halus serta bahan tambah apabila diperlukan dengan perbandingan tertentu yang bersifat plastis pada saat pertama dibuat dan kemudian secara perlahan-lahan akan mengeras seperti batu

#### **3.4**

##### **beton keras**

adukan beton yang telah mengeras, dengan beberapa perubahan karakteristik

#### **3.5**

##### **beton segar**

campuran beton setelah selesai diaduk hingga beberapa saat, dengan karakteristik belum berubah

#### **3.6**

##### **pengaduk beton**

drum pengaduk yang digerakkan dengan tenaga penggerak, pencampur miring atau wadah berputar digunakan untuk mencampur beton

#### **3.7**

##### **penggetar eksternal**

penggetar berbentuk meja, papan, atau lempeng yang dalam penggunaannya beton yang akan dipadatkan ditempatkan di atasnya

#### **3.8**

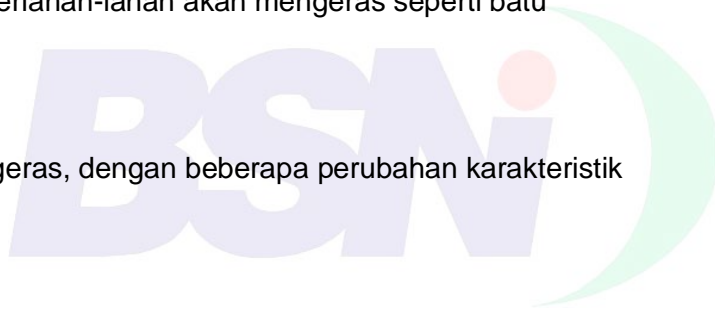
##### **penggetar internal**

penggetar berbentuk jarum atau batang yang dalam penggunaannya dimasukkan ke dalam lapisan beton yang akan dipadatkan

#### **3.9**

##### **slump beton**

besaran konsistensi/plastisitas dan kohesifitas dari adukan beton





**3.10****slag**

salah satu jenis bahan tambah yang merupakan produk samping dari pabrik baja, berupa material silika halus yang reaktif pada panas hidrasi rendah

**3.11****tongkat penusuk**

tongkat baja yang lurus dengan ujung yang dibulatkan, digunakan untuk memadatkan campuran beton

**4 Peralatan****4.1 Cetakan**

## a) Umum

Cetakan benda uji yang bersentuhan dengan beton harus terbuat dari baja, besi tuang atau bahan kedap lainnya, non reaktif terhadap beton yang mengandung semen portland (sejenis) atau semen hidrolis lainnya. Cetakan harus sesuai dengan dimensi dan toleransi yang disyaratkan dalam metode, untuk benda uji yang diinginkan. Cetakan harus tetap pada ukuran dan bentuknya di berbagai kondisi penggunaan yang berkali-kali. Kekedapan cetakan selama penggunaan harus dibuktikan dengan kemampuan menampung air yang dituangkan ke dalamnya. Penutup yang sesuai, seperti pelumas kental, tanah liat atau lilin kristal mikro, harus digunakan untuk kebutuhan pencegahan terhadap kebocoran pada sambungan. Alat pengikat harus disediakan untuk mencengkram pelat dasar terhadap cetakan secara kaku. Sebelum penggunaan, cetakan yang digunakan berulang harus dilapisi tipis dengan oli mineral atau bahan non reaktif yang sesuai.

## b) Cetakan silinder

## 1) Cetakan untuk membuat benda uji secara vertikal.

Cetakan harus disesuaikan dengan persyaratan pada 4.1 dari AASTHO M 205.

## 2) Cetakan mendatar untuk silinder uji rangkak.

Cetakan harus sesuai dengan persyaratan pada 4.1 dan persyaratan kelurusan dan toleransi pada 4.1.2 dari AASTHO M 205. Penggunaan silinder mendatar dimaksudkan hanya untuk benda uji rangkak yang mengandung alat ukur regangan. Alat ukur regangan ini dipasang secara axial atau sejajar sumbu axial. Cetakan silinder rangkak yang akan diisi, harus memiliki lubang pengisi untuk menerima beton yang sejajar dengan sumbu cetakan, menerus sepanjang cetakan. Cetakan silinder rangkak yang akan diisi ini dalam kondisi ditopang pada posisi mendatar. Jika diperlukan, tepi-tepi lubang harus diperkuat untuk memelihara kestabilan dimensi. Kecuali bila benda uji akan dikaping (penutup permukaan benda uji supaya rata) ataupun digerinda (untuk menghasilkan permukaan ujung yang datar), cetakan harus tersedia dua mesin pelat ujung logam dengan ketebalan setidaknya 25 mm dan permukaan kerja harus sesuai dengan kerataan dan kekasaran permukaan pada 4.1 dari AASTHO T 231. Peralatan harus dilengkapi pengaku untuk memasang kedua ujung pelat secara kaku ke cetakan. Permukaan dalam pada setiap ujung pelat harus dilengkapi sedikitnya tiga pengaku sepanjang kira-kira 25 mm, dengan kaku disambungkan ke pelat untuk pelekatan pada beton. Satu pelat dasar harus dilubangi dari dalam pada suatu sudut untuk memungkinkan kawat tembaga dari pengukur regangan keluar dari benda uji melalui tepi pelat. Peralatan

harus dibuat untuk penempatan pengukur regangan secara tepat. Semua lubang yang diperlukan harus sekecil mungkin untuk mengurangi gangguan pengukuran regangan yang berurutan dan harus ditutupi untuk menghindari kebocoran.

c) Cetakan balok dan prisma.

Cetakan harus berbentuk persegi (jika tidak disyaratkan lain) dalam dimensi yang disyaratkan untuk menghasilkan ukuran benda uji yang diinginkan. Permukaan pada cetakan harus halus dan bebas dari tonjolan. Sisi, dasar dan ujung harus tegak lurus satu sama lain dan harus lurus dan bebas dari lekukan. Ketidakteraturan maksimum dari penampang melintang nominal tidak boleh melebihi 3 mm untuk cetakan dengan tebal atau lebar 150 mm atau lebih, atau 1,6 mm untuk cetakan dengan tebal atau lebar yang lebih kecil. Kecuali untuk benda uji lentur, cetakan tidak boleh berbeda dari panjang nominal lebih dari 1,6 mm. Cetakan lentur tidak boleh lebih pendek dari 1,6 mm dari panjang yang disyaratkan, tetapi boleh melebihi jumlah itu.

## 4.2 Tongkat penusuk

Dua ukuran tongkat penusuk masing-masing berupa tongkat baja yang lurus dengan ujung penusuk yang dibulatkan setengah bola, dengan diameter yang sama dengan diameter tongkat. Kedua ujung dapat dibulatkan jika diinginkan.

a) Tongkat yang lebih besar.

Diameter 16 mm dan panjang kira-kira 610 mm.

b) Tongkat yang lebih kecil.

Diameter 10 mm dan panjang kira-kira 305 mm.

## 4.3 Palu karet

Sebuah palu karet, dengan berat  $0,6 \text{ kg} \pm 0,2 \text{ kg}$ .

## 4.4 Alat penggetar

Penggetar internal dapat memiliki tangkai yang kaku ataupun lentur, lebih baik yang menggunakan motor listrik. Frekuensi penggetar saat digunakan harus sedikitnya 7000 getaran atau putaran per menit. Diameter luar atau dimensi sisi elemen penggetar harus sedikitnya 20 mm dan tidak boleh lebih besar dari 40 mm. Gabungan panjang tangkai dan elemen getar harus melampaui tinggi maksimum bagian yang digetar sedikitnya 75 mm. Penggetar eksternal dapat terdiri dari 2 jenis, meja atau lempeng. Frekuensi penggetar eksternal tidak boleh kurang dari 3600 getaran per menit, dan lebih besar lebih baik. Untuk penggetar meja maupun lempeng, harus dibuat perlengkapan untuk mengapitkan cetakan pada alat penggetar secara baik. Alat ukur takometer harus digunakan untuk mengukur frekuensi getaran.

**CATATAN 1** – Impuls getaran secara teratur diberikan ke penggetar meja atau lempeng melalui alat elektromagnetik, atau dengan penggunaan beban eksentris pada tongkat motor elektrik atau pada tongkat terpisah yang digerakkan oleh motor.

## 4.5 Peralatan kecil

Peralatan seperti sekop besar, wadah, sendok beton, perata kayu, sendok beton tumpul, alat pelurus, alat ukur pengisi, sekop kecil, penggaris, sarung tangan karet, wadah pencampur metal harus disediakan.

#### 4.6 Alat pengukur *slump*

Alat untuk mengukur *slump* harus sesuai dengan persyaratan SNI 03-1972-1990.

#### 4.7 Wadah pengambilan contoh dan wadah pencampuran

Wadah harus terbuat dari logam berat dengan dasar yang rata, kedap air, dengan kedalaman yang cukup, dan berkapasitas cukup untuk memungkinkan pencampuran dengan mudah dengan sekop atau sendok beton ke seluruh campuran; atau jika diaduk dengan mesin. Wadah harus mampu menampung semua campuran dari pencampur dan memungkinkan pengadukan kembali di dalam wadah dengan sendok beton atau sekop.

#### 4.8 Peralatan saringan basah

Jika diperlukan untuk mengukur kadar udara, penyaringan basah harus dilakukan sesuai dengan persyaratan SNI 03-2458-1991.

#### 4.9 Peralatan untuk mengukur kadar udara

Peralatan untuk mengukur kadar udara harus sesuai dengan persyaratan SNI 03-3418-1994.

#### 4.10 Timbangan

Timbangan untuk menimbang bahan dan beton harus tepat dalam ketelitian 0,3% dari uji beban pada setiap titik dalam rentang penggunaannya.

**CATATAN 2** – Secara umum berat dari kuantitas yang kecil tidak boleh ditimbang dengan timbangan kapasitas besar. Pada beberapa pemakaian kuantitas terkecil yang ditimbang pada timbangan harus lebih besar dari kira-kira 10% dari kapasitas maksimum timbangan, akan tetapi, hal ini akan beragam dengan karakteristik kinerja timbangan dan ketepatan penetapan yang disyaratkan. Timbangan yang dapat diterima yang digunakan untuk bahan beton sebaiknya dapat menimbang secara tepat sampai 0,1% dari kapasitas total dan peringatan awal penggunaannya berlaku. Akan tetapi, timbangan analisis dan tepat tertentu, merupakan pengecualian terhadap aturan ini dan mampu menimbang secara tepat sampai 0,001%. Perhatian khusus harus dilakukan dalam mengukur kuantitas kecil bahan dengan menetapkan perbedaan antara dua berat yang lebih besar.

#### 4.11 Pengaduk beton

Pengaduk beton harus berupa sebuah drum berputar yang dijalankan oleh tenaga penggerak, pencampur miring, atau pan berputar yang tepat atau pengaduk berputar. Pengaduk beton ini mampu mencampur bahan secara menyeluruh dari ukuran yang ditentukan sebelumnya, pada *slump* yang diinginkan.

**CATATAN 3** – Pengaduk pan biasanya lebih cocok untuk mengaduk beton dengan *slump* kecil dari 25 mm dari pengaduk drum berputar. Laju putaran, derajat kemiringan, dan kapasitas kemiringan dari pencampur miring tidak selalu cocok untuk beton yang dicampur di laboratorium. Dapat pula dilakukan sesuai keinginan dengan cara mengurangi laju putaran, mengurangi sudut kemiringan dari posisi mendatar dan menggunakan pengaduk pada kapasitas yang lebih kecil dari yang telah ditentukan pabrik.

### 5 Benda uji

#### 5.1 Benda uji silinder

Silinder untuk beberapa pengujian seperti pengujian kuat tekan beton, modulus elastisitas, rangkai, kuat tarik belah dapat terdiri dari berbagai ukuran dengan diameter minimum 50 mm dan panjang 100 mm. Jika diinginkan korelasi ataupun perbandingan dengan silinder

## **SNI 2493:2011**

yang dibuat di lapangan (SNI 03-4810-1998), silinder harus mempunyai diameter 150 mm, panjang 300 mm. Jika tidak, dimensi harus ditentukan sesuai 5.4 dan spesifikasi metode pengujian perlu dipertimbangkan.

Benda uji silinder untuk pengujian selain uji rangkai, harus dicetak dan memungkinkan dapat mengeras dalam sumbu silinder vertikal.

Benda uji silinder untuk uji rangkai, dapat dicetak pada sumbu silinder yang vertikal maupun horizontal dan memungkinkan untuk mengeras pada posisi searah pencetakan.

### **5.2 Benda uji prisma**

Benda uji prisma (seperti : balok untuk kuat lentur, kubus untuk kuat tekan, ikatan beton, perubahan panjang, perubahan volume dan lain-lain) harus dibentuk prismatik terhadap sumbu memanjang horizontalnya. Kecuali apabila digunakan cara lain yang disyaratkan oleh metode pengujian khusus, dan harus memenuhi persyaratan dimensi yang disyaratkan dalam metode pengujian khusus tersebut.

### **5.3 Benda uji lainnya**

Bentuk dan ukuran lain dari benda uji untuk pengujian khusus dapat dicetak seperti yang diinginkan sesuai dengan tata cara umum yang diatur dalam peraturan ini.

### **5.4 Perbandingan ukuran benda uji dan ukuran agregat**

Diameter benda uji silinder atau dimensi penampang melintang minimum benda uji persegi, sedikitnya harus tiga kali ukuran maksimum nominal agregat kasar dalam beton (lihat Catatan 1). Partikel agregat yang kadangkala melebihi ukuran (ukuran yang tidak normal dapat ditemui pada gradasi agregat rata-rata), harus dibuang dengan tangan yang diambil saat pencetakan benda uji. Bila beton mengandung agregat yang lebih besar dari yang diinginkan untuk ukuran cetakan atau peralatan yang digunakan, saring dengan cara basah benda uji seperti yang diuraikan dalam SNI 03-2458-1991.

**CATATAN 4** – Secara umum ukuran maksimum nominal seperti yang ditentukan dalam istilah ASTM C 125 merupakan ukuran yang lebih besar daripada saringan terbesar berikutnya, sedikitnya 15% agregat tertahan. Lihat AASTHO M 43, AASTHO M 80 dan AASTHO M 195.

### **5.5 Jumlah benda uji**

Jumlah benda uji dan jumlah campuran pengujian tergantung pada kebiasaan dan sifat program pengujian. Tuntunan biasanya diberikan dalam metode pengujian atau spesifikasi untuk benda uji yang dibuat. Biasanya tiga atau lebih benda uji dicetak untuk masing-masing umur pengujian dan kondisi pengujian, kecuali cara lain ditentukan (lihat Catatan 5). Benda uji yang melibatkan variabel yang telah ditentukan, harus dibuat dari tiga campuran terpisah yang dicampur pada hari yang berbeda. Jumlah benda uji yang sama untuk masing-masing variabel harus dibuat pada hari yang telah ditentukan. Bila tidak memungkinkan untuk membuat sedikitnya satu benda uji untuk masing-masing ragam pada hari yang ditentukan, campuran seluruh seri benda uji harus diselesaikan dalam jumlah hari sesedikit mungkin, dan satu dari campuran harus diulang masing-masing hari sebagai standar perbandingan.

**CATATAN 5** – Umur pengujian yang sering digunakan adalah 7 hari dan 28 hari untuk kuat tekan, atau 14 hari dan 28 hari untuk pengujian kuat lentur. Benda uji yang mengandung semen kuat awal tinggi seringkali diuji pada umur 1 hari, 3 hari, 7 hari dan 28 hari. Untuk pengujian pada umur yang lebih lama, 3 bulan, 6 bulan dan 1 tahun seringkali digunakan untuk kedua pengujian. Umur pengujian lainnya dapat diperlukan untuk jenis benda uji lain.

## 6 Persiapan bahan

### 6.1 Temperatur

Sebelum mencampur beton, kondisikan bahan beton pada temperatur ruang dalam rentang 20°C sampai dengan 30°C sesuai dengan ASTM E 171, kecuali disyaratkan lain.

### 6.2 Semen

Simpan semen pada tempat yang kering, dalam wadah tahan lembab, sebaiknya yang terbuat dari bahan logam. Semen harus dicampur merata untuk memberikan keseragaman ke seluruh pengujian. Semen harus lolos saringan No. 20 (850- $\mu$ m) atau saringan yang lebih halus untuk menghilangkan gumpalan, dicampur kembali pada lembaran kertas kedap air atau plastik, dan kembalikan ke wadah benda uji.

### 6.3 Agregat

Dalam rangka menghindari pemisahan pada agregat kasar, pisahkan ke dalam kelompok ukuran individu dan untuk masing-masing campuran gabungkan kembali pada perbandingan yang tepat untuk menghasilkan gradasi yang diinginkan.

**CATATAN 6** – Jarang sekali agregat kasar dapat ditakar sebagai kelompok ukuran tunggal. Jumlah kelompok ukuran umumnya akan terdiri antara dua dan lima, untuk agregat dengan ukuran lebih kecil dari 6,3 mm. Ketika kelompok ukuran yang akan ditimbang terdapat dalam jumlah yang melampaui 10%, perbandingan bukaan saringan yang lebih besar dan lebih kecil tidak boleh melampaui dua. Kelompok ukuran yang lebih rapat kadangkala disarankan.

- a) Kecuali agregat halus dipisahkan ke dalam kelompok ukuran, pertahankan agregat halus dalam kondisi lembab atau kembalikan ke kondisi lembab hingga saat penggunaannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari pemisahan. Kecuali bahan yang tergradasi secara seragam dibagi ke dalam kelompok ukuran takaran menggunakan pembagi contoh dengan bukaan ukuran yang tepat. Jika gradasi yang tidak umum sedang diselidiki, agregat halus harus dikeringkan terlebih dahulu dan dipisahkan ke dalam ukuran-ukuran individu. Dalam hal ini, jika kuantitas total agregat halus yang diinginkan lebih besar dari yang dapat dicampur secara efisien dalam unit tunggal, lalu kelompok ukuran gradasi tunggal harus ditimbang dalam jumlah yang diinginkan untuk masing-masing takaran individu. Bila kuantitas total agregat halus yang diperlukan untuk pemeriksaan menyeluruh secara seksama, agregat halus dapat diaduk, dicampur, dan disimpan pada kondisi lembab, lalu agregat tersebut harus ditangani dengan baik. Tetapkan berat jenis dan peresapan agregat sesuai dengan SNI 03-1969-1990 atau SNI 03-1970-1990.
- b) Sebelum mencampurkan sebagai bahan beton, siapkan agregat untuk menjamin kondisi kelembaban batas dan seragam. Tetapkan berat agregat yang digunakan dalam campuran dengan satu dari cara-cara berikut:
  - 1) Timbang massa agregat penyerapan-rendah (penyerapan kurang dari 1%) pada kondisi kering ruangan, dengan kelonggaran dibuat untuk jumlah air yang akan diserap oleh beton yang belum mengikat (lihat Catatan 7). Cara ini berguna terutama untuk agregat kasar yang harus ditakar sebagai ukuran individu, karena bahaya segregasi. Hal ini hanya berlaku untuk agregat halus yang dipisah ke dalam kelompok ukuran individu;

**CATATAN 7** – Bila menggunakan agregat penyerapan-rendah pada kondisi kering ruangan, jumlah air yang diserap agregat sebelum beton mengikat dapat dianggap 80% dari perbedaan penyerapan agregat yang direndam 24 jam seperti ditetapkan dalam SNI 03-1969-1990 atau SNI 03-1970-1990, dan jumlah air dalam pori agregat dalam kondisi kering ruangan, seperti ditetapkan oleh metode AASTHO T 255.



## SNI 2493:2011

- 2) Kelompok ukuran individu agregat dapat ditimbang secara terpisah, digabung ke dalam wadah yang telah diketahui beratnya dalam jumlah yang diperlukan untuk campuran, dan rendam selama 24 jam sebelum penggunaan. Setelah perendaman, air yang berlebihan dipisahkan, dan berat gabungan agregat dan air pencampur ditetapkan. Kelonggaran harus dibuat untuk jumlah air yang diserap agregat. Kadar air agregat dapat ditetapkan sesuai dengan SNI 13-6717-2002 dan SNI 03-1971-1990;
- 3) Agregat dapat dibawa dan dirawat dalam kondisi jenuh, dengan air permukaan yang terkandung cukup kecil untuk menghindari kehilangan oleh pengeringan, setidaknya 24 jam sebelum penggunaan. Bila metode ini digunakan, kadar air agregat harus ditetapkan untuk memungkinkan perhitungan jumlah yang baik agregat lembab. Kuantitas air permukaan yang ada harus dihitung sebagai bagian dari jumlah air pencampur yang dibutuhkan. Air permukaan agregat halus dapat ditetapkan menurut SNI 13-6717-2002 dan SNI 03-1971-1990, dengan membuat kelonggaran untuk jumlah air yang diserap. Metode yang diuraikan di sini (kadar air sedikit lebih besar dari penyerapan) bermanfaat terutama untuk agregat halus. Hal ini tidak terlalu sering digunakan untuk agregat kasar karena kesulitan menetapkan kadar air secara tepat, tapi jika digunakan, masing masing kelompok harus dikerjakan secara terpisah untuk menjamin gradasi yang tepat;
- 4) Agregat halus atau agregat kasar, dapat dibawa dan dirawat dalam kondisi jenuh kering permukaan (JKP) sampai saat ditimbang untuk penggunaan. Metode ini terutama digunakan untuk menyiapkan bahan untuk takaran yang tidak melebihi 7 Liter. Perhatian harus diberikan agar pengeringan tidak terjadi selama penimbangan dan penggunaan.

### 6.4 Agregat ringan

Tata cara untuk pengujian berat jenis, peresapan, dan persiapan agregat yang diuraikan dalam standar ini merujuk ke bahan dengan nilai penyerapan normal. Agregat ringan, slag yang didinginkan dengan udara, dan agregat alam yang secara pasti memiliki pori yang tinggi dan berongga dapat demikian menyerap sehingga sulit untuk diperlakukan seperti yang diuraikan di atas. Kadar air agregat ringan saat dicampur dapat memiliki pengaruh yang penting pada sifat-sifat beton segar dan keras seperti kehilangan *slump*, kuat tekan, dan ketahanan terhadap pembekuan dan pencairan.

### 6.5 Bahan tambahan

Bahan tambahan yang dimaksud adalah bahan tambah serbuk yang sama sekali atau sangat tidak mudah larut, (yang tidak mengandung garam yang memiliki kecenderungan menyerap air dari udara dan yang dicampurkan dalam jumlah kecil), harus dicampur dengan sebagian semen sebelum dimasukkan ke dalam campuran, untuk menjamin penyebaran yang merata keseluruhan campuran.

Terutama, bahan sulit-larut yang digunakan dalam jumlah melampaui 10% berat semen, seperti pozzolan, harus ditangani dan ditambahkan ke dalam campuran dengan cara yang sama seperti semen.

Bahan tambahan serbuk yang kurang larut tapi memiliki garam yang bersifat menyerap air dapat menyebabkan penggumpalan semen dan harus dicampur dengan pasir.

Bahan tambahan yang larut dalam air atau berupa cairan harus ditambahkan ke dalam pengaduk dalam bentuk cair dan dalam air pencampur. Kuantitas cairan yang demikian harus diikutsertakan dalam perhitungan kadar air beton.

Bahan tambahan, yang tidak sesuai dengan bentuk terkonsentrasi, seperti kalsium klorida dan bahan tambahan penambah udara atau pemerlambat pengikatan, tidak boleh dicampurkan sebelum ditambahkan ke dalam beton.

Waktu, urutan dan metode penambahan beberapa bahan tambahan ke campuran beton dapat berpengaruh penting pada sifat-sifat beton seperti waktu pengikatan dan kadar udara.

Metode yang dipilih harus tetap tidak berubah dari campuran ke campuran dan harus menggambarkan pelaksanaan di lapangan yang baik.

**CATATAN 8** – Peralatan dan perlengkapan pencampur harus dibersihkan dengan seksama untuk menjamin bahan tambah kimia atau bahan tambah yang digunakan pada campuran beton yang berbeda tidak mempengaruhi campuran selanjutnya.

## 7 Cara pembuatan beton

### 7.1 Pengadukan beton

#### 7.1.1 Umum

Campur beton dalam pencampur yang sesuai atau dengan tangan dalam takaran dan ukuran yang sedemikian rupa sehingga menyisakan 10% kelebihan setelah pencetakan benda uji. Cara pencampuran dengan tangan tidak dapat digunakan untuk beton yang mengandung bahan tambah udara atau beton dengan slump yang tidak dapat diukur. Pengadukan dengan tangan harus dibatasi untuk takaran 0,007 m<sup>3</sup> atau kurang. Tata cara pencampuran dijelaskan pada 7.1.2 dan 7.1.3. Akan tetapi, tata cara lainnya dapat digunakan bila diinginkan untuk menggambarkan kondisi atau pelaksanaan khusus, atau bila tata cara yang disyaratkan tidak dapat dilaksanakan. Tata cara pencampuran dengan mesin cocok untuk pencampur tipe drum. Penting untuk tidak merubah urutan pencampuran dan tata cara dari campuran ke campuran kecuali pengaruh perubahan sedang diselidiki.

#### 7.1.2 Pengaduk mesin

Sebelum memulai pengadukan, masukkan agregat kasar, sebagian air pencampur, dan cairan bahan tambah, bila diperlukan, sesuai dengan yang diterangkan pada 6.5. Bila memungkinkan, sebarkan bahan tambah merata ke dalam air pencampur sebelum penambahan. Hidupkan pengaduk, lalu tambahkan agregat halus, semen, dan air dalam kondisi mesin berputar. Jika tidak memungkinkan bagi pengaduk tertentu atau bagi pengujian tertentu untuk memasukkan agregat halus, semen dan air saat pengaduk berputar, bahan-bahan tersebut dapat ditambahkan ke pengaduk yang berhenti setelah membiarkannya berputar beberapa putaran setelah pengisian agregat kasar dan sebagian air (lihat Catatan 9). Aduk beton, setelah semua bahan berada dalam adukan, selama tiga menit diikuti dengan tiga menit berhenti, dilanjutkan dengan pengadukan terakhir selama dua menit. Tutup bukaan atau bagian atas pengaduk untuk menghindari penguapan selama masa berhenti. Perhitungkan penggantian mortar yang tertahan pada pengaduk sehingga campuran yang ditumpahkan akan memiliki perbandingan secara tepat (lihat Catatan 10). Untuk menghindari pemisahan, letakkan beton yang diaduk mesin dalam wadah pengaduk lembab dan kering dan aduk kembali dengan sekop atau pengaduk beton hingga terlihat seragam.

**CATATAN 9** – Operator yang berpengalaman dapat menambahkan air secara bertahap selama pengadukan untuk mengatur *slump* yang diinginkan.

**CATATAN 10** - Sulit untuk mengeluarkan seluruh mortar dari pengaduk. Untuk mengatasi kesulitan ini salah satu cara berikut dapat digunakan untuk menjamin perbandingan akhir yang tepat dari campuran:

## SNI 2493:2011

- a) Lumasi pengaduk, sesaat sebelum pengadukan campuran uji, pengaduk dilumasi dengan mengaduk sebuah campuran sesuai dengan perbandingan untuk campuran uji. Mortar yang melekat di dalam adukan setelah penuangan dimaksudkan untuk mengganti mortar yang hilang dari campuran uji;
- b) Penambahan mortar berlebih, adukan uji diperbandingkan dengan menggunakan mortar yang berlebih, jumlah ditetapkan lebih dahulu, untuk mengganti rata-rata mortar yang melekat pada adukan. Dalam hal ini pengaduk dibersihkan sebelum pengadukan campuran uji.

### 7.1.3 Pengadukan dengan tangan

Aduk campuran dalam wadah metal kedap air, bersih (lihat Catatan 8), lembab, pan baja atau mangkok, dengan sekop tumpul, dengan mengikuti cara berikut, bila agregat sudah dipersiapkan sesuai dengan 6.3 b) 1), 6.3 b) 3), dan 6.3 b) 4).

- a) Aduk semen, bahan tambahan serbuk yang tak larut dalam air, jika digunakan, dan agregat halus tanpa menambahkan air hingga semuanya tercampur dengan seksama.
- b) Tambahkan agregat kasar dan aduk semua campuran tanpa penambahan air hingga agregat kasar tersebar secara seragam ke seluruh adukan.
- c) Tambahkan air, dan cairan bahan tambahan jika digunakan, dan aduk campuran hingga beton tampak seragam dan memiliki konsistensi yang diinginkan. Jika pengadukan perlu diperpanjang karena penambahan air bertahap untuk pengaturan konsistensi, buang campuran dan buat campuran baru dimana pengadukan tidak terganggu untuk membuat pengujian konsistensi percobaan.

### 7.1.4 Beton yang diaduk

Pilih bagian campuran beton yang akan digunakan dalam pengujian untuk pencetakan benda uji sedemikian sehingga mewakili perbandingan dan kondisi sesungguhnya. Bila beton tidak sedang diaduk kembali atau diambil contoh uji, tutup untuk menghindari penguapan.

## 7.2 Slump, kadar udara, produksi dan temperatur

### 7.2.1 Slump

Ukur *slump* masing-masing campuran beton segera setelah selesai pengadukan sesuai dengan SNI 03-1972-1990.

**CATATAN 11** – Pengujian *slump* tidak sesuai untuk beton terlalu kering, yaitu beton dengan nilai *slump* kurang dari 6 mm. Beton tanpa *slump* dapat diuji dengan satu dari beberapa cara seperti yang diuraikan pada ACI 211.3-75 *Selecting Properties for No-Slump Concrete*.

### 7.2.2 Kadar udara

Tetapkan kadar udara, bila diinginkan sesuai dengan SNI 03-3418-1994 dan tidak boleh dilakukan untuk beton yang dibuat dengan agregat ringan, slag yang didinginkan dengan udara, atau agregat berpori tinggi. Buang beton yang digunakan untuk penetapan kadar udara.

### 7.2.3 Produksi

Tetapkan produksi masing-masing campuran beton, jika diinginkan sesuai dengan SNI 03-1973-1990. Beton yang digunakan untuk pengujian *slump* dan produksi dapat dikembalikan ke wadah pengaduk dan dicampurkan kembali ke adukan.



### 7.2.4 Temperatur

Tetapkan temperatur masing-masing campuran sesuai dengan ASTM C 1064.

## 7.3 Pembuatan benda uji

### 7.3.1 Penempatan cetakan

Cetak benda uji sedekat mungkin ke tempat penyimpanan selama 24 jam pertama. Jika tidak memungkinkan untuk mencetak benda uji dekat tempat penyimpanan, pindahkan benda uji ke tempat penyimpanan sesegera mungkin setelah diratakan. Letakkan cetakan pada permukaan kaku, bebas dari getaran dan gangguan lainnya. Hindarkan dari gangguan, benturan atau goresan permukaan benda uji saat pemindahan benda uji ke tempat penyimpanan.

### 7.3.2 Penempatan benda uji

Tempatkan beton ke dalam cetakan menggunakan sekop beton tumpul. Pilih penyendokan beton dari wadah pengaduk untuk menjamin bahwa beton merupakan perwakilan dari campuran. Mungkin perlu untuk mengaduk kembali beton dalam wadah pengaduk dengan sekop untuk menghindari segregasi selama pencetakan benda uji. Gerakan sekop sekeliling sisi atas cetakan saat beton diisikan untuk meyakinkan penyebaran beton secara merata dan untuk mengurangi segregasi agregat kasar dalam cetakan. Selanjutnya sebarkan beton dengan menggunakan tongkat penusuk sebelum mulai pemadatan. Pada penempatan lapisan terakhir operator harus mencoba untuk menambah jumlah beton yang akan mengisi secara tepat cetakan setelah dipadatkan. Jangan tambahkan benda uji yang tidak mewakili ke cetakan yang sedang diisi.

#### 7.3.2.1 Jumlah lapisan

Buat benda uji dengan lapisan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1 Jumlah lapisan yang diperlukan untuk benda uji**

<b>Tipe, ukuran dan kedalaman benda uji (mm)</b>	<b>Model pemadatan</b>	<b>Jumlah lapisan</b>	<b>Perkiraan tebal lapisan (mm)</b>
Silinder: - sampai dengan 300 - lebih dari 300 - sampai dengan 460 - lebih dari 460	Tongkat penusuk*	3 lapis yang sama	100 sedekat mungkin
	Tongkat penusuk* Penggetar Penggetar	sebanyak keperluan 2 lapis yang sama 3 lapis atau lebih	200 sedekat mungkin
Prisma dan silinder rangkai mendatar: - sampai dengan 200 - lebih dari 200 - sampai dengan 200 - lebih dari 200	Tongkat penusuk*	2 lapis yang sama	100 sedekat mungkin
	Tongkat penusuk* Penggetar	2 lapis atau lebih 1 lapis	200 sedekat mungkin
	Penggetar	3 lapis atau lebih	

## 7.4 Pematatan

### 7.4.1 Metode pematatan

Persiapan contoh benda uji yang sempurna memerlukan metode pematatan yang berbeda. Metode pematatan adalah penumbukan dan penggetaran dalam atau luar. Dasarkan pemilihan metode pematatan pada *slump*, kecuali metode ditetapkan pada spesifikasi yang mengatur pekerjaan dilakukan. Tumbuk beton yang memiliki nilai *slump* lebih besar dari 75 mm. Tumbuk atau getarkan beton yang memiliki nilai *slump* 25 mm sampai dengan 75 mm. Padatkan dengan penggetar untuk beton dengan *slump* kurang dari 25 mm (lihat Catatan 12). Jangan gunakan penggetar dalam untuk silinder berdiameter 100 mm atau kurang, dan balok atau prisma dengan sisi atau kedalaman 100 mm atau kurang.

**CATATAN 12** – Beton dengan kadar air rendah yang tidak dapat dipadatkan secara baik dengan metode yang diuraikan di atas tidak termasuk dalam standar ini. Persiapan benda uji dan metode pengujian akan ditemukan dalam standar yang dipertimbangkan. Beton yang dapat dipadatkan dengan penggetar luar, namun tenaga tambahan pada permukaan diperlukan. Tenaga tambahan ini untuk menyelimuti agregat kasar secara seksama dan memadatkan campuran. Untuk campuran yang demikian cara berikut mungkin dapat diikuti: menggunakan penggetar luar, isi cetakan silinder ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dalam 75 mm per lapis menggunakan 4,5 kg beban berbentuk silinder, atau cetakan silinder berdiameter 75 mm dan tinggi 150 mm dalam lapisan 50 mm menggunakan pembeban silinder 1,1 kg. Beban harus memiliki diameter 6 mm lebih kecil dari sisi dalam cetakan. Secara bersamaan setiap lapisan harus dipadatkan dengan penggetar luar dengan beban dipermukaan beton, hingga mortar mulai muncul sekitar bagian bawah beban.

### 7.4.2 Penumbukan

Tempatkan beton dalam cetakan, dalam jumlah lapisan yang diinginkan dengan volume yang hampir sama. Tumbuk masing masing lapisan dengan tongkat yang ujungnya bulat menggunakan jumlah tumbukan dan ukuran tumbukan yang disyaratkan pada Tabel 2. Tumbuk lapisan paling bawah sampai ke ketebalan lapisannya. Sebarkan tumbukan secara seragam ke seluruh penampang cetakan dan untuk lapisan yang lebih atas biarkan tumbukan masuk kira-kira 12 mm ke dalam lapisan yang di bawahnya bila tebal lapisan kurang dari 10 mm dan kira-kira 25 mm bila tebal lapisan 10 mm atau lebih. Setelah setiap lapisan ditusuk, ketok bagian luar cetakan pelan-pelan 10 kali sampai dengan 15 kali dengan tongkat karet untuk merapatkan setiap lubang yang tersisa oleh tumbukan dan untuk membuang setiap kantong udara besar yang mungkin terperangkap. Gunakan tangan terbuka untuk mengetok cetakan ringan sekali pakai yang peka terhadap kerusakan bila diketok dengan palu karet. Setelah pengetokan, bersihkan beton sepanjang sisi dan ujung cetakan balok dan prisma dengan sendok beton atau alat lainnya yang sesuai.

**Tabel 2 Diameter tongkat penumbuk dan jumlah tumbukan yang digunakan pada pencetakan benda uji**

<b>Silinder</b>		
<b>Diameter silinder (mm)</b>	<b>Diameter penumbuk (mm)</b>	<b>Jumlah tumbukan per lapisan</b>
50 sampai dengan < 150	10	25
150	16	25
200	16	50
250	16	75
<b>Balok dan prisma</b>		
<b>Luas permukaan atas benda uji ( cm<sup>2</sup> )</b>	<b>Diameter penumbuk (mm)</b>	<b>Jumlah tumbukan per lapisan</b>
160 atau kurang	10	25
165 – 310	10	Sekali untuk luas permukaan 7 cm <sup>2</sup>
320 atau lebih	16	Sekali untuk luas permukaan 14 cm <sup>2</sup>
<b>Silinder rangkai mendatar</b>		
<b>Diameter silinder (mm)</b>	<b>Diameter penumbuk (mm)</b>	<b>Jumlah tumbukan per lapisan</b>
150	16	Total 50, 25 sepanjang kedua sisi sumbu

### 7.4.3 Penggetaran

Pertahankan lama penggetaran standar untuk jenis beton, penggetar, dan cetakan benda uji tertentu yang digunakan. Lama getaran yang dibutuhkan akan tergantung pada tingkat kemudahan pengerjaan beton dan keefektifan penggetar. Biasanya penggetaran diterapkan hingga permukaan beton sudah menjadi relatif licin. Lanjutkan penggetaran hanya secukupnya untuk mencapai pemadatan beton yang mencukupi. Kelebihan penggetaran dapat menimbulkan pemisahan. Isi cetakan dan getar pada jumlah lapisan yang mendekati sama sesuai yang diinginkan. Letakkan semua beton untuk masing-masing lapisan dalam cetakan sebelum memulai penggetaran pada lapisan tersebut. Tambahkan lapisan terakhir, sedemikian rupa untuk menghindari kelebihan isi lebih dari 6 mm. Lakukan pekerjaan akhir permukaan selama penggetaran bila penggetar eksternal digunakan, atau setelah penggetaran bila penggetar internal atau luar digunakan. Bila pekerjaan akhir dilakukan setelah penggetaran, tambahkan beton secukupnya dengan sendok beton untuk melebihi cetakan kira-kira 3 mm ke atas permukaan beton dan kemudian ratakan.

#### 7.4.3.1 Penggetar internal

Diameter tongkat atau dimensi sisi penggetar internal tidak boleh lebih besar dari sepertiga lebar cetakan dalam hal balok atau prisma. Untuk silinder, perbandingan diameter silinder terhadap diameter elemen penggetar harus 4 atau lebih. Pada pemadatan benda uji penggetar tidak boleh dibiarkan diam atau bersentuhan dengan dasar atau sisi cetakan atau memukul benda yang diselubungi seperti pengukur regangan. Secara hati-hati tarik penggetar sedemikian sehingga tidak tersisa kantong udara dalam benda uji.

## **SNI 2493:2011**

### **7.4.3.2 Silinder**

Gunakan tiga pemasukkan penggetar pada titik yang berbeda untuk masing-masing lapisan. Biarkan penggetar masuk ke lapisan yang akan digetar, dan ke dalam lapisan di bawahnya sedikitnya 25 mm. Setelah masing-masing lapisan digetarkan, ketok sisi cetakan pelan-pelan 10 kali sampai dengan 15 kali dengan palu karet. Gunakan tangan terbuka untuk mengetok cetakan sekali pakai yang ringan yang peka terhadap kerusakan jika diketok dengan palu karet.

### **7.4.3.3 Balok, prisma dan silinder mendatar untuk rangkai**

Masukkan penggetar pada jarak tidak melebihi 150 mm sepanjang diameter dimensi memanjang benda uji, atau sepanjang kedua sisi tetapi tidak bersentuhan dengan pengukur regangan dalam hal silinder untuk rangkai. Untuk benda uji yang lebih lebar dari 150 mm, gunakan pemasukkan bergantian sepanjang dua garis. Biarkan tongkat penggetar masuk ke dalam lapisan di bawahnya kira-kira 25 mm. Setelah masing-masing lapisan digetarkan, ketok sisi luar cetakan pelan-pelan 10 kali sampai dengan 15 kali dengan palu karet untuk merapatkan setiap lobang yang ditinggalkan oleh penggetar dan mengeluarkan kantong udara besar yang mungkin terperangkap.

### **7.4.4 Penggetar eksternal**

Bila penggetar eksternal digunakan, perhatian harus diberikan untuk menjamin cetakan dipasang dengan kaku dan kuat dilekatkan terhadap elemen getar atau permukaan getar.

## **7.5 Pekerjaan akhir**

Setelah pemadatan dengan menggunakan salah satu metode, kecuali pekerjaan akhir dilakukan selama penggetaran (lihat 7.4.3), ratakan permukaan beton dan licinkan sesuai dengan metode yang disyaratkan. Jika tidak ada pekerjaan akhir yang disyaratkan, ratakan permukaan dengan perata kayu atau magnesium. Lakukan semua pekerjaan akhir dengan gangguan minimum yang diperlukan untuk menghasilkan permukaan yang datar dan rata dimana sejajar dengan sisi cetakan dan tidak ada lekukan atau tonjolan yang lebih dari 3,2 mm.

### **7.5.1 Silinder**

Setelah pemadatan, lakukan pekerjaan akhir permukaan atas dengan meratakannya dengan tongkat penusuk bila konsistensi beton memungkinkan, atau dengan perata kayu atau sendok beton. Jika diinginkan, tutup permukaan atas beton segar dengan lapisan tipis pasta kental semen portland yang dibiarkan mengeras dan dirawat dengan benda uji. Lihat AASTHO T 231 Pasal 4.

### **7.5.2 Silinder rangkai yang dicetak mendatar**

Setelah pemadatan, ratakan benda uji dengan sendok beton atau penghalus, lalu ratakan dengan usaha minimum yang diperlukan untuk membentuk beton di bukaan secara konsentris dengan bagian benda uji lainnya. Gunakan sendok yang dilengkungkan dengan radius benda uji untuk bentuk yang lebih tepat dan lakukan pekerjaan akhir di bukaan.

## 8 Perawatan

### 8.1 Penutupan setelah pekerjaan akhir

Untuk menghindari penguapan air dari beton yang belum mengeras, tutup benda uji segera setelah pekerjaan akhir, lebih dipilih dengan pelat yang tak menyerap dan tidak reaktif atau lembaran plastik yang kuat, awet, dan kedap air. Goni basah dapat digunakan untuk menutup, tetapi harus diperhatikan untuk menjaga goni tetap basah hingga benda uji dibuka dari cetakan. Letakkan lembaran plastik di atas goni akan melindungi goni untuk tetap basah. Lindungi permukaan luar cetakan papan dari kontak dengan goni basah atau sumber air lainnya sedikitnya untuk 24 jam setelah silinder dicetak. Air dapat menyebabkan cetakan mengembang dan merusakkan benda uji pada umur awal.

### 8.2 Pembukaan cetakan

Buka benda uji dari cetakan 24 jam  $\pm$  8 jam setelah pencetakan.

### 8.3 Lingkungan perawatan

Kecuali bila ada persyaratan lain, semua benda uji harus dirawat basah pada temperatur  $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$  mulai dari waktu pencetakan sampai saat pengujian (lihat Catatan 13). Penyimpanan selama 48 jam pertama perawatan harus pada lingkungan bebas getaran. Seperti yang diberlakukan pada perawatan benda uji yang dibuka, perawatan basah berarti bahwa benda uji yang akan diuji harus memiliki air bebas yang dijaga pada seluruh permukaan pada semua waktu. Kondisi ini dipenuhi dengan merendam dalam air jenuh kapur dan dapat dipenuhi dengan penyimpanan dalam ruang jenuh air sesuai dengan AASTHO M 201. Benda uji tidak boleh diletakkan pada air mengalir atau air yang menetes. Rawat silinder beton struktur ringan sesuai dengan standar ini atau sesuai dengan SNI 03-3402-1994.

**CATATAN 13** – Temperatur dalam pasir basah dan di bawah goni basah atau bahan yang serupa akan selalu lebih rendah dari temperatur di atmosfer sekitarnya jika penguapan terjadi.

### 8.4 Benda uji kuat lentur

Rawat benda uji kuat lentur sesuai dengan 8.1 dan 8.2, kecuali selama dalam penyimpanan untuk masa minimum 20 jam segera sebelum pengujian benda uji harus direndam dalam cairan jenuh kapur pada  $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ . Saat terakhir masa perawatan, antara waktu benda uji dipindahkan dari perawatan sampai pengujian diselesaikan, pengeringan benda uji harus dihindarkan.

**Catatan 14** – Jumlah pengeringan yang relatif sedikit dari permukaan benda uji lentur akan menyebabkan tegangan tarik pada serat ekstrim yang akan mengurangi secara berarti kuat lentur yang seharusnya.

## 9 Ketepatan dan bias

- a) Data untuk menetapkan pernyataan ketetapan dari berbagai pengujian yang diperlukan standar ini diperoleh dari *The concrete reference sample program of the cement and concrete reference laboratory*. Penganalisaan data tersebut untuk ketepatan pengujian tunggal dan multi laboratorium diberikan dalam Tabel 3.

**Tabel 3 Nilai untuk pernyataan ketepatan sehubungan dengan pembuatan campuran dan pengujian dengan metode yang sesuai**

Jenis pengujian	Metode pengujian	Ketepatan multi laboratorium		Ketepatan laboratorium tunggal	
		1S	D2S	1S	D2S
<i>Slump</i> , mm	SNI 03- 1972-1990	25	70	18	50
Berat isi (unit <i>weight</i> ), kg/m <sup>3</sup>	SNI 03-1973-1990	22,4	64,1	14,4	40,0
Kadar udara (tanpa bahan tambah udara), % Volume	SNI 03-3418-1994	0,4	1,1	0,3	0,8
Kuat tekan 7 hari, MPa	SNI 03-1974-1990	2,4	6,8	1,4	4,0

Keterangan :

1S : Standar deviasi (simpangan baku)

D2S : Batasan selisih maksimum hasil pengujian dari dua laboratorium

- b) Simpangan standar pengujian tunggal untuk *slump*, berat isi, kadar udara, dan kuat tekan 7 hari dari campuran percobaan sudah didapat 18 mm, 14,4 kg/m<sup>3</sup>, 0,3% dan 1,4 Mpa, oleh sebab itu hasil-hasil dari pengujian yang dilakukan dengan baik pada dua campuran percobaan yang dibuat pada laboratorium yang sama seharusnya tidak berbeda lebih dari 50 mm, 40 kg/m<sup>3</sup>, 0,8% dan 4 Mpa. Pernyataan ketepatan ini dipertimbangkan berlaku pada campuran percobaan di laboratorium yang diperbandingkan mengandung jumlah bahan-bahan yang diberikan dan untuk memiliki faktor air semen tetap. Nilai-nilai tersebut harus digunakan dengan hati-hati untuk beton berkadar udara tambahan, beton dengan *slump* kecil dari 50 mm atau lebih dari 250 mm, atau beton yang dibuat selain dengan agregat dengan berat normal atau agregat dengan ukuran maksimum nominal lebih besar dari 25 mm.
- c) Simpangan standar multi laboratorium untuk *slump*, berat isi, dan kuat tekan 7 hari dari campuran percobaan sudah ditemukan 25 mm, 22,4 kg/m<sup>3</sup>, 0,4%, dan 2,4 Mpa, oleh sebab itu hasil-hasil pengujian yang dilaksanakan pada campuran percobaan tunggal yang dibuat pada dua laboratorium yang berbeda seharusnya tidak berbeda lebih dari 7 mm, 64,1 kg/m<sup>3</sup>, 1,1% dan 6,8 Mpa. Pernyataan ketepatan ini dipertimbangkan berlaku untuk campuran percobaan di laboratorium yang mengandung jumlah bahan-bahan yang telah ditentukan dan memiliki faktor air semen yang telah ditentukan pula. Nilai-nilai tersebut harus digunakan dengan hati-hati untuk beton berkadar udara tambahan, beton dengan *slump* kecil dari 50 mm atau lebih dari 250 mm, atau beton yang dibuat selain dengan agregat dengan berat normal atau agregat dengan ukuran maksimum nominal lebih besar dari 25 mm.

## Bibliografi

Standar NIST : *Handout 44 Specifications, Tolerances and other technical requirements for commercial weighing and measuring devices*

ACI 211.3-75 : *Practice for selecting proportions for no-slump concrete*

