

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Analisis Uji Material Campuran Beton**

##### **2.1.1 Uji Kadar Air Agregat**

Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen. Tujuan pengujian adalah untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung oleh agregat.

Peralatan yang digunakan dalam pengujian kadar air adalah 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.

Urutan proses pengujian kadar air agregat adalah sebagai berikut :

1. Timbang dan catatlah berat talam ( $W_1$ );
2. Masukkan benda uji ke dalam talam kemudian timbang dan catat beratnya ( $W_2$ );
3. Hitunglah berat benda uji ( $W_3 = W_2 - W_1$ );
4. Keringkan benda uji beserta dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai beratnya tetap;
5. Setelah kering, timbang dan catat berat benda uji beserta talam ( $W_4$ );

6. Hitunglah berat benda uji kering ( $W_5 = W_4 - W_1$ ).

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan :

$W_3$  = Berat benda uji semula (gram)

$W_5$  = Berat benda uji kering (gram)

**Tabel 2.1** Contoh Isian Formulir Pengujian Kadar Air Agregat

| Nomor Contoh dan Kedalaman            | No. 01 |      |   |   |   |   |
|---------------------------------------|--------|------|---|---|---|---|
|                                       | A      | B    | - | - | - | - |
| <b>Nomor Talam yang dipakai</b>       |        |      |   |   |   |   |
| 1. Berat Talam + Contoh basah (gram)  | 395    | 397  | - | - | - | - |
| 2. Berat Talam + Contoh kering (gram) | 386    | 389  | - | - | - | - |
| 3. Berat Air = 1 – 2 (gram)           | 9      | 8    | - | - | - | - |
| 4. Berat Talam (gram)                 | 145    | 160  | - | - | - | - |
| 5. Berat contoh Kering = 2 – 4 (gram) | 241    | 229  | - | - | - | - |
| 6. Kadar Air = 3 : 5 (%)              | 3,73   | 3,49 | - | - | - | - |

Sumber : SNI-03-1971-1990

## 2.1.2 Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat

### 2.1.2.1 Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Berat jenis adalah perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur yang ditentukan. Berat jenis curah adalah suatu sifat yang pada umumnya digunakan dalam 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.

Berat jenis curah yang ditentukan dari kondisi jenuh kering permukaan digunakan apabila agregat dalam keadaan basah yaitu pada kondisi penyerapannya sudah terpenuhi. Sedangkan berat jenis curah yang ditentukan dari

kondisi kering oven digunakan untuk menghitung ketika agregat dalam keadaan kering atau diasumsikan kering. Berat jenis semu (*apparent*) adalah kepadatan relatif dari bahan padat yang membuat partikel pokok tidak termasuk ruang pori di antara partikel tersebut dapat dimasuki oleh air.

Peralatan yang digunakan dalam pengujian berat jenis dan penyerapan air 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

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

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. Campur agregat secara menyeluruh dan kurangi 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 ujliah 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.

**Tabel 2.2** Berat Contoh Uji Minimum

untuk Tiap Ukuran Nominal Maksimum Agregat

| Ukuran Nominal Maksimum |                 | Berat Minimum Contoh Uji<br>(kg) |
|-------------------------|-----------------|----------------------------------|
| mm                      | Inci            |                                  |
| 150                     | (6)             | 125                              |
| 125                     | (5)             | 75                               |
| 112                     | (4 ½)           | 50                               |
| 100                     | (4)             | 40                               |
| 90                      | (3 ½)           | 25                               |
| 75                      | (3)             | 18                               |
| 63                      | (2 ½)           | 12                               |
| 50                      | (2)             | 8                                |
| 37,5                    | (1 ½)           | 5                                |
| 25,0                    | (1)             | 4                                |
| 19,0                    | (¾)             | 3                                |
| 12,5 atau kurang        | (½) atau kurang | 2                                |

Sumber : SNI-1969-2008

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 dan penyerapan air agregat kasar adalah sebagai berikut :

1. Keringkan 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  $50^{\circ}\text{C}$ ). Sesudah itu rendam agregat tersebut di dalam air pada temperatur kamar selama  $(24\pm 4)$  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  $(24\pm 4)$  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. Pindahkan 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.
4. 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.

5. 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  $(997 \pm 2)$  kg/m<sup>3</sup> 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.

6. Keringkan 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 temperatur (kira-kira  $50^\circ\text{C}$ ), kemudian tentukan beratnya. Gunakan berat ini dalam proses perhitungan pada pasal 7.

Langkah-langkah perhitungan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar :

1. Berat jenis curah kering

Lakukanlah perhitungan berat jenis curah kering (Sd), pada temperatur air  $23^\circ\text{C}$  / temperatur agregat  $23^\circ\text{C}$  dengan rumus berikut ini:

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{B-C} \quad (2.2)$$

Keterangan :

A = berat benda uji kering 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)

Lakukanlah perhitungan berat jenis curah jenuh kering permukaan (Ss), pada temperatur air  $23^\circ\text{C}$  / temperatur agregat  $23^\circ\text{C}$  dalam basis jenuh kering permukaan dengan rumus berikut ini:

$$\text{Berat Jenis Curah (Jenuh Kering Permukaan)} = \frac{B}{B-C} \quad (2.3)$$

Keterangan :

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

C = berat benda uji dalam air (gram).

3. Berat jenis semu

Lakukanlah perhitungan berat jenis semu ( $S_a$ ), pada temperatur air  $23^{\circ}\text{C}$  / temperatur agregat  $23^{\circ}\text{C}$  dengan cara berikut ini:

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{A}{A-C} \quad (2.4)$$

Keterangan :

A = berat benda uji kering oven (gram);

C = berat benda uji dalam air (gram).

#### 4. Penyerapan air

Hitunglah persentase penyerapan air ( $S_w$ ) seperti dengan cara:

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{B-A}{B} \times 100\% \quad (2.5)$$

Keterangan :

B = berat benda uji kering oven (gram);

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

**Tabel 2.3** Contoh Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

| Pengujian                                       | Notasi | I       | II      | Satuan |
|---|--------|---------|---------|--------|
| Berat benda uji kering oven                     | A      | 1215,25 | 1195,10 | gram   |
| Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara | B      | 1232,10 | 1211,20 | gram   |
| Berat benda uji dalam air                       | C      | 749,86  | 740,69  | gram   |

Sumber : SNI-1969-2008

**Tabel 2.4** Contoh Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

| Perhitungan  | Notasi          | I    | II   | Rata-rata |
|--|-----------------|------|------|-----------|
| Berat jenis curah kering ( $S_d$ )                 | $\frac{A}{B-C}$ | 2,52 | 2,54 | 2,53      |
| Berat jenis curah jenuh kering permukaan ( $S_s$ ) | $\frac{B}{B-C}$ | 2,55 | 2,54 | 2,54      |

| Perhitungan                | Notasi                         | I    | II   | Rata-rata |
|----------------------------|--------------------------------|------|------|-----------|
| Berat jenis semu ( $S_a$ ) | $\frac{A}{A - C}$              | 2,61 | 2,63 | 2,62      |
| Penyerapan air ( $S_w$ )   | $\frac{B - A}{B} \times 100\%$ | 1,39 | 1,35 | 1,37      |

Sumber : SNI-1969-2008

### 2.1.2.2 Uji Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam bagai para pelaksana di laboratorium dalam melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Cara uji ini digunakan untuk menentukan setelah ( $24 \pm 4$ ) jam di dalam 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

Timbangan harus sesuai dengan persyaratan dalam SNI-03-6414-2002.

#### 2. Piknometer

Labu atau wadah lain yang cocok untuk benda uji agar dapat dengan mudah dimasukkan volume agregat halus sebanyak  $\pm 100 \text{ mm}^3$  secara berulang. Volume wadah akan diisi sampai bagian yang ditandai, paling tidak harus 50% lebih besar dari ruang yang diperlukan untuk benda uji. Suatu labu dengan kapasitas 500 mL cukup untuk 500 gram rata-rata benda uji agregat halus. Sebuah labu Le Chatelier yang digambarkan pada AASHTO T 133 dapat digunakan untuk 55 gram benda uji.

#### 3. Cetakan

Suatu cetakan yang terbuat dari baja yang tebalnya 0,8 mm berbentuk frustum kerucut (kerucut terpancung) dengan ukuran sebagai berikut : Diameter dalam bagian atas ( $40\pm 3$ ) mm, diameter dalam bagian bawah ( $90\pm 3$ ) mm dan tinggi kerucut terpancung ( $75\pm 3$ ) mm.

4. Batang penumbuk

Suatu batang pematat dengan berat ( $340\pm 15$ ) gram dan permukaan pematat berbentuk lingkaran yang rata dengan diameter ( $25\pm 3$ ) mm.

5. Oven

Oven yang dapat dipergunakan harus memiliki kapasitas yang sesuai, dilengkapi pengatur temperatur dan mampu memanaskan sampai temperatur ( $110\pm 5$ ) °C.

6. Alat pengukur temperatur

Alat pengukur temperatur seperti thermometer baik analog maupun elektronik dengan rentang temperatur yang sesuai dan ketelitian pembacaan 1°C.

7. Alat bantu lain

- Pompa vakum atau alat pemanas (tungku) untuk mengeluarkan gelembung.
- Saringan dengan ukuran bukaan 4,75 mm (No.4).
- Talam
- Bejana tempat air.

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

1. Perhatikan bahwa seluruh penentuan berat harus sampai ketelitian 0,1 gram.
2. Isi piknometer dengan air sebagian saja. Segera setelah itu masukkan ke dalam piknometer ( $500\pm 10$ ) gram agregat halus dalam kondisi jenuh kering

permukaan yang telah dipersiapkan sebelumnya. Tambahkan kembali air sampai 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. Pada umumnya dibutuhkan waktu 15 sampai 20 menit untuk menghilangkan gelembung udara dari dalam air bila menggunakan cara manual. Menyentuh ujung dari handuk kertas ke dalam piknometer cukup efektif untuk menghilangkan buih yang timbul saat menggetarkan atau memutar untuk menghilangkan gelembung, atau dengan cara menambahkan beberapa tetes isopropyl alcohol segera setelah gelembung udara dihilangkan dan menambahkan air sampai batas pengukuran juga cukup efektif untuk menghilangkan buih yang terbentuk.

- Cara alternatif menentukan berat dapat dilakukan dengan menghitung jumlah air yang dibutuhkan untuk mengisi piknometer pada temperatur yang ditentukan secara volumetrik dengan menggunakan buret yang ketelitiannya 0,15 mL.
- Langkah alternatif lainnya 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  $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ .

Masukkan 55 gram agregat halus kondisi jenuh kering permukaan ke dalam labu. Setelah semua agregat halus dimasukkan, 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. Keluarkan agregat halus dari dalam piknometer, keringkan sampai berat tetap pada temperatur  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ , dinginkan 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 untuk menentukan penyerapan air. Timbanglah  $(500 \pm 10)$  gram benda uji dalam kondisi jenuh kering permukaan yang terpisah, keringkan sampai berat tetap kemudian timbanglah kembali Benda uji ini harus diambil pada saat yang bersamaan dengan yang dimasukkan ke dalam labu *Le Chatelier*.
4. Timbanglah berat piknometer pada saat terisi air saja sampai batas pembacaan yang ditentukan pada  $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ .

### **2.1.3 Uji Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)**

Analisis saringan agregat adalah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Tujuan pengujian ini ialah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus maupun agregat kasar. Distribusi yang diperoleh dapat ditunjukkan dalam tabel atau grafik.

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji;
2. Satu set saringan; 37,5 mm (3"); 63,5 mm (2½"); 50,8 mm (2"); 19,1 mm (¾"); 12,5 mm (½"); 9,5 mm (⅜"); No.4 (4.75 mm); 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 + 5)°C;
4. Alat pemisah contoh;
5. Mesin pengguncang saringan;
6. Talam-talam;
7. Kuas, sikat kuning, sendok, dan alat-alat lainnya.

Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu (110 ± 5)°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.

**Tabel 2.5** Contoh Tabel Analisis Saringan

| Saringan                               | Berat Tertahan | Jumlah Berat Tertahan | Jumlah Persen |       |
|--|----------------|-----------------------|---------------|-------|
|  |                |                       | Tertahan      | Lewat |
| 76,2 (3")                              | -              | -                     | -             | -     |
| 63,5 (2 <sup>1</sup> / <sub>9</sub> ") | -              | -                     | -             | -     |
| 50,8 (2")                              | -              | -                     | -             | -     |
| 36,1 (1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ") | -              | -                     | -             | -     |
| 25,4 (1")                              | -              | -                     | -             | -     |
| 19,1 (1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ") | 9.97           | 9.97                  | 40            | 96.00 |
| 12,7 (1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ") | -              | -                     | -             | -     |
| 9,52 (3 <sup>8</sup> / <sub>8</sub> ") | 22.95          | 32.92                 | 43.20         | 86.80 |
| No. 4                                  | 43.54          | 76.46                 | 30.60         | 69.40 |
| No. 8                                  | 49.58          | 126.04                | 50.40         | 49.60 |
| No. 20                                 | 33.07          | 159.11                | 63.60         | 36.40 |
| No. 30                                 | -              | -                     | -             | -     |
| No. 40                                 | 18.43          | 177.54                | 71.00         | 29.00 |
| No. 50                                 | -              | -                     | -             | -     |
| No. 80                                 | 17.19          | 194.73                | 77.90         | 22.10 |
| No. 100                                | 2.76           | 197.49                | 79.00         | 21.00 |
| No. 200                                | 3.31           | 200.80                | 80.30         | 19.70 |

Sumber : SNI-03-1968-1990

#### 2.1.4 Uji Berat Isi Agregat

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.

Peralatan yang digunakan dalam pengujian berat isi agregat yaitu :

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  $2600 \text{ kg/m}^3$ .

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.

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. Wadah ukur

Wadah ukur berbentuk silinder, dapat terbuat dari baja atau logam lain. 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 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.

#### 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.

#### 6. Palu karet

Untuk wadah ukur dengan volume tidak lebih dari 14 liter, gunakan palu karet dengan berat  $(600 \pm 200)$  g, sedang kan untuk wadah ukur dengan volume lebih dari 14 liter, gunakan palu karet dengan berat  $(1000 \pm 200)$

Prosedur pelaksanaan pengujian berat isi agregat yaitu :

##### 1. Pemilihan metode pemadatan

Pemilihan metode pemadatan berdasarkan nilai *slump* dilakukan jika tidak ditentukan dalam spesifikasi. Metode pemadatan dilakukan degan 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.

## 2. Pemasangan

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.

## 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 pemasangan lapis bawah, alat penggetar diusahakan tidak mengenai bagian bawah wadah ukur. Dalam pemasangan 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.

#### 4. Penyelesaian pepadatan

Pada penyelesaian pepadatan, 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 pepadatan, maka pindahkan kelebihan beton tersebut dengan menggunakan sendok semen atau sekop secepatnya seiring penyelesaian pepadatan dan sebelum wadah ukur diratakan.

#### 5. Perataan

Setelah pepadatan, 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. 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.

### 2.1.5 Uji Kadar Lumpur

Tujuan metode ini adalah untuk memperoleh persentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm), sehingga berguna bagi perencanaan dan pelaksana pembangunan jalan.

**Tabel 2.6** Ketentuan Berat Kering Minimum Benda Uji

| Ukuran Maksimum Agregat |         | Berat Kering Benda Uji |
|-------------------------|---------|------------------------|
| Ukuran Saringan         | Mm      | Gram                   |
| No.8                    | 2,36    | 100                    |
| No.4                    | 4,75    | 500                    |
| 3/g                     | 9,50    | 1000                   |
| <sup>3</sup> /4         | 19.00   | 2500                   |
| ± 1 1/2                 | ± 38.10 | 5000                   |

Sumber : SNI-03-4142-1996

Rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Berat kering benda uji awal

$$W_3 = W_1 - W_2 \quad (2.6)$$

2. Berat kering benda uji sesudah pencucian

$$W_5 = W_4 - W_2 \quad (2.7)$$

### 3. Bahan lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm)

$$W_6 = \frac{w_3 - w_5}{w_3} \times 100\% \quad (2.8)$$

#### Keterangan

$W_1$  = Berat kering benda uji + wadah (gram);

$W_2$  = Berat wadah (gram);

$W_3$  = Berat kering benda uji awal (gram);

$W_4$  = Berat kering benda uji sesudah pencucian + wadah (gram);

$W_5$  = berat kering benda uji sesudah pencucian (gram);

$W_6$  = % bahan lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm).

Tata cara pengujian kadar lumpur adalah sebagai berikut :

1. Timbang wadah tanpa benda uji;
2. Timbang benda uji dan masukan ke dalam wadah;
3. Masukan air pencuci yang sudah berisi sejumlah bahan pembersih ke dalam wadah, sehingga benda uji terendam;
4. Aduk benda uji dalam wadah sehingga menghasilkan pemisahan sempurna antara butir-butir kasar dan bahan halus yang lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm).
5. Usahakan bahan halus tersebut menjadi melayang di dalam larutan air pencuci sehingga mempermudah memisahkannya.
6. Tuangkan air pencuci dengan segera di atas saringan Nomor 16 (1,18 mm) yang di bawahnya dipasang saringan Nomor 200 ( 0,075 mm ) pada waktu menuangkan air pencuci harus hati-hati supaya bahan yang kasar tidak ikut tertuang;

7. Ulangi pekerjaan butir (3), (4) dan (5), sehingga tuangan air pencuci terlihat jernih;
8. Kembalikan semua benda Uji yang tertahan saringan Nomor 16 (1.18 mm) dan Nomor 200 (0,075 mm) ke dalam wadah lalu keringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ , sampai mencapai berat tetap, dan timbang sampai ketelitian maksimum 0,1 % dari berat contoh;
9. Hitung persen bahan yang lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm) dengan rumus-rumus perhitungan seperti yang diuraikan pada Bab III, butir 3.4.

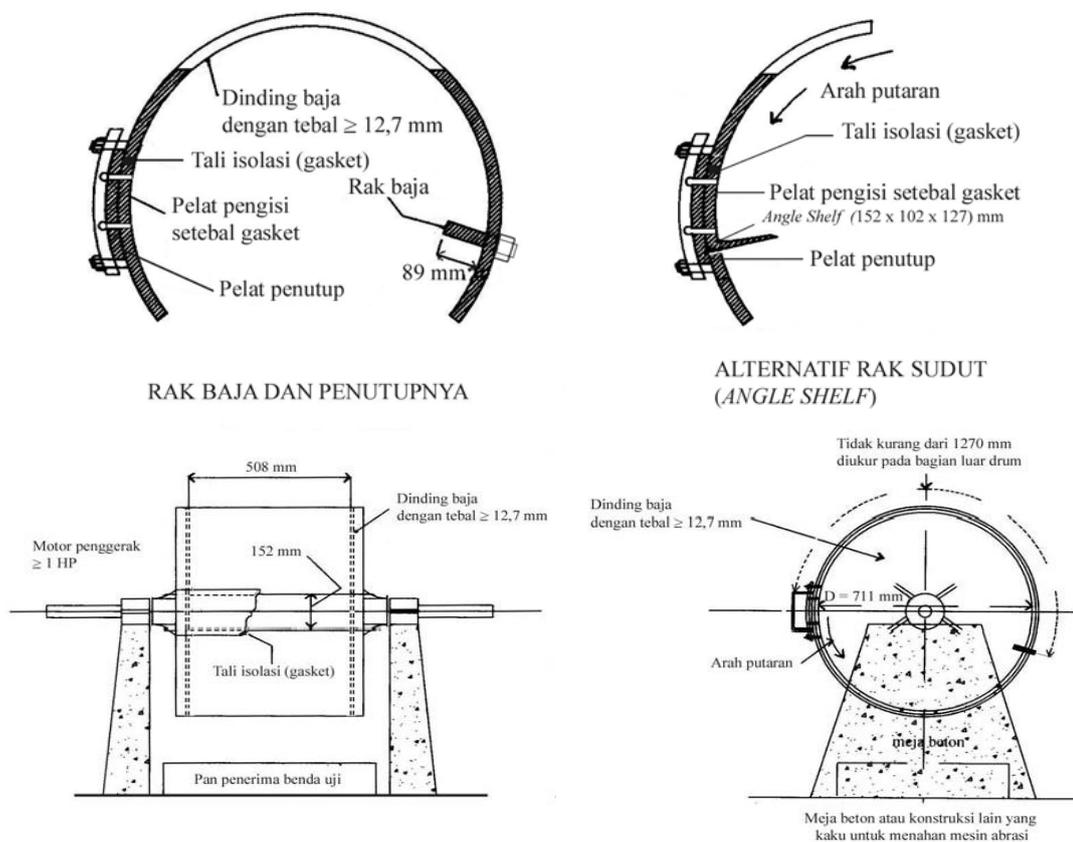
#### **2.1.6 Uji Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles**

Tujuan pengujian keausan agregat adalah untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen. Cara uji ini sebagai pegangan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin abrasi Los Angeles.

Peralatan yang digunakan dalam pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles yaitu sebagai berikut :

1. Mesin abrasi Los Angeles (Lampiran A). Mesin terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter dalam 711 mm (28 inci) panjang dalam 508 mm (20 inci); silinder bertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar; silinder berlubang untuk memasukkan benda uji; penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu; di bagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 89 mm (3,5 inci);
2. Saringan No.12 (1,70 mm) dan saringan-saringan lainnya;

3. Timbangan, dengan ketelitian 0,1% terhadap berat contoh atau 5 gram;
4. Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm ( $1 \frac{27}{32}$  inci) dan berat masing-masing antara 390 gram sampai dengan 445 gram;
5. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur temperatur untuk memanasi sampai dengan  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ;
6. Alat bantu pan dan kuas.



**Gambar 2.1** Peralatan Mesin Abrasi Los Angeles

*Sumber: SNI-2417-2008*

## 2.2 Analisis Proporsi Bahan Penyusun Beton

Tata cara ini meliputi persyaratan umum dan persyaratan teknis perencanaan proporsi campuran beton untuk digunakan sebagai salah satu acuan

bagi para perencana dan pelaksana dalam merencanakan proporsi campuran beton tanpa menggunakan bahan tambah untuk menghasilkan mutu beton sesuai dengan rencana.

Persyaratan umum yang harus dipenuhi sebagai berikut:

1. Proporsi campuran beton harus menghasilkan beton yang memenuhi persyaratan berikut :
  - a. Kekentalan yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, pemadatan, dan perataan) dengan mudah dapat mengisi acuan dan menutup permukaan secara serba sama (homogen);
  - b. Keawetan;
  - c. Kuat tekan;
  - d. Ekonomis;
2. Beton yang dibuat harus menggunakan bahan agregat normal tanpa bahan tambah. Bahan-bahan yang digunakan dalam perencanaan harus mengikuti persyaratan berikut :
  - a. Bila pada bagian pekerjaan konstruksi yang berbeda akan digunakan bahan yang berbeda, maka setiap proporsi campuran yang akan digunakan harus direncanakan secara terpisah;
  - b. Bahan untuk campuran coba harus mewakili bahan yang akan digunakan dalam pekerjaan yang diusulkan.

Perencanaan campuran beton harus dipenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Perhitungan perencanaan campuran beton harus didasarkan pada data sifat-sifat bahan yang akan dipergunakan dalam produksi beton;
2. Susunan campuran beton yang diperoleh dari perencanaan ini harus

dibuktikan melalui campuran coba yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut dapat memenuhi kekuatan beton yang disyaratkan.

Bahan-bahan penyusun campuran beton adalah sebagai berikut :

1. Air

Air harus memenuhi ketentuan yang berlaku.

2. Semen

Semen harus memenuhi SNI-15-2049-1994 tentang semen Portland.

3. Agregat

Agregat harus memenuhi SNI-03-1750-1990 tentang Mutu dan Cara Uji Agregat Beton.

Langkah-langkah perhitungan proporsi campuran beton sebagai berikut:

1. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan dihitung dari:

a. Deviasi standar yang didapat dari pengalaman di lapangan selama produksi beton menurut rumus:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.9)$$

Keterangan :

s = Deviasi Standar

$x_i$  = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

$\bar{x}$  = Kuat tekan beton rata-rata

$$\bar{x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}} \quad (2.10)$$

Keterangan :

$\bar{x}$  = Kuat tekan beton rata-rata

$x_i$  = Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

$n$  = Jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimum 30 buah (satu hasil uji adalah nilai ujirata-rata dari 2 buah benda uji).

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

- 1) Mewakili bahan-bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupadengan pekerjaan yang diusulkan;
- 2) Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan  $f'$  yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai  $f_{cr}$  yang ditentukan;
- 3) 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;
- 4) Bila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi pasal 4.2.3.1 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 factor pengali dari Tabel 2.7.

**Tabel 2.7** Faktor Pengali Untuk Deviasi Standar Data Hasil Uji yang Tersedia Kurang dari 30

| Jumlah Pengujian | Faktor Pengali Deviasi Standar |
|------------------|--------------------------------|
| Kurang dari 15   | Lihat butir 4.2.3.1 1) (5)     |
| 15               | 1,16                           |
| 20               | 1,08                           |
| 25               | 1,03                           |
| 30 atau lebih    | 1,00                           |

Sumber : SNI-03-2834-2000

- 5) 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 ( $f' + 12$  MPa);

b. Nilai tambah dihitung menurut rumus:

$$M = 1,64 \times S_r \quad (2.11)$$

Keterangan :

$M$  = Nilai tambah

1,64 = Tetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil ujisebesar maksimum 5 %

$S_r$  = Deviasi standar rencana

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

$$f_{cr} = f'c + M \quad (2.12)$$

$$f_{cr} = f'c + 1,64 S_r \quad (2.13)$$

Keterangan :

$f_{cr}$  = Nilai yang ditentukan

$f'c$  = Nilai batas yaitu 7 Mpa

$M$  = Nilai tambah

$S_r$  = Deviasi standar rencana

#### 4. Pemilihan faktor air semen

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

a. Hubungan kuat tekan dan factor 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 03-1915-1992 tentang spesifikasi beton tahan sulfat dan SNI 03-2914-1994 tentang spesifikasi beton bertulang kedap air, (Tabel 4,5,6).

#### 5. *Slump*

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

#### 6. Besar butir agregat maksimum

Besar butir agregat maksimum tidak boleh melebihi:

- 1) Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan;
- 2) Sepertiga dari tebal pelat;
- 3) Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

#### 7. Kadar Air Bebas

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

- 1) Agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada tabel 2 dan grafik 1 atau 2;
- 2) Agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \quad (2.14)$$

Keterangan:

$W_h$  = Perkiraan jumlah air untuk agregat halus

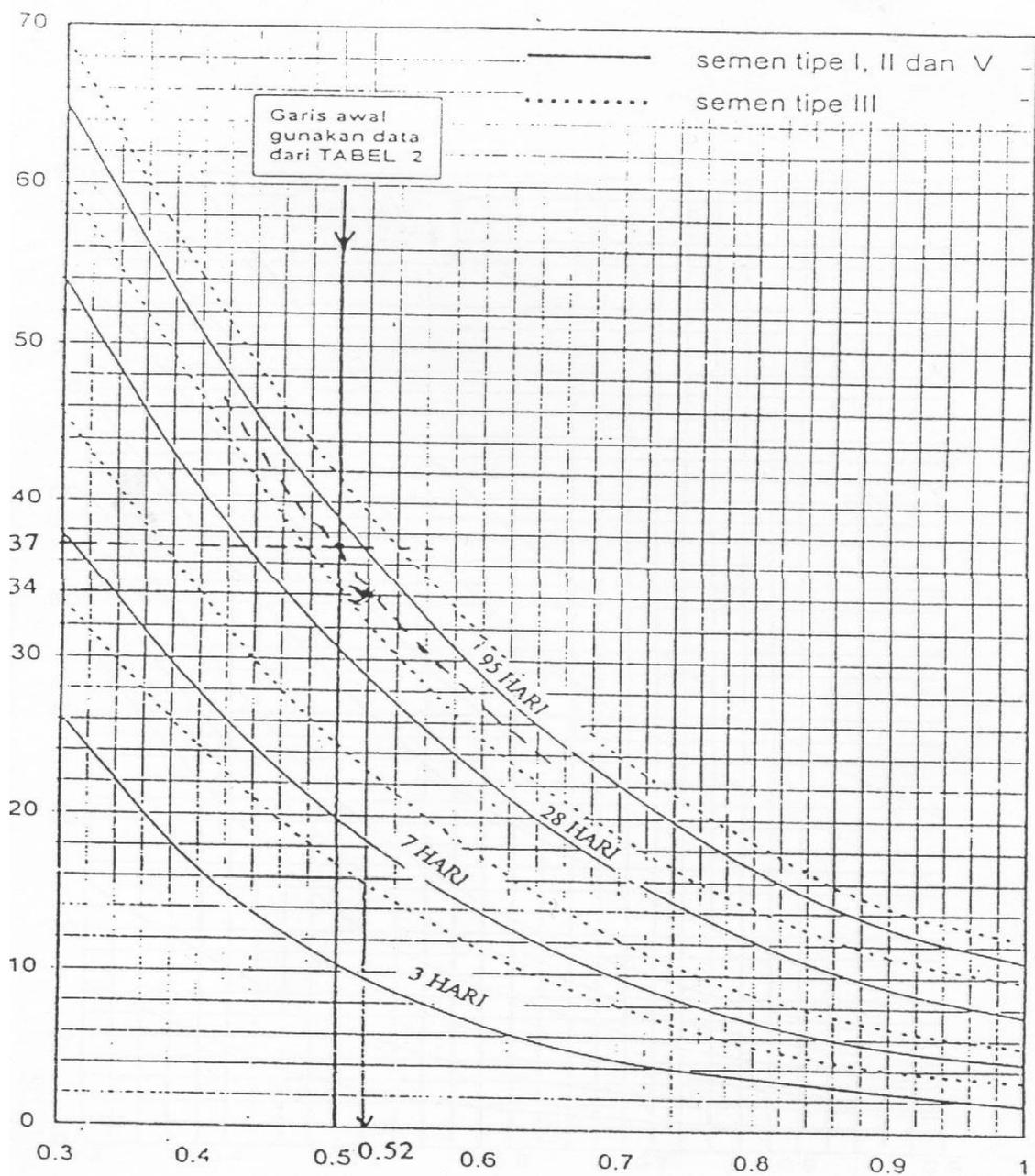
$W_k$  = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar pada Tabel

**Tabel 2.8** Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air  
Semen dan Agregat Kasar yang Biasa Dipakai di Indonesia

| Jenis semen                             | Jenis Agregat<br><br>Kasar | Kekuatan tekan (MPa) |    |    |          |            |
|---|----------------------------|----------------------|----|----|----------|------------|
|   |                            | Pada umur<br>(hari)  |    |    | Bentuk   |            |
|   |                            | 3                    | 7  | 28 | 29       | Bentuk uji |
| Semen Portland<br><br>Tipe 1            | Batu tak dipecahkan        | 17                   | 23 | 33 | Silinder |            |
|   | Batu pecah                 | 40                   | 19 | 27 |          | 37         |
| Semen Tahan<br>Sulfat<br><br>Tipe II, V | Batu tak dipecahkan        | 20                   | 28 | 40 | 48       | Kubus      |
|   | Batu pecah                 | 25                   | 32 | 45 | 54       |            |

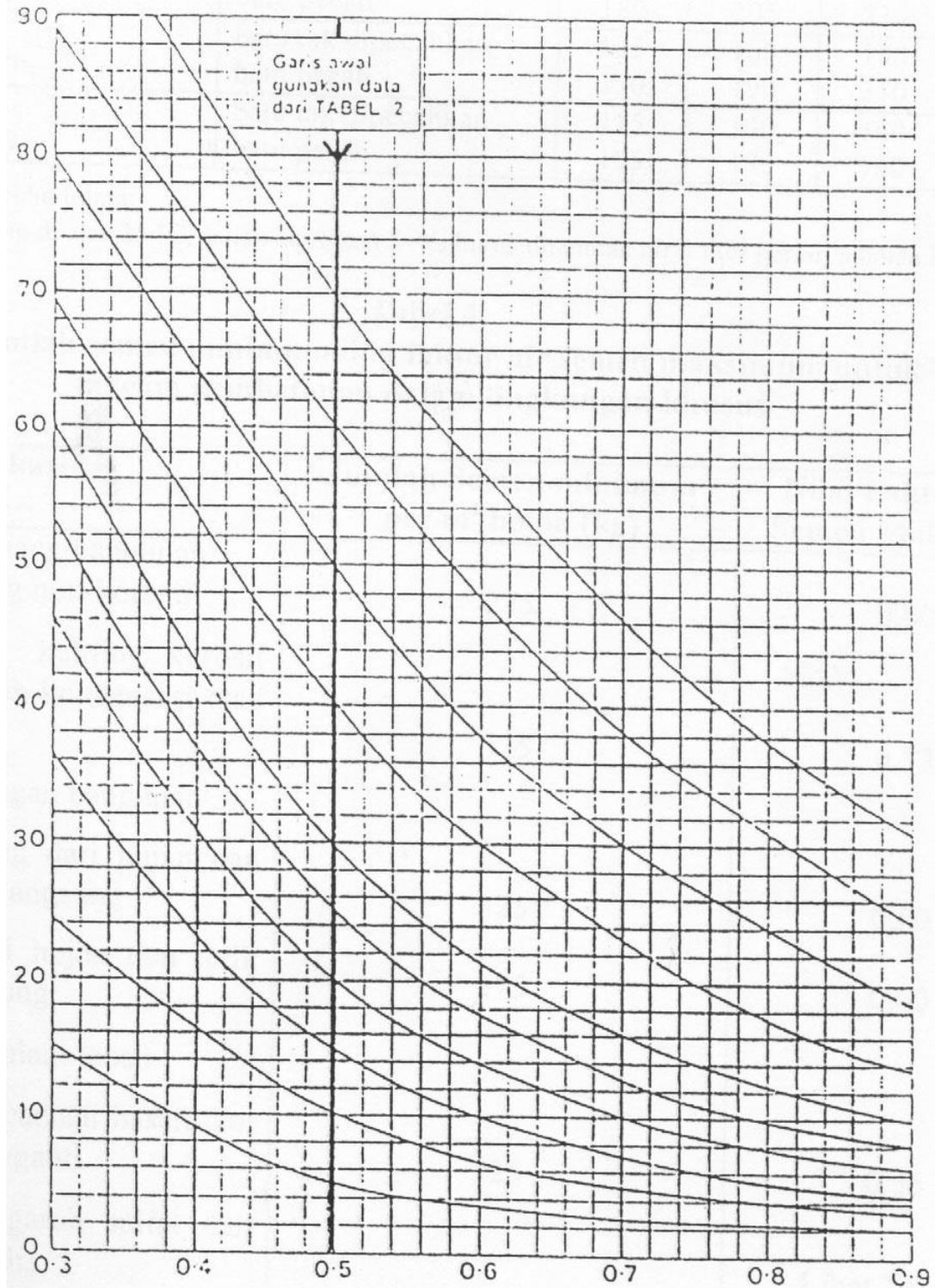
|                                |                     |    |    |    |          |       |
|--------------------------------|---------------------|----|----|----|----------|-------|
| Semen Portland<br><br>Tipe III | Batu tak dipecahkan | 21 | 28 | 38 | Silinder |       |
|                                | Batu pecah          | 44 |    |    |          |       |
|                                |                     | 25 | 33 | 44 | 48       |       |
|                                | Batu tak dipecahkan | 25 | 31 | 46 | 53       | Kubus |
|                                | Batu pecah          | 30 | 40 | 53 | 60       |       |

*Sumber : SNI-03-2834-2000*



**Gambar 2.2** Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (Benda Uji Berbentuk Silinder Diameter 150 mm, Tinggi 300 mm)

*Sumber : SNI-03-2834-2000*



**Gambar 2.3** Grafik Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (Benda Uji Berbentuk Kubus 150 x 150 x 150 mm)

*Sumber : SNI-03-2834-2000*

**Tabel 2.9** Perkiraan Kadar Air Bebas ( $\text{Kg/m}^3$ ) 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  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , setiap kenaikan  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  harus ditambah air 5 liter per  $\text{m}^2$  adukan beton.

**Tabel 2.10** Persyaratan Jumlah Semen Minimum dan Faktor Air Semen Maksimum untuk Berbagai Macam Pembetonan dalam Lingkungan Khusus

| Lokasi<br>---  | Jumlah Semen<br>minimum<br>Per m <sup>3</sup> beton<br>(kg) | Nilai Faktor Air-<br>Semen Maksimum   |
|--|---|---|
| <p>Beton di dalam ruang bangunan:</p> <p>a. keadaan keliling non-korosif</p> <p>b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif</p> <p>Beton di luar ruangan bangunan:</p> <p>a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung</p> <p>b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung</p> <p>Beton masuk ke dalam tanah:</p> <p>a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti</p> <p>b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah</p> <p>Beton yang kontinu berhubungan:</p> <p>a. air tawar</p> <p>b. air laut</p> | <p>275</p> <p>325</p> <p>325</p> <p>275</p> <p>325</p>      | <p>0,60</p> <p>0,52</p> <p>0,60</p> <p>0,60</p> <p>0,55</p> <p>Lihat Tabel 5</p> <p>Lihat Tabel 6</p> |

Sumber : SNI-03-2834-2000

**Tabel 2.11** Ketentuan untuk Beton Air Tanah Mengandung Sulfat

| Kadar Gangguan Sulfat | Konsentrasi Sulfat Sebagai SO <sub>3</sub> |  |                   | Tipe semen                                | Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (Kg/M <sup>3</sup> ) |     |     | Factor air semen |
|-----------------------|--|--|-------------------|---|--|-----|-----|------------------|
|                       | Dalam tanah                                | Sulfat(SO <sub>3</sub> )                     |                   |   |  |     |     |                  |
|                       | Total SO <sub>3</sub> (%)                  | SO <sub>3</sub> dalam campuran Air : Tanah = | Dalamair Tanahg/l |   | 40   | 20  | 10  |                  |
| 1                     | Kurang dari 0,2                            | Kurang dari 1,0                              | Kurang dari 0,3   | Tipe 1 dengan atau tanpa Pozolan (15-40%) | 80   | 300 | 350 | 0,50             |
| 2                     | 0,2-0,5                                    | 1,0-1,9                                      | 0,3-1,2           | Tipe 1 dengan atau tanpa Pozolan (15-40%) | 290  | 330 | 350 | 0,50             |

| Kadar Gangguan Sulfat | Konsentrasi Sulfat Sebagai SO <sub>3</sub> |   |                     | Tipe semen  | Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (Kg/M <sup>3</sup> ) |       |       | Factor air semen |
|-----------------------|--|---|---------------------|---|--|-------|-------|------------------|
|                       | Dalam tanah                                | Sulfat(SO <sub>3</sub> )                              |                     |   |  |       |       |                  |
|                       | Total SO <sub>3</sub> (%)                  | SO <sub>3</sub> dalam campuran Air : Tanah = 2: 1 g/l | Dalam air Tanah g/l |   | 40 mm  | 20 mm | 10 mm |                  |
|                       |  |   |                     | Tipe I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan | 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 I Pozolan (15-40%) atau Semen Portland         | 340  | 380   | 430   | 0,45             |

| Kadar Gangguan Sulfat | Konsentrasi Sulfat Sebagai SO <sub>3</sub> |   |                     | Tipe semen                           | Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (Kg/M <sup>3</sup> ) |       |       | Factor air semen |
|-----------------------|--|---|---------------------|--------------------------------------|--|-------|-------|------------------|
|                       | Dalam tanah                                | Sulfat(SO <sub>3</sub> )                              |                     |                                      |  |       |       |                  |
|                       | Total SO <sub>3</sub> (%)                  | SO <sub>3</sub> dalam campuran Air : Tanah = 2: 1 g/l | Dalam air Tanah g/l |                                      | 40 mm  | 20 mm | 10 mm |                  |
|                       |  |   |                     | Pozolan                              |  |       |       |                  |
|                       |  |   |                     | Tip ell atau Tipe V                  | 290  | 330   | 380   | 0,50             |
| 4                     | 1,0-2,0                                    | 3,1-5,6   | 2,5-5,0             | Tip ell atau Tipe V                  | 330  | 370   | 420   | 0,45             |
| 5                     | Lebih dari 2,0                             | Lebih dari 5,6  | Lebih dari 5,0      | Tip ell atau Tipe V Lapisan pelindun | 330  | 370   | 420   | 0,45             |

|                       |  |   |                     |            |  |       |       |                  |
|-----------------------|--|---|---------------------|------------|--|-------|-------|------------------|
| Kadar Gangguan Sulfat | Konsentrasi Sulfat Sebagai SO <sub>3</sub> |   |                     | Tipe semen | Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (Kg/M <sup>3</sup> ) |       |       | Factor air semen |
|                       | Dalam tanah                                | Sulfat(SO <sub>3</sub> )                              |                     |            |  |       |       |                  |
|                       | Total SO <sub>3</sub> (%)                  | SO <sub>3</sub> dalam campuran Air : Tanah = 2: 1 g/l | Dalam air Tanah g/l |            | 40 mm  | 20 mm | 10 mm |                  |
|                       |  |   |                     | g          |  |       |       |                  |

Sumber : SNI-2834-2000

**Tabel 2.12** Ketentuan Minimum Beton Bertulang Kedap Air

|             |  |                           |            |  |       |
|-------------|--|---------------------------|------------|--|-------|
| Jenis beton | Kondisi lingkungan yang berhubungan dengan | Factor air semen maksimum | Tipe semen | Kandungan semen minimum (kg/m <sup>3</sup> ) |       |
|             |  |                           |            | Ukuran nominal Maksimum agregat              |       |
|             |  |                           |            | 40 mm  | 20 mm |

|                                |           |      |  |     |     |
|--------------------------------|-----------|------|--|-----|-----|
| Bertulang<br>atau<br>Prategang | Air tawar | 0,50 | Tipe – V   | 280 | 300 |
|                                | Air payau | 0,45 | Tipe I +<br>Pozolan (15-<br>40%) atau<br>Semen Portland<br>Pozalen |     |     |
|                                | Air laut  | 0,50 | Tip ell atau Tipe<br>V Tipe II atau<br>Tipe V                      | 340 | 380 |
|                                |           | 0,45 |  |     |     |

Sumber : SNI-03-2834-2000

**Tabel 2.13** Persyaratan Batas-Batas Susunan Besar Butir Agregat Kasar  
(Kerikil atau Koral)

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

Sumber : 03-2834-2000

1. Berat Jenis Relatif Agregat

Berat jenis relative agregat ditentukan sebagai berikut:

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

(1) agregat tak dipecah : 2,5

(2) 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

## 2. Proporsi Campuran Beton

Proporsi campuran beton (semen, air, agregat halus dan agregat kasar) harus dihitung dalam kg per m<sup>3</sup> adukan.

## 3. Koreksi Proporsi Campuran

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

$$\text{Air} = B - (C_k - C_a) \times C/100 - (D_k - D_a) \times D/100 \quad (2.15)$$

$$\text{Agregat halus} = C + (C_k - C_a) \times C/100 \quad (2.16)$$

$$\text{Agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times D/100 \quad (2.17)$$

Keterangan:

B = Jumlah air

C = Jumlah agregat halus

D = Jumlah agregat kasar

C<sub>a</sub> = Absorpsi air pada agregat halus (%)

D<sub>a</sub> = Absorpsi agregat kasar (%)

C<sub>k</sub> = Kandungan air dalam agregat halus (%)

$D_k$  = Kandungan air dalam agregat kasar (%)

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

- 1) Ambil kuat tekan beton yang disyaratkan  $f_{Xc}$  pada umur tertentu;
- 2) Hitung deviasi standar menurut ketentuan butir 4.2.3.1;
- 3) Hitung nilai tambah menurut butir 4.2.3.1 2);
- 4) Hitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan  $f_{Xcr}$  menurut butir 4.2.3.1 3);
- 5) Tetapkan jenis semen;
- 6) Tentukan jenis agregat kasar dan agregat halus, agregat ini dapat dalam bentuk takdipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan;
- 7) Tentukan factor air semen menurut butir 4.2.3.2 Bila dipergunakan grafik 1 atau 2 ikutilangkah-langkah berikut :
  - (1) Tentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 2.13, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai;
  - (2) Lihat Grafik 1 untuk benda uji berbentuk silinder atau grafik 2 untuk benda uji berbentuk kubus;
  - (3) Tarik garis tegak lurus ke atas melalui factor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir 1 di atas;
  - (4) Tarik garis lengkung melalui titik pada sub. Butir 3 secara proporsional;
  - (5) Tarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 4 di atas;
  - (6) Tarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk

mendapatkan factor air semen yang diperlukan;

- 8) Tetapkan factor air semen maksimum menurut butir 4.2.3.2 3) (dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak). Jika nilai factor air semen yang diperoleh dari butir 7 di atas lebih kecil dari yang dikehendaki, maka yang dipakai yang terendah;
- 9) Tetapkan slump;
- 10) Tetapkan ukuran agregat maksimum jika tidak ditetapkan lihat butir 4.2.3.4;
- 11) Tentukan nilai kadar air bebas menurut butir 4.2.3.5 dari Tabel 3
- 12) Hitung jumlah semen yang besarnya adalah kadar semen adalah kadar air bebas dibagi factor air semen;
- 13) Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan;
- 14) Tentukan jumlah semen semimum mungkin. Jika tidak lihat table 4.5.6 jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan;
- 15) Tentukan factor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka factor air semen harus diperhitungkan kembali;
- 16) Tentukan 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) Tentukan susunan agregat kasar menurut grafik 7,8, atau 9 bila lebih

dari satu macam agregat kasar gabungan seperti table 9.

- 18) Tentukan persentase pasir dengan perhitungan atau menggunakan grafik 13 sampai dengan 15; dengan diketahui ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10, slump menurut butir 9, factor 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 5 mm. dalam agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia seringkali dijumpai bagian yang lebih halus dari 5 mm dalam jumlah yang lebih dari 5 persen.
- 19) Hitung berat jenis relative agregat menurut butir 4.2.3.6;
- 20) Tentukan berat isi beton menurut Grafik 16 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 3 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18;
- 21) Hitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas;
- 22) Hitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21;
- 23) Hitung 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  $1\text{m}^3$  beton;
- 24) Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan;
- 25) Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan pada butir 4.2.3.8;

26) Buatlah campuran uji, ukur dan catatlah besarnya slump serta kekuatan tekan yang sesungguhnya, perhatikan hal berikut:

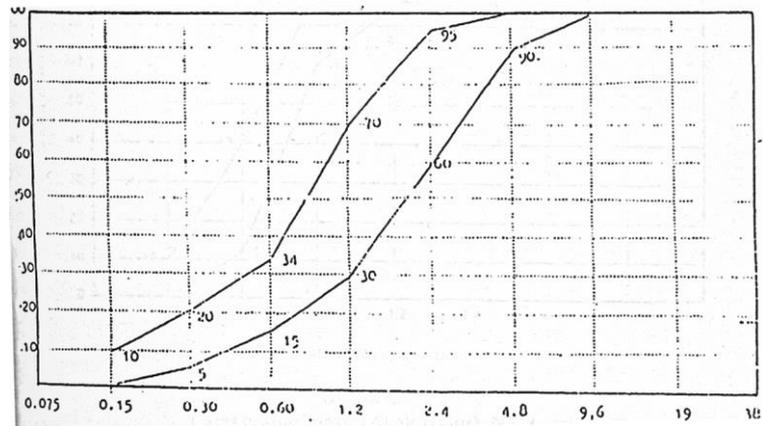
- (1) Jika harga yang didapat sesuai dengan harga yang diharapkan, maka susunan campuran beton tersebut dikatakan baik. Jika tidak, maka campuran perlu dibetulkan;
- (2) Jika nilai *slump* ternyata terlalu tinggi atau rendah, maka kadar air perlu dikurangi atau ditambah (demikian juga kadar semennya, karena factor air semen harus dijaga agar tetap tak berubah);
- (3) Jika kekuatan beton dari campuran ini terlalu tinggi atau rendah, maka factor air semen dapat atau harus ditambah atau dikurangi sesuai dengan Grafik 1 atau 2.

27) Notasi

- $f'$  : Kuat tekan beton yang disyaratkan
- MPa  $f_{cr}$  : Kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan
- s : deviasi standar MPa
- M : Margin
- K : Tetapan statistik yang tergantung pada banyaknya bagian yang cacat
- S : Kondisi jenuh permukaan kering

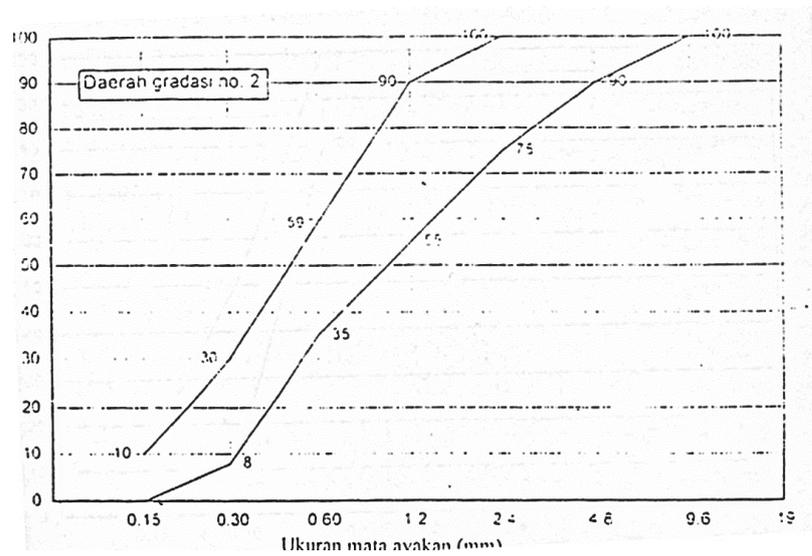
28) Grafik

Daerah Grudasi No 1



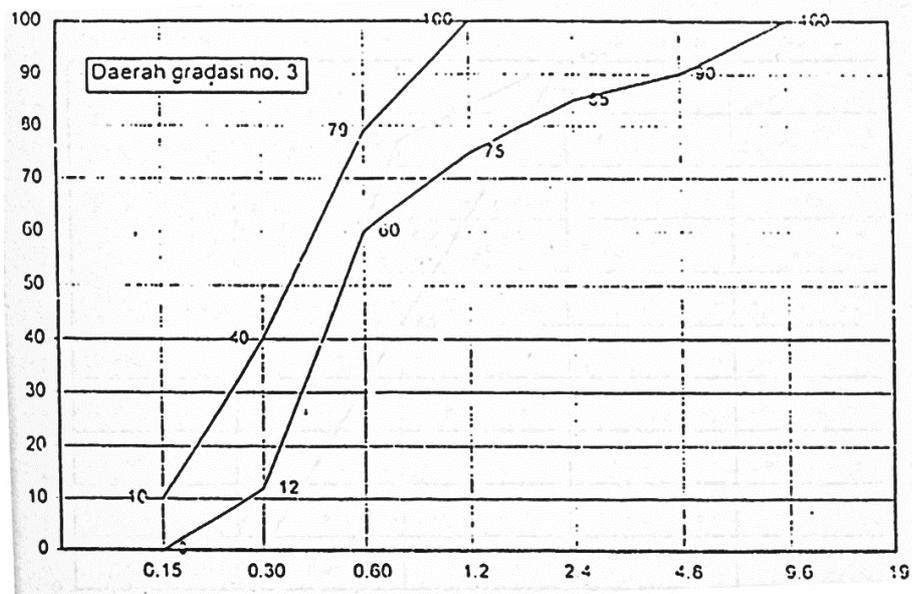
**Gambar 2.4** Grafik 3 Batas Gradasi Pasir (Kasar) No. 1

*Sumber : SNI-03-2834-2000*



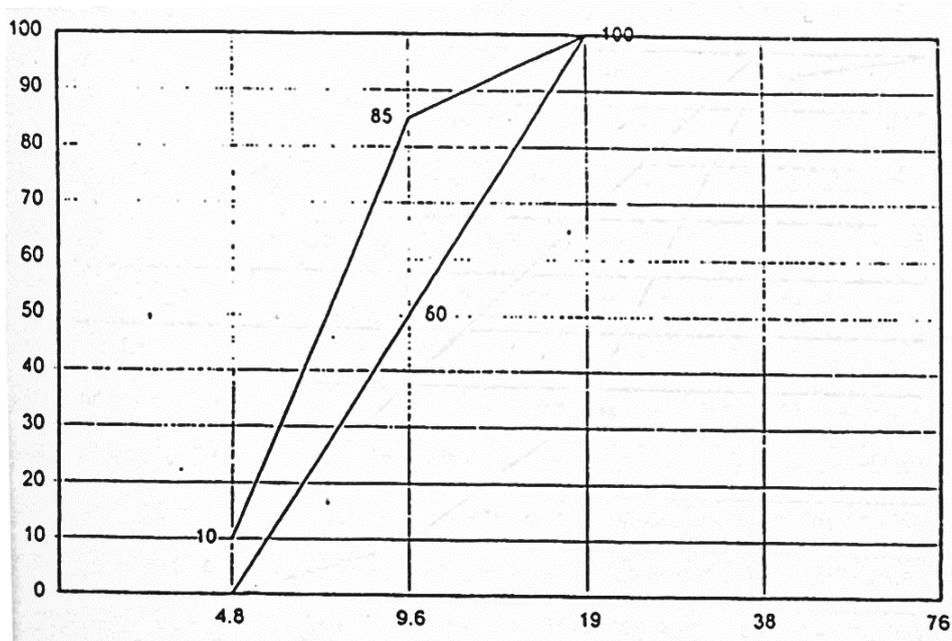
**Gambar 2.5** Grafik 4 Batas Gradasi Pasir (Sedang) No. 2

*Sumber : SNI-03-2834-2000*



**Gambar 2.6** Grafik 5 Batas Gradasi Pasir (Agak Halus) No. 3

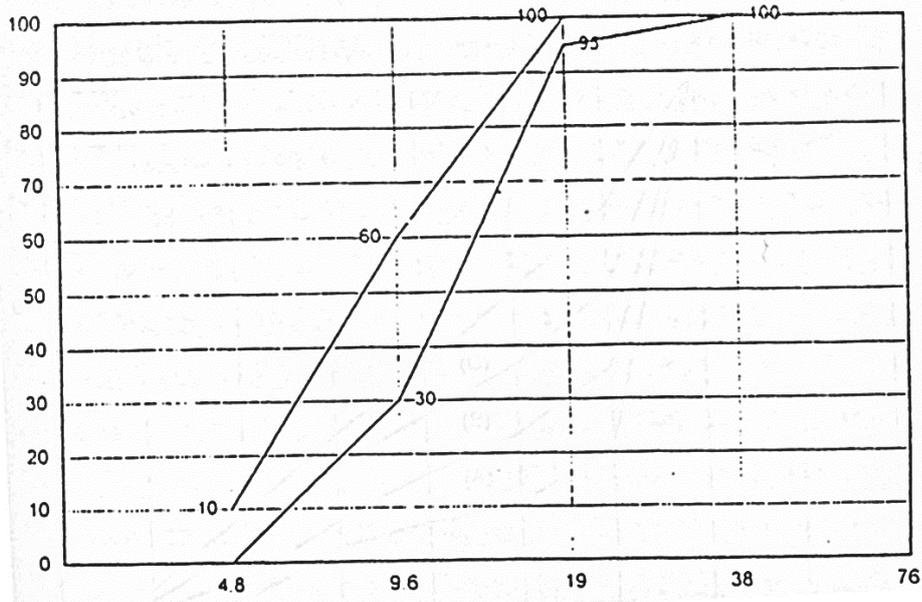
*Sumber : SNI-03-2834-2000*



**Gambar 2.7** Grafik 7 Batas Gradasi Kerikil atau Koral Ukuran

Maksimum (10 mm)

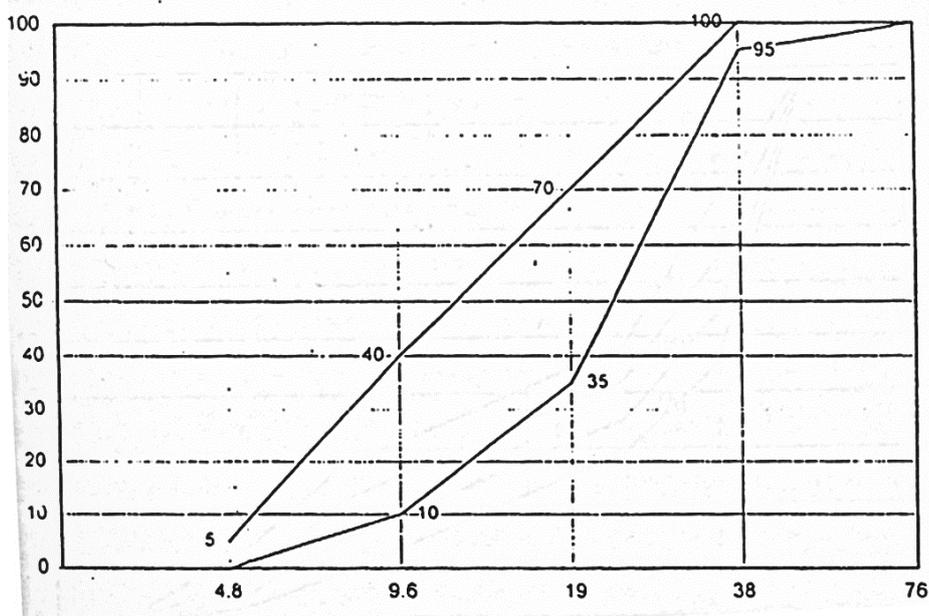
*Sumber : SNI-03-2834-2000*



**Gambar 2.8** Grafik 8 Batas Gradasi Kerikil atau Koral Ukuran

Maksimum (20 mm)

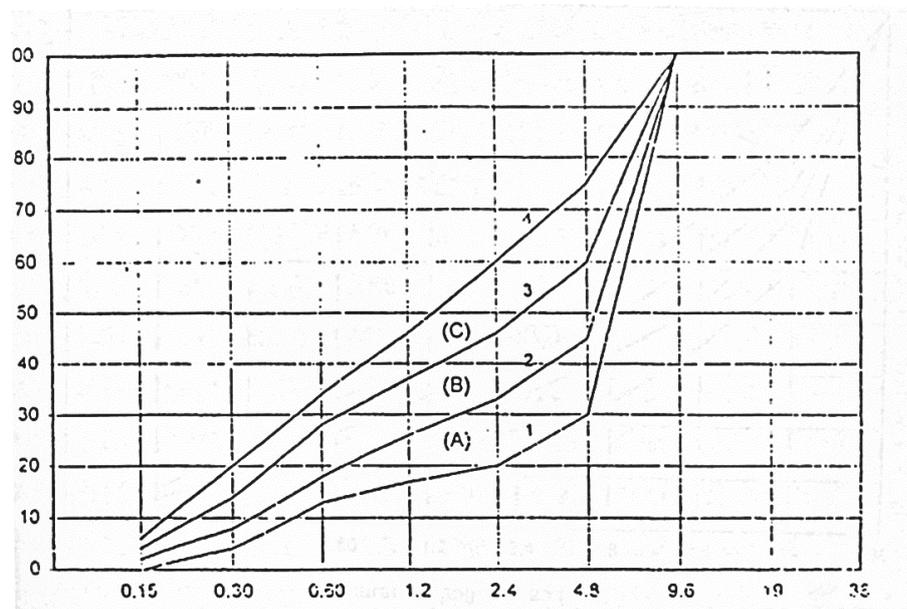
*Sumber : SNI-03-2834-2000*



**Gambar 2.9** Grafik 9 Batas Gradasi Kerikil atau Koral Ukuran

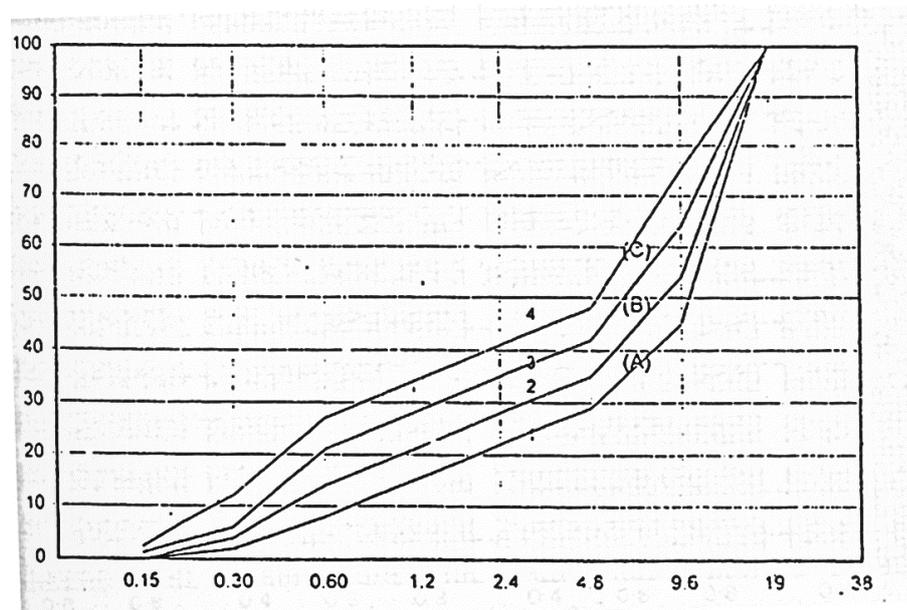
Maksimum (40 mm)

*Sumber : SNI-03-2834-2000*



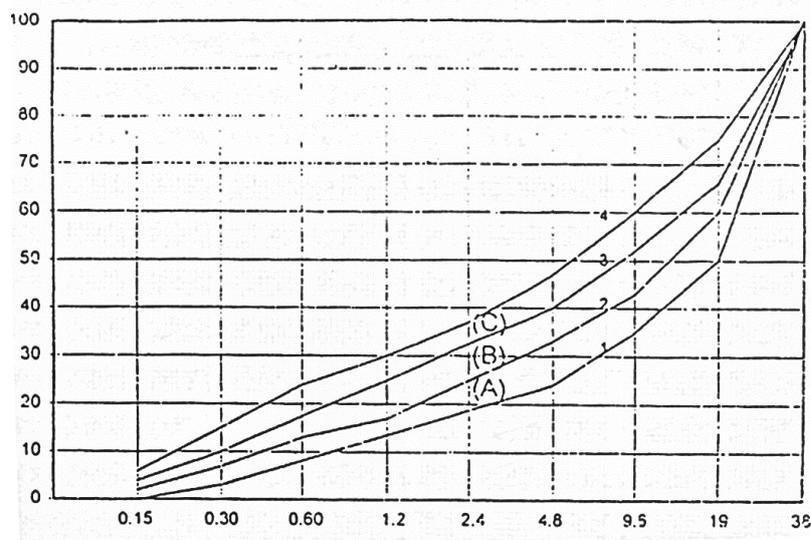
**Gambar 2.10** Grafik 10 Batas Gradasi Agregat Gabungan untuk Besar Butir  
Maksimum (10 mm)

*Sumber : SNI-03-2834-2000*



**Gambar 2.11** Grafik 11 Batas Gradasi Agregat untuk Besar Butir  
Maksimum (20 mm)

*Sumber : SNI-03-2834-2000*

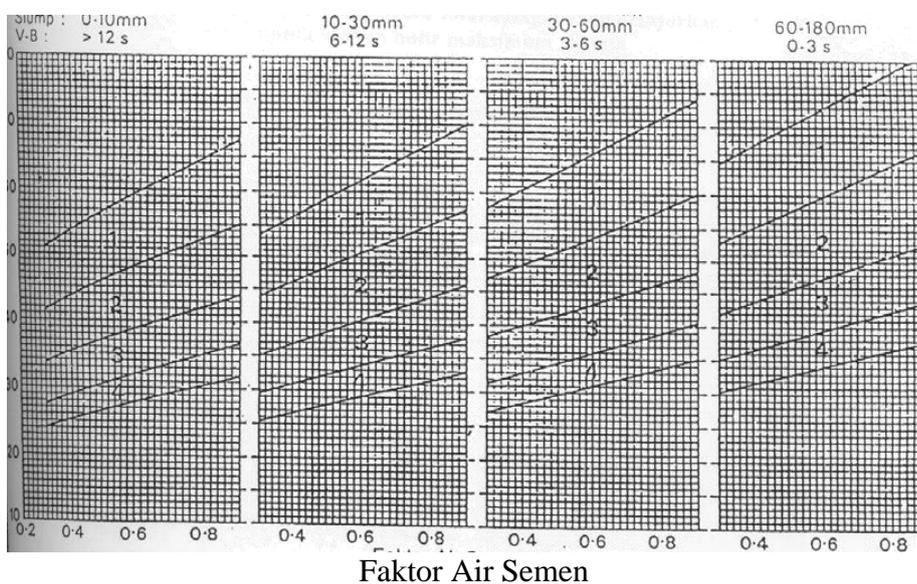


**Gambar 2.12** Grafik 12 Batas Gradasi Agregat Gabungan untuk Besar Butir

Maksimum (20 mm)

*Sumber : 03-2834-2000*

Ukuran Agregat Maksimum (10 mm)

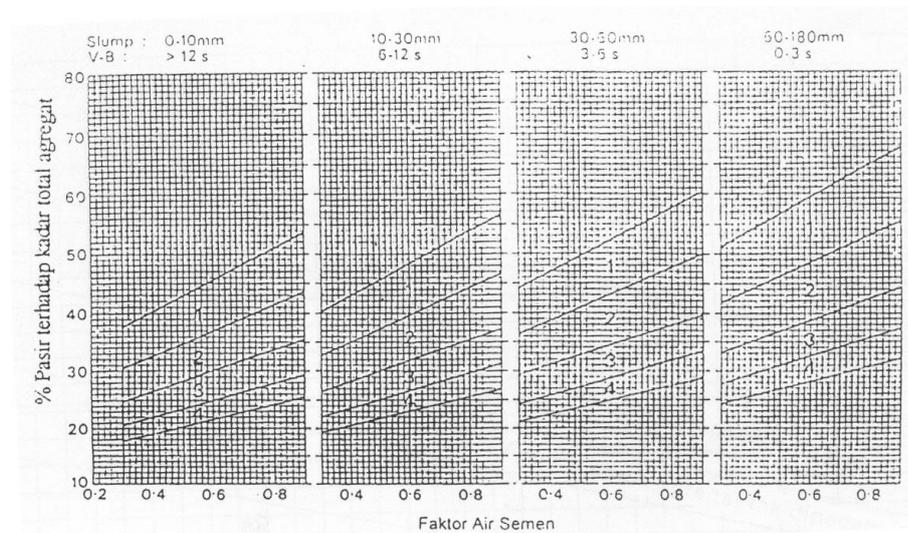


**Gambar 2.13** Grafik 13 Persen Pasir Terhadap Kadar Toal Agregat yang

Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum (10 mm)

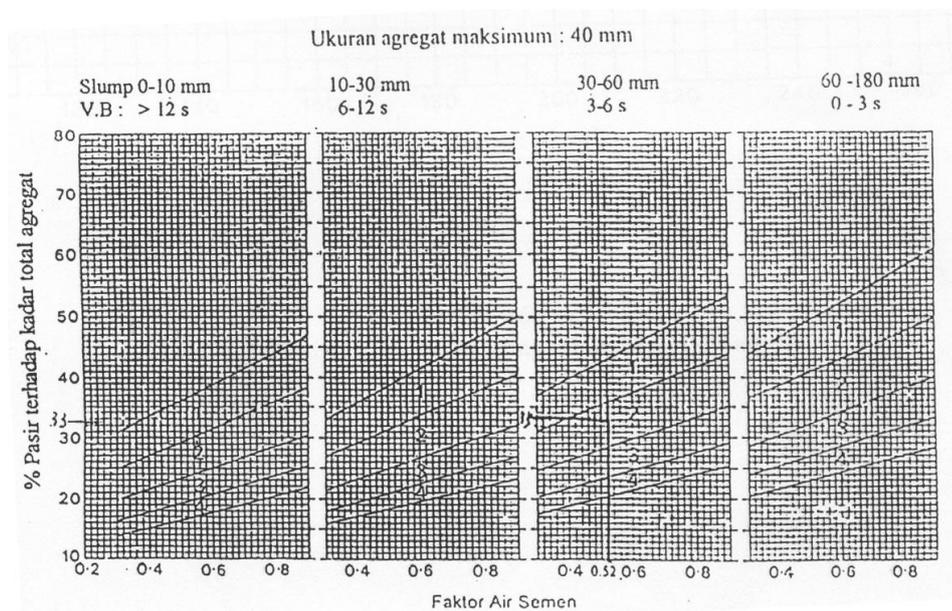
*Sumber : SNI-03-2834-2000*

### Ukuran Agregat Maksimum (20 mm)



**Gambar 2.14** Grafik 14 Persen Pasir Perhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum (20 mm)

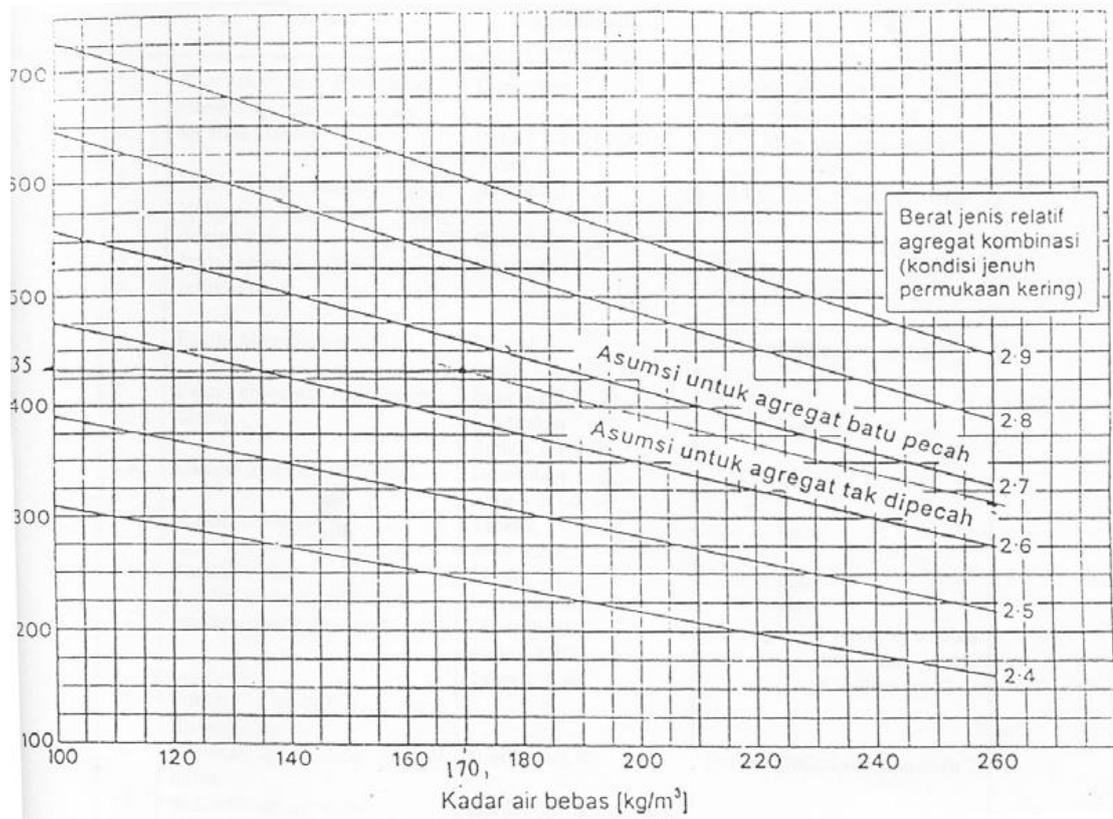
*Sumber : SNI-03-2834-2000*



### Ukuran Agregat Maksimum (40 mm)

**Gambar 2.15** Grafik 15 Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Butir Maksimum (40 mm)

*Sumber : SNI-03-2834-2000*



**Gambar 2.16** Grafik 16 Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai

Didapatkan

*Sumber : SNI-03-2834-2000*

### 2.3 Analisis Uji *Slump* (*Slump Test*)

Pengujian *slump* beton ini bertujuan untuk menyediakan langkah kerja bagi para pengguna untuk menentukan *slump* dari beton semen hidrolis plastis. Pengujian ini memuat ruang lingkup, arti kegunaan, rangkuman dari cara uji, peralatan, langkah kerja, laporan serta ketelitian dan penyimpangan. Hasil uji ini digunakan dalam pekerjaan, perencanaan campuran beton dan pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pementan.

Pengujian *slump* ini merupakan suatu teknik untuk memantau homogenitas dan *workability* adukan beton segar dengan 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 dalam pengujian *slump* adalah sebagai berikut:

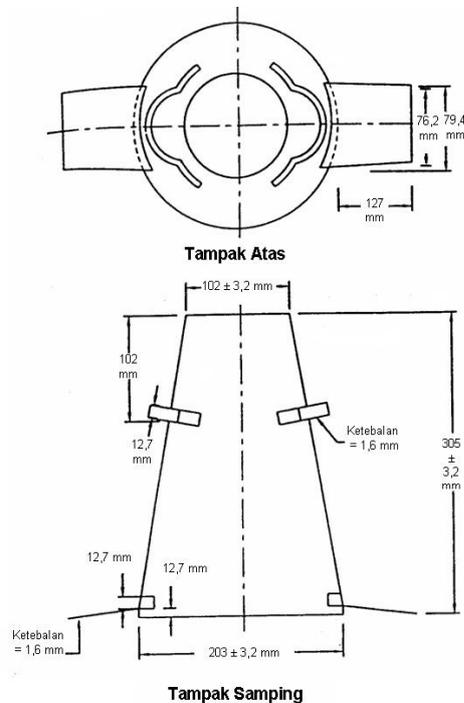
1. Alat uji

Alat uji harus berupa sebuah cetakan yang terbuat dari bahan logam yang tidak lengket dan tidak bereaksi dengan pasta semen. Ketebalan logam tersebut tidak boleh lebih kecil dari 1,5mm dan bila dibentuk dengan proses pemutaran (*spinning*), maka tidak boleh ada titik dalam cetakan yang ketebalannya lebih kecil dari 1,15 mm.

Cetakan harus berbentuk kerucut terpancung dengan diameter dasar 203 mm, diameter atas 102 mm, tinggi 305 mm. Permukaan dasar dan permukaan atas kerucut harus terbuka dan sejajar satu dengan yang lain serta tegak lurus terhadap sumbu kerucut. Batas toleransi untuk masing-masing diameter dan tinggi kerucut harus dalam rentang 3,2 mm dari ukuran yang telah ditetapkan.

Cetakan harus dilengkapi dengan bagian injakan kaki dan untuk pegangan seperti ditunjukkan dalam Gambar 1. Bagian dalam dari cetakan relatif harus licin dan halus, bebas dari lekukan, deformasi atau mortar yang melekat. Cetakan harus dipasang secara kokoh di atas pelat dasar yang tidak menyerap

air. Pelat dasar juga harus cukup luas agar dapat menampung adukan beton setelah mengalami slump.



**Gambar 2.17** Cetakan untuk Uji *Slump* (Kerucut Abras)

*Sumber : SNI-1972-2008*

## 2. Cetakan dengan material alternatif

Cetakan yang terbuat selain dari bahan logam diperbolehkan bila persyaratan berikut dipenuhi. Cetakan harus memenuhi persyaratan ukuran sesuai Butir 5.1. Cetakan harus cukup kaku untuk menjaga ukuran yang telah ditetapkan dan toleransi selama penggunaan, tahan terhadap gaya tumbuk dan harus tidak menyerap air. Cetakan harus diuji coba untuk mendapatkan hasil-hasil yang dapat dibandingkan dengan hasil-hasil yang diperoleh jika menggunakan cetakan logam sesuai persyaratan Butir 5.1. Uji banding harus dilakukan oleh laboratorium yang independen atas nama pembuat cetakan. 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. Hasil uji rata-rata dari masing-masing pengujian slump yang diperoleh dengan menggunakan cetakan material alternatif tidak boleh berbeda lebih dari 10 mm dari hasil uji rata-rata yang diperoleh dengan cetakan logam. Bila ada perubahan material atau metode pembuatan, pengujian untuk uji banding harus diulangi

Bila kondisi cetakan individual diduga telah menyimpang dari toleransi kondisi fabrikasinya maka suatu uji perbandingan tunggal harus dilakukan.

Bila hasil-hasil pengujian berbeda lebih dari 15 mm (0.5 in) dari yang dihasilkan cetakan logam, maka cetakan tidak boleh digunakan.

### 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.

## 2.4 Analisis Pembuatan Dan Perawatan Spesimen Uji Beton

Tata cara ini mencakup prosedur pembuatan dan perawatan spesimen silinder dan balok dari sampel yang mewakili beton segar untuk suatu proyek konstruksi. Beton yang digunakan untuk membuat spesimen yang dicetak harus merupakan sampel 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. Peralatan yang digunakan dalam pembuatan spesimen Spesimen Uji Beton yaitu:

1. Cetakan umum

Cetakan untuk spesimen dan pengencangnya harus dibuat dari baja, besi cor, atau material lainnya yang tidak menyerap air, tidak reaktif dengan beton semen portland atau semen hidrolis lainnya. Dimensi dan bentuk cetakan harus dijaga tidak berubah dalam semua kondisi. Cetakan harus kedap air dan tidak bocor ketika digunakan. Ketentuan uji kebocoran air dijelaskan dalam *Test methods for elongation, absorption, and water leakage section of specification ASTM C470/C470M*. Perapat celah yang cocok, seperti pelumas kental (*heavy grease*), tanah liat, atau lilin harus digunakan bila diperlukan untuk pencegahan kebocoran pada sambungan cetakan. Pelat dasar cetakan harus melekat erat pada cetakan. Cetakan dapat digunakan kembali harus dilapis tipis dengan minyak pelumas untuk memudahkan cetakan dilepas.

2. Cetakan silinder

Cetakan silinder untuk spesimen uji beton harus memenuhi persyaratan ASTM C470/C470M.

3. Batang pematik

Batang baja bundar, halus, lurus, berdiameter sesuai dengan persyaratan dalam Tabel 1. Panjang batang pematik minimal 100 mm [4 in.] lebih panjang dari kedalaman cetakan bila batang digunakan untuk menusuk, tetapi dengan panjang total maksimum 600 mm [24 in.] (lihat Catatan 1).

Ujung batang harus dibulatkan salah satu atau keduanya dengan bentuk setengah bola (*hemispherical*). CATATAN 1 – Panjang batang 400 mm [16 in.] sampai 600 mm [24 in.] harus memenuhi persyaratan berikut: ASTM C31/C31M, ASTM C138/C138M, ASTM C143/C143M, ASTM C173/C173M, dan ASTM C231.

**Tabel 2.14** Persyaratan Diameter Batang Pematik

| Diameter silinder atau lebar balok mm [in.] | Diameter atau Batang mm [in.] |
|---|-------------------------------|
| <150 [6]                                    | $10 \pm 2$ [ $3/8 \pm 1/16$ ] |
| $\geq 150$ [6]                              | $16 \pm 2$ [ $5/8 \pm 1/16$ ] |

*Sumber : SNI-4810-2013*

#### 4. Penggetar

Penggetar yang digunakan adalah penggetar internal. Penggunaan waktu penggetar harus memiliki frekuensi minimum 9000 getaran per menit [150 Hz]. Diameter penggetar maksimum seperempat diameter cetakan silinder atau seperempat lebar cetakan balok. Penggetar yang berbentuk lain harus memiliki garis keliling yang setara dengan lingkaran penggetar bundar. Gabungan panjang batang penggetar dan elemen penggetar harus melampaui kedalaman bagian yang digetarkan minimum 75 mm [3 in.]. Frekuensi penggetar harus diperiksa secara periodik dengan *tachometer reed*-penggetar

atau peralatan yang sesuai lainnya. CATATAN 2 – Untuk informasi ukuran dan frekuensi berbagai penggetar dan metoda pemeriksaan frekuensi penggetar secara periodik, lihat ACI 309R.

5. Palu

Palu yang digunakan adalah palu dengan kepala karet atau *rawhide* seberat  $(0,6 \pm 0,2)$  kg [ $(1,25 \pm 0,50)$  lb].

6. Alat pengambil beton segar

Alat pengambil beton segar memiliki ukuran cukup besar sehingga beton yang diambil cukup mewakili beton yang akan di uji tetapi juga cukup kecil sehingga tidak tumpah ketika dituangkan ke dalam cetakan.

Pengisian silinder beton digunakan sendok beton. Pengisian cetakan balok, digunakan sekop atau sendok beton.

7. Alat *finishing*

Roskam atau sendok perata (*trowel*).

8. Peralatan *slump*

Peralatan untuk mengukur slump harus sesuai ASTM C143/C143M.

9. Wadah sampel

Wadah sampel harus terbuat dari metal yang cukup tebal, gerobak dorong, atau lempeng yang rata, bersih dan tidak menyerap air dengan kapasitas yang cukup besar sehingga memudahkan pengadukan ulang seluruh sampel dengan sekop atau sendok aduk.

10. Alat uji kadar udara

Alat untuk mengukur kadar udara harus sesuai ASTM C173/C173M atau ASTM C231.

#### 11. Alat ukur temperatur

Alat untuk mengukur temperatur harus sesuai ASTM C1064/C1064M.

Persyaratan pengujian silinder beton adalah sebagai berikut:

##### 1. Spesimen silinder

Spesimen untuk kekuatan tekan atau kekuatan tarik belah harus dicor pada cetakan silinder dan dibiarkan mengeras dalam posisi tegak. Jumlah dan ukuran cetakan silinder harus sesuai dengan spesifikasi teknis. Tinggi silinder harus dua kali diameter dan diameter silinder minimal 3 kali ukuran maksimum nominal agregat kasar. Ukuran maksimum nominal agregat kasar lebih dari 50 mm [2 in.], maka sampel beton harus diayak basah melalui saringan 50 mm [2-in.] seperti yang dijelaskan dalam ASTM C172. Pengujian penerimaan kekuatan tekan yang disyaratkan, silinder harus berukuran 150 mm x 300 mm (6 in. x 12 in.) atau 100 mm x 200 mm (4 in. x 8 in.) (Catatan 3).

CATATAN 3 – Cetakan dalam ukuran SI tidak tersedia, boleh digunakan cetakan dengan ukuran inch-pound yang ekuivalen.

##### 2. Teknisi lapangan

Teknisi lapangan yang melakukan pembuatan dan perawatan spesimen untuk pengujian harus memiliki sertifikat yang sesuai.

Langkah-langkah pengambilan sample contoh beton adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel yang digunakan untuk membuat spesimen uji sesuai standar ini harus memenuhi ASTM C172 kecuali jika disetujui suatu prosedur alternatif.
2. Catat identifikasi sampel sesuai lokasi tempat pengambilan dan waktu pembuatannya.

Pengujian nilai *slump*, kadar udara, dan temperatur adalah sebagai berikut:

1. *Slump*

Ukur dan catat nilai *slump* setiap kali pengadukan di mana spesimen dibuat setelah diaduk ulang dalam bak penampung sesuai dengan ASTM C143/C143M.

2. Kadar udara

Ukur dan catat kadar udara sesuai ASTM C173/C173M atau ASTM C231 beton yang telah digunakan untuk uji kadar udara tidak boleh digunakan untuk pembuatan spesimen uji.

3. Temperatur

Ukur dan catat temperatur sesuai ASTM C1064/C1064M.

Pencetakan spesimen beton adalah sebagai berikut:

1. Penempatan cetakan

Letakkan cetakan spesimen pada permukaan yang keras dan datar, bebas getaran dan gangguan lainnya, di tempat yang dekat dengan lokasi di mana spesimen akan disimpan.

2. Pengecoran silinder

Tentukan batang pemadat sesuai dengan 5.4 dan Tabel 1 atau penggetar sesuai dengan 5.5.

Tentukan metoda pemadatan sesuai Tabel 2, kecuali disyaratkan metoda lain. Jika metoda pemadatan adalah penusukan, tentukan persyaratan pencetakan sesuai Tabel 3. Jika metoda pemadatan adalah penggetaran, tentukan persyaratan pencetakan sesuai Tabel 4. Pilih sendok beton sesuai 5.7. Masukkan adukan beton ke dalam cetakan, gerakkan sendok beton mengelilingi dinding cetakan untuk menjamin distribusi beton yang merata dengan segregasi minimal.

Setiap lapisan beton harus dipadatkan sesuai yang disyaratkan. Masukkan lapisan terakhir terakhir tambahkan sejumlah beton untuk memenuhi cetakan setelah pemadatan selesai.

**Tabel 2.15** Metoda Persyaratan Pemadatan

| Slump (in.) | Metoda pemadatan           |
|-------------|----------------------------|
| ≥ 25 [1]    | Penusukan atau penggetaran |
| < 25 [1]    | Penggetaran                |

Sumber : SNI-4810-2013

**Tabel 2.16** Persyaratan Pencetakan dengan Penusukan

| Tipe dan Ukuran Benda Uji  | Jumlah Lapis yang Sama Tebal | Jumlah Penusukan Tiap Lapis |
|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Silinder :                 |                              |                             |
| Diameter, mm [in.] 100 [4] |                              |                             |
| 150 [6]                    | 2                            | 25                          |
| 225 [9]                    | 3                            | 25                          |

|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
|   | 4  | 50                     |
| Balok :<br>Lebar, mm [in.] 150 [6] sampai<br>dengan 200 [8]<br>>200 [8] | 2<br>3 atau lebih dengan tebal<br>sama,<br>masing-masing maksimal<br>150 mm[6 in.] | Lihat 9.3<br>Lihat 9.3 |

Sumber : SNI-4810-2013

**Tabel 2.17** Persyaratan Pencetakan dengan Penggetaran

| Tipe dan Ukuran Benda Uji   | Jumlah Lapis         | Jumlah Penusukan Penggetar Per Lapis | Perkiraan Tebal Per Lapis mm [in.]                             |
|---|----------------------|--------------------------------------|--|
| Silinder :<br>Diameter, mm [in.]<br>100 [4]<br>150 [6]<br>225 [9]             | 2<br>2<br>2          | 1<br>2<br>4                          | ½ tinggi benda uji<br>½ tinggi benda uji<br>½ tinggi benda uji |
| Balok :<br>Lebar, mm [in.]<br>6 [150] sampai<br>dengan 8<br>[200]<br>>8 [200] | 1<br>2 atau<br>lebih | Lihat 9.4.2<br>Lihat 9.4.2           | Tinggi benda uji<br>8 [200] sedekat<br>mungkin                 |

Sumber : SNI-4810-2013

### 3. Pemasakan

Metoda pematangan pada standar ini dilakukan dengan penusukan atau penggetaran internal.

### 4. Penusukan

Beton dimasukkan ke cetakan dalam beberapa lapis yang disyaratkan dengan volume beton yang kira-kira sama. Penusukan dilakukan setiap lapis beton

secara merata seluruh penampang melintang dengan batang pemadat yang ujungnya bulat dengan jumlah tusukan yang disyaratkan. Penusukan lapisan bawah sampai dasar cetakan. Proses penusukan lapisan ini harus hati-hati jangan merusak bagian bawah cetakan. Setiap lapisan di atasnya, batang pemadat harus menembus sampai lapisan dibawahnya kira-kira 25 mm [1 in.]. Ketuk sisi luar cetakan 10 kali sampai dengan 15 kali dengan palukaret untuk menutup lubang yang ditinggalkan oleh batang pemadat dan untuk melepaskan gelembung udara yang mungkin terperangkap. Gunakan kedua tangan untuk menekan ringan tutup cetakan silinder yang sangat rentan terhadap kerusakan jika diketuk dengan palu. Setelah pengetukan, sekop setiap lapis beton sepanjang sisi dan ujung cetakan balok dengan *trowel* atau alat lain yang sesuai. Cetakan yang kurang penuh harus diisi dengan adukan beton yang sama selama pemadatan lapis atas. Beton yang berlebihan harus diambil.

#### 5. Penggetaran

Pertahankan durasi getaran yang seragam untuk setiap jenis beton, penggetar, dan cetakan benda uji. Durasi penggetaran yang diperlukan tergantung pada kelecakan beton dan efektifitas penggetar. Penggetaran sudah cukup apabila permukaan beton terlihat halus dan gelembung-gelembung udara muncul dan pecah dipermukaan. Penggetaran dilanjutkan hanya untuk mencapai pemadatan beton yang cukup (lihat catatan 5). Isi cetakan dan getarkan dalam jumlah lapis yang kira-kira sama setiap lapisnya. Masukkan adukan beton setiap lapis ke dalam cetakan sebelum penggetaran dilakukan pada lapis tersebut. Proses pemadatan spesimen, masukkan penggetar secara pelan-pelan

dan jangan biarkan penggetar menyentuh dasar atau dinding cetakan. Perlahan-lahan tarik penggetar sehingga tidak ada gelembung udara besar-besar yang tertinggal di dalam benda uji.

#### 6. Silinder

Jumlah penusukan penggetar per lapis sesuai Tabel 4. Bila dibutuhkan lebih dari satu penusukan per lapis, dalam setiap lapis berikutnya juga diperlukan distribusi penusukan secara merata. Penggetar diperbolehkan menembus lapisan yang di getarkan, sampai masuk ke lapisan dibawahnya kira-kira 25 mm [1 in.]. Setelah setiap lapis digetar, ketuk sisi luar cetakan dengan palu karet minimal 10 kali, untuk menutup rongga-rongga yang terjadi dan melepaskan gelembung udara yang terperangkap. Gunakan tangan terbuka untuk menepuk cetakan karton atau cetakan metal sekali pakai yang mudah rusak jika diketuk dengan palu karet.

#### 7. Penyelesaian permukaan

Lakukan semua penyelesaian permukaan dengan sesedikit mungkin manipulasi untuk menghasilkan permukaan yang rata dengan tepi cetakan tanpa terjadinya lekukan atau tonjolan lebih dari 3,3 mm[1/8 in.].

#### 8. Silinder

Setelah pemadatan ratakan permukaan atas dengan menusukkan batang pemadat apabila kekentalan cukup atau dengan roskam atau sendok aduk.

Jika diinginkan, lapisi permukaan atas (kaping) beton segar silinder dengan pasta kental semen portland yang tipis, biarkan mengeras, dan kemudian

dirawat bersama-sama dengan spesimen tersebut. Lihat pasal *Material Capping* ASTM C617.

Perawatan (*curing*) pada spesimen uji beton sebagai berikut :

1. Perawatan standar

Metode perawatan standar digunakan bila spesimen dibuat dan dirawat untuk tujuan yang dijelaskan dalam 4.2.

2. Penyimpanan

Jika spesimen tidak bisa dicetak di tempat di mana spesimen akan menerima perawatan awal, segera setelah penyelesaian permukaan, pindahkan spesimen ke tempat perawatan awal untuk disimpan. Lantai pendukung untuk tempat penyimpanan spesimen harus rata atau dengan kemiringan tidak lebih dari 20 mm per m ( $\frac{1}{4}$  in per ft). 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 [60 °F dan 80°F] dan pada suatu lingkungan yang mencegah kehilangan kelembaban pada spesimen. Untuk campuran beton dengan kekuatan yang disyaratkan 40 MPa [6 000 psi] atau lebih besar, temperatur perawatan awal harus antara 20 °C dan 26 °C [68 °F dan 78 °F]. Berbagai prosedur yang dapat digunakan selama periode perawatan awal untuk menjaga kondisi kelembaban dan temperatur yang

disyaratkan. Harus digunakan prosedur yang sesuai atau kombinasi prosedur-prosedur (Catatan 6). Lindungi semua spesimen dari cahaya matahari langsung dan jika perlu gunakan peralatan *radiant heating*.

Temperatur ruang penyimpanan benda uji harus dikendalikan dengan menggunakan peralatan pemanas dan peralatan pendingin, sebagaimana diperlukan. Catat temperatur maksimum-minimum dengan menggunakan thermometer. Jika digunakan cetakan karton, jaga agar permukaan luar cetakan tetap kering.

CATATAN 6—Kondisi lingkungan yang baik untuk perawatan awal spesimen dapat dilakukan sebagai berikut: (1) segera rendam spesimen di dalam larutan kapur hidroksida jenuh, (2) simpan 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 menyerap air, suhu lingkungan harus diatur selama perawatan awal spesimen dengan salah satu prosedur berikut: (1) gunakan ventilasi, (2) gunakan es, (3) gunakan pengkondisian temperatur yang dilengkapi thermostat, atau (4) gunakan metoda pemanasan dengan menggunakan lampu. Metoda lain yang cocok boleh dapat digunakan asalkan persyaratan temperatur dan kelembaban dipenuhi. Untuk campuran beton dengan kekuatan yang disyaratkan 40 MPa[6 000 psi] atau lebih besar, panas yang dilepaskan selama umur awal dapat meningkatkan temperatur lebih tinggi dari temperatur penyimpanan yang disyaratkan. Perendaman dalam air jenuh kapur hidroksida (*calcium hydroxide*) mungkin metoda termudah untuk

menjaga temperatur penyimpanan yang disyaratkan. Bila spesimen harus direndam dalam larutan kapur hidroksida jenuh, maka spesimen dalam cetakan karton atau cetakan lain yang dapat mengembang tidak boleh digunakan. Hasil uji kekuatan pada beton umur muda kemungkinan lebih rendah bila disimpan pada temperatur 16 °C [60 °F] dan lebih tinggi bila disimpan pada temperatur 27 °C [80 °F]. Pada sisi lain, pada umur lanjut, hasil uji bisa lebih rendah untuk penyimpanan awal dengan temperatur lebih tinggi.

#### 4. Perawatan akhir

Untuk melengkapi perawatan awal dan dalam 30 menit setelah cetakan dilepas, rawat spesimen dengan permukaan basah pada temperatur  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  [ $(73,5 \pm 3,5) ^\circ\text{F}$ ] dengan menggunakan tangki air atau ruang basah sesuai ASTM C511, kecuali bila dikaping (*capping*) dengan mortar belerang sesaat sebelum diuji. Bila dikaping (*capping*) dengan mortar belerang, ujung atas dan bawah silinder (permukaan silinder) harus kering untuk mencegah terbentuknya uap di bawah atau di dalam kaping (*capping*) yang lebih besar dari 6 mm [ $\frac{1}{4}$  in.] seperti dijelaskan ASTM C617. Untuk periode kurang dari 3 jam sebelum pengujian, temperatur perawatan standar tidak diperlukan asalkan silinder dijaga tetap lembab dan temperatur lingkungan dipertahankan antara 20 °C dan 30 °C [68 °F dan 86 °F].

CATATAN 7—Pengeringan yang relatif kecil pada permukaan spesimen lentur dapat mempengaruhi kekuatan tarik pada serat terluar sehingga menurunkan kekuatan lentur.

#### 5. Perawatan di lapangan

Perawatan di lapangan adalah metode perawatan yang digunakan untuk spesimen yang dibuat dan dirawat sesuai dengan 4.3.

Simpan silinder di dalam atau di atas struktur sedekat mungkin dengan lokasi beton yang dicor. Lindungi semua permukaan silinder dengan cara sama seperti struktur yang dicor. Siapkan silinder dengan temperatur dan kondisi kelembaban yang sama seperti struktur yang dicor. Uji spesimen dalam kondisi kelembaban yang dihasilkan dari perlakuan perawatan yang disyaratkan. Untuk mencapai kondisi ini, spesimen dibuat untuk menentukan kapan struktur mampu memikul beban atau kapan bekisting boleh dibuka.

Proses pengangkutan spesimen ke laboratorium. Sebelum diangkut, rawat dan lindungi spesimensesuai Pasal 10. Spesimen tidak boleh dipindahkan sampai paling sedikit 8 jam setelah pengikatan akhir. (Lihat catatan 8). Selama pengangkutan, lindungi spesimen dengan bahan yang empuk untuk mencegah kerusakan akibat benturan.

Selama cuaca dingin, lindungi spesimen dari pembekuan dengan bahan pelindung yang sesuai. Cegah pengeringan selama pemindahan dengan membungkus spesimen dengan plastik, lap basah, kubur dalam pasir atau kencangkan tutup plastik yang rapat pada cetakan plastik. Waktu pengangkutan tidak boleh melebihi 4 jam. CATATAN 8 – Waktu pengikatan dapat diukur sesuai ASTM C403.

## **2.5 Uji Kuat Tekan**

Standar ini terdiri dari penggunaan beban tekan aksial terhadap benda uji beton berbentuk silinder yang dicetak baik di laboratorium maupun di lapangan, pada laju pembebanan yang berada dalam batas yang ditentukan hingga terjadi kehancuran. Kuat tekan benda uji dihitung dengan membagi beban maksimum yang diterima selama pengujian dengan luas penampang benda uji.

Penetapan kuat tekan dengan standar ini harus diterjemahkan secara hati-hati karena kekuatan yang dihasilkan bukanlah perilaku yang mendasar dan sesungguhnya dari beton yang dibuat dari material tertentu. Nilai yang dihasilkan akan tergantung pada ukuran dan bentuk benda uji, penimbangan, prosedur pencampuran, metode pengambilan contoh, pencetakan dan umur, temperatur dan kondisi kelembaban selama perawatan.

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

##### 1. Mesin penguji

Mesin penguji yang digunakan harus berupa tipe yang memiliki kapasitas yang cukup dan mampu memberikan kecepatan beban.

###### a. Kalibrasi mesin tekan

Kalibrasi mesin tekan harus dilakukan bila terjadi salah satu dari hal berikut:

(1) Paling sedikit dilakukan setiap 12 bulan;

- (2) Pada pemasangan awal atau relokasi mesin;
- (3) Segera setelah melakukan perbaikan atau penyesuaian yang dapat mempengaruhi pengoperasian sistem atau nilai yang ditunjukkan, kecuali untuk penyesuaian nol sebagai pengganti berat peralatan dan/atau benda uji;
- (4) Bilamana terdapat alasan yang meragukan ketepatan hasil, tanpa terikat rentang waktu sejak kalibrasi terakhir.

b. Ketentuan peralatan

- (1) Mesin harus dioperasikan dengan tenaga listrik serta harus menggunakan pembebanan yang terus menerus dan tanpa kejut. Jika mesin hanya memiliki satu kecepatan pembebanan sesuai persyaratan pada 6.4, mesin harus dilengkapi dengan alat tambahan untuk pembebanan pada kecepatan beban yang sesuai untuk keperluan verifikasi. Alat tambahan untuk pembebanan ini dapat dioperasikan dengan tenaga listrik maupun secara manual;
- (2) Kehancuran silinder beton dengan kuat tekan tinggi, pada umumnya memiliki daya sebar pecahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan silinder beton dengan kuat tekan normal. Untuk keselamatan disarankan melengkapi alat uji dengan peralatan pelindung (semacam terali penutup di sekeliling benda uji);

- (3) Ruang yang disediakan untuk benda uji harus cukup luas memberikan tempat bagi alat kalibrasi, semacam alat kalibrasi elastis dengan kapasitas yang mencakup batasan beban yang mungkin terjadi pada mesin tekan serta sesuai dengan persyaratan.

Alat kalibrasi harus ditempatkan pada posisi yang dapat dibaca. Tipe alat kalibrasi elastis yang umum tersedia dan yang umum digunakan adalah *proving ring* atau sel pembebanan (*load cell*).

c. Ketelitian

- (1) Persentasi kesalahan pembebanan untuk penggunaan mesin tekan tidak boleh melampaui  $\pm 1,0\%$  dari beban yang ditunjukkan dalam rentang yang digunakan;
- (2) Ketepatan mesin harus dibuktikan dengan melakukan 5 (lima) kali pembebanan uji dalam 4 (empat) penambahan beban yang hampir sama. Perbedaan antara 2 (dua) pembebanan uji yang berurutan tidak boleh melampaui  $1/3$  (satu pertiga) dari perbedaan beban uji maksimum dan minimum;
- (3) Beban uji yang ditunjukkan oleh mesin penguji dan beban yang diberikan (dihitung dari pembacaan alat verifikasi) harus dicatat pada tiap titik uji. Untuk menghitung kesalahan (E) dan persentasi

kesalahan ( $E_p$ ) untuk tiap titik data tersebut dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$E = A - B \quad (2.18)$$

$$E_p = 100 (A - B) / B \quad (2.19)$$

Keterangan:

$E$  adalah kesalahan, dinyatakan dengan kN;

$E_p$  adalah persentasi kesalahan, dinyatakan dengan %;

$A$  adalah beban, kN ditunjukkan oleh mesin yang diverifikasi;

$B$  adalah beban yang digunakan, kN seperti yang ditunjukkan oleh alat kalibrasi.

- (4) Laporan verifikasi mesin pengujian harus memberikan pernyataan mengenai rentang beban berapa mesin tersebut memenuhi spesifikasi, bukan berupa laporan penerimaan atau penolakan. Rentang beban juga tidak boleh dinyatakan untuk hal-hal berikut ini:
- a) Sebagai *including loads* yang nilainya lebih rendah dari 100 kali perubahan beban terkecil yang dapat diperkirakan pada mesin pengujian atau;
  - b) Sebagai beban-beban yang berada dalam bagian rentang di bawah 10% dari kapasitas rentang maksimum.
- (5) Rentang beban tidak diperbolehkan memakai beban yang berada di luar rentang beban yang diberikan selama pengujian verifikasi;
- (6) Beban yang ditunjukkan mesin pengujian tidak boleh dikoreksi baik dengan perhitungan atau dengan menggunakan diagram kalibrasi

untuk mendapatkan nilai dalam variasi yang diizinkan sesuai dengan persyaratan.

## 2. Landasan beban

Mesin penguji harus dilengkapi dengan 2 (dua) buah landasan beban dengan permukaan keras yang terbuat dari baja, salah satunya adalah landasan dengan dudukan setengah bola yang dipergunakan untuk menekan permukaan atas benda uji dan yang lainnya berupa blok kaku tempat meletakkan benda uji. Permukaan landasan beban harus memiliki dimensi minimum 3% lebih besar dari diameter benda uji. Kecuali untuk landasan dengan permukaan lingkaran seperti yang diuraikan berikut ini; permukaan tekan tidak boleh memiliki ketidakrataan lebih dari 0,02 mm pada setiap 150 mm bagian landasan atau 0,02 mm untuk diameter landasan yang lebih kecil, selain itu untuk landasan tekan baru, landasan harus dibuat dengan ketentuan setengah dari toleransi ini. Bila diameter permukaan tekan landasan yang didudukkan secara setengah bola lebih besar 13 mm dari diameter benda uji, maka kedua permukaan tekan harus ditandai dengan lingkaran berdiameter sama dengan kedalaman tidak lebih dari 0,8 mm dan lebar tidak lebih dari 1 mm untuk mendapatkan posisi benda uji seterpusat mungkin (*proper centering*).

Permukaan tekan landasan yang digunakan untuk pengujian kuat tekan beton harus memiliki kekerasan *Rockwell* yang lebih besar atau sama dengan 55 HRC.

### a. Landasan beban bagian bawah

- (1) Landasan beban bagian bawah dipersyaratkan untuk memberikan permukaan yang siap tekan untuk memelihara kondisi permukaan sesuai dengan yang disyaratkan. Permukaan bawah dan atas harus sejajar satu sama lainnya. Permukaan mendatar terkecil sedikitnya 3% lebih besar dari benda uji. Lingkaran dengan diameter sama merupakan pilihan untuk landasan beban bagian bawah. Landasan dapat diikatkan padamesin pengujian;
- (2) Bila landasan beban berlapis digunakan, untuk membantu pengaturan posisi tengah (*center*) benda uji, posisi tengah lapisan atas harus merujuk ke landasan atas yang didudukan setengah bola. Bila dilengkapi dengan lingkaran berdiameter sama, pusat landasan tersebut harus langsung berada di bawah pusat kepala landasan setengah bola (landasan bagian atas). Untuk menjamin posisi yang demikian, perlengkapan harus dibuat di atas bidang datar mesin;
- (3) Landasan tekan bagian bawah yang baru harus memiliki tebal sedikitnya 25 mm, dan harus masih memiliki tebal minimal 22,5 mm setelah pengoperasian berulang kali, kecuali bila landasan terhubung secara rapat dengan bidang datar mesin pengujian bagian bawah, ketebalan dapat berkurang sampai 10 mm. Jika mesin pengujian direncanakan sehingga bidang datar dapat dipelihara setiap saat sesuai dengan kondisi permukaan yang disyaratkan, maka blok bawah tidak diperlukan.

b. Landasan beban bagian atas

- (1) Diameter maksimum permukaan tekan dari landasan yang dapat berputar tidak melebihi nilai pada Tabel 2.18;

**Tabel 2.18** Diameter Maksimum Permukaan Tekan

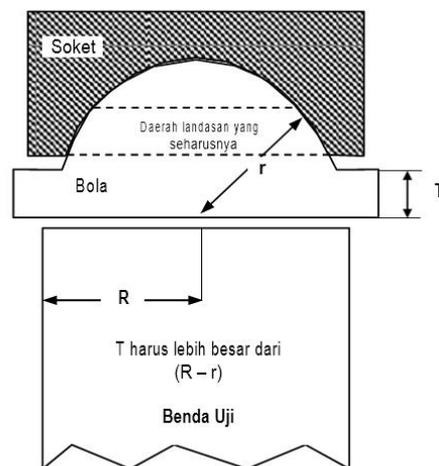
| Diameter benda uji (mm) | Diameter maksimum permukaan tekan (mm) |
|-------------------------|--|
| 50                      | 105                                    |
| 75                      | 130                                    |
| 100                     | 165                                    |
| 150                     | 255                                    |
| 200                     | 280                                    |

Sumber : SNI-1974-2011

- (2) Permukaan tekan segi empat diperbolehkan, asalkan diameter lingkaran terbesar yang mungkin ditandai tidak melebihi diameter di atas;
- (3) Pusat setengah bola pada landasan harus tepat dengan permukaan tekan dengan toleransi  $\pm 5\%$  dari jari-jari bola, diameter bagian setengah bola minimal 75% dari diameter benda uji;
- (4) Bagian setengah bola dan lengkungannya harus direncanakan agar bidang kontak baja tidak berubah secara permanen akibat penggunaan berulang terhadap pembebanan pada benda uji hingga 85 MPa. Permukaan kontak sebaiknya dalam bentuk setengah bola seperti ditunjukkan pada Gambar 1;
- (5) Permukaan lengkungan dan bagian setengah bola harus selalu bersih dan dilumasi dengan oli jenis petroleum seperti oli mobil biasa, tidak dengan gemuk (grease) tipe tekan. Setelah mengontakkan benda uji

dan penggunaan beban awal yang kecil, perputaran landasan setengah bola tidak boleh lagi terjadi;

- (6) Jika jari-jari setengah bola ( $r$ ) lebih kecil dari jari-jari benda uji ( $R$ ), bagian permukaan tekan yang melebar di bawah bola harus memiliki ketebalan ( $T$ ) lebih besar atau sama dengan nilai selisih antara jari-jari setengah bola ( $r$ ) dan jari-jari benda uji ( $R$ ). Ukuran terkecil dari permukaan tekan sedikitnya harus sebesar diameter bola (lihat Gambar 2.21);
- (7) Bagian yang bergerak dari landasan beban harus dirapatkan dengan pelapis bola, tetapi harus direncanakan sedemikian sehingga permukaan tekan dapat diputar secara bebas dan dimiringkan minimal  $4^0$  ke segala penjuru.



**Gambar 2.18** Sketsa Landasan Tekan yang Dapat Berputar

Sumber : SNI-1974-2011

Keterangan gambar:

$T$  = Tebal

R = Jari-jari benda uji

r = Jari-jari bola

### 3. Penunjukan beban

- a. Jika beban mesin tekan yang digunakan pada pengujian beton dicatat dengan arloji ukur (*dial gauge*), arloji ukur harus dilengkapi dengan skala unit yang dapat dibaca sampai sedikitnya 0,1% dari beban skala penuh. Arloji ukur harus dapat dibaca sampai 1% dari beban yang ditunjukkan pada setiap beban yang diberikan dalam rentang beban. Rentang beban arloji ukur tidak diperkenankan untuk dimasuki beban-beban yang besarnya di bawah nilai 100 kali perubahan beban terkecil yang dapat dibaca pada skala. Skala harus dilengkapi dengan garis unit yang sama dengan nol dan diberi nomor.

Penunjuk arloji ukur harus memiliki panjang yang cukup untuk mencapai tanda-tanda unit, lebar ujung penunjuk tidak diperbolehkan melampaui jarak bersih antara unit terkecil. Masing-masing arloji ukur harus dilengkapi dengan pengatur nol yang dapat dicapai dengan mudah dari luar tutup arloji ukur waktu melihat tanda nol dan penunjuk arloji ukur, dan dengan alat yang sesuai setiap waktu pengaturan akan menunjukkan dalam 1% ketepatan beban maksimum yang diterima benda uji.

Angka paling rapat yang dapat dibaca paling tidak harus berjarak 0,5 mm sepanjang busur yang ditunjukkan ujung penunjuk. Selain itu, setengah interval skala harus kira-kira sedekat yang dapat dibaca bila jarak pada mekanisme penunjuk beban antara 1 mm sampai dengan 2 mm. Bila jarak

antara skala 2 mm sampai dengan 3 mm,  $1/3$  (satu pertiga) interval skala harus dapat dibaca dengan tingkat kepastian yang dapat diterima. Bila jarak antara skala 3 mm atau lebih,  $1/4$  (satu perempat) interval skala harus dapat dibaca dengan tingkat kepastian yang dapat diterima.

- b. Jika beban mesin penguji ditunjukkan dalam bentuk digital, tampilan angka-angka harus cukup besar untuk dibaca dengan mudah. Penambahan nilai angka harus sama atau kurang dari 0,1% beban skala penuh dari rentang beban yang diberikan. Rentang pembebanan yang diverifikasi tidak diperkenankan mencakup beban-beban yang lebih kecil dari penambahan angka-angka terkecil dikalikan dengan 100. Ketepatan beban yang ditunjukkan harus 1,0% untuk setiap nilai yang ditampilkan dalam rentang pembebanan yang diverifikasi.

Perlengkapan harus dibuat untuk mengatur menunjukkan nol yang tepat dari beban nol, dan harus dilengkapi penunjuk beban maksimum yang setiap saat pengaturan akan menunjukkan 1,0% ketepatan sistem beban maksimum diberikan pada benda uji.

#### 4. Benda uji

- a. Benda uji tidak diperkenankan untuk diuji jika salah satu diameternya berbeda lebih dari 2% dengan diameter bagian lainnya dari benda uji yang sama.

Hal ini dapat terjadi bila cetakan sekali pakai rusak atau berubah bentuk pada saat pemindahan, pada saat cetakan sekali pakai yang bersifat

fleksibel berubah bentuk ketika pencetakan atau bila pengeboran inti bergeser waktu pengeboran.

- b. Tidak satupun dari benda uji tekan diperkenankan berbeda dari posisi tegak lurus terhadap sumbu lebih dari  $0,5^{\circ}$  (kira-kira sama dengan 3 mm untuk setiap 300 mm). Ujung benda uji tekan yang tidak rata sebesar 0,050 mm harus dilapisi kaping, dipotong atau digosok sesuai dengan SNI-03-6369-2000, atau jika ujung-ujungnya memenuhi persyaratan, lapis neoprene dengan pengontrol baja dapat digunakan sebagai pelapis. Diameter yang digunakan untuk perhitungan luas penampang melintang dari benda uji harus ditetapkan mendekati 0,25 mm dari rata-rata 2 (dua) diameter yang diukur tegak lurus di tengah-tengah benda uji.
- c. Jumlah silinder yang diukur untuk menetapkan diameter rata-rata dapat dikurangi menjadi 1 (satu) untuk 10 (sepuluh) benda uji atau 3 (tiga) benda uji per hari, pilih mana yang lebih besar, bila benda uji diketahui dibuat dari satu kelompok cetakan yang dapat digunakan kembali atau cetakan sekali pakai yang secara konsisten menghasilkan benda uji dengan diameter rata-rata dalam rentang 0,5 mm. Bila diameter rata-rata tidak di dalam rentang 0,5 mm atau bila silinder tidak dibuat dari satu kelompok cetakan, masing-masing silinder yang diuji harus diukur dan nilai ini harus digunakan dalam perhitungan kuat tekan satuan benda uji itu. Bila diameter diukur pada frekuensi yang dikurangi, luas penampang melintang yang diuji pada hari tersebut harus dihitung dari rata-rata diameter 3 (tiga) silinder atau lebih yang dianggap mewakili grup yang diuji hari tersebut.

- d. Panjang harus diukur sampai mendekati  $0,05 D$  (diameter penampang benda uji) bila perbandingan panjang terhadap diameter kurang dari 1,8 atau lebih dari 2,2, atau bila isi silinder ditetapkan dari dimensi yang diukur.
- e. Panjang dan diameter benda uji silinder memiliki perbandingan tertentu dimana benda uji standar memiliki rasio  $L/D \approx 1,8$  sampai dengan 2,2 dengan faktor koreksi = 1.

#### 5. Langkah pelaksanaan

##### a. Perlakuan benda uji

Uji tekan benda uji yang dirawat lembab harus dilakukan sesegera mungkin setelah pemindahan dari tempat pelembaban. Benda uji harus dipertahankan dalam kondisi lembab dengan cara yang dipilih selama periode antara pemindahan dari tempat pelembaban dan pengujian. Benda uji harus diuji dalam kondisi lembab pada temperatur ruang.

##### b. Toleransi waktu pengujian

Semua benda uji untuk umur uji yang ditentukan harus diuji dalam toleransi waktu yang diizinkan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.19.

**Tabel 2.19** Toleransi waktu yang diizinkan

| Umur uji | Waktu yang diizinkan      |
|----------|---------------------------|
| 12 jam   | $\pm 15$ menit atau 2,1 % |
| 24 jam   | $\pm 30$ menit atau 2,1 % |
| 3 hari   | $\pm 2$ jam atau 2,8 %    |
| 7 hari   | $\pm 6$ jam atau 3,6 %    |
| 28 hari  | $\pm 20$ jam atau 3,0 %   |
| 90 hari  | $\pm 2$ hari atau 2,2 %   |

*Sumber : SNI-1974-2011*

##### c. Penempatan benda uji

- (1) Letakkan landasan tekan datar bagian bawah, dengan permukaan kerasnya menghadap ke atas pada meja atau bidang datar mesin uji secara langsung di bawah blok setengah bola. Bersihkan permukaan landasan tekan atas, landasan tekan bawah dan permukaan benda uji kemudian letakkan benda uji pada landasan tekan bawah.
- (2) Lakukan verifikasi nilai nol dan dudukan landasan sebelum pengujian, pastikan penunjuk beban sudah menunjukkan nol. Dalam hal penunjuk tidak sempurna menunjukkan nol, atur penunjuk.  
  
Pada saat landasan atas yang didudukan pada setengah bola diturunkan untuk membebani benda uji, putar bagian yang dapat bergerak perlahan-lahan dengan tangan sehingga dudukan yang rata tercapai.
- (3) Teknik yang digunakan untuk melakukan verifikasi dan mengatur penunjuk beban nol akan beragam tergantung pada pembuat mesin. Pelajari manual atau alat kalibrasi mesin tekan untuk mendapatkan teknik yang benar.

d. Rentang beban

- (1) Untuk mesin penguji tipe ulir, kepala mesin tekan yang bergerak harus bergerak pada kecepatan mendekati 1,3 mm/menit, pada saat mesin bergerak tanpa beban. Untuk mesin yang digerakan secara hidrolis, beban harus diberikan pada kecepatan gerak yang sesuai dengan kecepatan pembebanan pada benda uji dalam rentang 0,15 Mpa/detik sampai dengan 0,35 Mpa/detik. Kecepatan gerak yang ditentukan

harus dijaga minimal selama setengah pembebanan terakhir dari fase pembebanan yang diharapkan dari siklus pengujian;

(2) Selama periode  $\frac{1}{2}$  (setengah) pertama dari 1 (satu) fase pembebanan yang diharapkan, pembebanan yang lebih cepat diperbolehkan;

(3) Jangan membuat perubahan pada kecepatan gerak dari dasar mendatar kapanpun saat benda uji kehilangan kekakuan secara cepat sesaat sebelum hancur.

e. Pembebanan

Lakukan pembebanan hingga benda uji hancur, dan catat beban maksimum yang diterima benda uji selama pembebanan. Catat tipe kehancuran dan kondisi visual benda uji beton.

f. Perhitungan

Hitung 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.

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \quad (2.20)$$

Keterangan:

Kuat tekan beton = Dinyatakan dalam MPa atau  $\text{N/mm}^2$

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

A = Luas penampang melintang benda uji ( $\text{mm}^2$ )

Jika perbandingan panjang (L) terhadap diameter (D) benda uji kurang dari 1,8, koreksi hasil yang diperoleh dengan mengalikan dengan faktor koreksi yang sesuai seperti pada tabel berikut:

**Tabel 2.20** Faktor koreksi rasio panjang (L) dengan diameter (D) benda uji

|               |      |      |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|------|
| <b>L/D</b>    | 2,00 | 1,75 | 1,50 | 1,25 | 1,00 |
| <b>Faktor</b> | 1,00 | 0,98 | 0,96 | 0,93 | 0,87 |

*Sumber : SNI-1974-2011*

Koreksi faktor di atas berlaku untuk beton ringan dengan bobot isi antara  $1600 \text{ kg/m}^3$  sampai dengan  $1920 \text{ kg/m}^3$  dan untuk beton normal. Koreksi faktor ini berlaku untuk kondisi kering atau basah saat pembebanan. Nilai yang tidak terdapat pada tabel harus ditetapkan dengan interpolasi. Faktor koreksi berlaku untuk kuat tekan beton nominal 15 MPa sampai dengan 45 MPa. Untuk angka di atas 45 MPa perlu dilakukan uji perbandingan yang lebih lanjut di laboratorium.