

## TATA CARA PEMBUATAN RENCANA CAMPURAN BETON NORMAL

### 1 Ruang Lingkup

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.

### 2 Acuan Normatif

- SNI 03-1750-1990, Mutu dan Cara Uji Agregat Beton;
- SNI 15-2049-1994, Semen Portland;
- SNI 03-6861.1-2002, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam);
- SNI 03-2914-1992, Spesifikasi Beton Tahan Sulfat;
- SNI 03-2915-1992, Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air;
- American Concrete Institute (ACI 1995, Building Code Requirements for Reinforced Concrete);
- British Standard Institution (BSI) 1973, Specification for Aggregates from Natural Sources for Concrete, (Including Granolithic), Part 2 Metric Units;
- Development of the Environment (DOE) 1975, Design of Normal Concrete Mixes, Building Research Establishment.

### 3 Pengertian

Dalam standar ini yang dimaksud dengan :

- 1) **Beton** adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat;
- 2) **Beton normal** adalah beton yang mempunyai berat isi (2200-2500) kg/m<sup>3</sup> menggunakan agregat alam yang pecah;
- 3) **Agregat halus** adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm;
- 4) **Agregat kasar** adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm-40 mm;
- 5) **Kuat tekan beton yang disyaratkan  $f'_c$**  adalah kuat tekan yang ditetapkan oleh perencana struktur (berdasarkan benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm);

- 6) **Kuat tekan beton yang ditargetkan  $f'_c$**  adalah kuat tekan rata-rata yang diharapkan dapat dicapai yang lebih besar dari  $f'_c$ ;
- 7) **Kadar air bebas** adalah jumlah air yang dicampurkan ke dalam beton untuk mencapai konsistensi tertentu, tidak termasuk air yang diserap oleh agregat;
- 8) **Faktor air semen** adalah angka perbandingan antara berat air bebas dan berat semen dalam beton;
- 9) **Slump** adalah salah satu ukuran kekentalan adukan beton dinyatakan dalam mm ditentukan dengan alat kerucut Abram (SNI 03-1972-1990 tentang Metode Pengujian Slump Beton Semen Portland);
- 10) **Pozolan** adalah bahan yang mengandung silika amorf, apabila dicampur dengan kapur dan air akan membentuk benda padat yang keras dan bahan yang tergolong pozolan adalah tras, semen merah, abu terbang, dan bubukan terak tanur tinggi;
- 11) **Semen Portland-pozolan** adalah campuran semen portland dengan pozolan antara 15%-40% berat total campuran dan kandungan  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{FeO}_3$  dalam pozolan minimum 70%;
- 12) **Semen Portland Type I** adalah semen Portland untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus;
- 13) **Semen Portland Type II** adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang;
- 14) **Semen Portland Type III** adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi;
- 15) **Semen Portland Type V** adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat;
- 16) **Bahan tambah** adalah bahan yang ditambahkan pada campuran bahan pembuatan beton untuk tujuan tertentu.

## 4 Persyaratan-persyaratan

### 4.1 Umum

Persyaratan umum yang harus dipenuhi sebagai berikut :

- 1) Proporsi campuran beton harus menghasilkan beton yang memenuhi persyaratan berikut :
  - (1) Kekentalan yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, pemadatan, dan perataan) dengan mudah dapat mengisi acuan dan menutup permukaan secara serba sama (homogen);
  - (2) Keawetan;
  - (3) Kuat tekan;
  - (4) Ekonomis.
- 2) Beton yang dibuat harus menggunakan bahan agregat normal tanpa bahan tambah.

#### 4.1.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam perencanaan harus mengikuti persyaratan berikut :

- 1) Bila pada bagian pekerjaan konstruksi yang berbeda akan digunakan bahan yang berbeda, maka setiap proporsi campuran yang akan digunakan harus direncanakan secara terpisah;
- 2) Bahan untuk campuran coba harus mewakili bahan yang akan digunakan dalam pekerjaan yang diusulkan.

#### 4.1.2 Perencanaan Campuran

Dalam 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.

#### 4.1.3 Petugas dan Penanggung Jawab Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal

Nama-nama petugas pembuat, pengawas dan penanggung jawab hasil pembuatan rencana campuran beton normal harus ditulis dengan jelas, dan dibubuhi paraf atau tanda tangan, serta tanggalnya.

### 4.2 Teknis

#### 4.2.1 Pemilihan Proporsi Campuran Beton

Pemilihan proporsi campuran beton harus dilaksanakan sebagai berikut :

- 1) Rencana campuran beton ditentukan berdasarkan hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen;
- 2) Untuk beton dengan nilai  $f_c$  hingga 20 MPa pelaksanaan produksinya harus didasarkan pada perbandingan berat bahan;
- 3) Untuk beton nilai  $f_c$  hingga 20 MPa pelaksanaan produksinya boleh menggunakan perbandingan volume. Perbandingan volume bahan ini harus didasarkan pada perencanaan proporsi campuran dalam berat yang dikonversikan ke dalam volume melalui berat isi rata-rata antara gembur dan padat dari masing-masing bahan.

#### 4.2.2 Bahan

##### 4.2.2.1 Air

Air harus memenuhi ketentuan yang berlaku.

##### 4.2.2.2 Semen

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

##### 4.2.2.3 Agregat

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

### 4.2.3 Perhitungan Proporsi Campuran

#### 4.2.3.1 Kuat Tekan Rata-rata yang ditargetkan

Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan dihitung dari :

- 1) Deviasi standar yang didapat dari pengalaman di lapangan selama produksi beton menurut rumus.

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

s adalah standar deviasi

$x_i$  adalah kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

$\bar{x}$  adalah kuat tekan beton rata-rata menurut rumus :

#### 4.2.3.2 Pemilihan Faktor Air Semen

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

- 2) Nilai tambah dihitung menurut rumus :

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

dengan:

M adalah nilai tambah

1,64 adalah tetapan statistik yang nilainya tergantung pada presentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%

Sr adalah deviasi standar rencana

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

$$f'_{cr} = f'_{c} + M$$

$$f_{cr} = f'_{c} + 1,64 Sr$$

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

- 1) Hubungan kuat tekan dan faktor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 2 dan Grafik 1 atau 2;
- 2) Untuk lingkungan khusus, faktor air semen maksimum harus memenuhi SNI 03-1915-1992 tentang Spesifikasi Beton Tanah Sulfat dan SNI 03-2914-1994 tentang Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air, (Tabel 4,5,6).

#### 4.2.3.3 Slump

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

#### 4.2.3.4 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.

#### 4.2.3.5 Kadar Air Bebas

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut :

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

$$\text{dengan : } \frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk$$

Wh adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

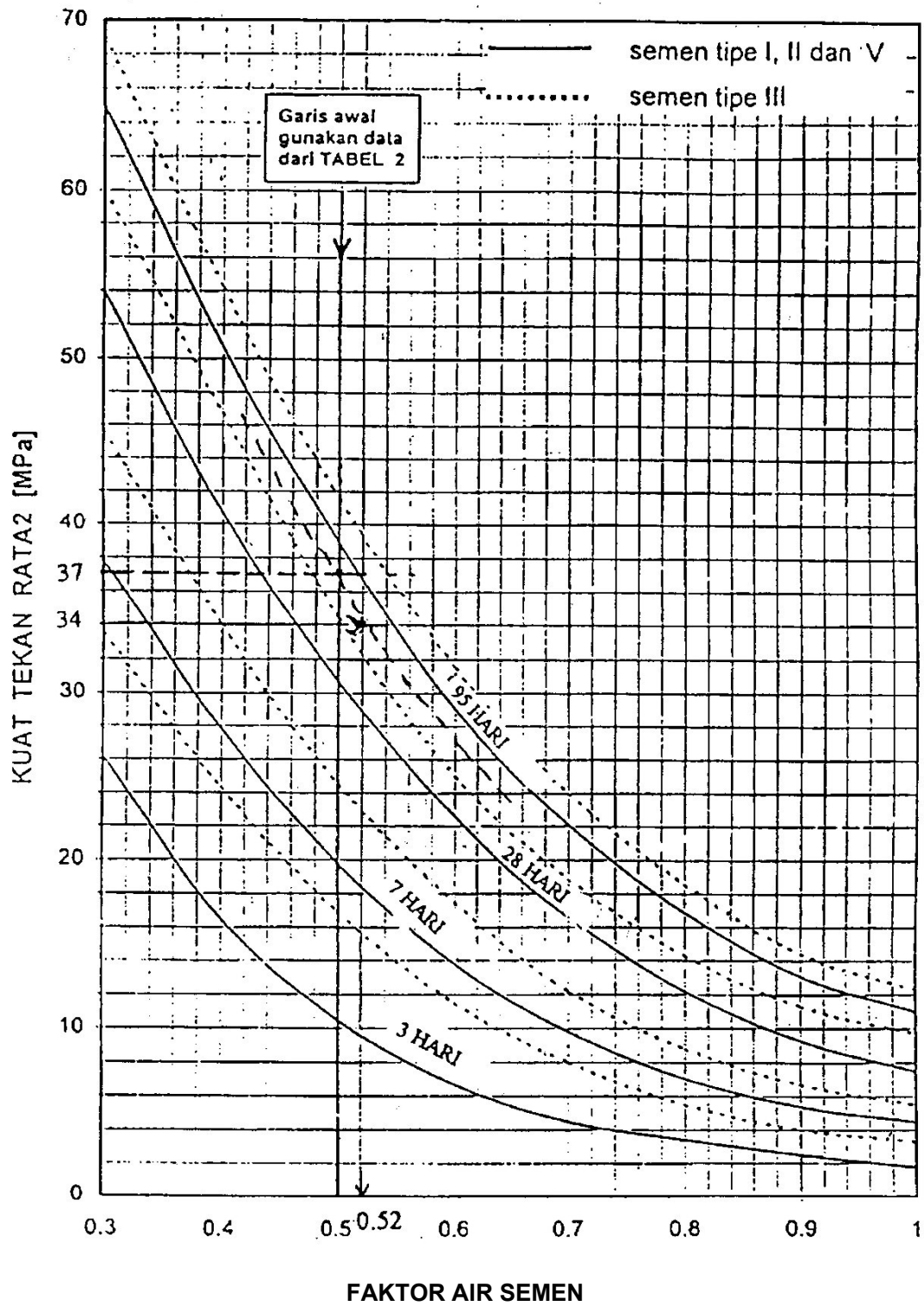
Wk adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar pada Tabel 3.

**Tabel 1 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan Faktor Air-Semen, dan Agregat Kasar yang Biasa dipakai di Indonesia**

| Jenis semen<br>---<br>---        | Jenis agregat kasar | Kekuatan tekan (MPa) |    |    |    | Bentuk uji |
|----------------------------------|---------------------|----------------------|----|----|----|------------|
|                                  |                     | Pada umur (hari)     |    |    |    |            |
|                                  |                     | 3                    | 7  | 28 | 91 |            |
| Semen Portland<br>Tipe I Atau    | Batu tak dipecahkan | 17                   | 23 | 33 | 40 | Silinder   |
|                                  | Batu pecah          | 19                   | 27 | 37 | 45 |            |
| Semen tahan sulfat<br>Tipe II, V | Batu tak dipecahkan | 20                   | 28 | 40 | 48 | Kubus      |
|                                  | Batu pecah          | 23                   | 32 | 45 | 54 |            |
| Semen Portland<br>Tipe III       | Batu tak dipecahkan | 21                   | 28 | 38 | 44 | Silinder   |
|                                  | Batu pecah          | 25                   | 33 | 44 | 48 |            |
|                                  | Batu tak dipecahkan | 25                   | 31 | 46 | 53 | Kubus      |
|                                  | Batu pecah          | 30                   | 40 | 53 | 60 |            |

Catatan :

- 1 MPa ~ 1N/mm<sup>2</sup> ~ 10 kg/cm<sup>2</sup>
- kuat tekan silinder (150 x 300) mm ~ 9,83 kuat tekan kubus (150 x 150 x 150) mm



Grafik 1 Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

dengan :

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

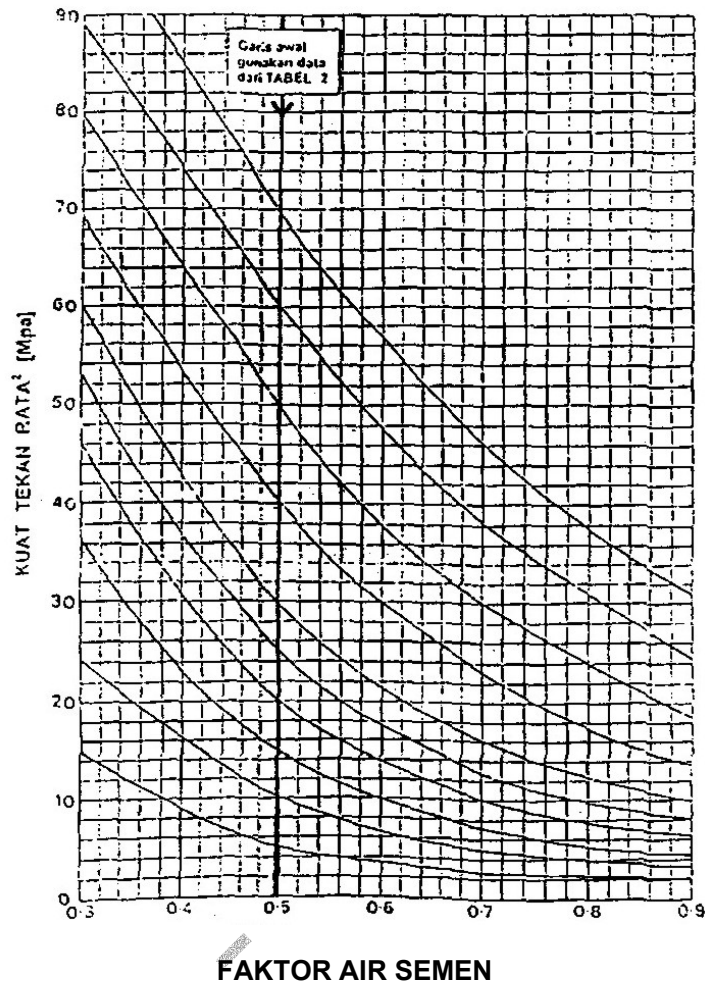
Data hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus sebagai berikut :

- (1) mewakili bahan-bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan;
- (2) mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan  $f'_c$  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 berurutan yang jumlahnya minimum 30 hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari;
- (4) bila suatu produksi ada beton tidak mempunyai data 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 uji tersebut dengan faktor pengali dari Tabel 2.

**Tabel 2 Faktor pengali untuk standar deviasi bila 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                           |

- (5) bila data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar yang memenuhi persyaratan butir 4.2.3.1.1) di atas tidak tersedia, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan  $f_{cr}$  harus diambil tidak kurang dari ( $f'_c+12$  MPa)



Grafik 2 Hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen  
(benda uji bentuk kubus 150 x 150 x 150 mm)

Tabel 3 Perkiraan kadar air bebas ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pekerjaan adukan beton

| Slump (mm)                               |                     | 0-10 | 10-30 | 30-60 | 60-180 |
|--|---------------------|------|-------|-------|--------|
| Ukuran besar butir agregat maksimum (mm) | 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    |



**Tabel 4 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus**

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

**Tabel 5 Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat**

| Kadar gangguan sulfat | Konsentrasi Sulfat sebagai SO <sub>2</sub> |                 |   | Tipe Semen  | Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (kg/m <sup>3</sup> ) |       |       | Faktor air semen |
|-----------------------|--|-----------------|---|---|--|-------|-------|------------------|
|                       | Dalam tanah                                |                 | Sulfat (SO <sub>3</sub> ) dalam air tanah g/l |   | 40 mm  | 20 mm | 10 mm |                  |
| 1                     | Kurang dari 0,2                            | Kurang dari 1,0 | Kurang dari 0,3                               | Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)           | 80   | 300   | 350   | 0,50             |
| 2                     | 0,2 - 0,5                                  | 1,0 - 1,9       | 0,3 - 1,2                                     | Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)           | 290  | 330   | 350   | 0,50             |
|                       |  |                 |   | 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 Pozolan | 340  | 380   | 430   | 0,45             |
|                       |  |                 |   | Tipe II atau Tipe V                                 | 290  | 330   | 380   | 0,50             |
| 4.                    | 1,0 - 2,0                                  | 3,1 - 5,6       | 2,5 - 5,0                                     | Tipe II atau Tipe V                                 | 330  | 370   | 420   | 0,45             |
| 5.                    | Lebih dari 2,0                             | Lebih dari 5,6  | Lebih dari 5,0                                | Tipe II atau Tipe V Lapisan pelindung               | 330  | 370   | 420   | 0,45             |

**Tabel 6 Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air**

| Jenis beton               | Kondisi lingkungan yang berhubungan dengan | Faktor air maksimum | Tipe semen  | Kandungan semen minimum (kg/m <sup>3</sup> ) |       |
|---------------------------|--|---------------------|---|--|-------|
|                           |  |                     |   | Ukuran nominal Maksimum agregat              |       |
|                           |  |                     |   | 40 mm  | 20 mm |
| Bertulang atau Pra tegang | Air tawar                                  | 0,50                | Tipe-V  | 280  | 300   |
|                           | Air payau                                  | 0,45                | Tipe I + Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan | 340  | 380   |
|                           | Air laut                                   | 0,50<br>0,45        | Tipe II atau Tipe V<br>Tipe II atau Tipe V            |  |       |

**Tabel 7 Persyaratan batas-batas susunan besar butir agregat kasar  
(kerikil atau koral)**

| Ukuran mata ayakan (mm) | Persentase berat bagian yang lewat ayakan |           |          |
|-------------------------|---|-----------|----------|
|                         | Ukuran nominal agregat (mm)               |           |          |
|                         | 38-4,76                                   | 19,0-4,76 | 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     |

#### 4.2.3.6 Berat Jenis Relatif Agregat

Berat jenis relatif agregat ditentukan sebagai berikut :

1) Diperoleh dari data hasil uji atau bila tidak tersedia dapat dipakai nilai dibawah ini :

- (1) Agregat tidak pecah : 2,5
- (2) Agregat pecah : 2,6 atau 2,7

2) Berat jenis agregat gabungan ( $B_{j,ag}$ ) dihitung sebagai berikut :

$$(B_{j,ag}) = (\text{persentase agregat halus}) \times (\text{berat jenis agregat halus}) + (\text{persentase agregat kasar}) \times (\text{berat jenis agregat kasar})$$

#### 4.2.3.7 Proporsi Campuran Beton

Semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per  $m^3$  adukan.

#### 4.2.3.8 Koreksi Proporsi Campuran

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat.

Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan dihitung menurut rumus sebagai berikut :

$$1) \text{ Air} = B - (C_k - C_a) \times C/100 - (D_k - D_a) \times D/100;$$

$$2) \text{ Agregat halus} = C + (C_k - C_a) \times C/100;$$

$$3) \text{ Agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times D/100$$

dengan :

B adalah jumlah air ( $kg/m^3$ )

C adalah jumlah agregat halus ( $kg/m^3$ )

D adalah jumlah agregat kasar ( $kg/m^3$ )

$C_n$  adalah absorpsi air pada agregat halus (%)

$D_k$  adalah absorpsi agregat kasar (%)

$C_k$  adalah kandungan air dalam agregat halus (%)

$D_k$  adalah kandungan air dalam agregat kasar (%)

## 5 Cara Pengerjaan

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 4.2.3.1.1);
- 3) Hitung kuat tekan menurut ketentuan 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 tak dipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan;
- 7) Tentukan faktor air semen menurut butir 4.2.3.2. Bila dipergunakan grafik 1 dan 2 ikuti langkah-langkah berikut :
  - (1) Tentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 1, 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 faktor 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 ke bawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan faktor air-semen yang diperlukan.
- 8) Tetapkan air-semen maksimum menurut butir 4.2.3.2.2) (dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak). Jika nilai faktor 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 faktor air-semen;
- 13) Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan;
- 14) Tentukan jumlah semen semimum mungkin. Jika tidak lihat Tabel 4,5,6 jumlah semen yang diperoleh dari perhitungan jika perlu disesuaikan;
- 15) Tentukan faktor 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 faktor 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 gabungkan pasir-pasir tersebut seperti pada Tabel 8;
- 17) Tentukan susunan agregat kasar menurut Grafik 7,8 atau 9 bila lebih dari satu macam agregat kasar, gabungkan seperti Tabel 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, faktor air-semen menurut butir 15 dan daerah susunan butir-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 jumlah yang lebih dari 5 persen. Dalam hal ini maka jumlah agregat halus yang diperlukan harus dikurangi;
- 19) Hitung berat jenis relatif 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 relatif 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 1m<sup>3</sup> 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) Kalau slumnya ternyata terlalu tinggi atau rendah, maka kadar air perlu dikurangi atau ditambah (demikian juga kadar semennya, karena faktor air semen harus dijaga agar tetap, tak berubah);
  - (3) Jika kekuatan beton dari campuran ini terlalu tinggi atau rendah, maka faktor air semen dapat atau harus ditambah atau dikurangi sesuai dengan Grafik 1 atau 2.

## LAMPIRAN A

### DAFTAR ISTILAH

|                               |   |  |
|-------------------------------|---|--|
| Pembandingan faktor air-semen | : | <i>Water cement ratio</i>                    |
| Pembuatan rencana campuran    | : | <i>Mix design process</i>                    |
| Campuran coba                 | : | <i>Trial mix</i>                             |
| Nilai tambah                  | : | <i>Margin</i>                                |
| Kuat tekan yang disyaratkan   | : | <i>The specified characteristic strength</i> |
| Bahan tambah                  | : | <i>Additive</i>                              |

Pustran - Balitbang PU

LAMPIRAN B

NOTASI DAN GRAFIK

1) Notasi

$f'_c$  : kuat tekan beton yang disyaratkan, Mpa

$f_{cr}$  : kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan

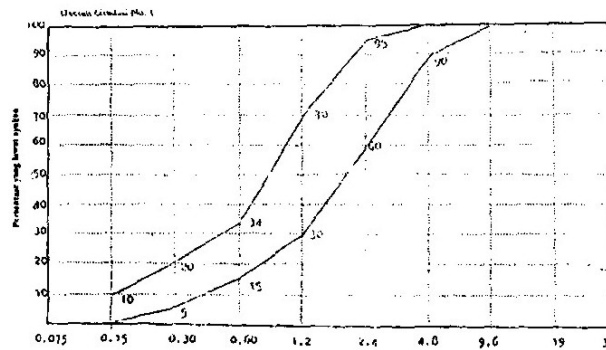
s : deviasi standar, Mpa

M : margin

K : tetapan statistik yang tergantung pada banyaknya bagian yang cacat

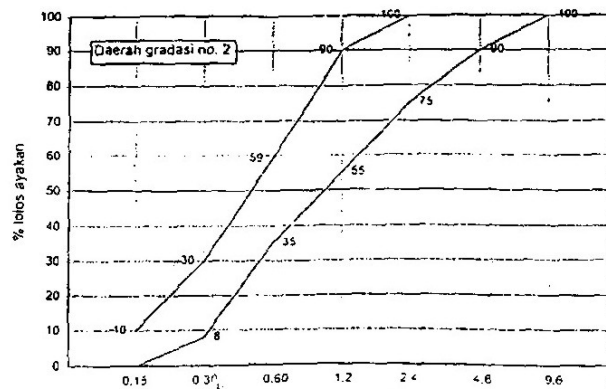
S : kondisi jenuh permukaan kering

2) Grafik



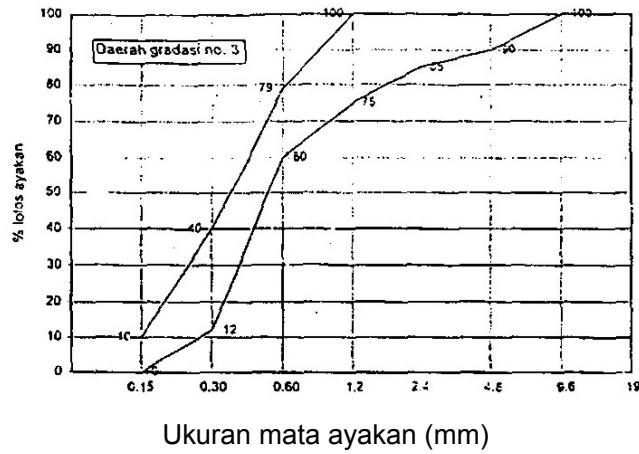
Ukuran mata ayakan (mm)

Grafik 3 Batas gradasi pasir (kasar) No.1

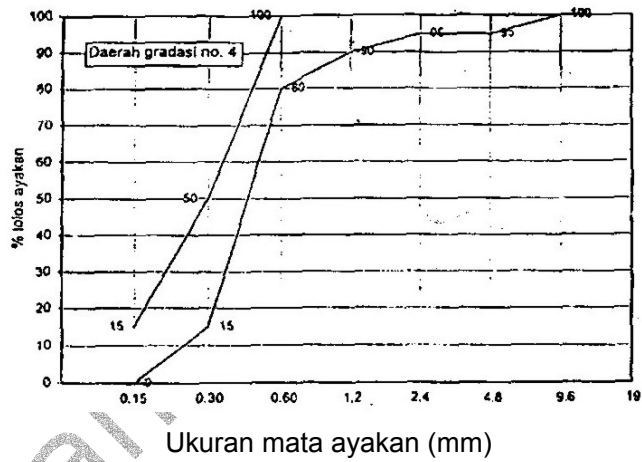


Ukuran mata ayakan (mm)

Grafik 4 Batas Gradasi pasir (sedang) No.2

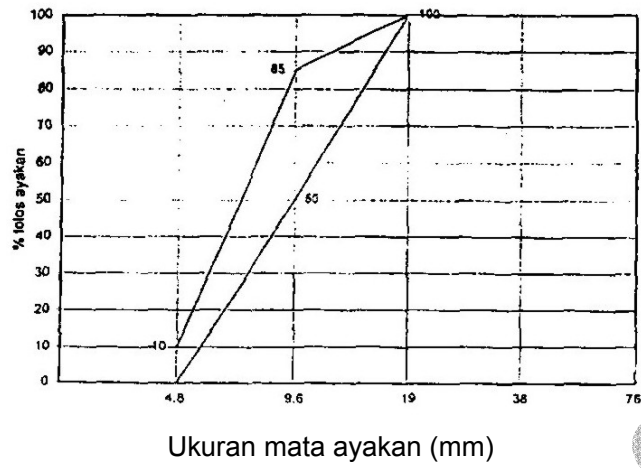


Grafik 5 Batas gradasi pasir (agak halus) No.3

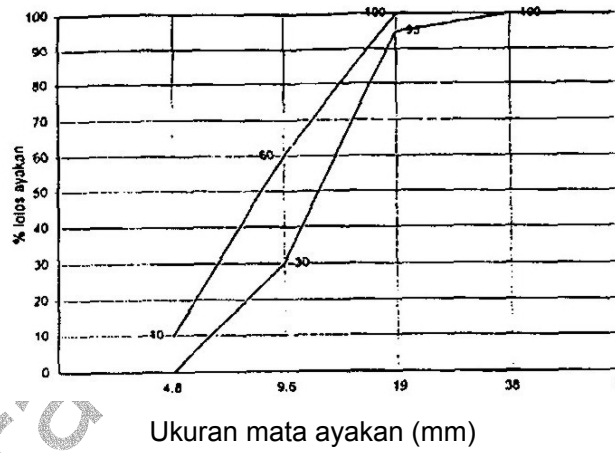


Grafik 6 Batas gradasi pasir dalam daerah No.4

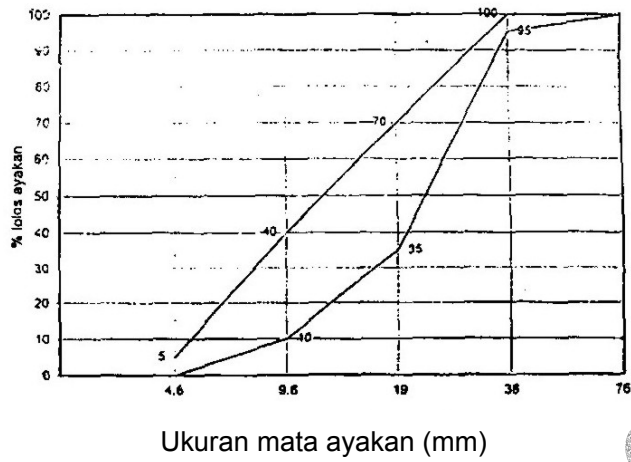




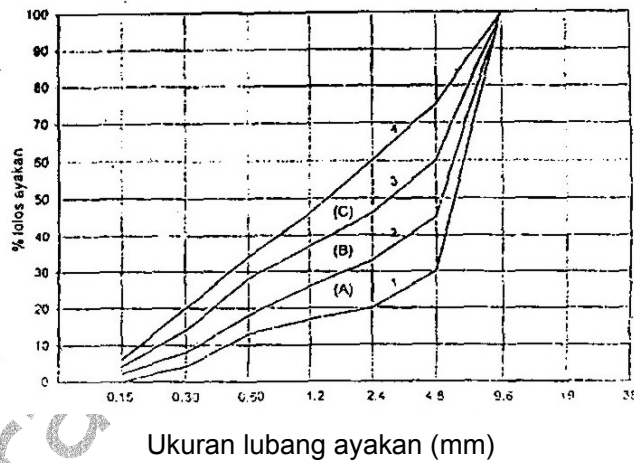
Grafik 7 Batas gradasi kerikal atau koral maksimum 10 mm



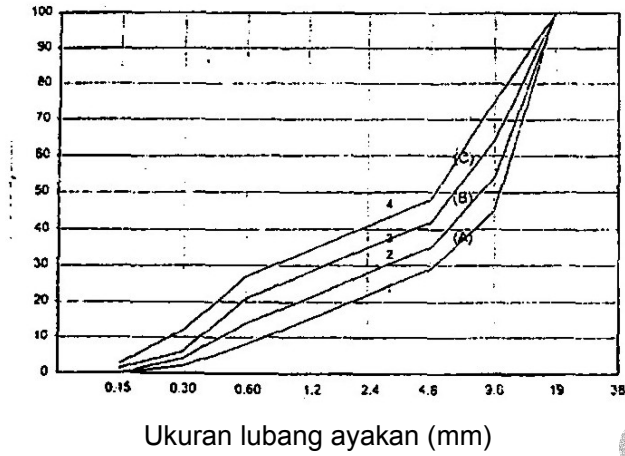
Grafik 8 Batas gradasi kerikal atau koral ukuran maksimum 20 mm



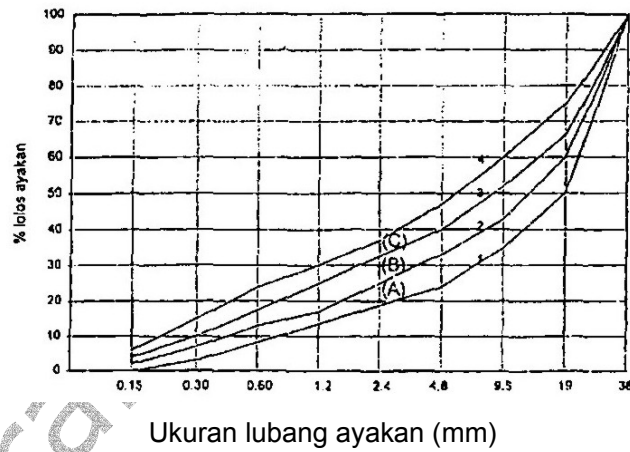
Grafik 9 Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40 mm



Grafik 10 Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir maksimum (10 mm)

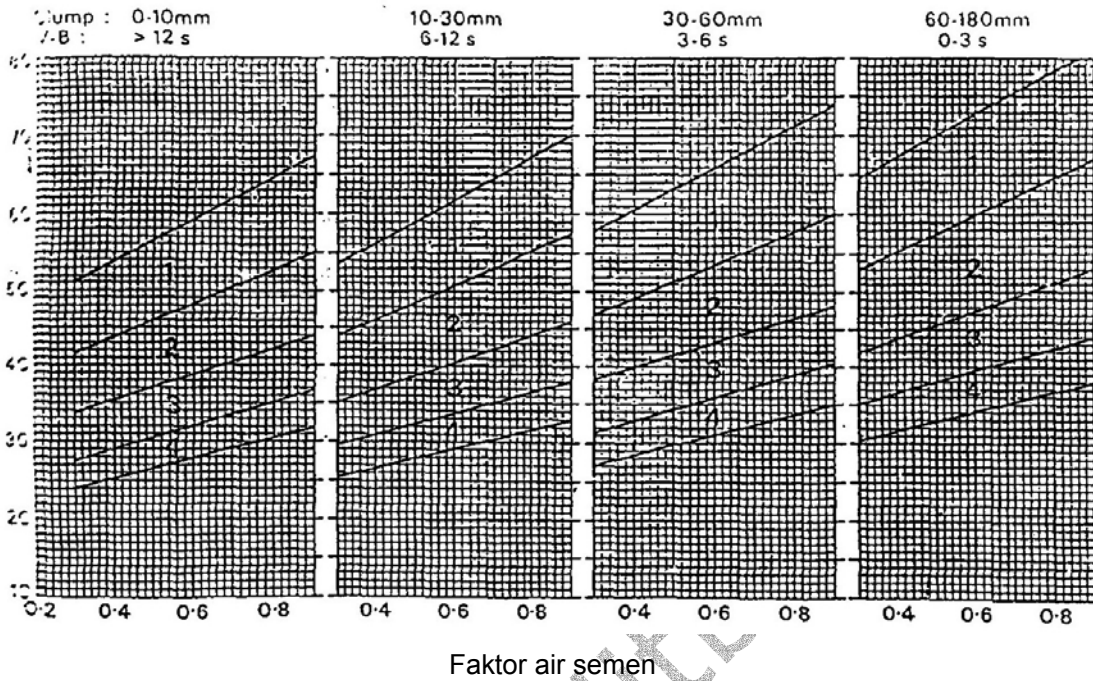


Grafik 11 Batas gradasi agregat gabungan untuk sebesar butir maksimum 20 mm



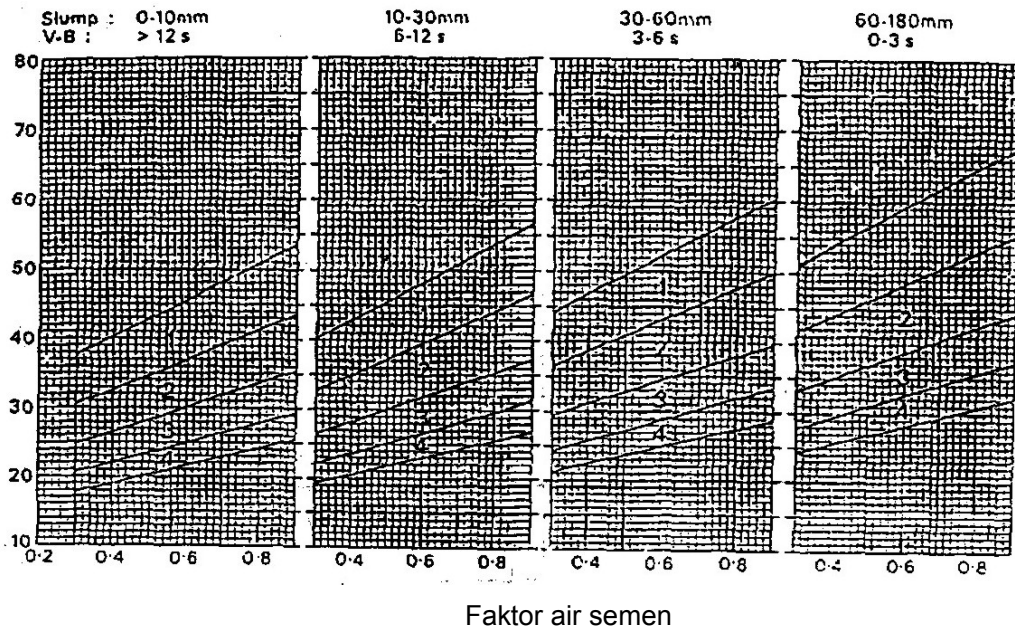
Grafik 12 Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir maksimum 20 mm

Ukuran agregat maksimum : 10 mm



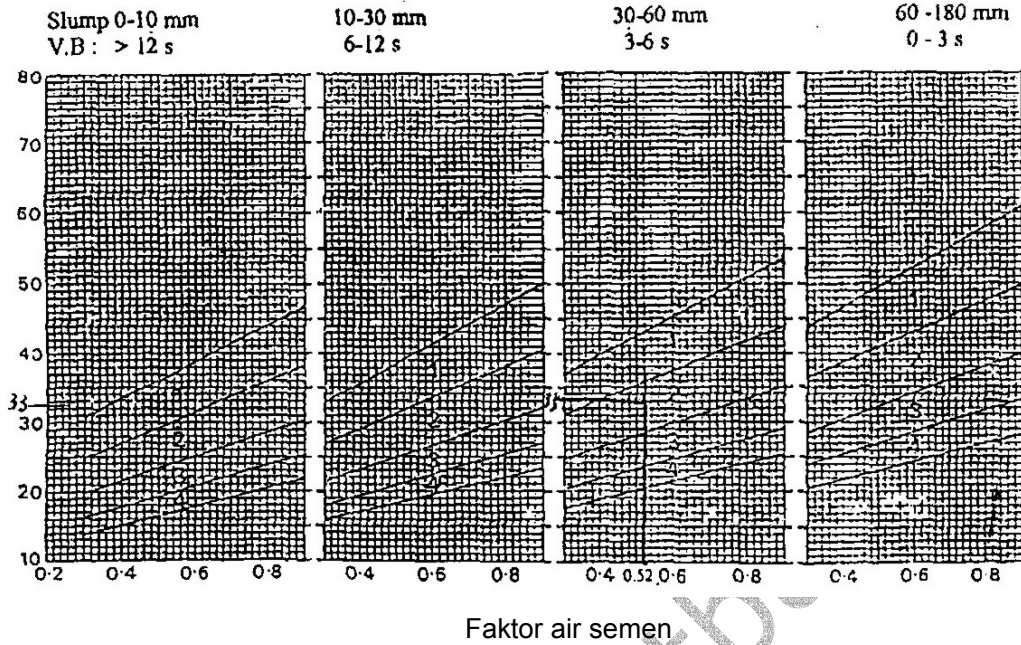
**Grafik 13** Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 10 mm

Ukuran agregat maksimum : 20 mm



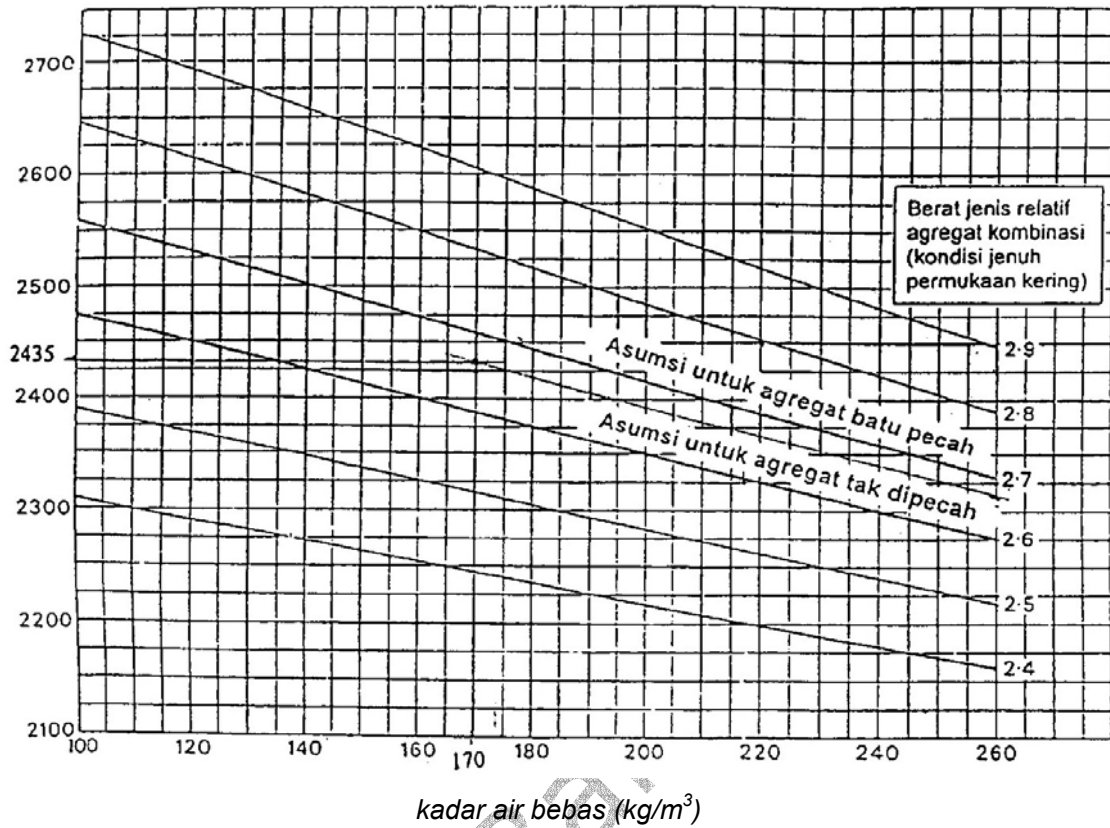
**Grafik 14** Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm

Ukuran agregat maksimum : 20 mm



Grafik 15 Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm

Pustran - Baiteb



Grafik 16 Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai dipadatkan

Pustran - BBO

## Formulir Perencanaan Campuran Beton

| No.<br>--- | Uraian<br>---  | Tabel/Grafik<br>Perhitungan                | Nilai<br>---   |
|------------|--|--|--|
| 1.         | Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder/kubus) | Ditetapkan                                 | ..... MPa pada 28 hari<br>Bagian cacat 5 persen,<br>k=1,64                     |
| 2.         | Deviasi standar  | Butir 4.3.2.1.1).(2)<br>Tabel 1            | ..... MPa atau tanpa data<br>.....MPa  |
| 3.         | Nilai tambah (margin)                                  | Butir 4.2.3.1.2)                           | 1,64 x ..... = ..... MPa   |
| 4.         | Kekuatan rata-rata yang ditargetkan                    | Butir 4.2.3.1.3)                           | ..... + ..... = MPa  |
| 5.         | Jenis semen  | Ditetapkan                                 | .....  |
| 6.         | Jenis agregat : - kasar<br>- halus                     |  | .....  |
| 7.         | Faktor air-semen bebas                                 | Tabel 2<br>Grafik 1 atau 2                 | Ambil nilai yang terendah  |
| 8.         | Faktor air-semen maksimum                              | Butir 4.2.3.2.2)                           | .....  |
| 9.         | Slump  | Ditetapkan                                 | ..... mm   |
| 10.        | Ukuran agregat maksimum                                | Butir 4.2.3.3<br>Ditetapkan                | ..... mm   |
| 11.        | Kadar air bebas  | Butir 4.2.3.4<br>Tabel 3                   | ..... kg/m <sup>3</sup>  |
| 12.        | Jumlah semen   | Butir 4.2.3.5<br>11 : 8 atau 7             | ..... kg/m <sup>3</sup>  |
| 13.        | Jumlah semen maksimum                                  | Ditetapkan                                 | ..... kg/m <sup>3</sup>  |
| 14.        | Jumlah semen minimum                                   | Ditetapkan<br>Butir 4.2.3.2<br>Tabel 4,5,6 | ..... kg/m <sup>3</sup> (pakai bila lebih<br>besar dari 12, lalu hitung<br>15) |
| 15.        | Faktor air-semen yang disesuaikan                      | -  | .....  |
| 16.        | Susunan besar butir agregat halus                      | Grafik 3 s/d 6                             | Daerah gradasi susunan<br>butir 2  |
| 17.        | Susunan agregat kasar atau gabungan                    | Grafik 7,8,9 atau<br>Tabel 7               |  |
| 18.        | Persen agregat halus                                   | Grafik 13 s/d 15 atau<br>perhitungan       | .....persen  |
| 19.        | Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)        | Diketahui/dianggap                         | .....  |
| 20.        | Berat isi beton  | Grafik 16                                  | .....kg/m <sup>3</sup>   |
| 21.        | Kadar agregat gabungan                                 | 20 – (12 + 11)                             | ..... – ..... = ..... kg/m <sup>3</sup>  |
| 22.        | Kadar agregat halus                                    | 18 x 21                                    | ..... x ..... = ..... kg/m <sup>3</sup>  |
| 23.        | Kadar agregat kasar                                    | 21 – 22                                    | ..... – ..... = ..... kg/m <sup>3</sup>  |
| 24.        | Proporsi campuran                                      | Semen (kg)   Air<br>(kg/lt)                | Agregat kondisi jenuh<br>kering permukaan<br>Halus (kg)   Kasar (kg)           |
| 25.        | Koreksi proporsi campuran                              |  | – tiap m <sup>3</sup><br>– tiap campuran uji m <sup>3</sup>                    |

### I. Contoh Merencanakan Campuran Beton

Buatlah campuran beton dengan ketentuan sebagai berikut :

- kuat tekan yang disyaratkan =  $22,5 \text{ N/mm}^2$  untuk umur 28 hari, benda uji berbentuk kubus dan jumlah yang mungkin tidak memenuhi syarat = 5%.
- Semen yang dipakai = semen Portland Tipe I
- Tinggi slump disyaratkan = 3-6 cm
- Ukuran besar butir agregat maksimum = 40 mm
- Nilai faktor air-semen maksimum = 0,60
- Kadar semen minimum =  $275 \text{ kg/m}^3$
- Susunan besar butir agregat halus ditetapkan harus termasuk dalam daerah susunan butir No.2
- Agregat yang tersedia adalah pasir IV dan V kerikil VII yang analisa ayaknya seperti dalam Tabel 7 (untuk pasir) dan dalam Tabel 8 (untuk kerikil VII).

Sedangkan berat jenis, penyerapan air, kadar air bebas masing-masing agregat adalah seperti dalam Tabel di bawah ini.

**Tabel 8 Data sifat fisik agregat**

| <b>Agregat Sifat</b>             | <b>Pasir (Halus Tak Dipecah) IV</b> | <b>Pasir (Kaca Tak Dipecah) V</b> | <b>Kerikil (Batu Pecah) VII</b> |
|----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| - Berat jenis (kering permukaan) | 2,50                                | 2,44                              | 2,66                            |
| - Penyerapan air %               | 3,10                                | 4,20                              | 1,63                            |
| - Kadar air %                    | 6,50                                | 8,80                              | 1,06                            |



## Contoh Isian Perencanaan Campuran Beton

| No.<br>---                 | Uraian<br>---  | Tabel/Grafik<br>Perhitungan                                    |                     | Nilai<br>---  |                    |
|----------------------------|--|--|---------------------|---|--------------------|
| 1.                         | Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder/kubus) | Ditetapkan   |                     | 22,5 MPa pada 28 hari   |                    |
| 2.                         | Deviasi standar  | Diketahui  |                     | Bagian tak memenuhi syarat 5% (k=1,64)<br>7 MPa                       |                    |
| 3.                         | Nilai tambah (margin)                                  |  |                     | .....MPa  |                    |
| 4.                         | Kekuatan rata-rata yang ditargetkan                    | 1 + 3  |                     | $1,64 \times 7 = 11,5$ MPa  |                    |
| 5.                         | Jenis semen  | Ditetapkan   |                     | $22,5 + 1,5 = 34,0$ MPa   |                    |
| 6.                         | Jenis agregat : - kasar<br>- halus                     | Ditetapkan   |                     | Semen Portland Tipe I.....  |                    |
| 7.                         | Faktor air-semen bebas                                 | Ditetapkan   |                     | Batu pecah.....<br>Alami.....   |                    |
| 8.                         | Faktor air-semen maksimum                              | Tabel 2, Grafik 1  |                     | 0,60 (ambil nilai yang tekecil)                                       |                    |
| 9.                         | Slump  | Ditetapkan   |                     | 0,60  |                    |
| 10.                        | Ukuran agregat maksimum                                | Ditetapkan   |                     | Slump 30 – 60 mm  |                    |
| 11.                        | Kadar air bebas  | Tabel 3  |                     | 40 mm   |                    |
| 12.                        | Jumlah semen   | 11 : 8   |                     | $170 \text{ kg/m}^3$  |                    |
| 13.                        | Jumlah semen maksimum                                  | Ditetapkan   |                     | $170 : 0,60 = 293 \text{ kg/m}^3$                                     |                    |
| 14.                        | Jumlah semen minimum                                   | Ditetapkan   |                     | $170 : 0,60 = 293 \text{ kg/m}^3$                                     |                    |
| 15.                        | Faktor air-semen yang disesuaikan                      |  |                     | $275 \text{ kg/m}^3$ (pakai bila lebih besar dari 12, lalu hitung 15) |                    |
| 16.                        | Susunan besar butir agregat halus                      | Grafik 3 s/d 6   |                     | -   |                    |
| 17.                        | Susunan agregat kasar atau gabungan                    | Tabel 7<br>Grafik 7,8,9<br>Grafik 10,11,12<br>Grafik 13 s/d 15 |                     | Daerah gradasi susunan butir 2  |                    |
| 18.                        | Persen agregat halus                                   |  |                     | 35 persen   |                    |
| 19.                        | Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)        |  |                     | 2,59 diketahui  |                    |
| 20.                        | Berat isi beton  | Grafik 16  |                     | $2,380 \text{ kg/m}^3$  |                    |
| 21.                        | Kadar agregat gabungan                                 | 20 – 12 – 11   |                     | $2,380 - 283 = 1,927 \text{ kg/m}^3$                                  |                    |
| 22.                        | Kadar agregat halus                                    | 18 x 21  |                     | $1,927 \times 0,35 = 674 \text{ kg/m}^3$                              |                    |
| 23.                        | Kadar agregat kasar                                    | 21 – 22  |                     | $1,927 \times 674 = 1,253 \text{ kg/m}^3$                             |                    |
| 24.                        | Proporsi campuran                                      |  |                     |   |                    |
|                            |  | Semen (kg)   | Air (kg/ltr)        | Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)                           |                    |
|                            |  |  |                     | Halus      Kasar  |                    |
|                            | - tiap $\text{m}^3$                                    | 283  | 15                  | 702      1,245  |                    |
|                            | - tiap campuran uji $\text{m}^3$                       |  | 0                   | 35,10      62,25  |                    |
|                            |  | 14,25  | 7,5                 |   |                    |
| Banyaknya Bahan (Teoritis) |  | Semen (kg)   | Air (kg) atau Liter | Agregat halus   | Agregat kasar (kg) |
|                            | - tiap $\text{m}^3$ dengan ketelitian 5 kg             | 283  | 170                 | 674   | 1,253              |
|                            | - tiap campuran uji $0,05 \text{ m}^3$                 | 14,15  | 8,5                 | 33,17   | 62,65              |
| 25.                        | Koreksi proporsi campuran                              |  |                     |   |                    |
|                            | - tiap $\text{m}^3$                                    | 283  | 150                 | 702   | 1,245              |
|                            | - tiap $0,05 \text{ m}^3$                              | 14,15  | 7,5                 | 35,10   | 62,25              |

**Penjelasan Pengisian Daftar Isian (formulir)**

1. Kuat tekan yang disyaratkan sudah ditetapkan 22,5% untuk umur 28 hari
2. Deviasi standar diketahui dari besarnya jumlah (volume) pembebasan yang akan dibuat, dalam hal ini dianggap untuk pembuatan (1.000-3.000) m<sup>3</sup> beton sehingga nilai S = 7 MPa.
3. Cukup jelas
4. Cukup jelas
5. Jenis semen ditetapkan Tipe I
6. Jenis agregat diketahui :
  - Agregat halus (pasir) alami (=pasir kali)
  - Agregat kasar berupa batu pecah (=kerikil)

**7. Faktor air semen bebas**

Dari Tabel 2 diketahui untuk agregat kasar batu pecah (kerikil) dan semen S-550, kekuatan tekan umur 28 hari yang diharapkan dengan faktor air-semen 0,50 adalah 45 kg/cm<sup>2</sup> (= 4,54 MPa). Harga ini dipakai untuk membuat kurva yang harus diikuti menurut Grafik1 dalam usaha mencari faktor air-semen untuk beton yang direncanakan dengan cara berikut :

Dari titik kekuatan tekan 4,5 MPa tarik garis datar hingga memotong garis tengah yang menunjukkan faktor air-semen 0,50.

Melalui titik potong ini lalu gambarkan kurva yang berbentuk kira-kira sama dengan kurva di sebelah atas dan di sebelah bawahnya (garis putus-putus). Kemudian dari titik kekuatan tekan beton yang dirancang (dalam hal ini 24,0 kg/cm<sup>2</sup>) tarik garis datar hingga memotong kurva garis putus-putus tadi.

Dari titik potong ini tarik tegak ke bawah hingga memotong sumbu X (absiska) dan baca faktor air-semen yang diperoleh (dalam hal ini didapatkan 0,60).

8. **Faktor air-semen maksimum** dalam hal ini ditetapkan 0,60.

Dalam faktor air semen yang diperoleh dari Grafik 1 tidak sama dengan yang ditetapkan, untuk perhitungan selanjutnya pakailah harga faktor air-semen yang lebih kecil.

9. **Slump** : ditetapkan setinggi 30 – 60 mm.
10. **Ukuran agregat maksimum** : Ditetapkan 40 mm
11. **Kadar air bebas** : untuk mendapatkan kadar air bebas, periksalah Tabel 3 yang dibuat untuk agregat gabungan alami atau yang berupa batu pecah.

Untuk agregat gabungan yang berupa campuran antara pasir alami dan kerikil (batu pecah) maka kadar air bebas harus diperhitungkan antara 160-190 kg/m<sup>3</sup> (kalau nilai slump 30-60 mm dan baris ukuran agregat maksimum 30 mm); baris ini yang dipakai sebagai pendekatan, karena dalam Tabel belum ada baris ukuran agregat maksimum 40 mm), memakai rumus :

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

dengan :

$W_h$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus dan

$W_k$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Dalam contoh ini dipakai agregat halus berupa pasir alami dan agregat kasar berupa batu pecah (kerikil), maka jumlah kadar air yang diperlukan

$$\frac{2}{3} \times 160 + \frac{1}{3} \times 190 = 170 \text{ kg/m}^3$$

12. **Kadar semen** : cukup, jelas yaitu :  $170 : 0,60 = 283 \text{ kg/m}^3$
13. **Kadar semen maksimum tidak ditentukan**, jadi dapat diabaikan
14. **Kadar semen maksimum tidak ditetapkan  $275 \text{ kg/m}^3$**   
Seandainya kadar semen yang diperoleh dari perhitungan 12 belum mencapai syarat minimum yang ditetapkan, maka harga minimum ini harus dipakai dan faktor air-semen yang baru perlu disesuaikan.
15. **Faktor air-semen yang disesuaikan** : dalam hal ini dapat diabaikan oleh karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi.
16. **Susunan besar butir agregat butir halus** : ditetapkan termasuk Daerah Susunan Butir No.2. Daerah susunan ini diperoleh dengan mencampurkan pasir IV dan pasir V dalam perbandingan 36% pasir IV terhadap 64% pasir V dan ini didapat dengan cara coba-coba dengan bantuan kurva daerah susunan butir No.2 (Grafik 4) berdasarkan hasil analisa ayak masing-masing pasir (Tabel 8,9,10).
17. **Cuku jelas**
18. **Persen bahan yang lebih halus dari 4,8 mm:**  
Ini dicari dalam Grafik 15 untuk kelompok ukuran butir agregat maksimum 40 mm pada nilai slump 30-60 mm dan nilai faktor air-semen 0,60.  
Bagi agregat halus (pasir) yang termasuk daerah susunan butir No.3 diperoleh harga antara 30 – 37,5%.
19. **Berat jenis relatif agregat** : ini adalah berat jenis agregat gabungan, artinya gabungan agregat halus dan agregat kasar. Oleh karena agregat halus dalam ini merupakan gabungan pula dari dua macam agregat halus lainnya, maka berat jenis sebelum menghitung berat jenis agregat gabungan antara pasir dan kerikil.  
Dengan demikian perhitungan berat jenis relatif menjadi sebagai berikut :
  - DJ agregat halus gabungan =  $(0,36 \times 2,5) + (0,64 \times 2,44) = 2,46$
  - DJ agregat halus = 2,66
  - DJ agregat gabungan  
Halus dan kasar =  $(0,36 \times 2,46) + (0,65 \times 2,66) = 2,59$
20. **Berat jenis beton** : diperoleh dari Grafik 16 dengan jalan membuat grafik baru yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan, yaitu 2,59.

Titik potong grafik baru tadi dengan tegak yang menunjukkan kadar air bebas (dalam hal ini  $170 \text{ kg/m}^3$ , menunjukkan nilai berat jenis beton yang direncanakan. Dalam hal ini diperoleh angka  $2,380 \text{ kg/m}^3$ .

21. **Kadar air gabungan** : berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air;  $2,380 - 283 - 170 = 1,927 \text{ kg/m}^3$ .

22. **Kadar agregat halus = cukup jelas**

23. **Kadar agregat kasar = cukup jelas**

24. **Proporsi campuran**

Dari langkah No. 1 hingga No. 23 kita dapatkan susunan campuran beton teoritis untuk tiap  $\text{m}^2$  sebagai berikut :

- Semen portland = 283 kg
- Semen seluruhnya = 170 kg
- Agregat halus
- Pasir IV =  $0,36 \times 674 = 242,6 \text{ kg}$
- Pasir IV =  $0,64 \times 674 = 431,4 \text{ kg}$
- Agregat kasar = 1253 kg

25. **Koreksi proporsi campuran**

Untuk mendapatkan susunan campuran yang sebenarnya yaitu yang akan kita pakai sebagai campuran uji, angka-angka teoritis tersebut perlu dibetulkan dengan memperhitungkan jumlah air bebas yang terdapat dalam atau yang masih dibutuhkan oleh masing-masing agregat yang akan dipakai.

Dalam contoh ini, jumlah air yang terdapat dalam :

- Pasir IV =  $(6,50 - 3,10) \times \frac{248}{100} = 8,25$
- Pasir IV =  $(8,80 - 4,20) \times \frac{431,4}{160} = 19,8$

Sedangkan kerikil masih membutuhkan sejumlah air untuk memenuhi kapasitas penyerapannya, yaitu :

$$(1,63 - 1,08)1253/100 = 7,14 \text{ kh}$$

Dengan mengurangi atau menambahkan hasil-hasil perhitungan ini, akan kita peroleh susunan campuran yaitu yang seharusnya kita timbang, untuk tiap  $\text{m}^3$  beton (ketelitian 5 kg) :

- Semen portland normal = 283 kg
- Pasir IV =  $242,6 + 8,25 = 251 \text{ kg}$
- Pasir V =  $431,4 + 19,8 = 451 \text{ kg}$
- Kerikil =  $1,253 - 7,14 = 1,245 \text{ kg}$
- Air =  $170 - 28 + 7,14 = 159 \text{ kg}$

**Tabel 9 Contoh perhitungan cara penyesuaian susunan besar butir pasir untuk memperoleh susunan besar butir yang memenuhi syarat dengan jalan menggabungkan 2 macam pasir dalam 2 macam campuran masing-masing 47%(IV) + 35% (V) dan 36% (IV) + 64% (V)**

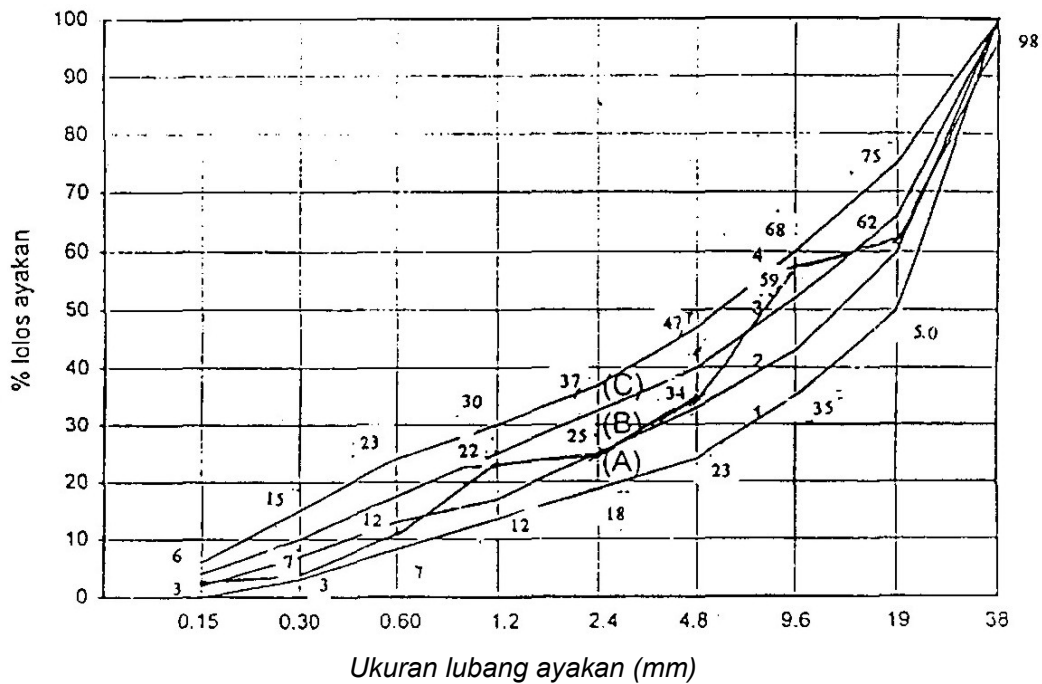
| Urutan Lubang Mata Ayakan mm | Pasir IV Bagian yang Lolos Ayakan (%) $Y_{IV}$ | Pasir V Bagian yang Lolos Ayakan (%) $Y_V$ | Gabungan Pasir IV dan V<br>47% IV + 53% V         |  |  | Gabungan Pasir IV dan V<br>36% + 64%                 |   |   |
|------------------------------|--|--|---|--|--|--|---|---|
|                              |  |  | Bagian Lolos Ayakan (%) 47<br>--- $Y_{IV}$<br>100 | Bagian Lolos Ayakan (%) 53<br>--- $Y_V$<br>100 | Bagian Lolos Ayakan (%) $Y_{IV}$<br>Gabungan | Bagian Lolos Ayakan (%)<br>36<br>--- $Y_{IV}$<br>100 | Bagian Lolos Ayakan (%) 47<br>--- $Y_{IV}$<br>100 | Bagian Lolos Ayakan (%)<br>--- $Y_{IV}$<br>Gabungan |
| 96                           | 100  | 100  | 47  | 53   | 100  | 36   | 64  | 100   |
| 48                           | 100  | 100  | 47  | 53   | 100  | 36   | 64  | 100   |
| 24                           | 100  | 62   | 47  | 53   | 80   | 36   | 40  | 76  |
| 12                           | 100  | 50   | 47  | 16   | 63   | 36   | 19  | 55  |
| 06                           | 85   | 10   | 40  | 5  | 45   | 31   | 6   | 37  |
| 03                           | 60   | 0  | 27  | 0  | 27   | 22   | 0   | 22  |
| 0,15                         | 30   | 0  | 14  | 0  | 14   | 11   | 0   | 11  |
| 0,075                        | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   |

**Tabel 10 Contoh perhitungan cara penyesuaian susunan besar butir kerikil untuk memperoleh kurva susunan besar butir yang memenuhi syarat dengan jalan menggabungkan 3 macam kerikil yang susunan butirnya berlainan dalam perbandingan 57% (I); 29% (II) dan 14% (III)**

| Ukuran Mata Ayakan | Kerikil (I) 19-39 mm |               | Kerikil (I) 9,6-39 mm |                  | Kerikil (I) 4,8-9,6 mm |                   | Kerikil gabungan (VII)<br>57% (I) + 29% (II) + 14% (III) |                                   |                                    |  |
|--------------------|----------------------|---------------|-----------------------|------------------|------------------------|-------------------|--|-----------------------------------|------------------------------------|--|
|                    | Tinggal Ayakan (%)   | Lewat $Y_I$ % | Tinggal Ayakan (%)    | Lewat $Y_{II}$ % | Tinggal Ayakan (%)     | Lewat $Y_{III}$ % | (%)<br>57<br>--- $X_{VI}$<br>100                         | (%)<br>57<br>--- $X_{VII}$<br>100 | (%)<br>57<br>--- $X_{VIII}$<br>100 | (%)<br>$X_{VI}$<br>Kerikil<br>Gabungan |
| 76                 |                      | 100           |                       | 100              |                        | 100               | 57   | 29                                | 14                                 | 100                                    |
| 38                 |                      | 95            |                       | 95               |                        | 100               | 54   | 29                                | 14                                 | 97                                     |
| 19                 |                      | 5             |                       | 5                |                        | 100               | 3  | 20                                | 14                                 | 45                                     |
| 9,6                |                      | 0             |                       | 0                |                        | 95                | 0  | 1                                 | 13                                 | 24                                     |
| 4,8                |                      | 0             |                       | 0                |                        | 5                 | 0  | 0                                 | 1                                  | 1                                      |
| 2,4                |                      | 0             |                       | 0                |                        | 0                 | 0  | 0                                 | 0                                  | 0                                      |

**Tabel 11 Contoh perhitungan mencari susunan agregat gabungan yang memenuhi syarat dengan jalan menggabungkan pasir IV dan kerikil VII dalam perbandingan 35% dan 65% kerikil VII**

| Ukuran Mata Ayakan | Pasir Gabungan (VI)<br><br>Bagian Lolos Ayakan (%) | Kerikil Gabungan (VII)<br><br>Bagian Lewat Ayakan (%) | Bagungan Pasir dan Kerikil                          |   |   |
|--------------------|--|---|---|---|---|
|                    |  |   | 35% Pasir VI  | 65% Kerikil VII   | Lolos Ayakan (%)<br>Agregat Gabungan VIII |
|                    |  |   | Lolos Ayakan (%)<br>35<br>---x pasir-100 gabungan V | Lolos Ayakan (%)<br>35<br>---x kerikil-100 gabungan VII |   |
| 76                 | 100  | 100   | 35  | 65  | 100                                       |
| 38                 | 100  | 97  | 35  | 63  | 98  |
| 19                 | 100  | 45  | 35  | 29  | 64  |
| 9,6                | 100  | 14  | 35  | 9   | 44  |
| 4,8                | 100  | 1   | 35  | 1   | 46  |
| 2,4                | 76   | 0   | 27  | 0   | 27  |
| 1,2                | 55   | 0   | 19  | 0   | 19  |
| 0,6                | 37   | 0   | 23  | 0   | 13  |
| 0,3                | 22   | 0   | 8   | 0   | 8   |
| 0,15               | 11   | 0   | 4   | 0   | 4   |



**Grafik 17 Batas gradasi agregat untuk ukuran butir maksimum 40 mm**

## II. Contoh Cara Penggabungan Agregat

- 1) Contoh perhitungan secara analitis penyesuaian susunan besar butir pasir untuk memperoleh susunan besar butir yang memenuhi syarat dengan jalan menggabungkan 2 macam pasir masing-masing P1 = 35% dan P2 = 65%

| Ukuran lubang ayakan (mm) | Pasir 1 bagian yang lolos ayakan % Y1 | Pasir 2 bagian yang lolos ayakan % Y2 | Gabungan pasir 1 dan 2 (35% + 65%) |                                 | Gabungan pasir 1 dan 2 |
|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------|
|                           |                                       |                                       | Bagian lolos ayakan 35/100 x Y1    | Bagian lolos ayakan 65/100 x Y2 |                        |
| 9,6                       | 100                                   | 100                                   | 35                                 | 65                              | 100                    |
| 4,8                       | 100                                   | 100                                   | 35                                 | 65                              | 100                    |
| 2,4                       | 100                                   | 62                                    | 35                                 | 40                              | 75                     |
| 1,2                       | 100                                   | 50                                    | 35                                 | 33                              | 68                     |
| 0,6                       | 85                                    | 100                                   | 30                                 | 7                               | 37                     |
| 0,3                       | 60                                    | 0                                     | 21                                 | 0                               | 21                     |
| 0,15                      | 30                                    | 0                                     | 10                                 | 0                               | 10                     |

- 2) Contoh perhitungan secara analitis penyesuaian susunan besar butir kerikil untuk memperoleh susunan besar butir yang memenuhi syarat dengan jalan menggabungkan 2 macam kerikil masing-masing K1 = 60% dan K2 = 40%

| Ukuran lubang ayakan (mm) | Pasir 1 bagian yang lolos ayakan % Y1 | Pasir 2 bagian yang lolos ayakan % Y2 | Gabungan pasir 1 dan 2 (60% + 40%) |                                 | Gabungan pasir 1 dan 2 |
|---------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------|
|                           |                                       |                                       | Bagian lolos ayakan 60/100 x Y1    | Bagian lolos ayakan 40/100 x Y2 |                        |
| 76                        | 100                                   | 100                                   | 60                                 | 40                              | 100                    |
| 38                        | 95                                    | 100                                   | 57                                 | 40                              | 97                     |
| 19                        | 5                                     | 100                                   | 3                                  | 40                              | 43                     |
| 9,5                       | 0                                     | 95                                    | 0                                  | 38                              | 38                     |
| 4,8                       | 0                                     | 5                                     | 0                                  | 2                               | 2                      |
| 2,4                       | 0                                     | 0                                     | 0                                  | 0                               | 0                      |
| 1,2                       | 0                                     | 0                                     | 0                                  | 0                               | 0                      |

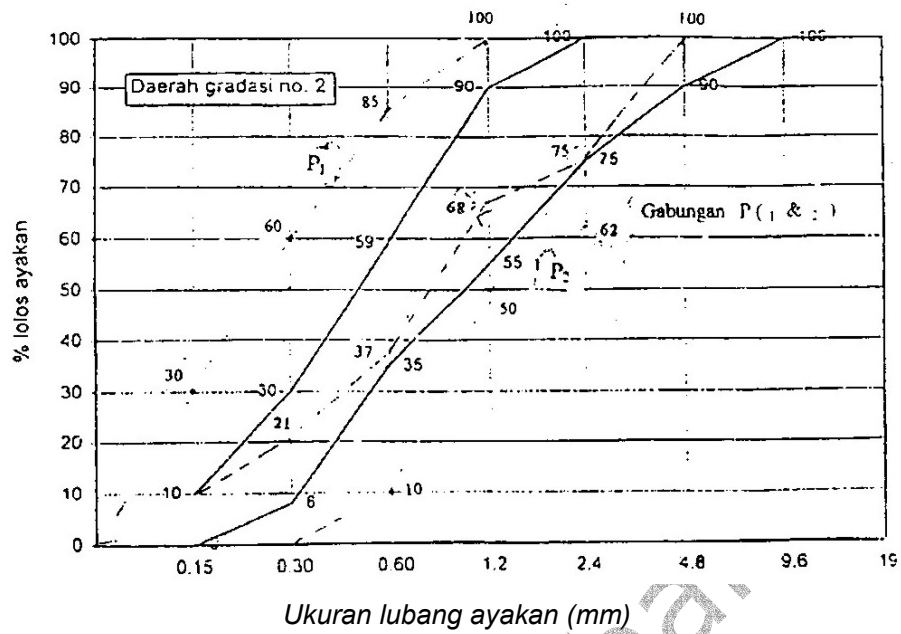
- \*) Contoh perhitungan secara analitis gabungan pasir (P1 & P2) Tinjauan pada saringan 0,60 mm. Gradasi gabungan diharapkan pada saringan tersebut bagian yang lolos 36%

$$36 = \frac{y_1 + y_2(100 - X)}{100}$$

$$36 = \frac{85x + 10(100 - X)}{100}$$

$$2600 = 75x \quad \text{---} \quad x = 34,67\% \quad (P_1)$$

$$100 - x = 100 - 35 = 65\% \quad (P_2)$$



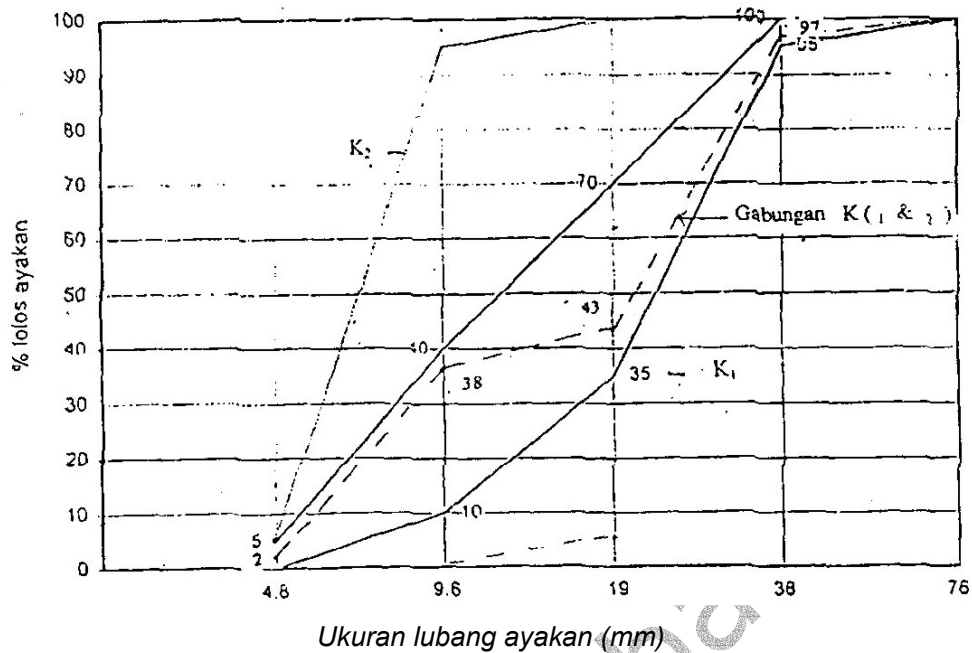
**Grafik 18 Gradasi pasir dalam daerah gradasi No.2**

\*\*\*) Contoh perhitungan secara analitis gabungan kerikil (K1&K2) Tinjauan pada saringan 199 mm. Gradasi gabungan diharapkan pada saringan tersebut bagian yang lolos 62%.

$$62 = \frac{y_1 + y_2(100 - x)}{100} \quad 62 = \frac{100x + 5(100 - x)}{100} \quad 5700 = 95x \quad x = 60\% (K_1)$$

$$100 - x = 40\% (K_2)$$





**Grafik 19** Batas gradasi atau koral ukuran maksimum 40 mm

Contoh perhitungan secara grafis penyesuaian besar butir agregat kasar dan pasir untuk memperoleh besar butir yang memenuhi syarat dengan jalan menggunakan Grafik 15.

| Ukuran lubang ayakan (mm) | Gabungan pasir 1 dan 2 bagian yang lolos ayakan (%) | Gabungan kerikil 1 dan 2 bagian yang lolos ayakan (%) | Agregat gabungan pasir + kerikil (33% + 67%) |       | Gabungan pasir 1 & 2 |
|---------------------------|---|---|--|-------|----------------------|
|                           |   |   | Halus  | Kasar |                      |
| 76                        |   | 100   | 33   | 67    | 100                  |
| 38                        |   | 97  | 33   | 65    | 98                   |
| 19                        |   | 43  | 33   | 29    | 62                   |
| 9,6                       |   | 38  | 33   | 26    | 59                   |
| 4,8                       | 100   | 2   | 22   | 1     | 34                   |
| 2,4                       | 75  | 0   | 25   | 0     | 25                   |
| 1,2                       | 68  |   | 22   |       | 22                   |
| 0,60                      | 37  |   | 12   |       | 12                   |
| 0,30                      | 21  |   | 47   |       | 47                   |
| 0,15                      | 10  |   | 3  |       | 3                    |

**Koreksi**

|            | Kadar air (%) | Penyerapan air (%) | Kekurangan air | Kelebihan air |
|------------|---------------|--------------------|----------------|---------------|
| Pasir I    | 2,1           | 3,9                | 1,8            | -             |
| Pasir II   | 3,8           | 4,0                | -              | 0,2           |
| Kerikil I  | 2,0           | 2,2                | -              | 0,2           |
| Kerikil II | 1,8           | 2,0                | 0,2            | -             |

Banyaknya bahan tiap m<sup>3</sup> beton setelah dikoreksi

$$\begin{aligned}
 \text{Pasir I} &= 0,35 \times 640 - (0,018 \times 640) &= 212 \text{ kg} \\
 \text{Pasir II} &= 0,65 \times 640 - (0,002 \times 640) &= 417 \text{ kg} \\
 \text{Kerikil I} &= 0,60 \times 1298 - (0,002 \times 1298) &= 782 \text{ kg} \\
 \text{Kerikil II} &= 0,40 \times 1298 - (0,002 \times 1298) &= 517 \text{ kg} \\
 \text{Air} &= 170 + 11,52 + 1,28 - 2,596 + 2,596 &= 180 \text{ kg} \\
 \text{PC} &= 327 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

| Bahan      | Banyaknya (kg) |
|------------|----------------|
| Pasir I    | 212            |
| Pasir II   | 417            |
| Kerikil I  | 782            |
| Kerikil II | 517            |
| Air        | 180            |
| PC         | 327            |