

MODUL I.b MENGHITUNG KOMPOSISI BAHAN ADUKAN BETON

A. STANDAR KOMPETENSI:

Merencanakan campuran beton dengan kuat tekan minimal 20 MPa

B. KOMPETENSI DASAR:

Menghitung Komposisi Bahan Adukan Beton

C. MATERI PEMBELAJARAN:

1. Ketentuan Umum Rancang Campur Menurut SNI 2847: 2013
2. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Menurut SNI 03-2834-2000

D. STRUKTUR PEMBELAJARAN:

Teori dan praktek

E. INDIKATOR:

1. Menghitung rancang campur beton berdasarkan berat dalam kondisi jenuh kering muka menurut SNI 03-2834-2000 dan SNI 2847: 2013 dengan kuat tekan minimum 20 MPa
2. Menghitung penyesuaian kadar air dalam agregat
3. Menyajikan hasil hitungan rancang campur dalam bentuk tabel

F. PENILAIAN:

- | | |
|------------------|------|
| 1. Proses Kerja | 30 % |
| 2. Hasil | 60 % |
| 3. Laporan Kerja | 10 % |

G. ALOKASI WAKTU:

- 6 Jam Tatap Muka
- 5 (10) Jam Praktek
- 2 (8) Jam Praktek Industri

H. SUMBER PUSTAKA:

Anonim, (2000), *SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Badan Standarisasi Nasional.

Anonim, (2013), *SNI 2847: 2013: Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Badan Standardisasi Nasional.

Gani, M.S.J., (1997), *Cement and Concrete*, London: Chapman & Hall.

Kardiyono Tjokrodimuljo, (1996), *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Penerbit Nafiri.

Nawy, E.G., (1996), *Reinforced Concrete: A Fundamental Approach 3rd edition*, New York: Prentice Hall.

Mindes, S., Young, J.F., and Darwin, D., (2003), *Concrete 2nd Edition*, New Jersey: Prentice Hall.

Neville, A.M., (1997), *Properties of Concrete*, New York: John Wiley & Sons. Inc.

I. INFORMASI LATAR BELAKANG:

1. Pendahuluan

Pada masa sekarang ini penggunaan beton bertulang sebagai struktur utama bangunan rumah dan gedung semakin meluas dengan cepat. Mengingat sebagian besar wilayah Republik Indonesia merupakan daerah rawan gempa, tuntutan penguasaan teknologi konstruksi tahan gempa menjadi suatu hal yang tidak dapat dihindarkan, termasuk di dalamnya struktur beton bertulang tahan gempa. Berdasarkan SNI 03-2847-2002, material beton yang dapat digunakan dalam konstruksi bangunan tahan gempa adalah beton dengan kuat tekan minimal mencapai 20 MPa (200 kg/cm^2) dengan benda uji silinder, atau ($200/0,83=241 \text{ kg/cm}^2$) jika digunakan benda uji kubus.

Berdasarkan ketentuan di atas, teori beton konvensional, yang mensyaratkan proporsi campuran adukan beton yang didasarkan pada perbandingan volume dengan proporsi 1 semen : 2 pasir : 3 kerikil untuk beton biasa, dan 1 semen : 1,5 pasir : 2,5 kerikil untuk beton kedap air, menjadi suatu hal yang tidak dapat diterima, mengingat cara tersebut di atas hanya aman untuk diterapkan pada beton dengan kuat tekan kurang dari 20 MPa dan nilai *slump* tidak boleh lebih dari 100 mm.

Oleh karena itu, pembuatan adukan beton harus didasarkan perbandingan berat, yang dihitung dengan suatu metode perhitungan baku, dengan memperhatikan karakteristik setiap bahan penyusunnya, sebagaimana diatur dalam SNI 03-2834-1993. Hal ini dimaksudkan agar diperoleh beton yang: a) Memenuhi kuat tekan minimal yang disyaratkan, b) kekentalan yang sesuai sehingga beton mudah diaduk, dituang, dipadatkan, dan diratakan, c) tahan lama atau awet, d) tahan aus, dan e) ekonomis.

2. Ketentuan Umum Rancang Campur Menurut SNI 03-2847-2002

Proporsi material untuk beton harus direncanakan untuk menghasilkan sifat-sifat sebagai berikut: (1) kelecakan dan konsistensi yang menjadikan beton mudah dicor ke dalam cetakan atau ke celah di sekeliling tulangan, sesuai dengan berbagai kondisi pelaksanaan pengecoran yang harus dilakukan, tanpa terjadi segregasi atau *bleeding* yang berlebih, (2) tahan terhadap pengaruh lingkungan yang agresif, (3) memenuhi persyaratan uji kekuatan, sehingga harus dirancang untuk menghasilkan kuat tekan rata-rata perlu, dengan memperhitungkan kuat tekan karakteristik yang ingin dicapai dan nilai deviasi standar, yang berkaitan dengan sebaran hasil uji kuat tekan.

a. Deviasi standar

- 1) Nilai deviasi standar dapat diperoleh jika fasilitas produksi beton telah mempunyai catatan hasil uji. Data hasil pengujian yang dijadikan sebagai dasar perhitungan deviasi standar harus:
 - a) Mewakili jenis material, prosedur pengendalian mutu dan kondisi serupa dengan yang diharapkan, dan perubahan-perubahan pada material ataupun proporsi campuran yang dimiliki oleh data pengujian tidak perlu lebih ketat dari persyaratan pekerjaan yang akan dilakukan.
 - b) Mewakili beton yang diperlukan untuk memenuhi kekuatan yang disyaratkan, atau kuat tekan f'_c pada kisaran 7 MPa dari yang ditentukan.
 - c) Terdiri dari sekurang-kurangnya 30 contoh pengujian berurutan atau dua kelompok pengujian berurutan yang jumlahnya sekurang-kurangnya 30 contoh pengujian.
- 2) Jika fasilitas produksi beton tidak mempunyai catatan hasil uji yang memenuhi syarat diatas, tetapi mempunyai catatan uji dari pengujian sebanyak 15 sampai dengan 29 contoh secara berurutan, maka deviasi standar ditentukan sebagai hasil perkalian

antara nilai deviasi standar yang dihitung dan faktor modifikasi pada Tabel 1.

TABEL 1. Faktor Modifikasi Deviasi Standar

Jumlah pengujian	Faktor modifikasi untuk deviasi standar
Kurang dari 15 contoh	Gunakan Tabel 3
15 contoh	1,16
20 contoh	1,08
25 contoh	1,03
30 contoh atau lebih	1,00

b. Kuat rata-rata perlu

- 1) Kuat tekan rata-rata perlu (f'_{cr}), yang digunakan sebagai dasar pemilihan proporsi campuran beton, harus diambil sebagai nilai terbesar dari Persamaan di bawah ini:

$$f'_{cr} = f'_c + 1,34s$$

atau

$$f'_{cr} = f'_c + 2,33s - 3,5$$

- 2) Bila fasilitas produksi beton tidak mempunyai catatan hasil uji lapangan untuk perhitungan deviasi standar yang memenuhi ketentuan, maka f'_{cr} harus ditetapkan berdasarkan Tabel 2.

TABEL 2. Kuat Tekan Rata-Rata Perlu jika Data Tidak Tersedia untuk Menetapkan Deviasi Standar

Persyaratan kuat tekan, f'_c , MPa	Kuat tekan rata-rata perlu, f'_{cr} , MPa
Kurang dari 21 MPa	$f'_c + 7,0$
21 s/d 35	$f'_c + 8.5$
Lebih dari 35	$f'_c + 10.0$

c. Perancangan campuran tanpa berdasarkan data lapangan atau campuran percobaan

- 1) Jika data yang disyaratkan tidak tersedia, maka proporsi campuran beton harus ditentukan berdasarkan percobaan atau informasi lainnya, bilamana hal tersebut disetujui oleh Pengawas Lapangan. Kuat tekan rata-rata perlu (f'_{cr}) beton, yang dihasilkan dengan bahan yang mirip dengan yang akan digunakan, harus sekurang-kurangnya 8,5 MPa lebih besar daripada kuat tekan f'_c yang disyaratkan. Alternatif ini tidak boleh digunakan untuk pengujian kuat tekan yang disyaratkan lebih besar dari 28 MPa.
- 2) Campuran beton yang dirancang menurut butir ini harus memenuhi persyaratan keawetan dan kriteria pengujian kuat tekan.

3. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal Menurut SNI 03-2834-1993

Berdasarkan SNI 03-2834-2002, dalam perencanaan campuran beton harus memenuhi persyaratan berikut:

- a. Perhitungan perencanaan campuran beton harus didasarkan pada data sifat-sifat bahan yang akan dipergunakan dalam produksi beton.
- b. Komposisi campuran beton yang diperoleh dari perencanaan ini harus dibuktikan melalui campuran coba, yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut dapat memenuhi kekuatan beton yang disyaratkan.

Langkah-langkah perhitungan dan penentuan komposisi campuran beton harus dilaksanakan sebagai berikut:

- a. Rencana campuran beton ditentukan berdasarkan hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen.
- b. Untuk beton dengan f'_c lebih dari 20 MPa, proporsi campuran coba serta pelaksanaan produksinya harus didasarkan pada perbandingan berat bahan.

- c. Untuk beton dengan $f'c$ kurang dari 20 MPa, pelaksanaan produksinya boleh menggunakan proporsi volume. Proporsi volume tersebut harus didasarkan pada hasil konversi proporsi campuran dalam berat terhadap volume, melalui berat isi rata-rata antara kondisi gembur dan padat pada masing-masing bahan penyusunnya.

Mengingat beton yang digunakan pada struktur bangunan tahan gempa harus memiliki kuat tekan lebih dari 20 MPa, sebagaimana dipersyaratkan dalam SNI 03-2847-2002, sudah seharusnya campuran adukan beton dihitung dan dilaksanakan atas dasar berat masing-masing bahan penyusunnya (semen, agregat halus, agregat kasar, dan air).

Langkah-langkah perencanaan komposisi campuran adukan beton normal menurut SNI 03-2834-1993 adalah sebagai berikut:

- a. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan ($f'c$) pada umur tertentu. Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan struktur dan kondisi setempat. Untuk struktur bangunan tahan gempa disyaratkan kuat tekan beton lebih dari 20 MPa.
- b. Penetapan nilai deviasi standar (s). Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian dalam pelaksanaan pencampuran beton. Semakin baik tingkat pengendalian mutu, semakin kecil nilai deviasi standarnya. Penetapan nilai deviasi standar (s) ini didasarkan pada hasil pengalaman praktek pada waktu yang lalu dengan syarat kualitas dan bahan yang digunakan harus sama.

Apabila pelaksana mempunyai catatan data hasil pembuatan beton serupa (kualitas yang disyaratkan dan bahan yang digunakan sama) dengan jumlah benda uji minimal 30 buah, maka data standar deviasi yang dimiliki bisa langsung digunakan.

Perlu dicatat bahwa jika pelaksana memiliki data deviasi standar dengan kualitas beton yang disyaratkan sama dan bahan yang digunakan serupa, namun jumlah benda uji yang pernah dimiliki kurang dari 30 benda uji, maka harus dilakukan penyesuaian/

modifikasi berdasarkan **Tabel 1**, dengan cara mengalikan nilai koefisien yang sesuai dalam **Tabel 1** dengan nilai standar deviasi yang dimiliki.

- c. Menentukan nilai tambah atau *margin* (m);

$$m = 1,34 \cdot s \text{ MPa}$$

atau

$$m = 2,33s - 3,5 \text{ MPa}$$

(diambil nilai yang terbesar dari kedua persamaan di atas)

Apabila tidak tersedia catatan hasil uji terdahulu untuk perhitungan deviasi standar yang memenuhi ketentuan, maka nilai margin harus didasarkan pada **Tabel 3**

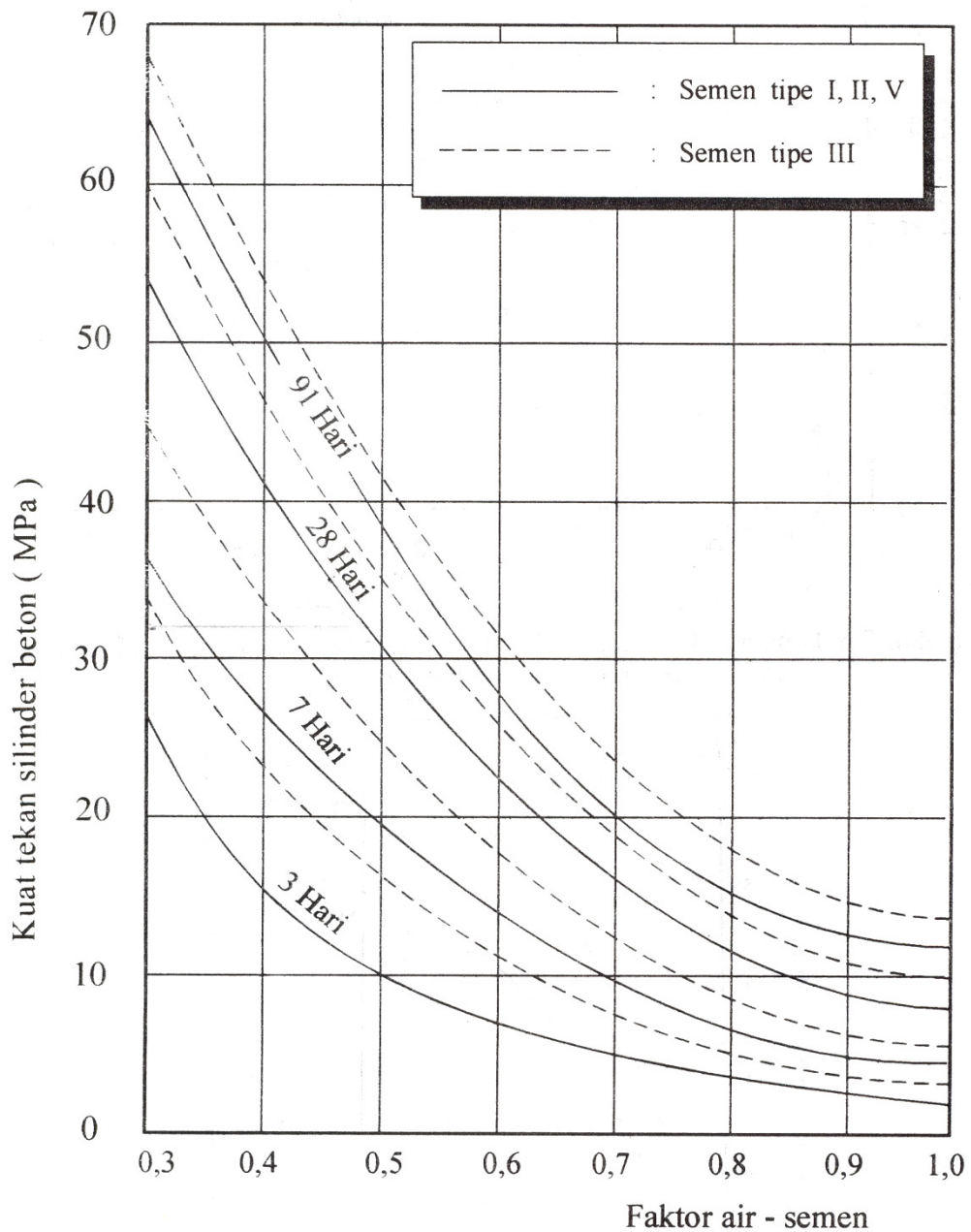
TABEL 3. Nilai Margin jika Data Tidak Tersedia untuk Menetapkan Deviasi Standar

Persyaratan kuat tekan, f'_c , MPa	Margin (m), MPa
Kurang dari 21 MPa	7,0
21 s/d 35	8.5
Lebih dari 35	10.0

- d. Menetapkan nilai kuat tekan rata-rata yang harus direncanakan dengan menggunakan rumus:

$$f'_{cr} = f'_c + m$$

- e. Menetapkan jenis semen (Semen Tipe I, II, III, IV, atau V).
- f. Menetapkan jenis agregat yang akan digunakan, baik untuk agregat halus maupun agregat kasar, harus jelas menggunakan agregat alami ataukah batu pecah/buatan.
- g. Menetapkan nilai faktor air semen (f_{as}); untuk tahapan ini bisa dilakukan dengan dua cara yaitu:
- 1) Cara pertama: Berdasarkan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu berdasarkan Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan faktor air-semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton (sebagai perkiraan nilai fas dalam rancang campuran)

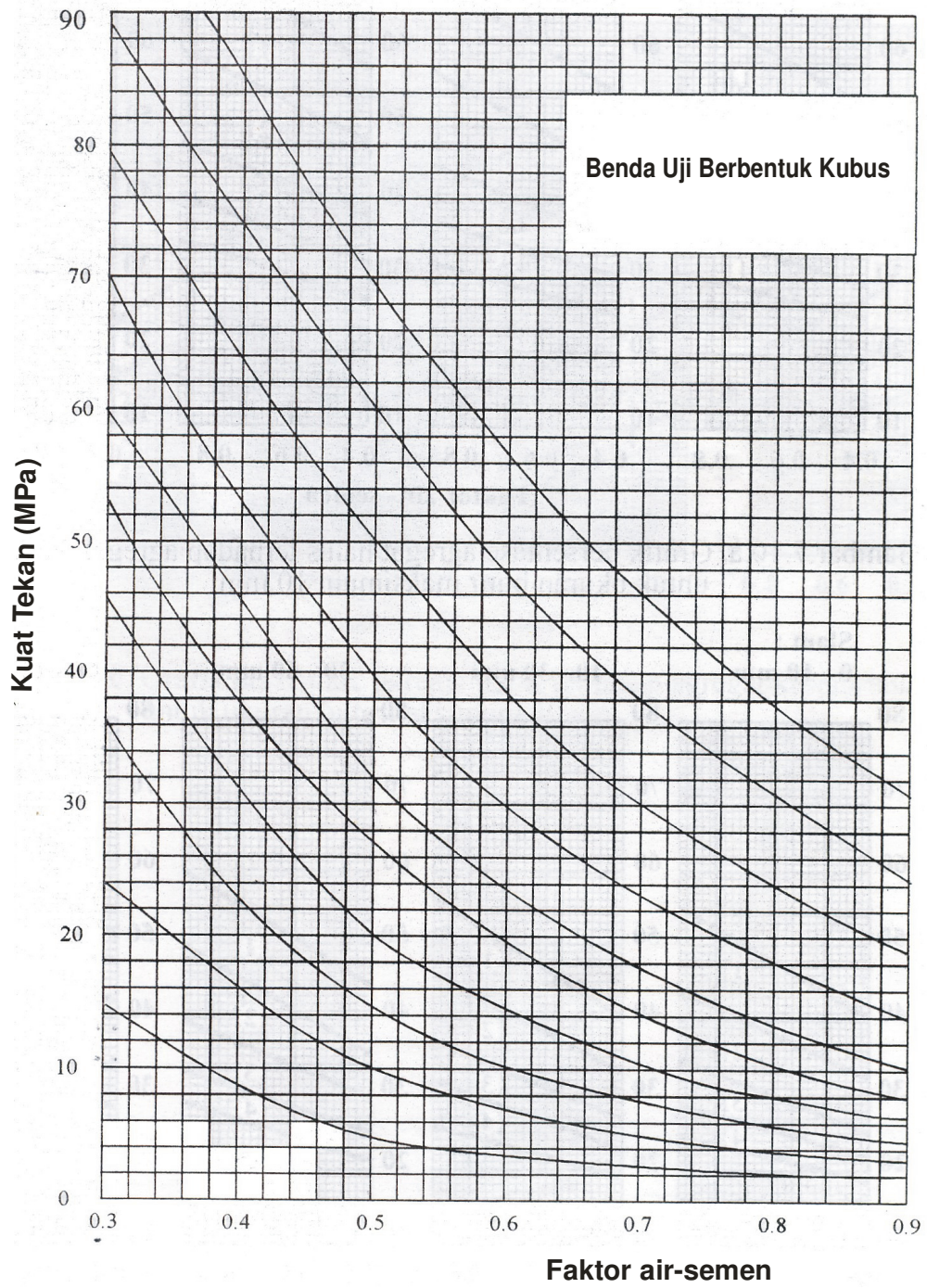
- 2) Cara kedua: Untuk benda uji kubus, berdasarkan jenis semen yang digunakan, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata beton yang direncanakan pada umur tertentu, dapat ditetapkan nilai faktor air-semen dari Tabel 4 dan Gambar 2, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a) Perhatikan Tabel 4 di bawah ini. Berdasarkan data jenis semen, jenis agregat kasar, dan umur beton rencana, diperkirakan nilai kuat tekan beton yang akan diperoleh, jika dipakai faktor air-semen, sebesar 0,50.

Tabel 4. Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan fas 0,50

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Umur (hari)			
		3	7	28	91
I, II, V	Alami	17	23	33	40
	Batu Pecah	19	27	37	45
III	Alami	21	28	38	44
	Batu Pecah	25	33	44	48

- b) Lihat Gambar 2. Lukislah titik A pada Gambar 2 dengan nilai fas 0,50 (sebagai absis) dan kuat tekan beton yang diperoleh dari Tabel 4 (sebagai ordinat). Kemudian pada titik A tersebut dibuat grafik baru yang bentuknya sama/mengikuti 2 buah grafik yang ada di dekatnya. Selanjutnya tarik garis mendatar dari sumbu tegak di sebelah kiri, sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan, sampai memotong grafik baru tersebut, lalu tarik garis ke bawah untuk memperoleh nilai faktor air semen yang sesuai.
- h. Menetapkan nilai faktor air semen maksimum. Agar beton yang diperoleh awet dan mampu bertahan terhadap pengaruh lingkungan sekitarnya, perlu ditetapkan nilai fas maksimum menurut Tabel 5. Apabila nilai fas maksimum ini lebih rendah daripada nilai fas yang diperoleh dari langkah *g*, maka nilai fas maksimum ini yang digunakan untuk langkah selanjutnya. Dengan kata lain, nilai fas yang terkecil dari langkah *g* dan *h*, yang akan digunakan untuk tahap selanjutnya:



Gambar 2. Hubungan faktor air-semen dan kuat tekan rata-rata Kubus

TABEL 5. Persyaratan Nilai fas Maksimum untuk berbagai Pembetonan di Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	fas Maksimum	Semen Minimum (kg/m ³)
Beton di dalam ruang bangunan:		
a. Keadaan sekeliling non-korosif	0,60	275
b. Keadaan sekeliling korosif akibat kondensasi atau uap korosi	0,52	325
Beton di luar ruang bangunan:		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55	325
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60	275
Beton di luar ruang bangunan:		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55	325
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Lihat Tabel 7	
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/payau/laut	Lihat Tabel 6	

TABEL 6. Ketentuan Minimum untuk Beton Bertulang dalam Air

Jenis Beton	Kondisi Lingkungan berhubungan dengan	Faktor air semen maksimum	Tipe Semen	Kandungan Semen Minimum (kg/m ³)	
				Agregat maks.	
				40 mm	20 mm
Bertulang atau Prategang	Air tawar	0,50	Semua Tipe I-V	280	300
	Air payau	0,45	Tipe I + Pozolan (15-40%) atau PPC	340	380
	Air laut	0,50	Tipe II atau V	290	330
		0,45	Tipe II atau V	330	370

TABEL 7. Ketentuan untuk Beton yang Berhubungan dengan Air Tanah yang Mengandung Sulfat

Kadar gangguan sulfat	Konsentrasi Sulfat sebagai SO ₃		Sulfat (SO ₃) dalam air tanah g/l	Tipe Semen	Kandungan semen minimum berdasarkan ukuran agregat maksimum (kg/m ³)			Nilai fas Maks.
	Dalam Tanah				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 pozzolan (15-40%)	80	300	350	0,50
2.	0,2-0,5	1,0-1,9	0,3-1,2	Tipe I	290	330	350	0,50
				Tipe I pozzolan (15-40%) atau PPC	270	310	360	0,55
				Tipe II atau Tipe IV	250	290	340	0,55
3.	0,5-1,0	1,9-3,1	1,2-2,5	Tipe I pozzolan (15-40%) atau PPC	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 dengan lapisan pelindung	330	370	420	0,45

- i. Menetapkan nilai *slump* dengan memperhatikan jenis strukturnya agar proses pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan mudah dilaksanakan.

TABEL 8. Penetapan Nilai *Slump*

Pemakaian Beton	Maksimum (cm)	Minimum (cm)
Dinding, Pelat Pondasi dan Pondasi Telapak Bertulang	12,5	5,0
Pondasi Telapak Tidak Bertulang, Kaison, dan Struktur di bawah Tanah	9,0	2,5
Pelat, Balok, Kolom, dan Dinding	15,0	7,5
Perkerasan Jalan	7,5	5,0
Pembetonan Masal	7,5	2,5

- j. Menentukan ukuran agregat maksimum. Berkaitan dengan pekerjaan konstruksi beton bertulang, ukuran maksimum nominal agregat kasar harus tidak melebihi:
- 1) 1/5 jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan, ataupun
 - 2) 1/3 ketebalan pelat lantai, ataupun
 - 3) 3/4 jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan atau kawat-kawat, bundel tulangan, atau tendon-tendon pratekan atau selongsong-selongsong.
- k. Menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk setiap m³ adukan beton berdasarkan ukuran agregat maksimum, jenis agregat, dan nilai *slump* yang diinginkan.

TABEL 9. Perkiraan Kebutuhan Air untuk setiap Meter Kubik Beton (*liter*)

Ukuran Agregat Maksimum (mm)	Jenis Batuan	<i>Slump</i> (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Apabila digunakan jenis agregat halus dan agregat kasar yang berbeda (alami dan batu pecah), maka perkiraan kebutuhan jumlah air per- m^3 beton harus disesuaikan menggunakan persamaan berikut:

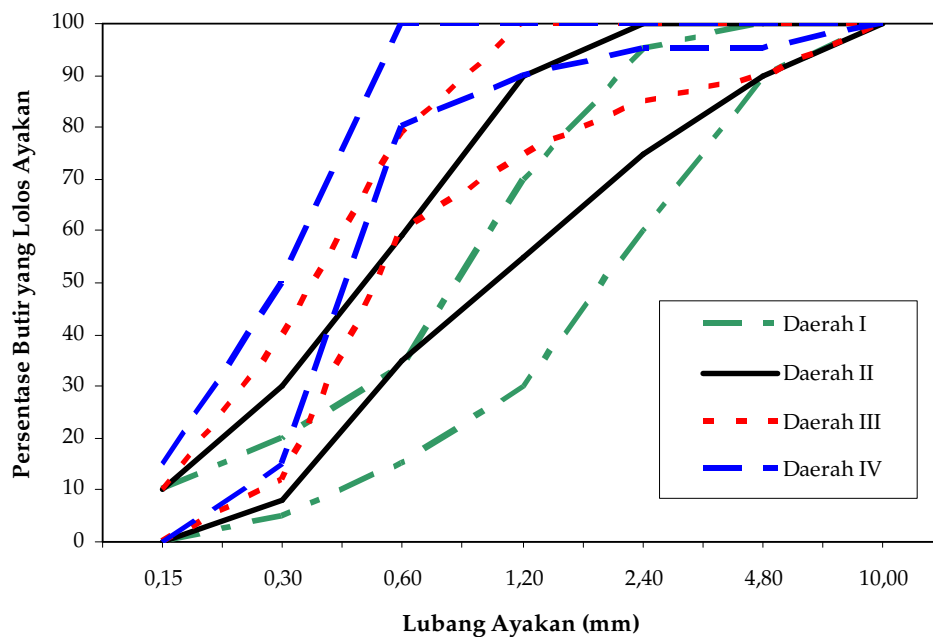
$$A = 0,67.A_h + 0,33.A_k$$

dimana : A = Perkiraan kebutuhan air per- m^3 beton
 A_h = Kebutuhan air berdasar jenis agregat halus
 A_k = Kebutuhan air berdasar jenis agregat kasar

- l. Menghitung berat semen yang diperlukan untuk setiap m^3 beton, dengan membagi kebutuhan jumlah air (hasil dari langkah k) dengan faktor air-semen (hasil langkah g dan h).
- m. Menentukan kebutuhan semen minimum berdasarkan Tabel 5, 6, dan 7, agar diperoleh beton yang awet dan tahan terhadap zat agresif yang terdapat di lingkungan sekitarnya.
- n. Menyesuaikan kebutuhan semen yang diperoleh dari langkah m . Apabila hasil perhitungan pada langkah l lebih sedikit daripada kebutuhan semen minimum di langkah m , maka harus digunakan hasil dari langkah m . Dengan kata lain, digunakan jumlah semen terbesar dari langkah l dan m .
- o. Apabila terjadi perubahan akibat langkah n , maka jumlah air atau faktor air semen juga harus disesuaikan dengan cara:
 - 1) faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum.
 - 2) jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan nilai faktor air semen.Perlu dicatat bahwa cara pertama akan menurunkan nilai faktor air semen, sedangkan cara kedua akan menambah jumlah air yang dibutuhkan.
- p. Menentukan daerah gradasi agregat halus berdasarkan Tabel 10 berikut:

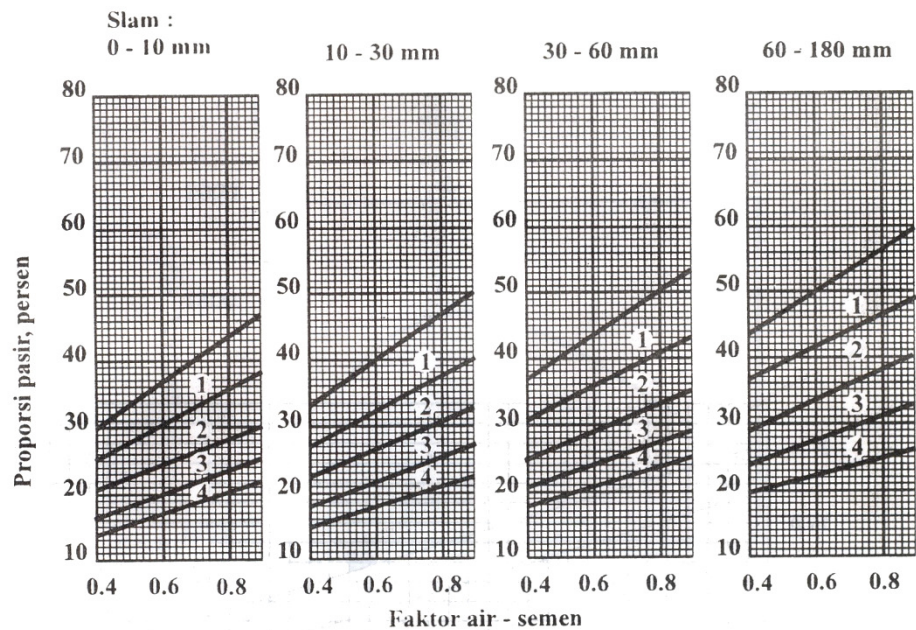
TABEL 10. Batas Gradasi Agregat Halus Menurut SNI 03-2834-1993

Ukuran Saringan	Persentase Berat yang Lolos Saringan			
	Gradasi Zona I	Gradasi Zona II	Gradasi Zona III	Gradasi Zona IV
9,60 mm	100	100	100	100
4,80 mm	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40 mm	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20 mm	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60 mm	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30 mm	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15 mm	0-10	0-10	0-10	0-15

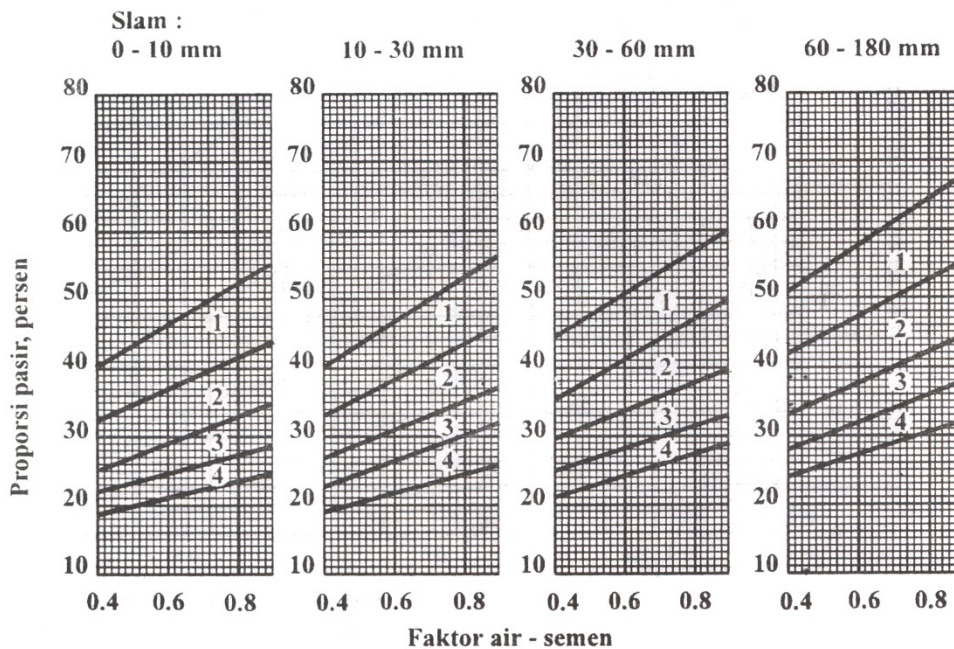


Gambar 3. Batas-Batas Daerah Gradasi Agregat Halus

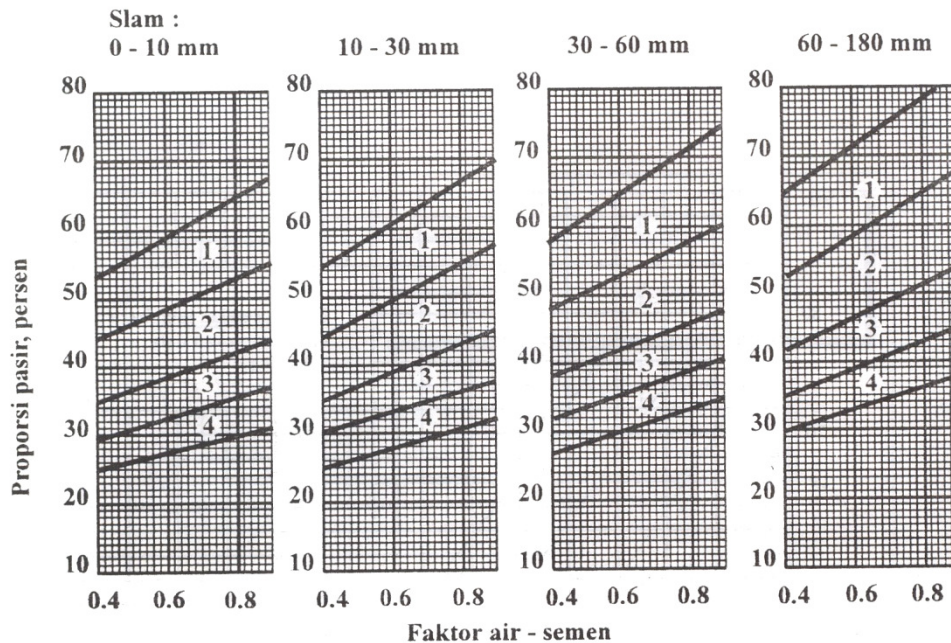
- q. Menentukan perbandingan antara agregat halus dengan agregat campuran berdasarkan ukuran butir maksimum agregat kasar, nilai *slump*, faktor air semen dan daerah gradasi agregat halus dengan menggunakan Gambar 4.a, 4.b, dan 4.c.



Gambar 4.a. Grafik Persentase Agregat Halus Terhadap Agregat Keseluruhan dengan Ukuran Butir Maksimum 40 mm



Gambar 4.b. Grafik Persentase Agregat Halus Terhadap Agregat Keseluruhan dengan Ukuran Butir Maksimum 20 mm



Gambar 4.c. Grafik Persentase Agregat Halus Terhadap Agregat Keseluruhan dengan Ukuran Butir Maksimum 10 mm

r. Menghitung berat jenis agregat campuran dengan persamaan berikut:

$$BJ_{camp} = \frac{P}{100} x BJ_h + \frac{K}{100} x BJ_k$$

dimana : BJ_{camp} = Berat jenis agregat campuran

BJ_h = Berat jenis agregat halus

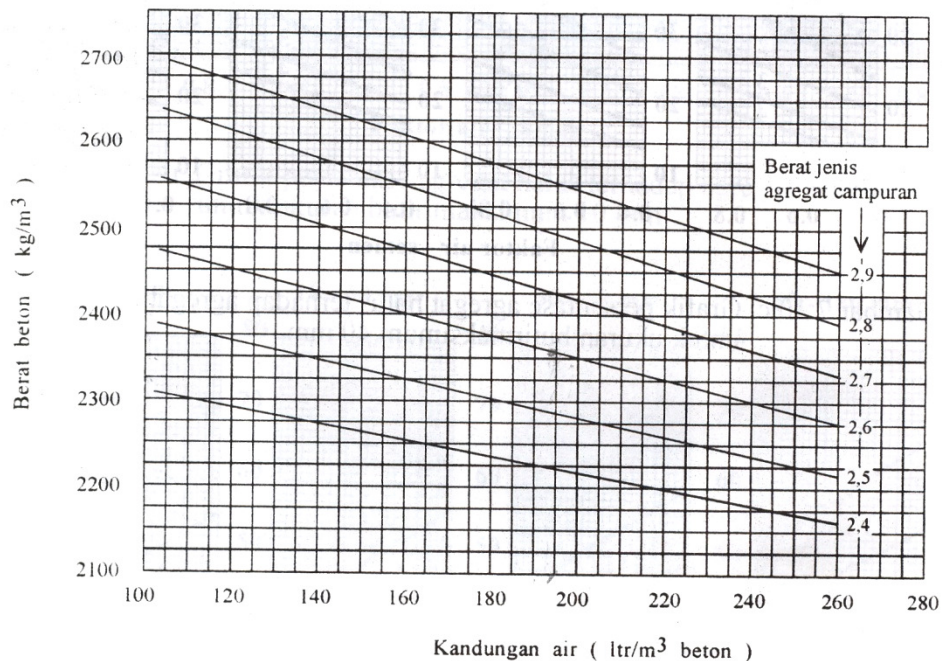
BJ_k = Berat jenis agregat kasar

P = Persentase agregat halus terhadap agregat campuran

K = Persentase agregat kasar terhadap agregat campuran

s. Menentukan berat jenis beton berdasarkan hasil hitungan berat jenis agregat campuran pada langkah r dan kebutuhan air per- m^3 beton dengan Gambar 5.

- 1) Berdasarkan berat jenis agregat campuran pada langkah r , dibuat garis kurva hubungan kandungan air dan berat beton yang baru dengan dasar garis kurva pada Gambar 5 yang terdekat.
- 2) Kebutuhan air yang diperoleh dari langkah k dimasukkan ke dalam Gambar 5 dan ditarik garis vertikal hingga memotong garis kurva yang dibuat pada langkah di atas (1).
- 3) Berat jenis beton diperoleh dengan menarik garis horisontal dari titik potong yang diperoleh pada langkah di atas (2) sampai memotong sumbu vertikal (berat beton per m^3).



Gambar 5. Grafik Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Campuran dan Berat Beton

- t. Menentukan kebutuhan agregat campuran dengan cara mengurangi berat per- m^3 beton dengan jumlah kebutuhan air dan semen.
- u. Menghitung berat agregat halus yang dibutuhkan dengan cara mengalikan persentase agregat halus terhadap agregat campuran (langkah p) dengan berat agregat campuran yang diperoleh dari langkah t .

- v. Menentukan berat agregat kasar, yang dibutuhkan untuk setiap m^3 beton, dengan cara menghitung berat agregat campuran yang dibutuhkan (hasil langkah t) dikurangi berat agregat halus yang dibutuhkan (hasil langkah u).

Harus diingat dan dicatat bahwa hasil perhitungan dari langkah-langkah rancang campur adukan beton di atas didasarkan pada asumsi bahwa agregat halus dan agregat kasar dalam kondisi jenuh kering muka (*saturated surface dry / SSD*), tidak terjadi penyerapan air ke dalam agregat dan juga tidak terjadi pelepasan air dari agregat ke dalam campuran beton. Kondisi agregat di lapangan pada umumnya tidak dalam keadaan jenuh kering muka, sehingga harus dilakukan perhitungan sebagai koreksi atas kebutuhan bahan-bahan penyusun beton yang diperoleh dari langkah-langkah di atas. Koreksi harus selalu dilakukan minimal satu kali dalam satu hari dengan persamaan-persamaan berikut:

$$\text{Air} = A - [(A_h - A_1)/100]xB - [(A_k - A_2)/100]xC$$

$$\text{Agregat halus} = B + [(A_h - A_1)/100]xB$$

$$\text{Agregat kasar} = C + [(A_k - A_2)/100]xC$$

dimana;

A = jumlah kebutuhan air (lt/m^3)

B = jumlah kebutuhan agregat halus (kg/m^3)

C = jumlah kebutuhan agregat kasar (kg/m^3)

A_h = kadar air sesungguhnya dalam agregat halus (%)

A_k = kadar air sesungguhnya dalam agregat kasar (%)

A_1 = kadar air dalam agregat halus kondisi jenuh kering muka (%)

A_2 = kadar air dalam agregat kasar kondisi jenuh kering muka (%)

4. Contoh Penerapan

Rencanakan komposisi bahan-bahan penyusun beton jika diketahui data-data sebagai berikut:

- Beton akan digunakan sebagai balok dan kolom bangunan gedung
- Kuat tekan beton yang disyaratkan ($f'c$) 23,5 MPa
- Jenis semen yang digunakan adalah semen tipe I
- Jenis agregat yang digunakan adalah agregat alami
- Ukuran agregat maksimum 40 mm
- Pasir tergolong dalam daerah gradasi 2 (agak kasar)
- Nilai *slump* yang disyaratkan 10 cm
- Kadar air sesungguhnya dalam agregat halus 3%
- Kadar air sesungguhnya dalam agregat kasar 2%
- Kadar air dalam agregat halus kondisi jenuh kering muka 5%
- Kadar air dalam agregat kasar kondisi jenuh kering muka 4%

Langkah-langkah penyelesaian

- Kuat tekan beton yang disyaratkan ($f'c$) umur 28 hari = 23,5 MPa.
- Nilai deviasi standar (s) = belum diketahui dari data sebelumnya.
- Nilai tambah atau margin (m) = 8,5 MPa menurut Tabel 3, yang didasarkan pada SNI 03-2847-2002;
- Nilai kuat tekan rata-rata yang direncanakan = $23,5 + 8,5 = 32$ MPa
- Jenis semen = Tipe I
- Jenis agregat = Alami
- Nilai faktor air semen (fas) = 0,48 (Gambar 1)
- Nilai faktor air semen maksimum = 0,60 (Tabel 5; beton dalam ruangan non-korosif)
digunakan nilai fas terkecil = 0,48
- Nilai *slump* = 100 mm (sudah ditentukan)
- Ukuran agregat maksimum = 40 mm (sudah ditentukan)
- Jumlah air untuk setiap m^3 adukan beton = 175 liter (Tabel 9)
- Berat semen yang diperlukan untuk setiap m^3 beton =
 $\frac{175}{0,48} = 365$ kg (berdasarkan langkah h dan k)

- m. Berat semen minimum = 275 kg (berdasarkan Tabel 5)
- n. Penyesuaian kebutuhan semen (langkah *m* menghasilkan kebutuhan semen lebih kecil dari hitungan pada langkah *l*, sedangkan kebutuhan semen harus didasarkan pada hasil tertinggi dari langkah *l* dan *m*, sehingga tetap dipakai kebutuhan semen 365 kg/m³)
- o. Penyesuaian faktor air semen tidak dilakukan karena langkah *n* tidak mempengaruhi/mengubah hasil langkah *l* sehingga kebutuhan air tetap 175 lt/m³ dan faktor air semen tetap 0,48.
- p. Gradasi agregat halus = daerah 2 (telah diperiksa/diketahui sebelumnya)
- q. Persentase agregat halus terhadap agregat campuran = 35 persen (berdasarkan Gambar 4.a.)
- r. Berat jenis agregat campuran karena tidak dimiliki data maka bisa diasumsikan 2,60
- s. Berat jenis beton = 2380 kg/m³ (berdasarkan Gambar 5)
- t. Kebutuhan agregat campuran = $W_{psr+krk} = W_{btm} - W_{air} - W_{semen}$
 $= 2380 - 175 - 365 = \underline{1840 \text{ kg/m}^3}$
- u. Kebutuhan agregat halus = $W_{psr} = \left(\frac{P}{100}\right) \times W_{psr+krk} = \left(\frac{35}{100}\right) \times 1840 = \underline{644 \text{ kg/m}^3}$
- v. Kebutuhan agregat kasar = $W_{krk} = W_{psr+krk} - W_{psr} = 1840 - 644 = \underline{1196 \text{ kg/m}^3}$

Selanjutnya dilakukan koreksi berdasarkan kadar air dalam agregat halus dan agregat kasar sebagai berikut:

- Air = $175 - [(3 - 5)/100] \times 644 - [(2 - 4)/100] \times 1196 = 211,8 \text{ kg/m}^3$
- Pasir = $644 + [(3 - 5)/100] \times 644 = 631,12 \text{ kg/m}^3$
- Kerikil = $1196 + [(2 - 4)/100] \times 1196 = 1172,08 \text{ kg/m}^3$

Hasil hitungan di atas dirangkum dan disajikan dalam bentuk Formulir Perancangan Adukan Beton (Tabel) sebagai berikut:

Formulir Perancangan Adukan Beton

No.	Uraian				
1.	Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari (f'_c)	23,5 MPa			
2.	Deviasi standar (s)	Tidak diketahui			
3.	Nilai tambah (m)	8,5 MPa			
4.	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f'_{cr})	32 MPa			
5.	Jenis semen	Tipe I			
6.	Jenis agregat (kasar dan halus)	Alami			
7.	Faktor air-semen	0,48			
8.	Faktor air-semen maksimum	0,60			
	Faktor air-semen yang digunakan	0,48			
9.	Nilai <i>slump</i>	100 mm			
10.	Ukuran maksimum agregat	40 mm			
11.	Kebutuhan air	175 liter			
12.	Kebutuhan semen portland	365 kg			
13.	Kebutuhan semen portland minimum	275 kg			
14.	Berat semen portland yang digunakan	365 kg			
15.	Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen	Tetap			
16.	Daerah gradasi agregat halus	2			
17.	Persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran	35%			
18.	Berat jenis agregat campuran	2,60			
19.	Berat jenis beton	2380 kg/m ³			
20.	Kebutuhan agregat	1840 kg/m ³			
21.	Kebutuhan agregat halus	644 kg/m ³			
22.	Kebutuhan agregat kasar	1196 kg/m ³			
Kesimpulan Kondisi Agregat Jenuh-Kering Muka (SSD)					
Volume	Berat beton	Air	Semen	Agregat halus	Agregat kasar
1 m ³	2380 kg	175 ltr	365 kg	644 kg	1196 kg
Koreksi Berdasarkan Kondisi Agregat Sesungguhnya					
Volume	Berat beton	Air	Semen	Agregat halus	Agregat kasar
1 m ³	2380 kg	211,8 ltr	365 kg	631,1 kg	1172,1 kg