

SNI

SNI 03-2834-2000

Standar Nasional Indonesia

Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal

ICS 91.100.30

Badan Standardisasi Nasional **BSN**

DAFTAR ISI

Halaman

| | |
|---|----|
| Daftar isi | 1 |
| 1. Ruang Lingkup..... | 1 |
| 2. Acuan | 1 |
| 3. Pengertian | 1 |
| 4. Persyaratan-persyaratan | 2 |
| 5. Cara Pengerjaan | 11 |
| LAMPIRAN A : Daftar Istilah..... | 13 |
| LAMPIRAN B : Notasi dan Grafik | 13 |
| LAMPIRAN C : Daftar Nama dan Lembaga..... | 34 |

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

- SNI-03-1750-1990, Mutu dan Cara Uji Agregat Beton
- SNI-15-2049-1994, Semen Portland
- SK SNI S-04-1989-F, 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, Design of Normal Concrete Mixes, 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/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah;
- 3) **agregat halus** adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh 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_{cr}** adalah kuat tekan rata rata yang diharapkan dapat dicapai yang lebih besar dari f_c' ;
- 7) **kadar air bebas** adalah jumlah air yang dicampur ke dalam beton untuk mencapai konsistensi tertentu, tidak termasuk air yang diserap oleh agregat;
- 8) **factor 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 silica amorf, apabila dicampur dengan kapur dan air akan membentuk benda padat yang keras dan bahan yang tergolongkan 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 $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ dalam pozolan minimum 70%;
- 12) semen Portland tipe I adalah semen Portland untuk penggunaan umum tanpa persyaratan khusus;
- 13) semen Portland tipe II adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan kalor hidrasi sedang;
- 14) semen Portland tipe III adalah semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi;
- 15) semen Portland tipe 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) proposisi campuran beton harus menghasilkan beton yang memenuhi persyaratan berikut:
 - (i) kekentalan yang memungkinkan penggerjaan beton (penuangan, pemadatan, dan perataan) dengan mudah dapat mengisi acuan dan menutup permukaan secara serba sama (homogen);
 - (ii) keawetan;
 - (iii) kuat tekan;
 - (iv) 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 tertulis dengan jelas, dan dibubuhkan paraf atau tanda tangan. Beserta tanggalnya.

4.2 teknis

4.3 pemilihan proporsi campuran belton

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' lebih dari 20 MPa proporsi campuran coba serta pelaksanaan produksinya harus didasarkan pada perbandingan berat bahan;
- 3) untuk beton dengan 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 dihitung dari:

kuat tekan rata-rata yang ditargetkan dihitung dari:

- 1) deviasi standar yang didapat dari pengalaman di lapangan selama produksi beton menurut rumus:

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

dengan:

s adalah deviasi standar

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

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

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

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.)

dua 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 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 faktor pengali dari Tabel 1.

Tabel 1
Faktor pengali untuk deviasi standar 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);

- 2) nilai tambah dihitung menurut rumus:

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

Dengan

M adalah nilai tambah

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

s_r adalah deviasi standar rencana

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

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

$$f_{cr} = f'_c + 1,64 s_r$$

4.2.3.2 pemilihan factor air semen

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

- 1) 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;
- 2) untuk 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)

4.2.3 slump

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisipelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, didapatkan 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 table 2 dan grafik 1 atau 2;
- 2) agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

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

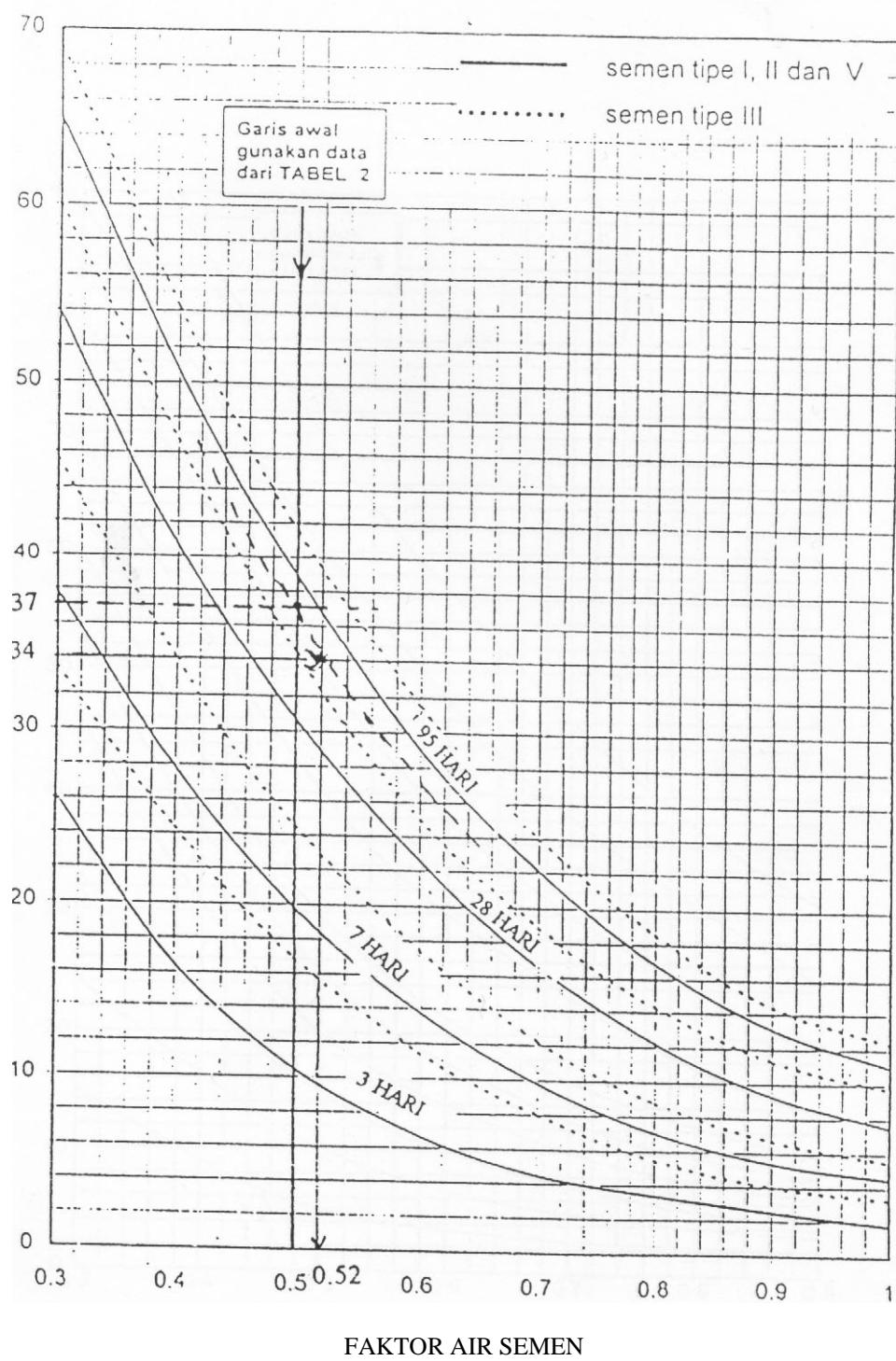
Dengan:

W_h adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

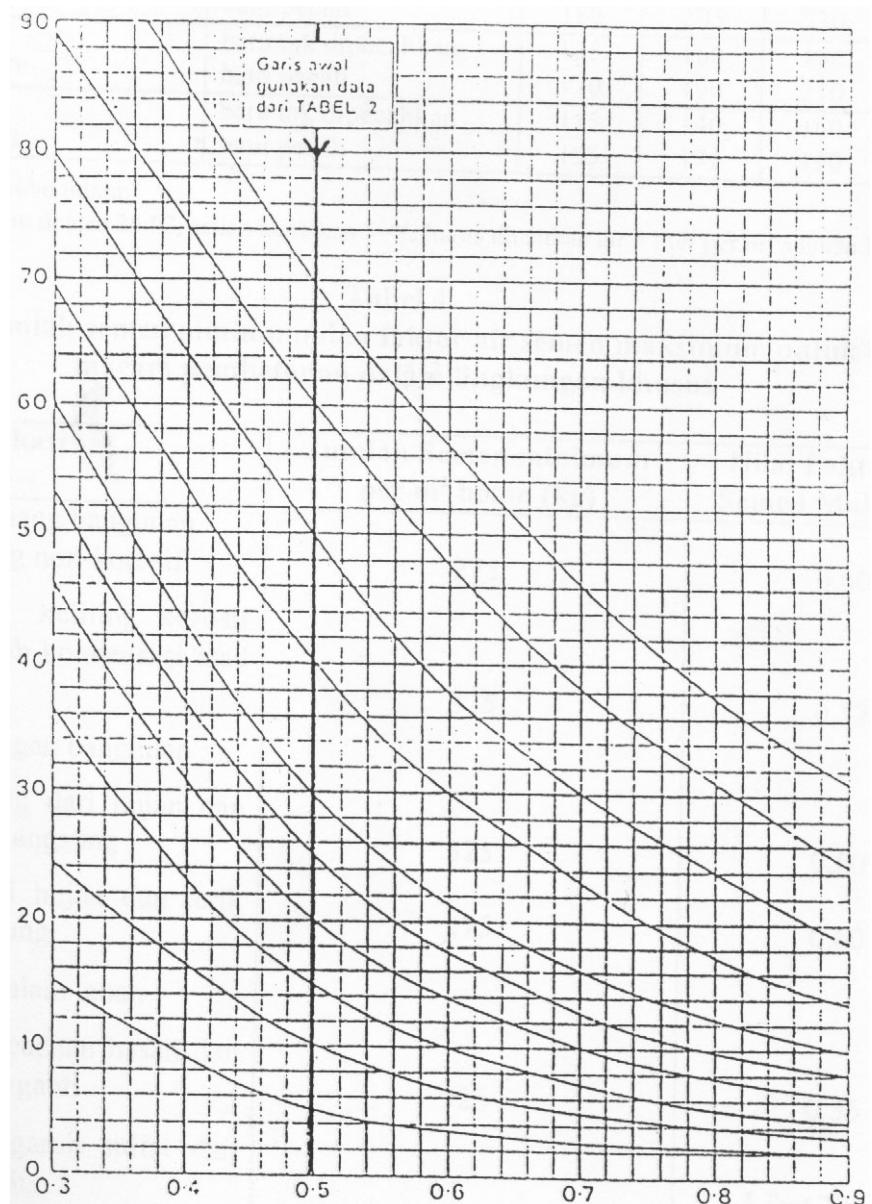
W_k adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar pada Tabel 3

Tabel 2
Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan
Factor air semen, dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

| Jenis semen | Jenis agregat Kasar | Kekuatan tekan (MPa) | | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------|----------|----------|------------|
| | | Pada umur (hari) | | | Bentuk | |
| | | 3 | 7 | 28 | 29 | Bentuk uji |
| Semen Portland Tipe 1 | Batu tak dipecahan Batu pecah | 17 19 | 23 27 | 33 37 | 40 45 | Silinder |
| Semen tahan sulfat Tipe II, V | Batu tak dipecahan Batu pecah | 20 25 | 28 32 | 40 45 | 48 54 | Kubus |
| Semen Portland tipe III | Batu tak dipecahan Batu pecah | 21 25 | 28 33 | 38 44 | 44 48 | Silinder |
| | Batu tak dipecahan Batu pecah | 25 30 | 31 40 | 46 53 | 53 60 | Kubus |



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



FAKTOR AIR SEMEN

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

Tabel 3
Perkiraan kadar air bebas (Kg/m³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerajan 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 |

Catatan : Koreksi suhu udara :

Untuk suhu di atas 25 °C, setiap kenaikan 5 °C harus ditambah air 5 liter per m² adukan beton.

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

| Lokasi --- | Jumlah Semen minimum Per m ³ beton (kg) | Nilai Faktor Air-Semen 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 |
| b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung | 275 | 0,60 |
| 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 kontinu berhubungan: a. air tawar | | Lihat Tabel 6 |
| b. air laut | | |

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

| Kadar ganguan sulfat | Konsentrasi Sulfat Sebagai SO ₃ | | | Tipe semen | Kandungan semen minimum ukuran nominal agregat maksimum (Kg/M ³) | | | Factor air semen |
|----------------------|--|---|---|---|--|-------|-------|------------------|
| | Dalam tanah | | Sulfat (SO ₃) Dalam air Tanah g/l | | 40 mm | 20 mm | 10 mm | |
| | Total SO ₃ (%) | SO ₃ dalam campuran Air : Tanah = 2: 1 g/l | | | | | | |
| 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 |
| | | | | Tipell 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 |
| | | | | Tipell atau Tipe V | 290 | 330 | 380 | 0,50 |
| 4 | 1,0-2,0 | 3,1-5,6 | 2,5-5,0 | Tipell atau Tipe V | 330 | 370 | 420 | 0,45 |
| 5 | Lebih dari 2,0 | Lebih dari 5,6 | Lebih dari 5,0 | Tipell 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 | Factor air semen maksimum | Tipe semen | Kandungan semen minimum (kg/m ³) | |
|---------------------------|--|---------------------------|---|--|-------|
| | | | | Ukuran nominal Maksimum agregat | |
| | | | | 40 mm | 20 mm |
| Bertulang atau Pra tegang | Air tawar | 0,50 | Tipe – V | 280 | 300 |
| | | 0,45 | Tipe I + Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozalen | 340 | 380 |
| | Air payau | 0,50 | Tip ell atau Tipe V | | |
| | | 0,45 | Tipe II atau Tipe V | | |
| | Air laut | | | | |

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 relative agregat ditentukan sebagai berikut:

- 1) diperoleh dari 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:

$$\text{berat jenis agregat gabungan} = \text{persentase agregat halus} \times \text{berat jenis agregat halus} + \text{persentase agregat kasar} \times \text{berat jenis agregat kasar}$$

4.2.3.7 Proporsi Campuran Beton

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

4.2.3.8 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 satu kali dalam sehari dan dihitung menurut rumus sebagai berikut:

- 1) air $= B - (C_k - C_a) \times C/100 - (D_k - D_a) \times D/100;$
- 2) agregat halus $= C + (C_k - C_a) \times C/100;$
- 3) agregat kasar $= D + (D_k - D_a) \times D/100$

Dengan:

- B adalah jumlah air
- C adalah jumlah agregat halus
- D adalah jumlah agregat kasar
- C_a adalah absorpsi air pada agregat halus (%)
- D_a 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 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 tak dipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan;
- 7) tentukan faktor air semen menurut butir 4.2.3.2. Bila dipergunakan grafik 1 atau 2 ikuti langkah-langkah berikut :
 - (1) tentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 2, 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 kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan faktor air semen yang diperlukan;
- 8) tetapkan faktor air semen maksimum menurut butir 4.2.3.2 (3) (dapat ditetapkan sebelumnya atau tidak). Jika nilai faktor air semen yang diperoleh dari butir 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 table 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 atau gabungkan pasir tersebut seperti pada table 8;
- 17) tentukan susunan agregat kasar menurut grafik 7,8, atau 9 bila lebih dari satu macam agregat kasar gabungkan 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. slumps menurut butir 9, faktor air semen menurut butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik. Jumlah ini adalah jumlah seluruhnya dari pasir atau fraksi agregat yang lebih halus dari 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. Dalam hal ini maka jumlah agregat halus yang diperlukan harus dikurangi;
- 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 $1m^3$ 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) kalau slumphnya 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

| | |
|-------------------------------|---|
| Pembanding faktor air – semen | : water cement ratio |
| Pembuat rencana campuran | : mix design process |
| Campuran coba | : trial mix |
| Nilai tambah | : margin |
| Kuat tekan yang disyaratkan | : the specified characteristic strength |
| Bahan tambah | : additive |

Lampiran B

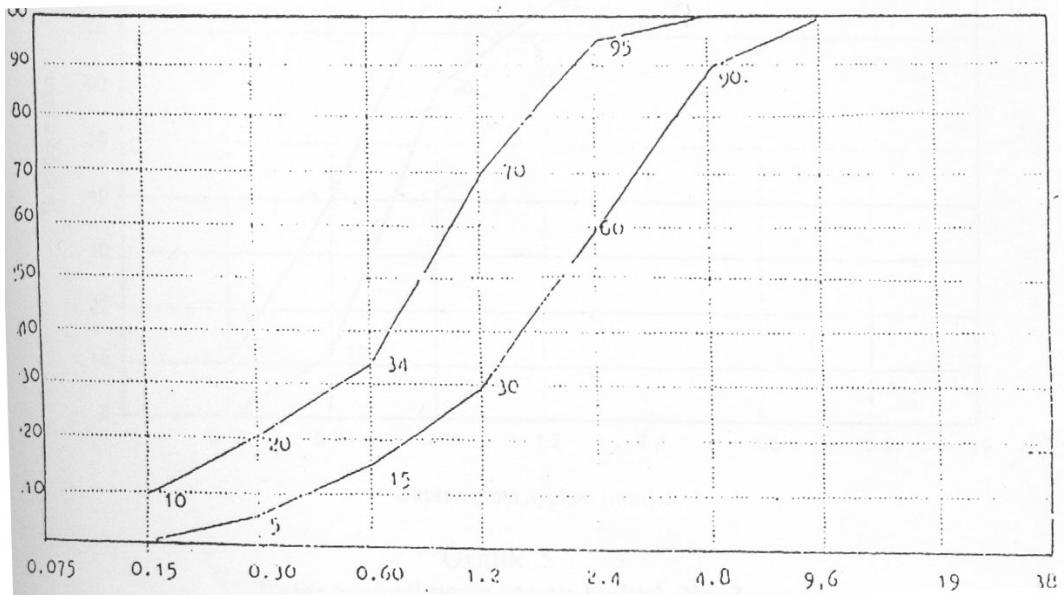
Notasi dan Grafik

1) 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 statistic yang tergantung pada banyaknya bagian yang cacat.
 S : kondisi jenuh permukaan kering

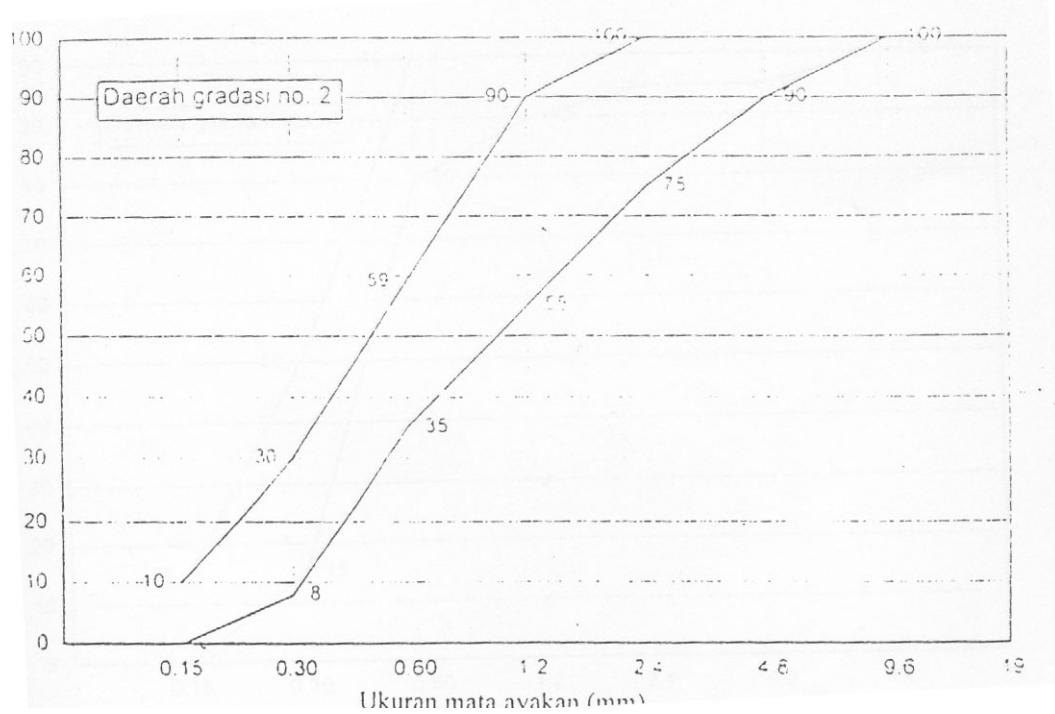
2) Grafik

Daerah Grudasi No 1

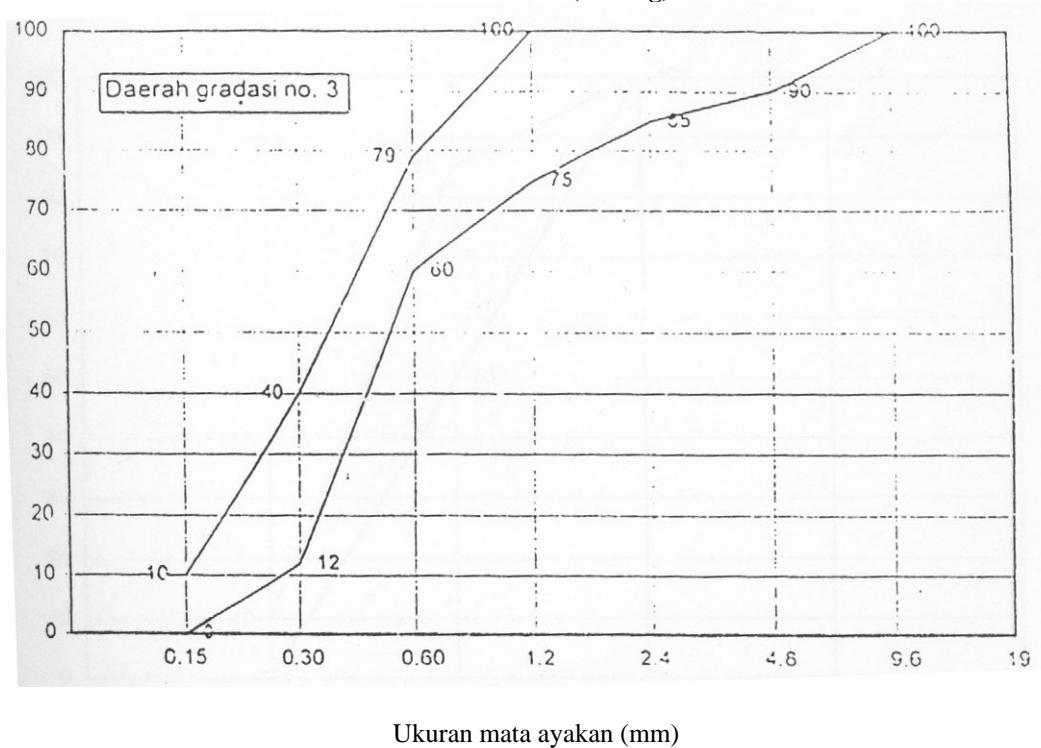


Ukuran mata ayakan (mm)

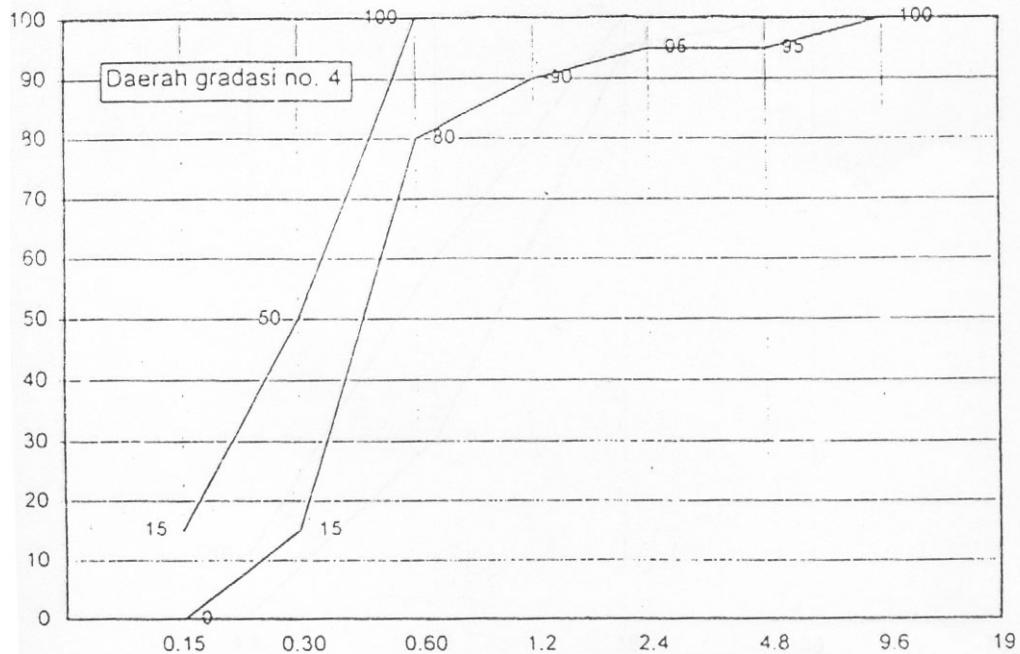
Grafik 3
Batas gradasi pasir (Kasar) No. 1



Grafik 4
Batas Gradasi Pasir (Sedang) No. 2

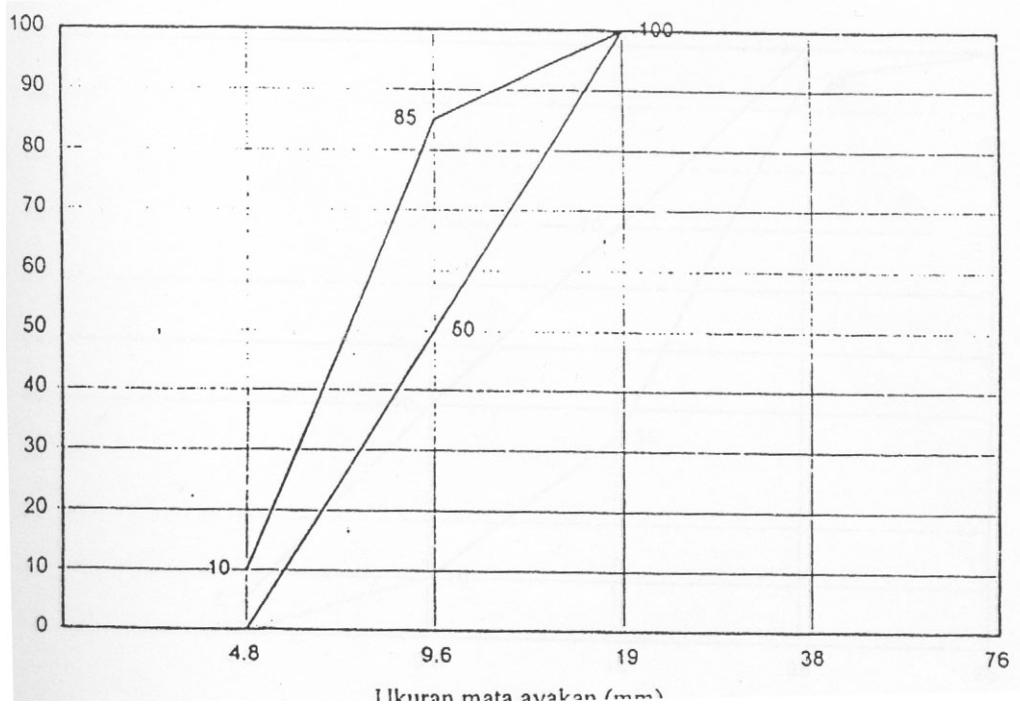


Grafik 5
Batas gradasi pasir (Agak Halus) No. 3



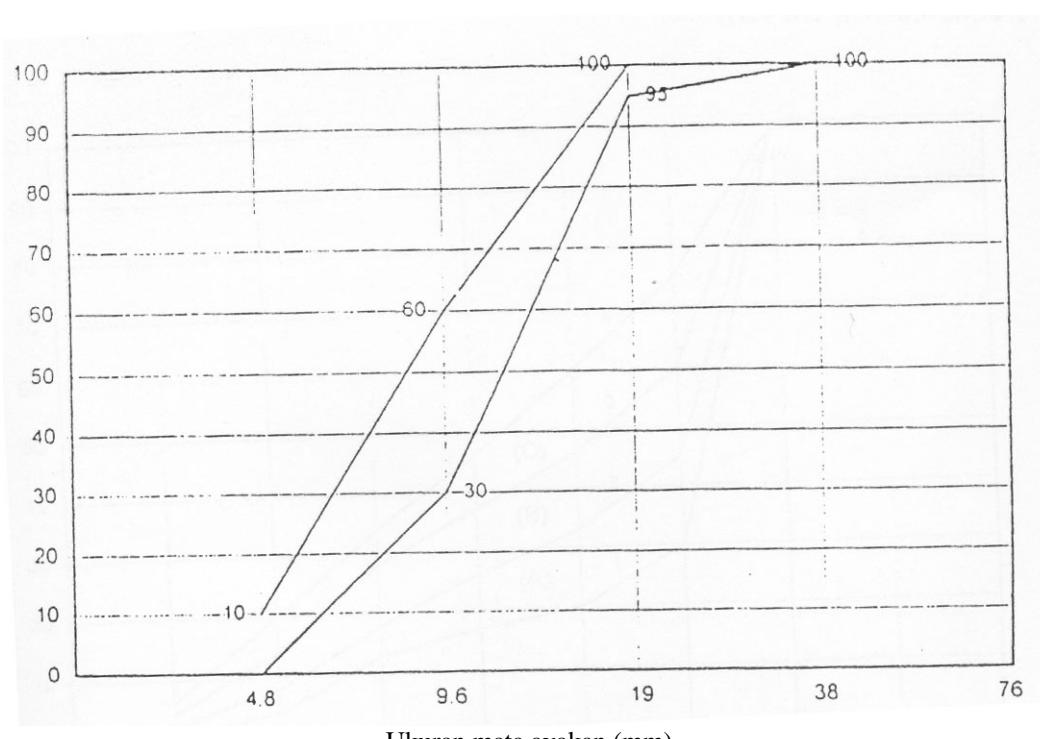
Ukuran mata ayakan (mm)

Grafik 6
Batas gradasi pasir dalam daerah No.4

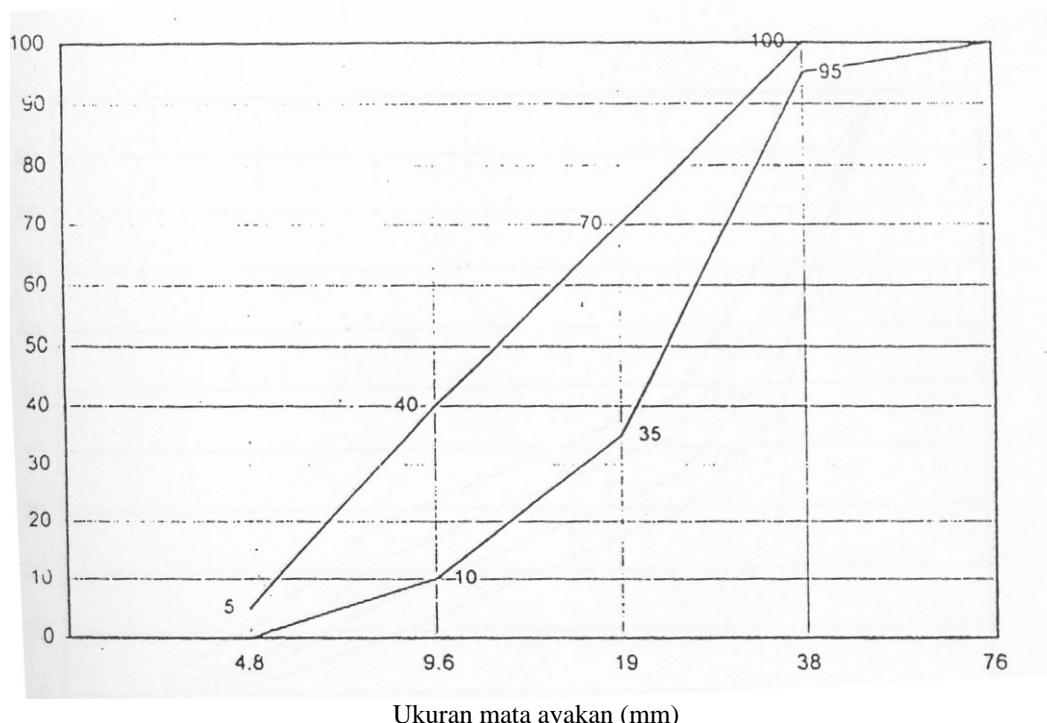


Ukuran mata ayakan (mm)

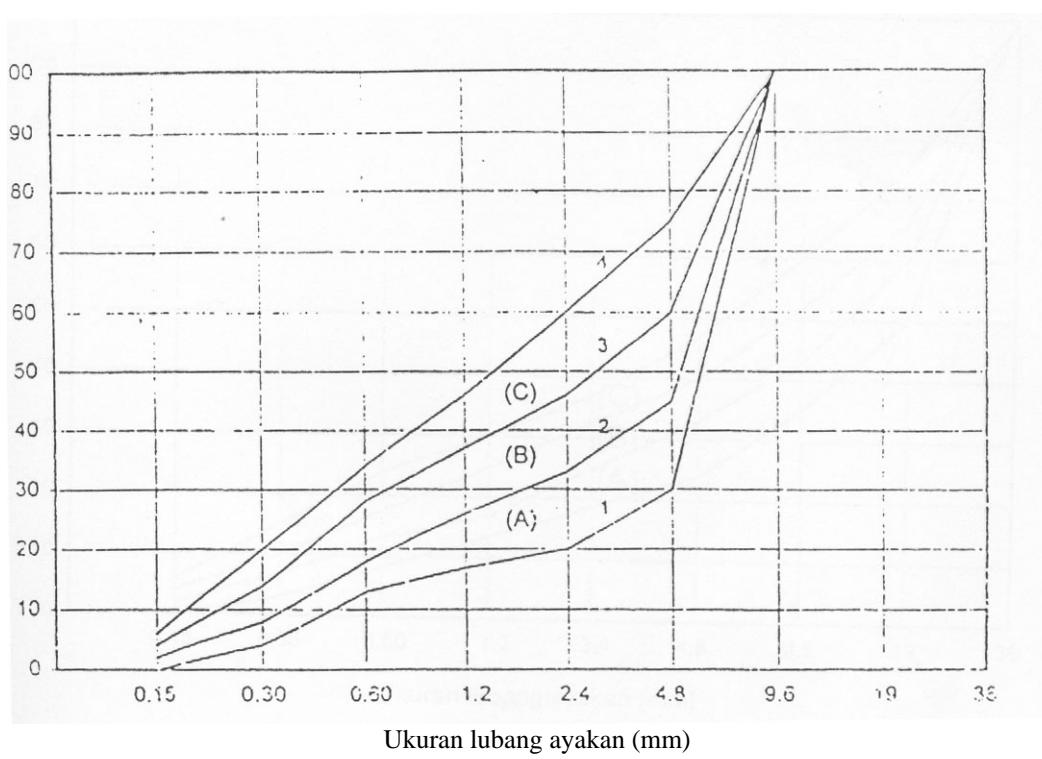
Grafik 7
Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 10 mm



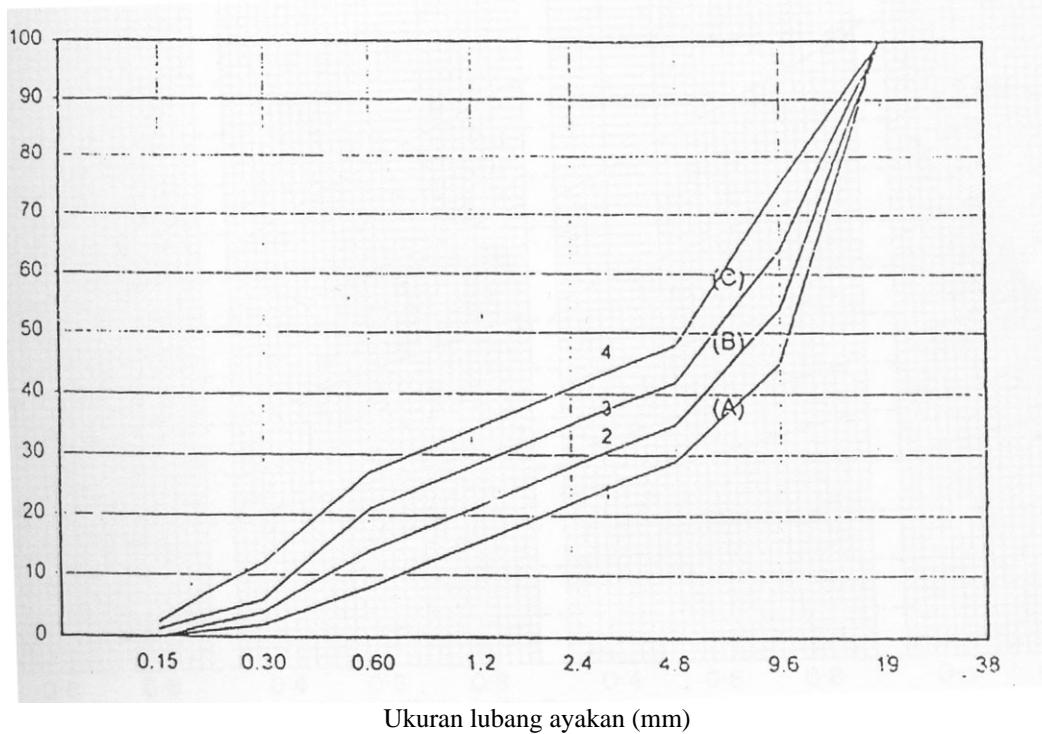
Grafik 8
Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 20 Mm



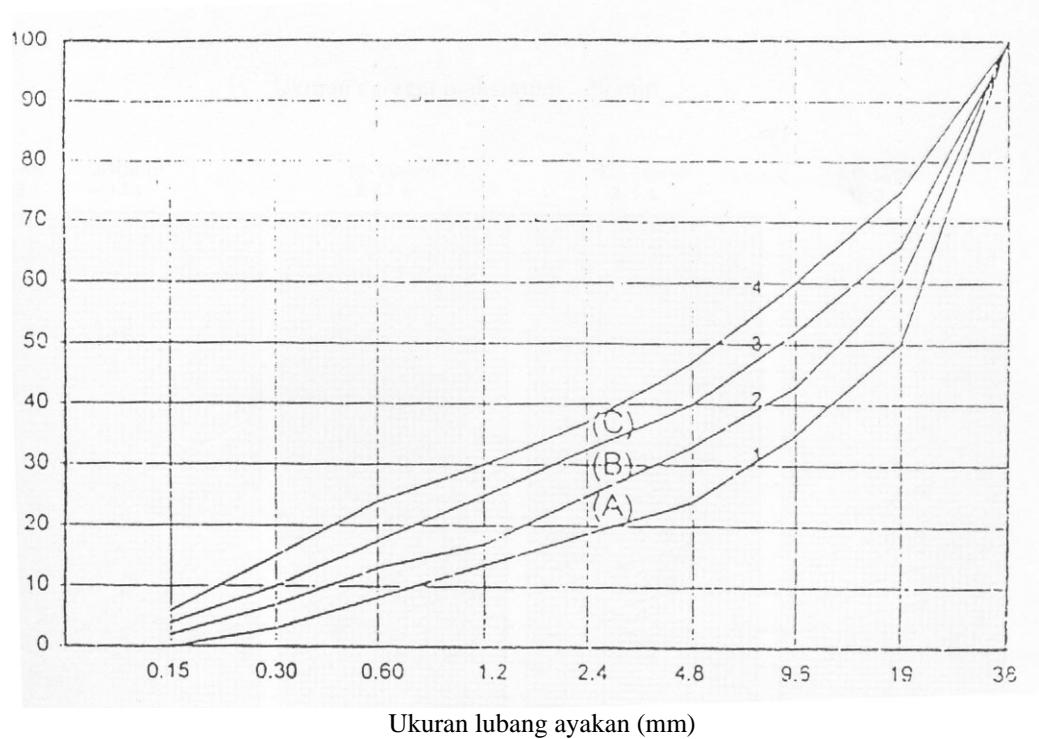
Grafik 9
Batas gradasi kerikil atau koral ukuran maksimum 40 Mm



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

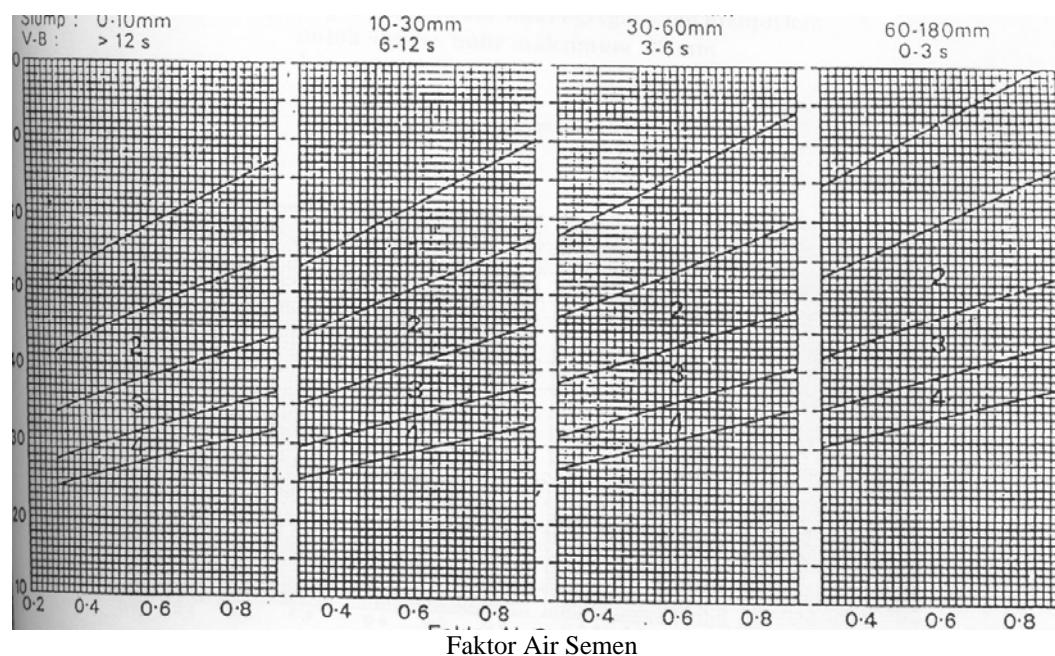


Grafik 11
Batas gradasi agregat untuk besar butir maksimum 20 mm



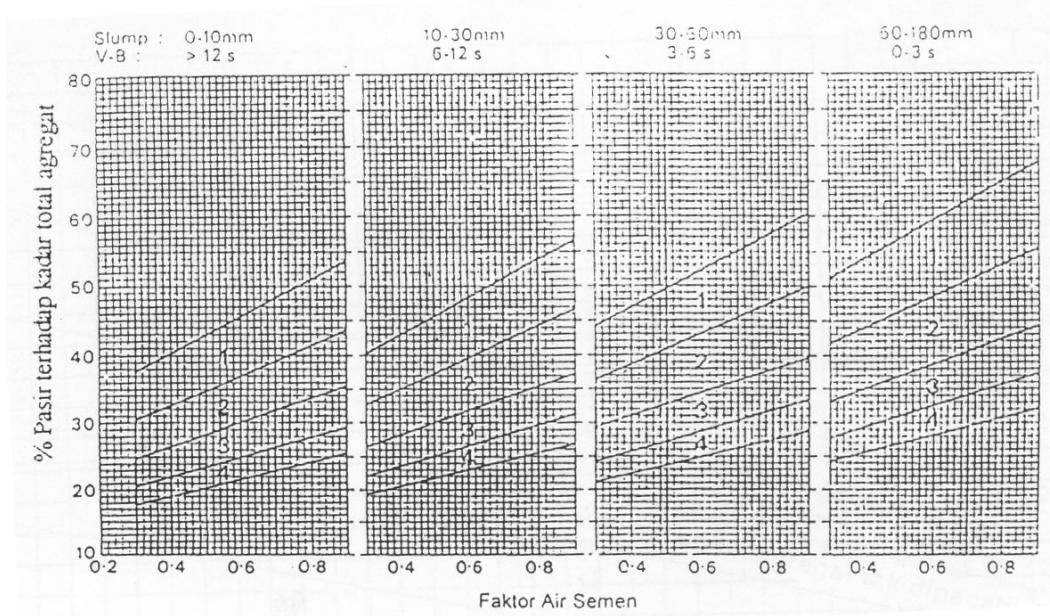
Grafik 12
Batas gradasi agregat gabungan untuk besar butir maksimum 20 mm

Ukuran agregat maksimum : 10 mm



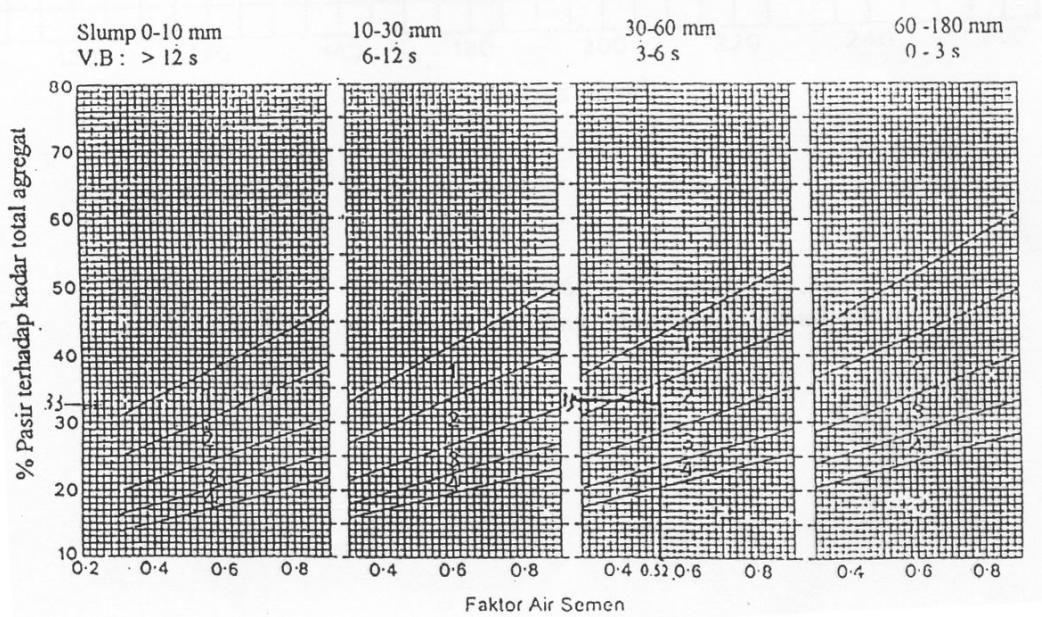
Grafik 13
Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan
Untuk ukuran butir maksimum 10 mm

Ukuran agregat maksimum 20 mm

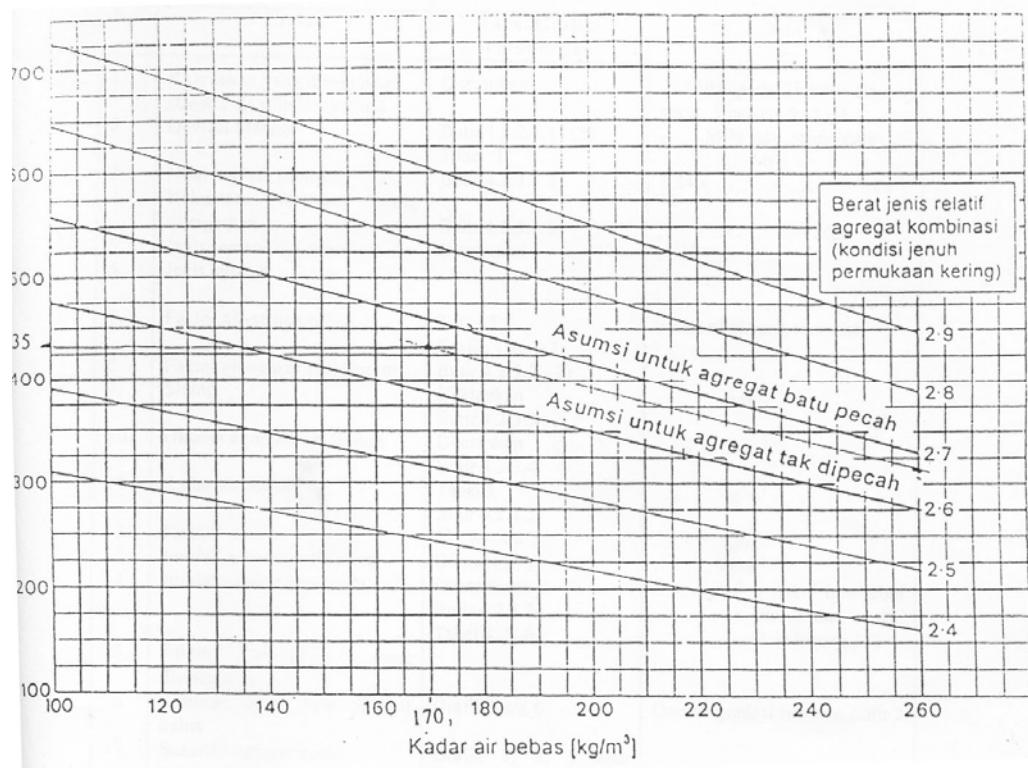


Grafik 14
**Persen pasir perhadap kadar total agregat yang dianjurkan
untuk ukuran butir maksimum 20 mm**

Ukuran agregat maksimum : 40 mm



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



Grafik 16
Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapatkan

Formulir Perencanaan Campuran Beton

| No. --- | Uraian --- | Tabel/Grafik/ Perhitungan | Nilai --- |
|------------|---|--|--|
| 1 | Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder/kubus) | Ditetapkan | ... MPa pada 28 hari Bagian cacat 5 persen, $k=1,64$ |
| 2 | Deviasi Standar | Butir 4.3.2.1.1).(2 tabel 1) | ... MPa atau tanpa data ... Mpa |
| 3 | Nilai tambah (margin) | Butir 4.2.3.1.2) | $1,64 \times \dots = \dots \text{ MPa}$ |
| 4 | Kekuatan rata-ata yang ditargetkan | Butir 4.2.3.1.3) | $\dots + \dots = \text{MPa}$ |
| 5 | Jenis semen | Ditetapkan | ... |
| 6 | Jenis agregat : - kasar - halus | | ... |
| 7 | Faktor air semen bebas | Tabel 2 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 Ditetapkan Butir 4.2.3.4 | ... mm |
| 11 | Kadar air bebas | Tabel 3 Butir 4.2.3.4 | ... kg/m ³ |
| 12 | Jumlah semen | 11 : 8 atau 7 | ... kg/m ³ |
| 13 | Jumlah semen maksimum | Ditetapkan | ... kg/m ³ |
| 14 | Jumlah semen minimum | Ditetapkan Butir 4.2.3.2 Tabel 4,5,6 | ... kg/m ³ (pakai bila lebih besar dari 12, lalu hitung 15) |
| 15 | Faktor air semen yang disesuaikan | - | ... |
| 16 | Susunan besar butir agregat halus | Grafik 3 s/d 6 | Daerah gradasi susunan butir 2 |
| 17 | Susunan agregat kasar atau gabungan | Grafik 7, 8, 9 atau Tabel 7 Grafik 10, 11, 12 | |
| 18 | Per센 agregat halus | Grafik 13 s/d 15 atau perhitungan | ... persen |
| 19 | Berat jenis relative, agregat (kering permukaan) | Diketahui/dianggap | ... |
| 20 | Berat isi beton | Grafik 16 | ... kg/m ³ |
| 21 | Kadar agregat gabungan | | |
| 22 | Kadar agregat halus | 20-(12+11) | ... - ... = ... kg/m ³ |
| 23 | Kadar agregat kasar | 18x21 | ... x ... = ... kg/m ³ |
| 24 | Proporsi campuran: - tiap m ³ - tiap campuran uji m ³ | 21-22 Semen Air (kg/lt) (kg) | ... - ... = ... kg/m ³ Agregat kondisi jenuh kering permukaan Halus (kg) Kasar (kg) |
| 25 | Koreksi proporsi campuran | | |

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 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 table 8 (untuk kerikil VII). Sedangkan berat jenis, penyerapan air, dan kadar air bebas masing-masing agregat adalah seperti dalam table di bawah ini.

**Tabel 8.
Data sifat fisik agregat**

| Agregat Sifat | Pasir (Halus Tak Di Pecah) IV | Pasir (Kasar Tak Di Pecah) V | Kerikil (Batu Pecah) VII |
|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| - 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 |

Untuk mencari susunan uji pergunakanlah daftar isian (Formulir) yang tersedia dan ikutilah langkah-langkah berikut ini:

Contoh Isian Perencanaan Campuran Beton

| No | Uraian --- | Tabel/Grafik/ Perhitungan | Nilai --- | | |
|----|---|---|---|---|--|
| 1 | Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji kubus) | Ditetapkan | 22,5 Mpa pada 28 hari Bagian tak memenuhi syarat 5 % ($k=1,64$) | | |
| 2 | Deviasi Standar | Diketahui | 7 Mpa | | |
| 3 | Nilai tambah (margin) | | $1,64 \times 7 = 11,5$ Mpa | | |
| 4 | Kekuatan rata-rata yang ditargetkan | 1+3 | $22,5 + 11,5 = 34,0$ Mpa | | |
| 5 | Jenis semen | Ditetapkan | Semen Portland Tipe I | | |
| 6 | Jenis agregat: - kasar - halus | Ditetapkan Ditetapkan | Batu Pecah Alami | | |
| 7 | Faktor air semen bebas | Tabel 2, grafik 1 | 0,60 (ambil nilai yang terkecil) | | |
| 8 | Faktor air semen maksimum | Ditetapkan | 0,60 | | |
| 9 | Slump | Ditetapkan | Slump 30 – 60 mm | | |
| 10 | Ukuran agregat maksimum | Ditetapkan | 40 Mm | | |
| 11 | Kadar air bebas | Tabel 3 | 170 kg/m ³ | | |
| 12 | Kadar semen | 11:8 | $170 : 0,60 = 293$ kg/m ³ | | |
| 13 | Kadar semen maksimum | Ditetapkan | $170 : 0,60 = 293$ kg/m ³ | | |
| 14 | Kadar semen minimum | Ditetapkan | 275 kg/m ³ (pakai bila lebih besar dari 12 lalu hitung 15) | | |
| 15 | Faktor air semen yang disesuaikan | | | | |
| 16 | Susunan besar butir agregat halus | Grafik 3 s/d 6 | Daerah gradasi susua butir 2 | | |
| 17 | Susunan agrega kasar atau gabungan | Tabel 7, Grafik 7, 8, 9 Grafik 10, 11, 12 Grafik 13 s/d 15 | | | |
| 18 | Per센 agregat halus | | 35 Persen | | |
| 19 | Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan) | | 2,59 Diketahui | | |
| 20 | Berat isi beton | Grafik 16 | 2.380 kg/m ³ | | |
| 21 | Kadar agregat gabungan | 20 - 12 - 11 | $2.380 - 283 - 170 = 1.927$ kg/m ³ | | |
| 22 | Kadar agregat halus | 18 x 21 | $1.927 \times 0,35 = 674$ kg/m ³ | | |
| 23 | Kadar agregat kasar | 21 - 22 | $1.927 \times 674 = 1.253$ kg/m ³ | | |
| 24 | Proporsi campuran | | | | |
| | | Semen (kg) | Air (kg/lt) | Aggregat kondisi jenuh kering permukaan (kg) | |
| | | | | halus kasar | |
| | - tiap m ³ - tiap campuran uji m ³ | 283 14,25 | 15 0 7,5 | 702 35,10 1.245 62,25 | |
| 25 | Banyaknya bahan (teoritis) - tiap m ³ dengan ketelitian 5 kg - tiap campuran uji 0,05 m ³ Koreksi campuran - Tiap m ³ - Tiap 0,05 m ³ - | Semen (kg) 283 14,15 283 150 14,15 | Air (kg atau liter) 170 8,5 674 33,17 702 7,5 35,10 | Aggregat halus (kg) 674 33,17 702 7,5 35,10 | Aggregat kasar (kg) 10253 62,65 1.245 62,25 |

Penjelasan Penisian Dafatar Isian (Formulir)

1. Kuat tekan disyaratkan sudah ditetapkan 22,5 % unuk umur 28 hari
2. Deviasi standar diketahui dari besarnya jumlah (volume) pembebasan yang akan dibuat dalam hal ini di anggap untuk pembuatan (1.000-3.000) m³ 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/cm² (=4,5 Mpa). Harga ini dipakai untuk membuat kurva yang harus diikuti menurut Grafik 1 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 menunjukan faktor air semen 0,50.
Melalui titik potong ini lalu gambarkan kurva yang berbentuk kira-kira sama dengan kurva disebelah atas dan di sebelah bawahnya (garis puus-putus). Kemudian dari titik kekuatan tekan beton yang dirancang (dalam hal ini 34,0 kg/cm²) tarik garis datar hingga memotong kurva garis putus-putus tadi.
Dari titik potong ini tarik garis tegak ke bawah hingga memotong sumbu X (absisika) 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 hal 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/m³ (kalau nilai slump 30 – 60 mm dan baris ukuran agregat maksimum 30 mm; baris ini yang dipakai sebagai pendekatan, kaena dalam Tabel belum ada baris ukuran agregat maksimum 40 mm), memakai rumus:

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

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 berupa pasir alami dan agregat kasar brupa batu pecah (kerkil), 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: $170 : 0,60 = 183 \text{ kg/m}^3$
13. kadar semen maksimum : tidak ditentukan, jadi dapat diabaikan.
14. kadar semen maksimum : tidak ditetapkan 275 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 butir agregat butir halus : ditetapkan masuk Daerah Susunan Butir No. 2. Daerah susunan ini diperoleh dengan mencampurkan pasir IV dan pasir V dalam perbandianan 36 % pasir IV terhadap 64 % pasir V dan ini didapat dengan cara coba coba dengan bantuan kurva derah susunan butir no. 2 (Grafik 4) berdasarkan hasil analisa ayak masing-masing pasir (Tabel 8, 9, 10)
17. cukup 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 hal 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 = $(0,36 \times 2,5) + (0,64 \times 2,66) = 2,46$
 - DJ agregat halus
 - DJ agregat gabunganHalus 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 kg/m^3 , menunjukkan nilai berat jenis beton yang direncanakan.
Dalam hal ini diperoleh angka $2,380 \text{ kg/m}^3$.
21. Kadar agregat gabungan = berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air;
 $1,380 - 283 - 170 = 1.927 \text{ kg/m}^3$
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 m³ sebagai berikut:

| | |
|-------------------------|------------|
| - semen portland | = 283 kg |
| - semen seluruhnya | = 170 kg |
| - agregat halus | |
| - pasir IV = 0,36 x 674 | = 242,6 kg |
| - pasir V = 0,64 x 674 | = 431,4 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:

$$\begin{aligned} & \text{- pasir IV} = (6,50 - 3,10) \times \frac{248}{100} = 8,24 \\ & \text{- pasir V} = (8,80 - 4,20) \times \frac{431,4}{100} = 19,8 \end{aligned}$$

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

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

Dengan mengurangkan atau menambahkan hasil-hasil perhitungan ini, akan kita peroleh susunan campuran yaitu yang seharusnya kita timbang, untuk tiap m³ beton (ketelitian 5 kg) :

| | |
|---------------------------|------------|
| - semen portland normal | = 283 kg |
| - pasir IV = 242,6 + 8,25 | = 251 kg |
| - pasir V = 431,4 + 19,8 | = 451 kg |
| - kerikil = 1,253 - 7,14 | = 1,245 kg |
| - air = 170 - 28 + 7,14 | = 159 kg |

Tabel. 9

Contoh perhitungan cara penyesuaian susuan 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) + 53% (V) dan 36% (Iv) + 64% (V)

Tabel. 9

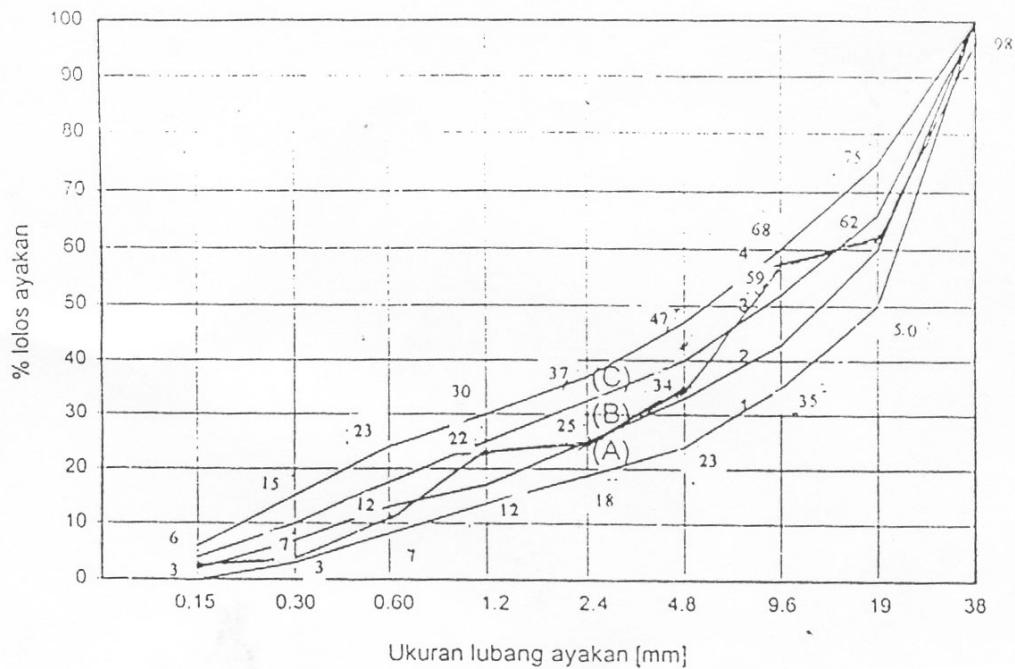
Contoh perhitungan cara penyesuaian susuan besar butir kerikil untuk memperoleh kurva susunan besar butir yang memenuhi syarat dengan jalan menggabungkan 3 macam kerikil yang susunan butirnya berlainan dalam perbandingan 57% (I); 29% (II) dan 14% (III)

| Ukuran Mata Ayakan | Kerikil (I) 19 – 39 mm | | Kerikil (I) 9,6 – 39 mm | | Kerikil (I) 4,8 – 9,6 | | Kerikil gabungan (VII) 57% (I) + 29% (II) + 14% (III) | | | |
|--------------------|------------------------|-----|-------------------------|-----|-----------------------|-----|--|----|----|-----|
| | | | | | | | | | | |
| 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 VI dan kerikil VII dalam perbandingan 35 %
pasir dan 65 % kerikil VII**

| Ukuran Mata Ayakan | Pasir Gabungan (VI) | Kerikil Gabungan (VII) | Gabungan Pasir dan Kerikil | | |
|--------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------|
| | | | 35 % Pasir VI | 65 % Kerikil VII | |
| | | | Bagian Lolos Ayakan (%) | Bagian Lewat Ayakan (%) | Lolos Ayakan (%) |
| 76 | 100 | 100 | 35 | 65 | 100 |
| 38 | 100 | 97 | 35 | 63 | 98 |
| 19 | 100 | 45 | 35 | 29 | 64 |
| 9.6 | 1000 | 14 | 35 | 9 | 44 |
| 4.8 | 100 | 1 | 35 | 1 | 36 |
| 2.4 | 16 | 0 | 27 | 0 | 27 |
| 1.2 | 55 | 0 | 19 | 0 | 19 |
| 0.6 | 37 | 0 | 13 | 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 $P_1 = 35\%$ dan $P_2 = 65\%$

| Ukuran lubang ayakan (mm) | Pasir 1 bagian yang lolos ayakan % Y_1 | Pasir 2 bagian yang lolos ayakan % Y_2 | Gabungan pasir 1 & 2 (35 % + 65 %) | | Gabungan pasir 1 & 2 |
|---------------------------------|---|---|---|---|-------------------------|
| | | | Bagian lolos ayakan $35/100 \times Y_1$ | Bagian lolos ayakan $65/100 \times Y_2$ | |
| 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 | 10 | 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 $K_1 = 60\%$ dan $k_2 = 40\%$

| Ukuran lubang ayakan (mm) | Kerikil 1 bagian yang lolos ayakan % Y1 | Kerikil 2 bagian yang lolos ayakan % Y2 | Gabungan kerikil & (2,60 % 40 %) | | Gabungan kerikil 1 & 2 |
|---------------------------|---|---|----------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| | | | Bagian lolos ayakan 60/100 X Y1 | Bagian lolos ayakan 40/100 X Y2 | |
| 46 | 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 |

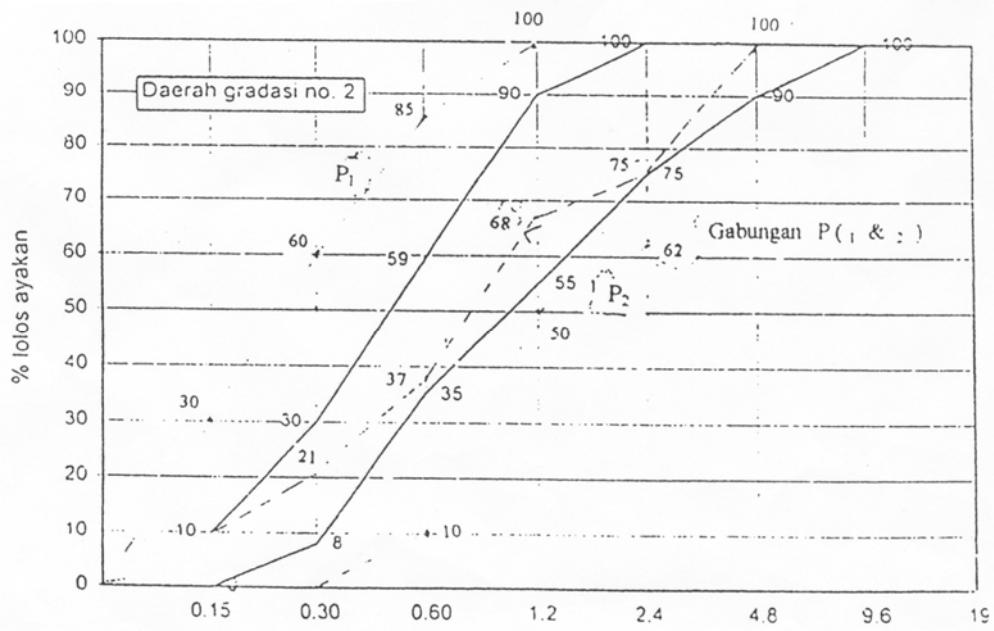
*) Contoh perhitungan secara analitis gabungan pasir (P_1 & P_2) Tinjauan pada saringan 0,60 mm. Gradiasi gabungan diharapkan pada saringan tersebut bagian yang lolos 36 %

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

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

$$2600 = 75 x \quad x = 34,67 \% \quad 35 \% \quad (P_1)$$

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



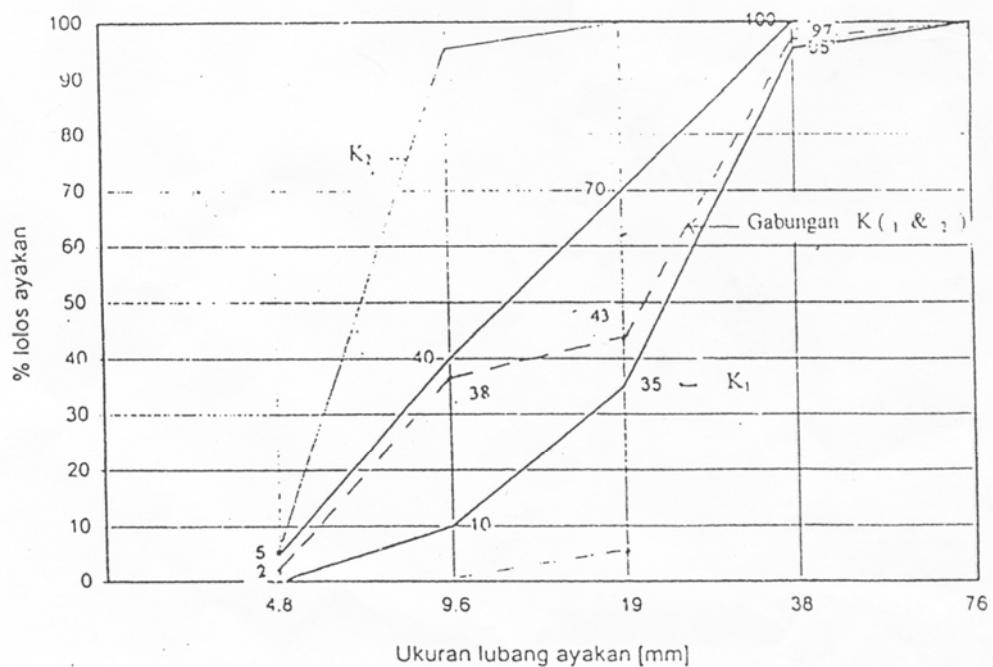
Ukuran lubang ayakan (mm)
Grafik 18
Batas Gradasi Pasir Dalam Daerah Gradasi No. 2

**) Contoh perhitungan secara analitis gabungan kerikil (K_1 & K_2) Tinjauan pada saringan 19 mm. Gradasi gabungan diharapkan pada saringan tersebut bagian yang lolos 62%

$$62 = \frac{y_1 x + y_2 (100 - X)}{100}$$

$$62 = \frac{100 x + 5 (100 - X)}{100}$$

$$\begin{aligned} 5700 &= 95 x & x = 60 \% & (P_1) \\ 100 - x &= 5 \% & & (P_2) \end{aligned}$$



Grafik 19
Batas Gradasi atau Koral Ukuran Maksimum 40 Mm

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

| Ukuran lubang ayakan | Gabungan pasir dan 2 Bagian yang lolos ayakan (%) | Gabungan kerikil 1 dan 2 Bagian yang lolos ayakan (%) | Agregat Gabungan pasir dan kerikil (33% + 67%) | | Gabungan kerikil 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 |
| 2,4 | 68 | | 22 | | 22 |
| 1,2 | 37 | | 12 | | 12 |
| 0,60 | 21 | | 47 | | 47 |
| 0,30 | 10 | | 3 | | 3 |
| 0,15 | | | | | |

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 |
| Pasir I | 2,0 | 2,2 | - | 0,2 |
| Pasir II | 1,8 | 2,0 | 0,2 | - |

Banyaknya bahan tiap m³ 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 |

LAMPIRAN A

Daftar Nama dan Lembaga

1. Pemrakarsa

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Permukaan, Badan Penelitian dan Pengembangan Permukiman dan Pengembangan Wilayah.

2. Penyusun

| No | Nama | Instansi |
|----|----------------------|---------------------------------|
| 1 | Ir. Nadhiroh Masruri | Puslitbang Teknologi Permukiman |