

## Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton

*“ Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil ”*

## Daftar isi

|   |     |
|---|-----|
| Daftar isi .....  | i   |
| Prakata .....   | ii  |
| Pendahuluan.....  | iii |
| 1 Ruang lingkup .....                                   | 1   |
| 2 Acuan normatif.....                                   | 1   |
| 3 Istilah dan definisi .....                            | 1   |
| 4 Peralatan .....                                       | 2   |
| 5 Contoh Uji .....                                      | 3   |
| 6 Prosedur .....  | 3   |
| 7 Perhitungan .....                                     | 5   |
| Lampiran (Informatif) Ketelitian dan penyimpangan ..... | 7   |

## **Prakata**

Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang *Cara uji berat isi, volume produksi campuran dan kadar udara beton* adalah revisi dari SNI 03-1973-1990 *Metode pengujian berat isi beton*.. Adapun perbedaan dengan SNI sebelumnya terletak pada kapasitas wadah ukur yang digunakan, jumlah tusukan pada bagian pemadatan, dan pada bagian perhitungan.

Standar ini disusun oleh Panitia Teknis Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil, Subpanitia Teknis Rekayasa Jalan dan Jembatan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional 08:2007 dan dibahas pada forum rapat konsensus yang diselenggarakan di Bandung pada tanggal 5 Mei 2006 oleh Subpanitia teknis Rekayasa Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan Bandung dengan melibatkan para nara sumber, pakar dan lembaga terkait.

## Pendahuluan

Standar ini memuat ruang lingkup, peralatan, contoh uji, prosedur, dan perhitungan. Meliputi berat isi, volume produksi campuran relatif, kadar semen dan kadar udara. Standar ini digunakan untuk menentukan berat isi dari campuran beton segar.

Manfaat dari cara uji ini bagi perencana, pelaksana, pengawas untuk mengetahui volume produksi campuran beton, kadar semen yang digunakan dan kadar udara dalam beton dalam suatu campuran beton segar.

*“ Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil ”*

## Cara uji berat isi, volume produksi campuran, dan kadar udara beton

### 1 Ruang lingkup

Cara uji ini meliputi penentuan berat isi dari campuran beton segar dan beberapa formula untuk menghitung volume produksi campuran, kadar semen, dan kadar udara dalam beton.

### 2 Acuan normatif

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

SNI 15-2531-1991, *Metode pengujian berat jenis semen portland*

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

SNI 03-4804-1998, *Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat*

SNI 03-4804-1998, *Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat*

SNI 03-6865-2002, *Tata cara pelaksanaan program uji antar laboratorium untuk penentuan presisi metode uji bahan konstruksi*

ASTM C 138, *Test method for density (unit weight), yield, and air content (gravimetric) of concrete*

ASTM C 150, *Specification for portland cement*<sup>3</sup>

ASTM C 188, *Test method for density of hydraulic cement*<sup>3</sup>

ASTM C 231, *Test method for air content of freshly mixed concrete by the pressure method*<sup>2</sup>

ASTM C 29/C 29M-97(2003), *Test method for Bulk density ("unit weight") and voids in aggregate*

<sup>2</sup> Annual book of ASTM Standards, Vol 04.02.

<sup>3</sup> Annual book of ASTM Standards, Vol 04.01.

### 3 Istilah dan definisi

#### 3.1

##### berat isi

berat per satuan volume

#### 3.2

##### berat isi teoritis beton

biasanya ditentukan di laboratorium, nilainya diasumsikan tetap untuk semua campuran yang dibuat dengan komposisi dan bahan yang identik. Hal ini diperhitungkan dengan cara berat total material dalam campuran (kg) dibagi dengan total volume absolut (m<sup>3</sup>). Berat isi teoritis beton (kg/m<sup>3</sup>) dihitung pada keadaan bebas udara

#### 3.3

##### berat total semua material yang digunakan

penjumlahan dari berat semen, agregat halus, agregat kasar, air pencampur, dan bahan-bahan padat atau cair lainnya yang digunakan

## **SNI 1973:2008**

### **3.4**

#### **kadar semen**

jumlah semen yg digunakan perkubikasi beton

### **3.5**

#### **kadar udara**

jumlah udara yang terperangkap dalam beton segar

### **3.6**

#### **volume produksi campuran**

volume beton segar per campuran yang didefinisikan sebagai volume beton yang diproduksi dari suatu adukan yang terdiri dari beberapa material

### **3.7**

#### **volume absolut**

volume absolut untuk masing-masing bahan dalam  $m^3$  sama dengan berat bahan dalam kg dibagi dengan  $1000 \times$  berat jenisnya. Untuk komponen agregat, berat jenis jenuh dan massa harus didasarkan pada kondisi jenuh dan kering permukaan. Berat jenis semen harus berdasarkan pada cara uji C 188, berat jenis semen sebesar 3.15 dapat digunakan untuk semen yang dibuat di pabrik sesuai dengan persyaratan pada spesifikasi C 150

### **3.8**

#### **volume absolut total**

penjumlahan dari volume absolut untuk masing-masing bahan dalam campuran ( $m^3$ )

## **4 Peralatan**

### **4.1 Timbangan**

Timbangan dengan ketelitian 45 g atau 0.3% dari berat benda uji, atau lebih besar berdasarkan rentang yang digunakan. Rentang yang digunakan berdasarkan timbangan yang dapat digunakan untuk menimbang wadah ukur kosong sampai wadah ukur yang telah terisi beton sekitar  $2600 \text{ kg/m}^3$ .

### **4.2 Batang penusuk**

Batang penusuk terbuat dari baja yang lurus dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm, dengan bagian ujungnya dibulatkan setengah bola dengan diameter 16 mm.

### **4.3 Penggetar internal**

Penggetar internal harus memiliki permukaan yang halus dan rapat pada bagian penggetarnya serta digerakkan dengan motor listrik. Frekuensi getaran harus 7000 getaran per menit atau lebih. Diameter terluar dari bagian penggetar tidak kurang dari 19 mm dan tidak lebih dari 38 mm. Panjang bagian penggetar tidak kurang dari 600 mm.

### **4.4 Wadah ukur**

Wadah ukur berbentuk silinder, dapat terbuat dari baja atau logam lain (sesuai CATATAN 1). Kapasitas minimum dari wadah silinder harus sesuai dengan persyaratan yang tercantum dalam tabel 1 yang berdasarkan pada ukuran agregat dalam beton yang akan diuji. Semua wadah ukur, kecuali wadah ukur pada pengukur kadar udara (*air meter*) yang digunakan pada pengujian TEST METHOD C 138, harus sesuai dengan persyaratan TEST METHOD C 29/C 29M. Wadah ukur yang digunakan pada pengukur kadar udara (*air meter*) harus sesuai

dengan persyaratan TEST METHOD C 231, dan harus dikalibrasi untuk volumenya sebagaimana dijelaskan pada TEST METHOD C 29/C 29M. Permukaan atas dari wadah ukur pada pengukur kadar udara (*air meter*) harus mulus dan rata dalam batas 0.3 mm (sesuai CATATAN 2). Penandaan ukuran wadah ukur digunakan untuk pengujian beton dengan ukuran maksimum nominal agregat yang sama atau lebih kecil dari yang tertera dalam tabel. Volume aktual wadah ukur minimal 95 % dari volume nominal sebagaimana tercantum dalam tabel 1.

**Tabel 1 Kapasitas wadah ukur**

| Ukuran maksimum agregat kasar |      | Kapasitas wadah ukur |
|-------------------------------|------|----------------------|
| inci                          | Mm   | liter                |
| 1                             | 25,0 | 6                    |
| 1,5                           | 37,5 | 11                   |
| 2                             | 50   | 14                   |
| 3                             | 75   | 28                   |
| 4,5                           | 112  | 70                   |
| 6                             | 150  | 100                  |

CATATAN 1 Logam tidak boleh bereaksi terhadap pasta semen. Bagaimanapun, bahan reaktif seperti aluminium mungkin dapat digunakan dimana terdapat konsekuensi pada reaksi inisial. Permukaan film yang terbentuk akan melindungi logam dari serangan korosi.

CATATAN 2 Permukaan atas cukup datar jika 0.3 mm *gage* tidak dapat dimasukkan di antara bibir gelas dan pelat kaca 6 mm atau lebih tebal diletakkan di bagian atas dari wadah.

#### 4.5 Alat perata

Pelat logam persegi empat dengan ketebalan 6 mm atau pelat *acrylic* atau kaca dengan ketebalan 12 mm, lebar 50 mm dan panjang yang disesuaikan dengan wadah silinder yang digunakan. Permukaan pelat harus rata dan mulus dengan toleransi penyimpangan 2 mm.

#### 4.6 Palu karet

Untuk wadah ukur dengan volume tidak lebih dari 14 liter, gunakan palu karet dengan berat (600 ± 200) g, sedangkan untuk wadah ukur dengan volume lebih dari 14 liter, gunakan palu karet dengan berat (1000 ± 200) g.

### 5 Contoh Uji

Mendapatkan contoh uji campuran beton segar sesuai dengan SNI 03-2458-1991.

### 6 Prosedur

#### 6.1 Pemilihan metode pemadatan

Pemilihan metode pemadatan berdasarkan nilai *slump* dilakukan jika tidak ditentukan dalam spesifikasi. Metode pemadatan dilakukan dengan cara penusukan dan getaran internal. Untuk nilai *slump* yang lebih besar dari 75 mm pemadatan dilakukan dengan cara penusukan. Untuk nilai *slump* yang terletak di antara 25 mm sampai 75 mm pemadatan dapat dilakukan dengan cara penusukan atau penggetaran internal. Apabila nilai *slump* lebih kecil dari 25 mm maka pemadatan hanya boleh dilakukan dengan cara penggetaran.

Beton nonplastis, seperti yang biasa digunakan pada pabrik pembuatan pipa dan pekerjaan menembok, tidak termasuk dalam cara uji ini.

## **6.2 Pematatan**

Beton ditempatkan 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 25 tusukan batang penusuk, 50 tusukan bila volume wadah ukur yang digunakan 28 liter, dan satu tusukan untuk setiap 20 cm<sup>2</sup> dari permukaan untuk wadah ukur yang lebih besar. Tusukan lapisan bawah tidak menyentuh wadah ukur bagian bawah. Penusukan dilakukan secara merata di atas penampang melintang wadah ukur dan untuk dua lapis di atasnya, tusukan menembus lapisan di bawahnya sedalam 25 mm. Setelah setiap lapis ditusuk, pukul-pukul setiap sisi sebanyak 10 sampai 15 kali dengan menggunakan palu (sesuai 4.6) untuk mengurangi jumlah pori dalam beton. Tambahkan lapis terakhir dan hindari pengisian yang terlalu penuh.

## **6.3 Penggetaran internal**

Isi dan getarkan wadah ukur dalam dua lapis yang sama. Tempatkan semua beton dalam setiap lapis dalam wadah ukur sebelum penggetaran dimulai pada lapis tersebut. Masukkan alat penggetar pada tiga tempat yang berbeda di setiap lapis. Untuk pematatan lapis bawah, alat penggetar diusahakan tidak mengenai bagian bawah wadah ukur. Dalam pematatan lapis terakhir, alat penggetar harus menembus setiap lapis yang di bawahnya kira-kira 25 mm. Alat penggetar harus ditarik secara hati-hati agar tidak ada udara yang terperangkap dalam beton. Waktu penggetaran yang diperlukan akan tergantung dari tingkat kemudahan pekerjaan beton dan efektifitas penggetar (*Vibrator*) (sesuai CATATAN 3). Penggetaran menerus hanya boleh dilakukan untuk mendapatkan beton yang padat (sesuai CATATAN 4). Amati lamanya waktu penggetaran yang diperlukan untuk berbagai jenis beton, penggetar dan alat ukur yang digunakan.

CATATAN 3 Biasanya, penggunaan penggetar dilakukan sampai permukaan beton menjadi relatif mulus.

CATATAN 4 Penggetaran berlebih mungkin menyebabkan segregasi dan kehilangan kuantitas udara yang terperangkap.

## **6.4 Penyelesaian pematatan**

Pada penyelesaian pematatan, wadah ukur tidak boleh dalam keadaan kekurangan atau kelebihan beton. Jumlah maksimum kelebihan beton kira-kira 3 mm di atas wadah ukur. Beton dapat ditambahkan dalam jumlah yang sedikit untuk menutupi kekurangan. Jika dalam wadah ukur terdapat kelebihan beton pada saat penyelesaian pematatan, maka pindahkan kelebihan beton tersebut dengan menggunakan sendok semen atau sekop secepatnya seiring penyelesaian pematatan dan sebelum wadah ukur diratakan.

## **6.5 Perataan**

Setelah pematatan, ratakan permukaan atas beton sampai batas atas wadah ukur dengan alat perata hingga permukaan beton benar-benar rata. Perataan sebaiknya dilakukan dengan menekan alat perata pada permukaan atas wadah ukur untuk menutupi sekitar 2/3 dari permukaan dan gerakkan pelat perata dengan gerakan menyapu sampai benar-benar tertutup. Kemudian letakkan pelat perata pada permukaan atas wadah ukur untuk menutupi 2/3 permukaan lainnya dan lakukan dengan tekanan vertikal dan gerakan menyapu untuk menutupi semua permukaan wadah ukur dan lanjutkan sampai permukaan wadah ukur benar-benar rata. Lakukan tusukan akhir dengan menggunakan pelat perata sampai permukaan mulus.

## 6.6 Pembersihan dan penimbangan

Setelah diratakan, bersihkan semua kelebihan beton yang terdapat pada bagian luar wadah ukur, lalu tentukan berat beton dan wadah ukur dengan timbangan sesuai dengan persyaratan pada 4.1 untuk hasil yang akurat.

## 7 Perhitungan

### 7.1 Berat isi

Menghitung berat isi adalah sebagai berikut :

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

- D adalah berat isi beton, kg/m<sup>3</sup>
- M<sub>c</sub> adalah berat wadah ukur yang diisi beton, kg
- M<sub>m</sub> adalah berat wadah ukur, kg
- V<sub>m</sub> adalah volume wadah ukur, m<sup>3</sup>

### 7.2 Volume produksi campuran

Menghitung volume produksi campuran adalah sebagai berikut :

$$Y = \frac{M}{D} \dots\dots\dots(2)$$

dengan :

- D adalah berat isi beton, kg/m<sup>3</sup>
- M adalah berat total material dalam campuran, kg
- Y adalah volume produksi campuran, m<sup>3</sup>

### 7.3 Volume produksi campuran relatif

Menghitung volume produksi campuran relatif adalah sebagai berikut :

$$R_y = \frac{Y}{Y_d} \dots\dots\dots(3)$$

dengan :

- R<sub>y</sub> adalah perbandingan volume produksi campuran relatif
- Y adalah volume produksi campuran, m<sup>3</sup>
- Y<sub>d</sub> adalah volume beton yang dirancang untuk diproduksi, m<sup>3</sup>

Nilai R<sub>y</sub> yang lebih besar dari 1,00 menunjukkan suatu kelebihan beton yang diproduksi sedangkan untuk nilai yang lebih kecil menunjukkan campuran kurang dari volume desain.

### 7.4 Kadar semen

Menghitung kadar semen aktual adalah sebagai berikut :

$$C = \frac{C_b}{Y} \dots\dots\dots(4)$$

dengan :

- C adalah kadar semen aktual, kg/m<sup>3</sup>
- C<sub>b</sub> adalah berat semen dalam campuran, kg
- Y adalah volume produksi campuran, m<sup>3</sup>

### 7.5 Kadar udara

Menghitung kadar udara adalah sebagai berikut :

$$A = \left[ \frac{\{T - D\}}{T} \right] \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

atau

$$A = \left[ \frac{\{Y - V\}}{Y} \right] \times 100 \dots\dots\dots(6)$$

dengan :

- A adalah kadar udara dalam beton (%)
- D adalah berat isi beton, kg/m<sup>3</sup>
- T adalah berat isi teoritis beton, kg/m<sup>3</sup>
- Y adalah volume produksi campuran, m<sup>3</sup>
- V adalah volume absolut total, m<sup>3</sup>

## Lampiran (Informatif)

### Ketelitian dan penyimpangan

- 1 Estimasi ketelitian untuk cara uji ini didasarkan kepada pengumpulan data dari tempat yang berbeda (ASTM C 138 / C 138 M – 01a). Data campuran beton yang dihasilkan yaitu nilai *slump* berkisar antara 75 mm sampai 150 mm dan berat isi berkisar antara 1842 kg/m<sup>3</sup> sampai 2483 kg/m<sup>3</sup> termasuk udara dalam beton yang terperangkap dan udara yang tidak terperangkap. Kapasitas wadah ukur yang digunakan adalah 7 liter dan 14 liter ;
  - a) Ketelitian Teknisi Tunggal – Penyimpangan standar teknisi tunggal untuk berat isi campuran beton segar adalah 10,4 kg/m<sup>3</sup>. Oleh karena itu, pengujian yang dilakukan oleh teknisi yang sama untuk benda uji beton yang sama perbedaannya tidak lebih dari 29,6 kg/m<sup>3</sup> ;
  - b) Ketelitian Beberapa Teknisi – Penyimpangan standar beberapa teknisi untuk berat isi campuran beton segar adalah 13,1 kg/m<sup>3</sup>. Oleh karena itu, pengujian yang dilakukan oleh dua teknisi untuk benda uji beton yang sama perbedaannya tidak lebih dari 37,0 kg/m<sup>3</sup>.
- 2 Penyimpangan – Cara uji ini tidak memiliki penyimpangan untuk berat isi sebagaimana yang didefinisikan dalam pengujian ini.