

MIX DESIGN

Soal :

Rencanakan campuran beton untuk $f'c$ 30MPa pada umur 28 hari dengan data :

1. Agregat kasar yang dipakai : batu pecah (alami)
2. Agregat halus yang dipakai : pasir
3. Diameter agregat maksimum : 20 mm
4. Mutu semen yang di pakai : type I
5. Struktur yang akan dibuat : pondasi
6. Keadaan : tidak terlindung
7. Dari hasil penelitian didapat :

	Pasir	Kerikil
Berat Jenis (SSD)	2,558	2,623
Kadar air	2,354	1,700
Resapan	3,094	2,765
Berat Volume	1554,692	1458,155

8. Diketahui analisa saringan agregat sebagai berikut :

Agregat Halus				
Ayakan	Tertinggal		Komulatif	
Saringan no.	Gram	Prosentasi	Tinggal	Lolos
#9.5 (3/8 in)	0.000	0.000	0.000	100.000
#4.76 (no. 4)	40.000	4.100	4.100	95.900
#2.38 (no. 8)	94.500	9.687	13.788	86.212
#1.19 (no. 16)	188.000	19.272	33.060	66.940
#0.59 (no. 30)	276.000	28.293	61.353	38.647
#0.297 (no. 50)	272.000	27.883	89.236	10.764
#0.149 (no. 100)	65.000	6.663	95.900	4.100
#0.075 (no. 200)	35.000	3.588	99.487	0.513
Pan	5.000	0.000	0.000	0.000
Jumlah	975.500		396.925	
Modulus Kehalusan Pasir = 3.969				
Zona gradasi agregat halus = 2				

Agregat Kasar				
Ayakan	Tertinggal		Komulatif	
Saringan no.	Gram	Prosentasi	Tinggal	Lolos
#76.2 (3 in)	0.000	0.000	0.000	100.000
#63.2 (2.5 in)	0.000	0.000	0.000	100.000
#50.8 (2 in)	0.000	0.000	0.000	100.000
#38.1 (1.5 in)	0.000	0.000	0.000	100.000
#25.4 (1 in)	858.000	8.572	8.572	91.428
#19.1 (3/4 in)	4899.000	48.944	57.515	42.485
#12.7 (1/2 in)	3695.000	36.915	94.430	5.570
#9.5 (3/8 in)	477.000	4.765	99.196	0.804
#4.76 (no. 4)	80.500	0.804	100.000	0.000
Jumlah	10009.500		359.713	
Modulus Kehalusan Kerikil =		3.597		

Hitung bahan-bahan yang diperlukan untuk 1m³ campuran beton.

Penyelesaian :

Dari kebutuhan diatas, didapat batasan berikut :

- Beton yang masuk ke dalam tanah, mengalami keadaan basah-kering berganti-ganti, maka sesuai tabel-3 di dapat :
 - Faktor air semen maksimum = 0,55
 - Jumlah semen minimum per m³ beton = 325 kg

Tabel-3

Persyaratan fas dan Jumlah Semen minimum untuk berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen minimum 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 ruang bangunan :		
a. tidak terlindung oleh hujan dan terik matahari langsung	325	0.60
b. terlindung oleh hujan dan terik matahari langsung	275	0.60
Beton yang masuk ke dalam tanah :		
a. mengalami keadaan basah-kering berganti-ganti	325	0.55
b. mendapat pengaruh sifat dan alkali dari tanah	375	Lihat tabel 5
Beton yang kontinyu berhubungan :		
a. Air tawar	275	Lihat tabel 6
b. Air laut	375	

- Pemilihan besar standar deviasi = 7 MPa, yang di dapat dari percobaan benda uji sebelumnya di lokasi konstruksi yang sama dengan metode dan bahan yang sama.
- Pemilihan besar slump : sesuai tabel-7 untuk elemen struktur pondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur bawah tanah, diambil slump antara minimum 2,5 s/d maksimum 9 mm, maka diambil nilai rentang slump : 30 – 60 mm

Tabel-7 Penetapan Nilai Slump

Pemakaian Beton	Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, Pelat Pondasi dan Pondasi Telapak Bertulang	12,5	5,0
Pondasi Telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur 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

Penjelasan pengisian Daftar Isian (Formulir) :

1. Kuat tekan karakteristik sudah ditetapkan 30 MPa untuk umur 28 hari.
2. Deviasi standar diketahui dari besarnya jumlah (volume) campuran beton yang akan dibuat, dalam hal ini dianggap untuk pembuatan 1000 m³ beton sehingga nilai $S = 7 \text{ N/mm}^2 = 7 \text{ MPa}$ (Tabel 4.5.1. PBI 1971) atau tergantung dari control yang ditetapkan tabel-8.

Tabel-8 Mutu Pelaksanaan, Volume Adukan dan Deviasi Standar

Volume pekerjaan		Deviasi Standart sd (MPa)		
Sebutan	volume beton (m ³)	Mutu Pekerjaan		
		baik sekali	baik	dapat diterima
Kecil	< 1000	$4.5 < s \leq 5.5$	$5.5 < s \leq 6.5$	$6.5 < s \leq 8.5$
Sedang	1000-3000	$3.5 < s \leq 4.5$	$4.5 < s \leq 5.5$	$5.5 < s \leq 7.5$
Besar	> 3000	$2.5 < s \leq 3.5$	$3.5 < s \leq 4.5$	$4.5 < s \leq 6.5$

3. Nilai tambah kuat tekan = $1,64 \times 7 = 11,48 \text{ MPa}$
4. $f_{cr} = 30 + 11,48 = 41,48 \text{ MPa}$
5. Jenis semen ditetapkan tipe I
6. Jenis agregat diketahui :
 - Agregat halus (pasir) alama (pasir kali)
 - Agregat kasar berupa batu pecah (kerikil)
7. Faktor air semen bebas :

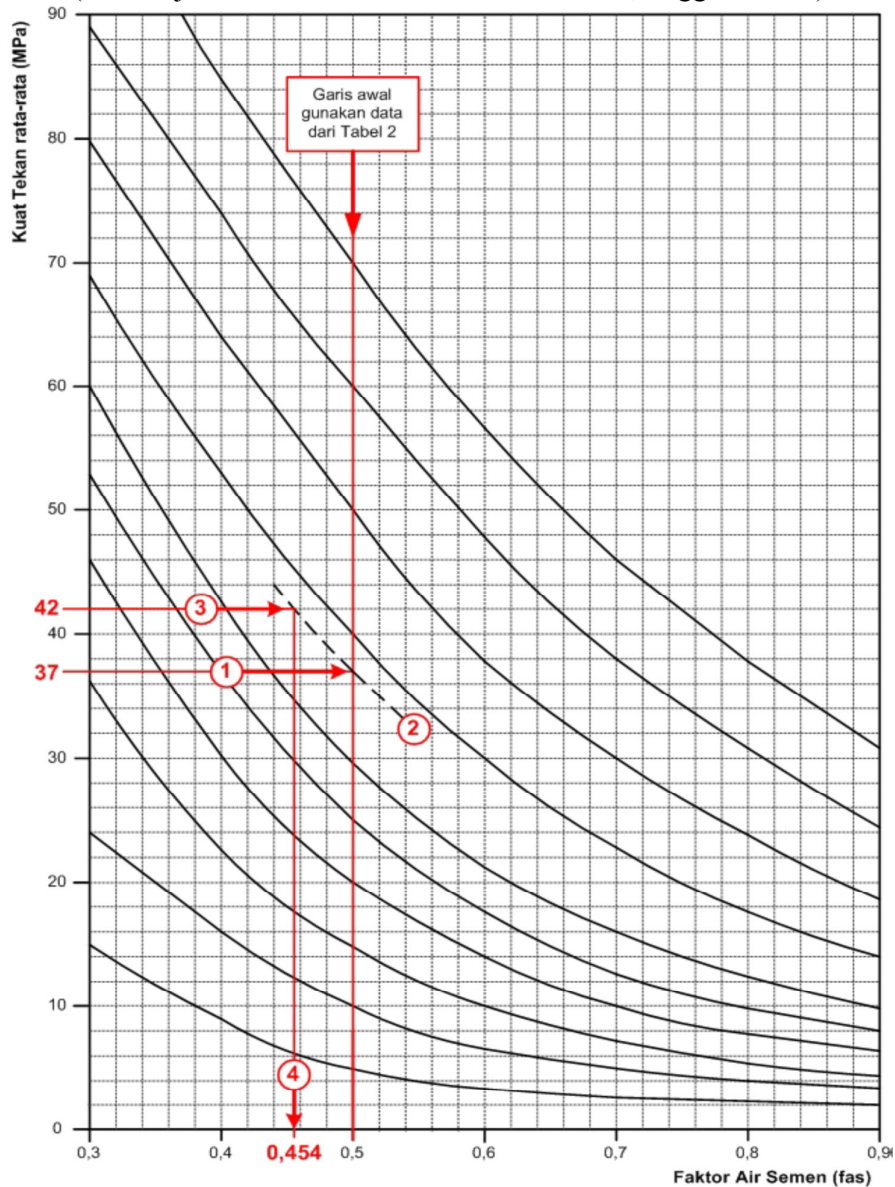
Dari tabel-2 diketahui untuk agregat kasar batu pecah (kerikil) dan semen tipe I dengan bentuk benda uji adalah silinder, maka kekuatan tekan umur 28 hari yang diharapkan dengan faktor air semen 0,50 adalah $370 \text{ kg/m}^2 (=37 \text{ N/mm}^2)$.

Tabel-2 Perkiraan Kuat Tekan Beton (MPa) dengan fas = 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat tekan pada umur (hari)				Bentuk benda uji
		3	7	28	91	
Semen Portland tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
Semen Tahan Sulfat tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	23	32	45	54	
Semen Portland 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	

Gambar-2

Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas)
(benda uji berbentuk silinder diameter 150mm, tinggi 300mm)



Harga ini dipakai untuk membuat kurva yang harus diikuti menurut gambar-2 dalam usaha untuk mencari faktor air semen untuk beton yang dirancang dengan cara sebagai berikut :

- a. Dari tabel2, didapat prakiraan kuat tekan benda uji berbentuk silinder adalah : 37 MPa.
 - b. Lihat grafik- untuk benda uji silinder atau grafik-2 untuk benda uji kubus.
 - c. Tarik garis tegak lurus ke atas melalui factor air semen 0,5 sampai memotong ordinat kuat tekan beton pada poin (a) di atas, sehingga di dapat koordinat $(f_{cr}, f'_{cr}) = (0.5, 37)$
 - d. Tarik garis lengkung melalui koordinat tersebut membentuk kurva yang proposional terhadap kurva lengkung dibawah dan diatasnya.
 - e. Tarik garis mendatar melalui kuat tekan f_{cr} (41,48 MPa) sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada poin (d) diatas.
 - f. Tarik garis lurus kebawah dari perpotongan tersebut untuk mnedapatkan harga factor air semen yang diperlukan, yaitu : 0,454
8. Faktor air semen maksimum, dalam hal ini ditetapkan 0,55 sesuai tabel-3. Bila faktor air semen yang diperoleh dari poin (7) diatas tidak sama dengan faktor air semen yang maksimum, maka diambil faktor air semen yang lebih kecil.

Tabel-3

Persyaratan fas dan Jumlah Semen minimum untuk berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen minimum 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 ruang bangunan :		
a. tidak terlindung oleh hujan dan terik matahari langsung	325	0.60
b. terlindung oleh hujan dan terik matahari langsung	275	0.60
Beton yang masuk ke dalam tanah :		
a. mengalami keadaan basah-kering berganti-ganti	325	0.55
b. mendapat pengaruh sifat dan alkali dari tanah	375	Lihat tabel 5
Beton yang kontinyu berhubungan :		
a. Air tawar	275	Lihat tabel 6
b. Air laut	375	

9. Slump ditetapkan setinggi : 30 – 60 mm (sesuai tabel-7)

Tabel-7 Penetapan Nilai Slump

Pemakaian Beton	Slump (cm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, Pelat Pondasi dan Pondasi Telapak Bertulang	12,5	5,0
Pondasi Telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur 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

10. Ukuran agregat maksimum ditetapkan 20 mm (dilihat dari ukuran butiran maksimum pada analisa gradasi ayakan).

11. Kadar air bebas

Untuk mendapatkan nilai kadar air bebas, periksalah tabel-6 yang dibuat untuk agregat gabungan alami yang berupa batu pecah.

Untuk agregat gabungan yang berupa campuran antara pasir alami dan kerikil (batu pecah) maka kadar air bebas harus diperhitungkan antara 180 – 210 kg/m³ (kalau nilai slump antara 30 – 60 mm dan ukuran agregat maksimum 20 mm), memakai rumus :

$$Kadar\ air\ bebas = \frac{2}{3}W_h + \frac{1}{3}W_k = \frac{2}{3}185 + \frac{1}{3}210 = 194\ kg/m^3$$

Tabel-6 Perkiraan Kebutuhan Air per-meter kubik Beton

Ukuran maks. Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (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

12. Kadar semen : $194 / 0,454 = 425,844\ kg/m^3$.

13. Kadar semen maksimum : tidak ditentukan, jadi dapat diabaikan.

14. Kadar semen minimum : ditetapkan 325 kg/m³ (berdasar tabel-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 karena syarat minimum kadar semen sudah dipenuhi.

16. Susunan butir agregat halus : dari hasil analisa ayakan di dapat bahwa pasir berada pada zona 2.

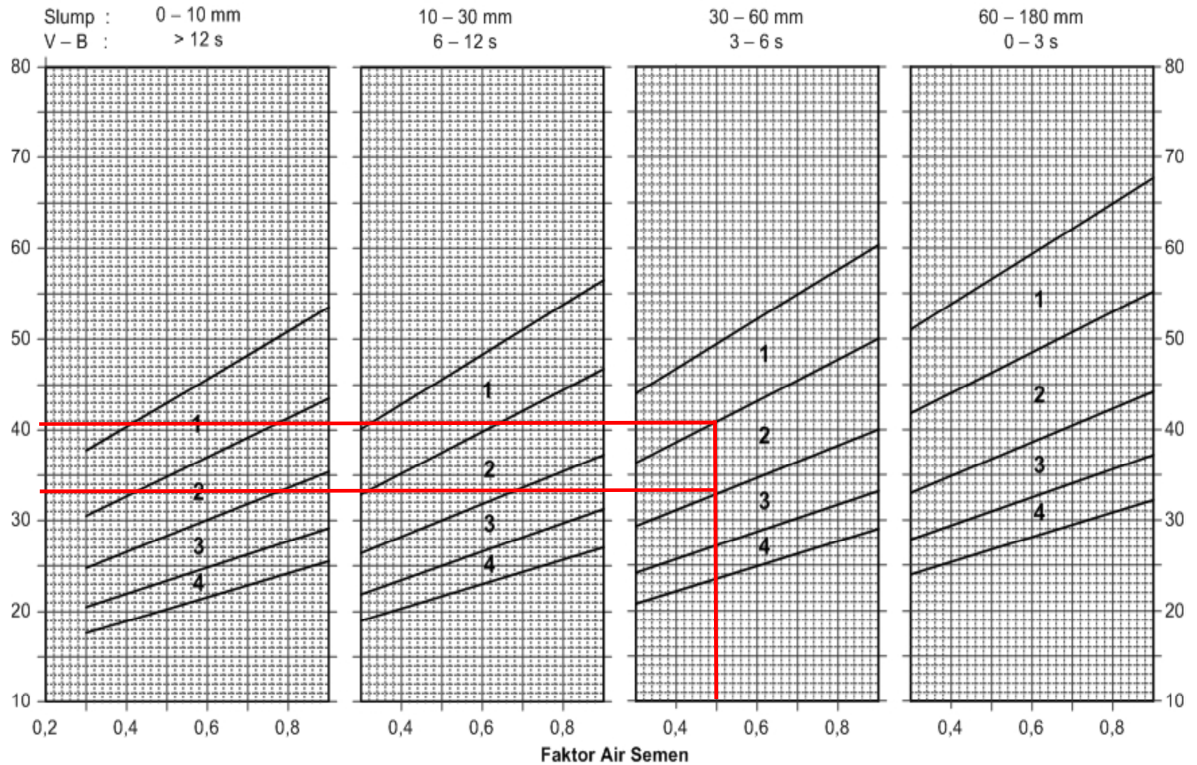
17. Prosentase agregat pasir (bahan yang lebih halus dari 4,8 mm) : dicapai dalam gambar 13 – 15 atau grafik 14 untuk kelompok ukuran butir agregat maksimum 20 mm pada nilai slump 30 – 60 mm dan nilai faktor air semen 0,454.

Bagi agregat halus (pasir) yang termasuk daerah susuna butir no 2 diperoleh harga antara 33 – 41.

Nilai yang dipakai dapat diambil antar kedua nilai ini (biasanya nilai rata-rata).

Dalam hal ini diambil nilai 35%

Grafik-14 Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm



18. Berat jenis relatif agregat : ini adalah berat jenis agregat gabungan, artinya gabungan agregat halus dan agregat kasar.

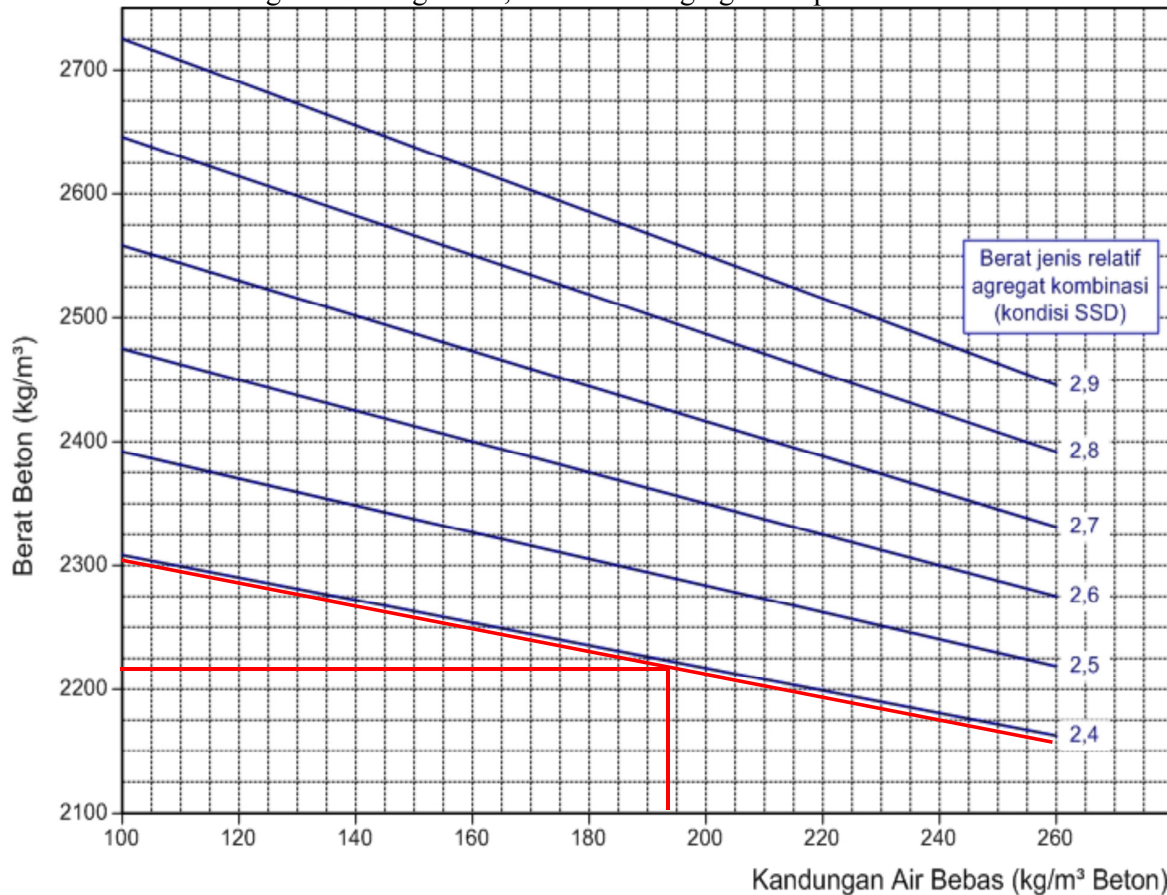
$$\text{BJ agregat halus} = 2,558$$

$$\text{BJ agregat kasar} = 2,623$$

$$\text{BJ agregat gabungan halus dan kasar} = (0,35 \times 2,558) + (0,55 \times 2,623) = 2,338$$

19. Berat jenis beton : diperoleh dari grafik 16 dengan jalan membuat grafik linier baru yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan yaitu 2,338. Titik potong grafik baru ini sesuai dengan garis tegak lurus yang menunjukkan kadar air bebas (dalam hal ini 194 kg/m³). Menunjukkan nilai berta jenis beton yang dirancang, diperoleh angka 2220 kg/m³.

Grafik-16 Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat campuran dan Berat Isi Beton



20. Kadar agregat gabungan adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air = $2220 - 194 - 425,844 = 1600,156 \text{ kg/m}^3$

21. Kadar agregat halus = $0,35 \times 1600,156 = 560,055 \text{ kg/m}^3$

22. Kadar agregat kasar = $1600,156 - 560,055 = 1040,101 \text{ kg/m}^3$

Kebutuhan teoritis semen = 425,844

Kebutuhan teoritis air = 194,000

Kebutuhan teoritis pasir = 560,055

Kebutuhan teoritis kerikil = 1040,101

Rasio proporsi teoritis (dalam berat) = semen : air : pasir : kerikil

1,000 : 0,456 : 1,315 : 2,442

Kebutuhan aktual semen = 425,844

Kebutuhan aktual air = 196,321

Kebutuhan aktual pasir = 557,734

Kebutuhan aktual kerikil = 1040,101

Rasio proporsi aktual (dalam berat) = semen : air : pasir : kerikil
 1,000 : 0,461 : 1,309 : 2,442

Rasio proporsi aktual (dalam volume) = semen : air : pasir : kerikil
 1,000 : 0,646 : 1,180 : 2,346

Perhitungan kebutuhan untuk campuran uji :

- Semen = $0,05 \times 349 = 17,45$ kg
- Air = $0,05 \times 205 = 10,25$ kg
- Pasir = $0,05 \times 715 = 35,75$ kg
- Kerikil = $0,05 \times 1073 = 53,65$ kg

DAFTAR ISIAN (FORMULIR) PERENCANAAN CAMPURAN BETON

No.	Uraian	Tabel/grafik perhitungan	Nilai
1	Kuat tekan yang disyaratkan (28 hari, 5%)	Ditetapkan	30 Mpa pada 28 hari, Bagian tak memenuhi syarat 5% (k=1,64)
2	Deviasi standar	Diketahui	7 Mpa
3	Nilai tambah (margin)	Diketahui	$1,64 \times 7 = 11,480$ Mpa
4	Kuat Tekan rata-rata target	(1) + (3)	$30 + 11,48 = 41,480$ Mpa
5	Jenis semen	Ditetapkan	Tipe I
6	Jenis Agregat Kasar Jenis Agregat Halus	Ditetapkan Ditetapkan	Batu pecah Alami
7	Faktor air semen bebas	tabel-2, grafik-1	0,454 (silinder)
8	Faktor air semen maksimum	Ditetapkan	0,55
9	Slump	Ditetapkan	30 - 60 mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	20 mm
11	Kadar air bebas	Tabel-3	194 kg/m^3
12	Kadar semen	(11) / (8)	$425,844 \text{ kg/m}^3$
13	Kadar semen maksimum	Ditetapkan	- kg/M3
14	Kadar semen minimum	Ditetapkan	325 kg/m^3
15	Faktor air semen penyesuaian	-	-
16	Gradasi agregat halus	Grafik-3 s/d 6	zona 2
17	Gradasi agregat kasar atau gabungan	Tabel-7, grafik-7 s/d 12	
18	Persen agregat halus	Grafik-13 s/d 15	35%
19	Berat jenis relatif (ssd)	Diketahui	$2,338 \text{ kg/m}^3$
20	Berat isi beton	Grafik 13	2220 kg/m^3
21	Kadar agregat gabungan	(20) - (12) - (11)	$1600,156 \text{ kg/m}^3$
22	Kadar agregat halus	(18) x (21)	$560,055 \text{ kg/m}^3$
23	Kadar agregat kasar	(21) - (22)	$1040,101 \text{ kg/m}^3$

Banyaknya bahan (teoritis)	Semen kg	Air kg (lt)	Agregat Halus kg	Agregat Kasar kg
- Tiap m ³ dengan ketelitian 5 kg (teoritis)	426	194	560	1040
- Tiap campuran uji 0,05 m ³	21.30	9.70	28.00	52.00
- Tiap m ³ dengan ketelitian 5 kg (aktual)	426	194	560	1040
- Tiap campuran uji 0,05 m ³	21.30	9.70	28.00	52.00
- Proporsi (teoritis)	1	0.455	1.315	2.441
- Proporsi (aktual)	1	0.455	1.315	2.441

Perhitungan kebutuhan aktual tiap m³ :

Kondisi ideal dari agregat adalah kondisi jenuh kering permukaan (ssd), dimana kondisi actual agregat biasanya tidak memenuhi syarat tersebut. Karenanya angka-angka teoritis diatas harus dikoreksi terhadap resapan, kadar air dan temperature saat pengecoran.

Jumlah air yang terdapat dalam :

- Kerikil = $(2,765 - 1,700) / 100 \times 1040 = 11,076$ kg

Sedangkan kebutuhan air yang diperlukan pasir untuk memenuhi kapasitas penyerapannya :

- Pasir = $(3,093 - 2,354) / 100 \times 560 = 4,138$ kg

Dengan demikian susunan campuran aktual untuk tiap m³ beton :

- Semen = 426 kg
- Pasir = 560 - 4,138 = 555,862 kg
- Kerikil = 1040 + 11,076 = 1051,076 kg
- Air = 194 + 4,138 - 11,076 = 187,062 kg

Cek jumlah campuran dalam berat :

Sebelum koreksi = Sesudah koreksi
 426 + 194 + 560 + 1040 = 426 + 187 + 556 + 1051
 2220 = 2220

Perhitungan susunan campuran beton dalam volume :

- Volume semen = berat / berat volume semen = $426 / 1400 = 0,304$
- Volume pasir = $556 / 1554,692 = 0,358$
- Volume kerikil = $1051 / 1458,155 = 0,721$
- Volume air = $187 / 1000 = 0,187$

Sehingga perbandingan / proporsi campuran dalam volume :

Semen : Air : Pasir : Kerikil
 1 : 0,615 : 1,178 : 2,372