

4. Perhitungan Proporsi Campuran menurut SNI 03-2834-2000

- Pemilihan proporsi campuran beton harus ditentukan berdasarkan hubungan antara **Kuat Tekan Beton dan Faktor Air Semen (fas)**
- Perhitungan perencanaan campuran beton harus didasarkan pada **data sifat-sifat bahan yang digunakan**
- Bila pada bagian pekerjaan konstruksi yang berbeda akan digunakan bahan yang berbeda, maka proporsi campuran yang akan digunakan harus direncanakan secara terpisah
- Susunan campuran beton yang diperoleh dari perhitungan perencanaan campuran harus dibuktikan melalui campuran coba yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut memenuhi kekuatan beton yang disyaratkan. Bahan untuk campuran coba harus mewakili bahan yang akan digunakan pada campuran sebenarnya.

a. Kuat Tekan Beton

Tetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan f'_c , yaitu kuat tekan beton yang dipergunakan dalam analisa/perencanaan struktur.

Kemudian tetapkan kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (f'_{cr}), dihitung dengan menambahkan suatu nilai tambah (M) dari kuat tekan yang disyaratkan (f'_c)

Deviasi Standar (sd) yang didapat dari pengalaman dilapangan selama produksi beton menurut rumus :

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

sd : deviasi standar

x_i : kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji

\bar{x} : kuat tekan beton rata-rata

n : jumlah data/nilai hasil uji (minimum 30 buah)

Deviasi standar ditentukan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton dan volume adukan beton yang dibuat (tabel 1.b), makin baik mutu pelaksanaan maka makin kecil nilai deviasi standar. Penetapan nilai ini juga berdasarkan hasil pengalaman praktek

Nilai Tambah (M) dihitung menurut rumus **$M = 1,64 \cdot Sr$**

M : nilai tambah

1,64 : tetapan statistik yang nilainya tergantung pada prosentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5%.

sr : deviasi strandar rencana

k : faktor pengali deviasi standar

- Apabila dalam suatu produksi beton, hanya terdapat 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung berdasarkan data uji tersebut dengan faktor pengali (k) seperti tabel 1a.
- Sedang bila jumlah data hasil uji kurang dari 15, maka nilai tambah (M) diambil tidak kurang dari 12 MPa.

Kuat Tekan rata-rata yang ditargetkan : $f'_{cr} = f'_c + M$

Tabel 1a : Faktor Pengali (k) Deviasi Standar

Jumlah Data	≥ 30	25	20	15	< 15
Faktor Pengali	1,00	1,03	1,08	1,16	-

Tabel 1b : Mutu Pelaksanaan, Volume Adukan dan Deviasi Standar

Volume Pekerjaan		Deviasi Standar 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	$2,5 < s \leq 3,5$	$3,5 < s \leq 4,5$	$4,5 < s \leq 6,5$

Tabel 1c : Nilai Deviasi Standar untuk berbagai tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

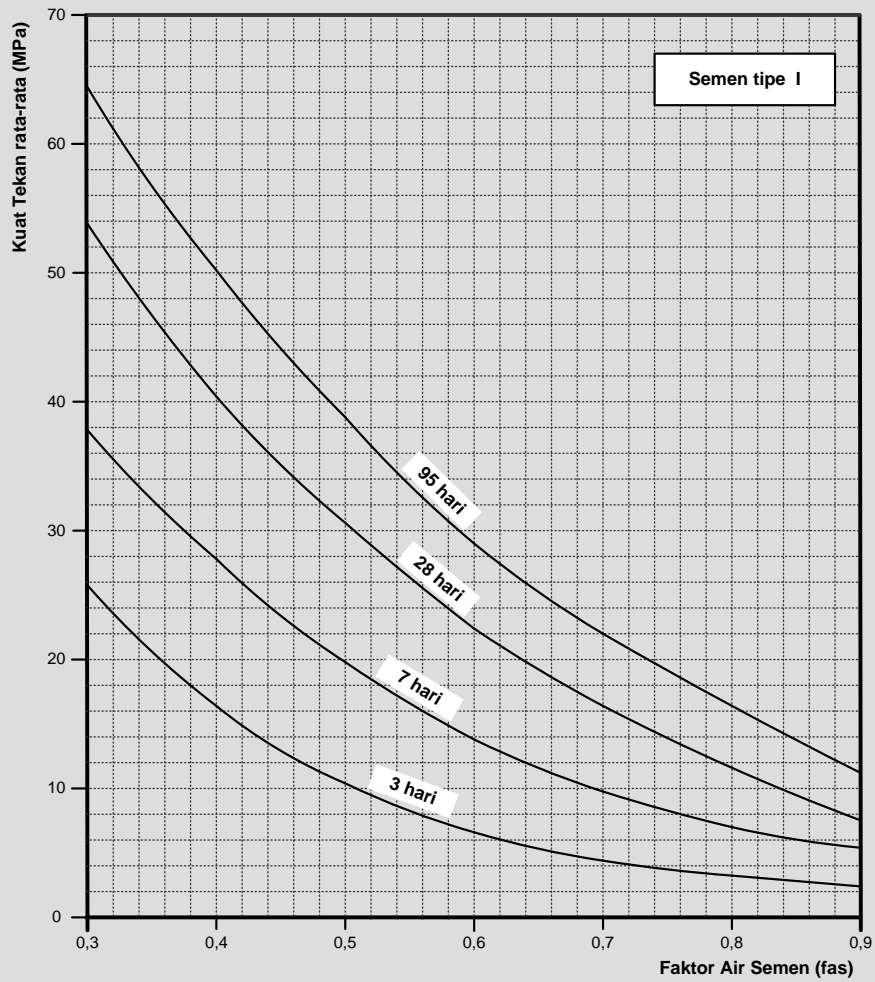
b. Faktor Air Semen (fas)

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

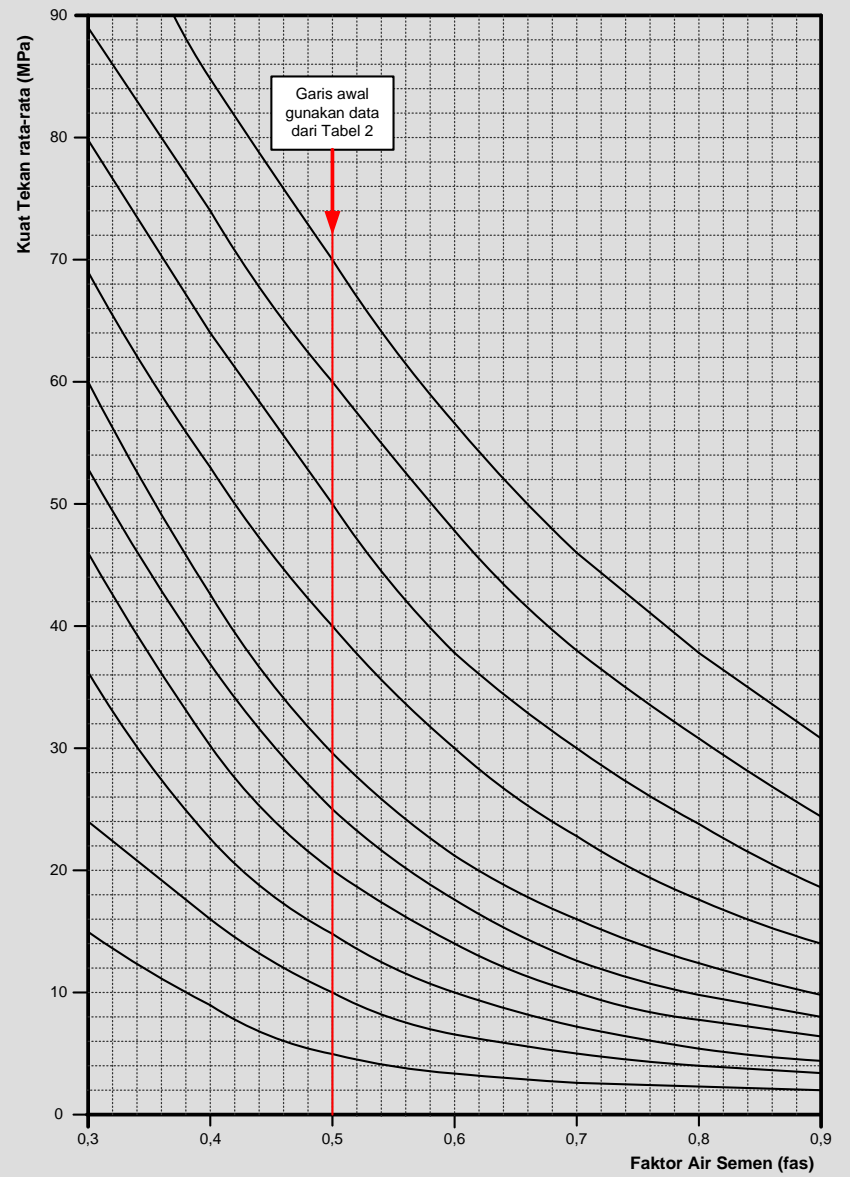
- hubungan kuat tekan f'_{cr} dengan fas yang diperoleh dari penelitian, bila tidak tersedia data hasil penelitian, maka dipergunakan **grafik 1** atau **tabel 2** dan **grafik 2** (baik benda uji silinder ataupun kubus)
- untuk lingkungan khusus, fas maksimum harus memenuhi SNI 03-1915-1992 tentang Beton Tahan Sulfat dan SNI 03-2914-1994 tentang Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air.

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

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kuat Tekan (MPa)				benda uji
		pada umur (hari)				
		3	7	28	91	
Semen Portland tipe I atau	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	



Grafik 1 : Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Aie Semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)



Grafik 2 : Hubungan antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen (fas) (benda uji berbentuk Kubus 150 x 150 x 150 mm)

Tabel 3 : Perkiraan Kebutuhan Air per-meter kubik Beton

Ukuran maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
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 fas dan Jumlah Semen minimum Untuk berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen minimum per-m ³ beton (kg)	Nilai fas 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	0,55
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		tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		tabel 6

Tabel 5 : fas maksimum untuk Beton yang berhubungan Air Tanah yang mengandung Sulfat

Kadar gang-guan Sulfat	Konsentrasi Sulfat		Sulfat (SO ₃) dalam air tanah (g/l)	Tipe Semen	Kandungan Semen minimum (kg/m ³)			f a s				
	Dalam Tanah				Ukuran Agregat maksimum (mm)							
	Total SO ₃ (%)	SO ₃ dalam campuran air : tanah = 2:1 (g/l)			40	20	10					
	1	< 0,2			< 1,0	< 0,3	tipe I dengan atau tanpa Puzolan (15-40%)		280	300	350	0,50
	2	0,2 - 0,5			1,0 - 1,9	0,3 - 1,2	tipe I dengan atau tanpa Puzolan (15-40%)		290	330	350	0,50
tipe I Puzolan (15-40%) atau Semen Portlant Puzolan			270	310			360	0,55				
tipe II atau tipe V			250	290			340	0,55				
tipe I Puzolan (15-40%) atau Semen Portlant Puzolan			340	380			430	0,45				
3	0,5 - 1,0	1,9 - 3,1	1,2 - 2,5	tipe II atau tipe V	290	330	380	0,50				
				tipe II atau tipe V	330	370	420	0,45				
4	1,0 - 2,0	3,1 - 5,6	2,5 - 5,0	tipe II atau tipe V dan lapisan pelindung	330	370	420	0,45				
5	> 2,0	> 5,6	> 5,0									

Tabel 6 : Ketentuan minimum untuk Beton Bertulang dalam Air

Jenis Beton	Kondisi Lingkungan yang berhubungan dengan	f a s maksimum	Tipe Semen	Kandungan Semen minimum (kg/m ³)	
				Ukuran maksimum Agregat (mm)	
				40	20
	air tawar	0,50	tipe V	280	300
Bertulang atau Prategang	air payau	0,45	tipe I + Puzolan (15-40%) atau Semen Portland Puzolan	340	380
	air laut	0,45	tipe II atau V	330	370

c. Slump

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan (tabel 7) agar diperoleh beton yang mudah dituangkan/dicor, dipadatkan dan diratakan.



Tabel 7 : Penetapan Nilai Slump

Pemakaian Beton	Nilai Slump (mm)	
	maksimum	minimum
dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	125	50
pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur di bawah tanah	90	25
pelat, balok, kolom dan dinding	150	75
pengerasan jalan	75	50
pembetonan masal	75	25

d. Besar Butir Agregat Maksimum

Ukuran butir agregat maksimum tidak boleh melebihi :

- $1/5$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan
- $1/3$ tebal pelat
- $3/4$ jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan

Selain itu, gradasi agregat yang digunakan (agregat halus dan agregat kasar) harus memenuhi persyaratan gradasi agregat untuk beton.

e. Kadar Air Bebas/Kebutuhan Air

Agregat tak dipecah atau agregat pecah (campuran), digunakan nilai-nilai pada tabel 3. Untuk agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung dengan menggunakan rumus

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

W_h : perkiraan jumlah air untuk agregat halus (tabel 3)

W_k : perkiraan jumlah air untuk agregat kasar (tabel 3)

f. Gradasi Agregat dan Proporsi Agregat Halus dan Agregat Kasar

Agregat yang dipergunakan merupakan campuran dari agregat halus dan agregat kasar dengan proporsi tertentu dan harus memenuhi persyaratan agregat untuk beton.

Gradasi agregat halus dikelompokkan dalam 4 daerah gradasi menurut kehalusan butir agregat halus (gambar 2.4 sd. 2.7), dan persyaratan **gradasi agregat kasar** tergantung dari ukuran butir maksimum yang dipergunakan (gambar 2.8, 2.9 dan 2.10).

Persyaratan **gradasi agregat gabungan** (agregat halus dan agregat kasar) tergantung ukuran butir maksimum (gambar 2.11 s.d 2.13).

Proporsi/prosentase agregat halus terhadap kadar total agregat dalam campuran beton dicari dengan menggunakan grafik 3, 4 dan 5, yang tergantung nilai slump, fas, daerah gradasi agregat halus/pasir dan ukuran butir maksimum agregat.

g. Berat Jenis Relatif Agregat

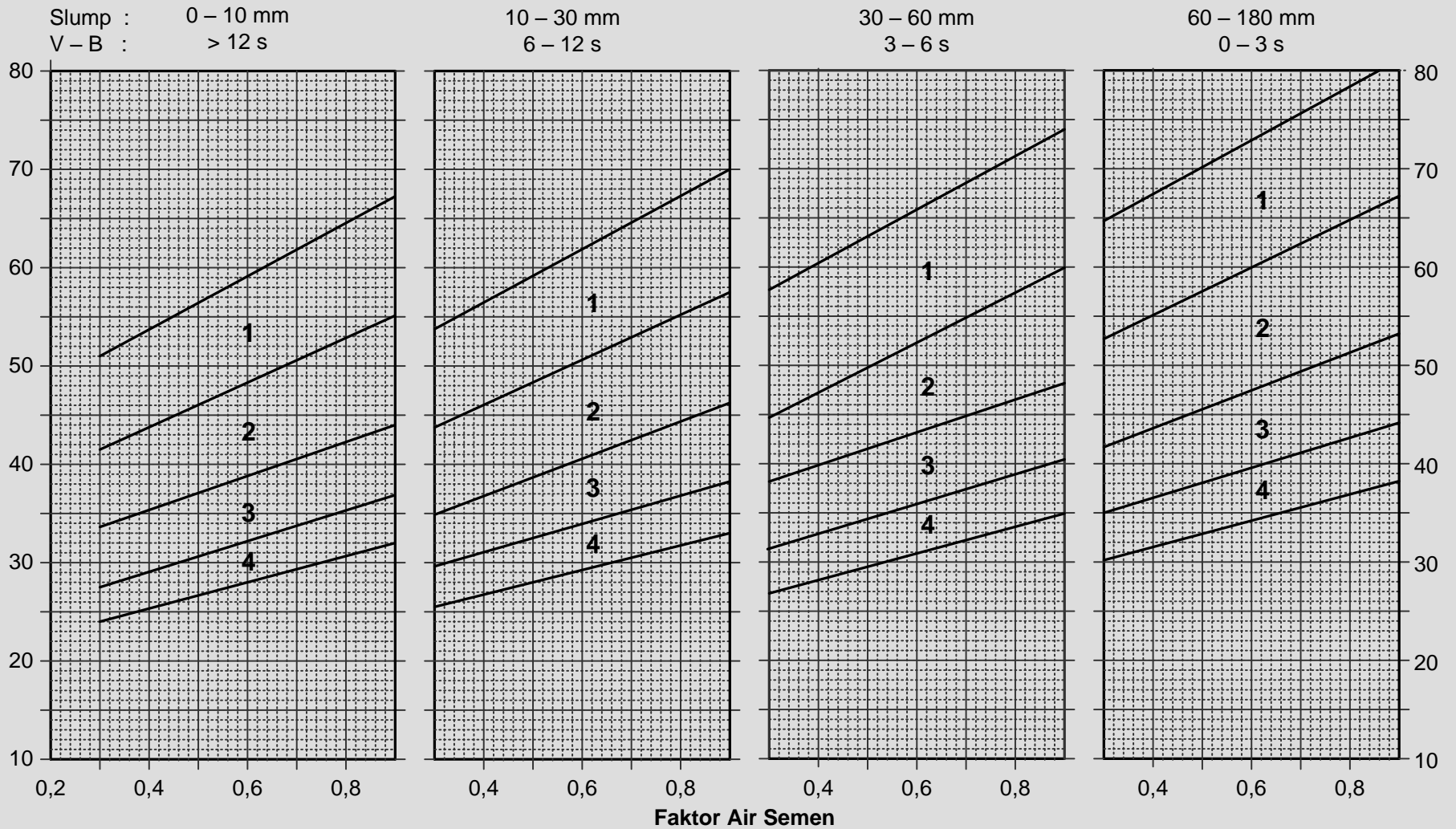
Berat jenis relatif agregat ditentukan sbb.

- Berdasarkan data hasil uji (agregat yang akan digunakan untuk campuran beton) atau bila tidak tersedia data tersebut, dapat digunakan nilai 2,5 untuk agregat tak dipecah dan 2,6 – 2,7 untuk agregat dipecah.
- Berat jenis agregat gabungan dihitung dengan rumus

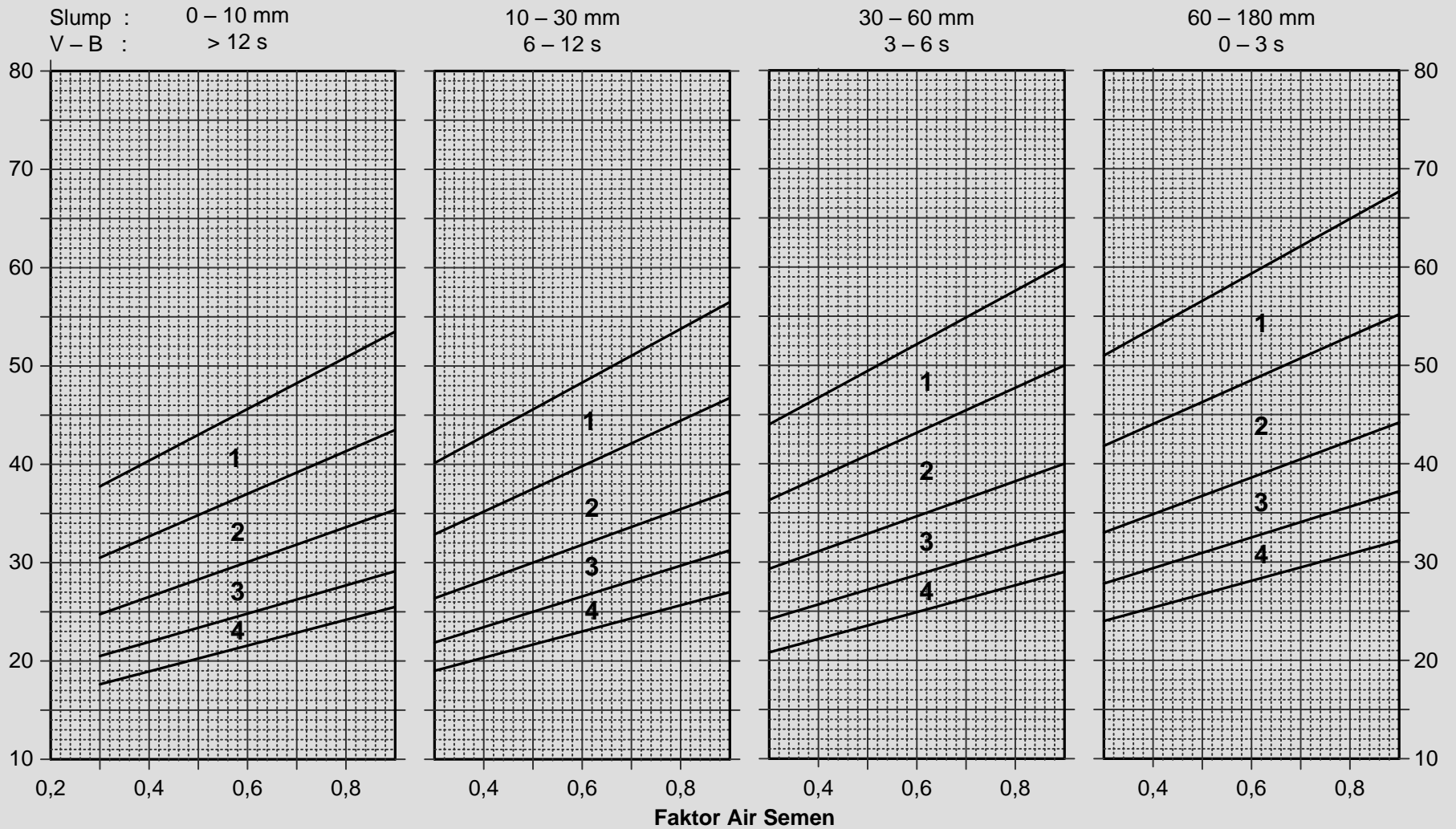
$$b_{\text{Jagr.gab}} = \frac{P}{100} \cdot b_{\text{Jagr.halus}} + \frac{K}{100} \cdot b_{\text{Jagr.kasar}}$$

$b_{\text{Jagr.halus}}$: b_j agregat halus ; P : prosentase agregat halus

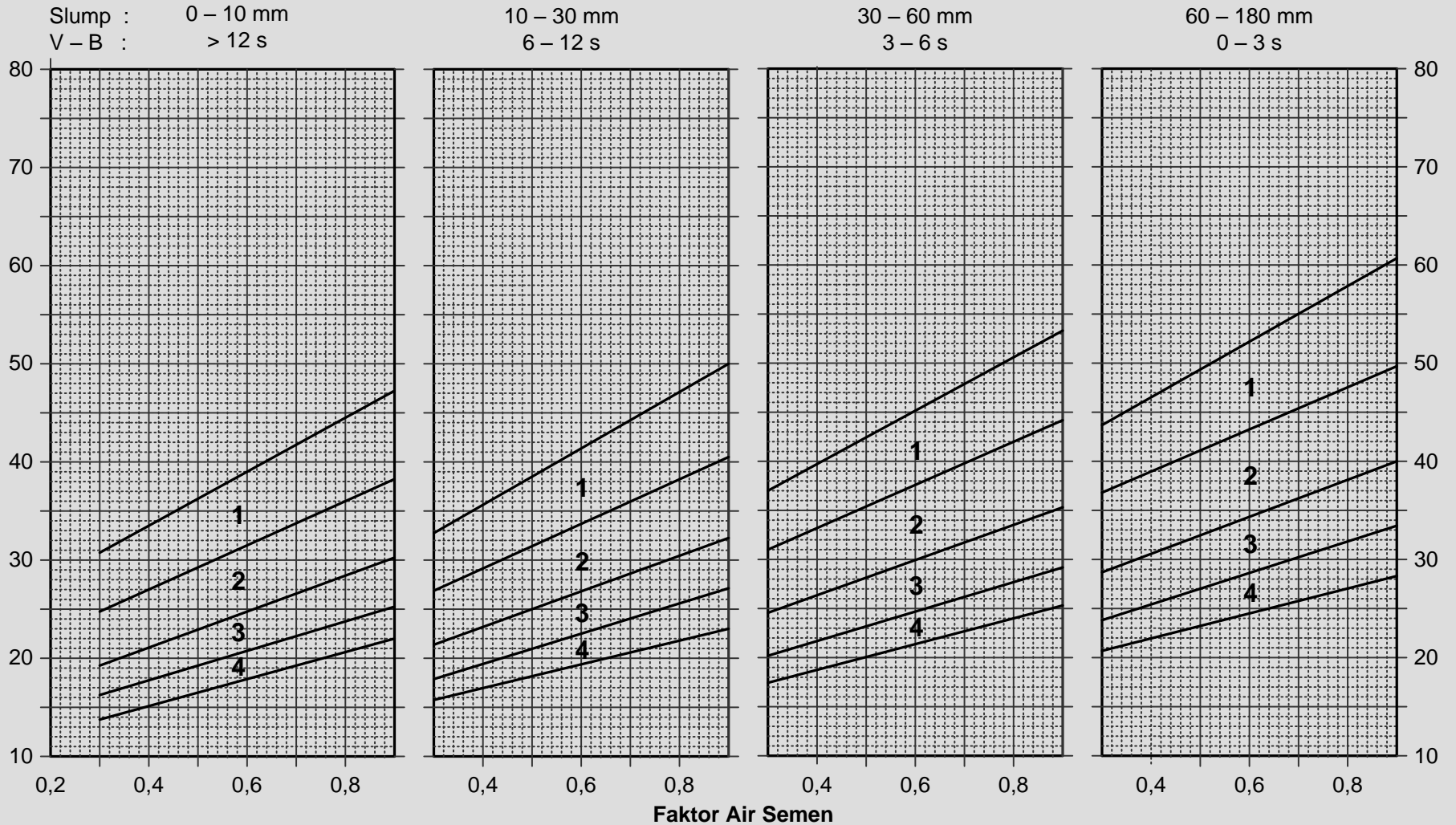
$b_{\text{Jagr.kasar}}$: b_j agregat kasar ; K : prosentase agregat kasar



Grafik 3 : Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan
Untuk ukuran butir maksimum 10 mm



Grafik 4 : Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan
Untuk ukuran butir maksimum 20 mm



Grafik 5 : Persen Pasir terhadap Kadar Total Agregat yang dianjurkan
Untuk ukuran butir maksimum 40 mm

h. Proposi Campuran Beton

Dari hasil perhitungan perencanaan campuran ini, kebutuhan semen, air, agregat halus/pasir dan agregat kasar/kerikil, harus di proporsikan dalam kg per-m³ adukan beton.

i. Koreksi Proporsi Campuran

Perencanaan campuran beton **didasarkan pada agregat dalam kondisi SSD**, sedangkan umumnya kondisi agregat tidak dalam keadaan SSD. Kandungan air agregat di lapangan dapat lebih kecil dari kondisi SSD (agregat lebih kering) yang menyebabkan air yang diberikan untuk campuran sebagian terserap agregat dan fas menjadi lebih kecil, atau dapat juga lebih besar dari kondisi SSD (agregat lebih basah) sehingga menambah air campuran dan fas menjadi lebih besar.

Karena itu untuk menjaga agar nilai fas tetap, harus dilakukan koreksi proporsi campuran yang disebabkan kandungan air pada agregat, dan koreksi paling sedikit dilaksanakan satu kali dalam sehari, dengan menggunakan rumus :

$$\text{Air} = \mathbf{A} - \left[\frac{\mathbf{A}_h - \mathbf{A}_1}{100} \cdot \mathbf{B} \right] - \left[\frac{\mathbf{A}_k - \mathbf{A}_2}{100} \right] \cdot \mathbf{C}$$

$$\text{Agregat Halus} = \mathbf{B} + \left[\frac{\mathbf{A}_h - \mathbf{A}_1}{100} \right] \cdot \mathbf{B}$$

$$\text{Agregat Kasar} = \mathbf{B} + \left[\frac{\mathbf{A}_h - \mathbf{A}_2}{100} \right] \cdot \mathbf{C}$$

A : jumlah kebutuhan air (liter/m³)

B : jumlah kebutuhan agregat halus (kg/m³)

C : jumlah kebutuhan agregat kasar (kg/m³)

A_h : kadar air sesungguhnya dalam agregat halus (%)

A_k : kadar air sesungguhnya dalam agregat kasar (%)

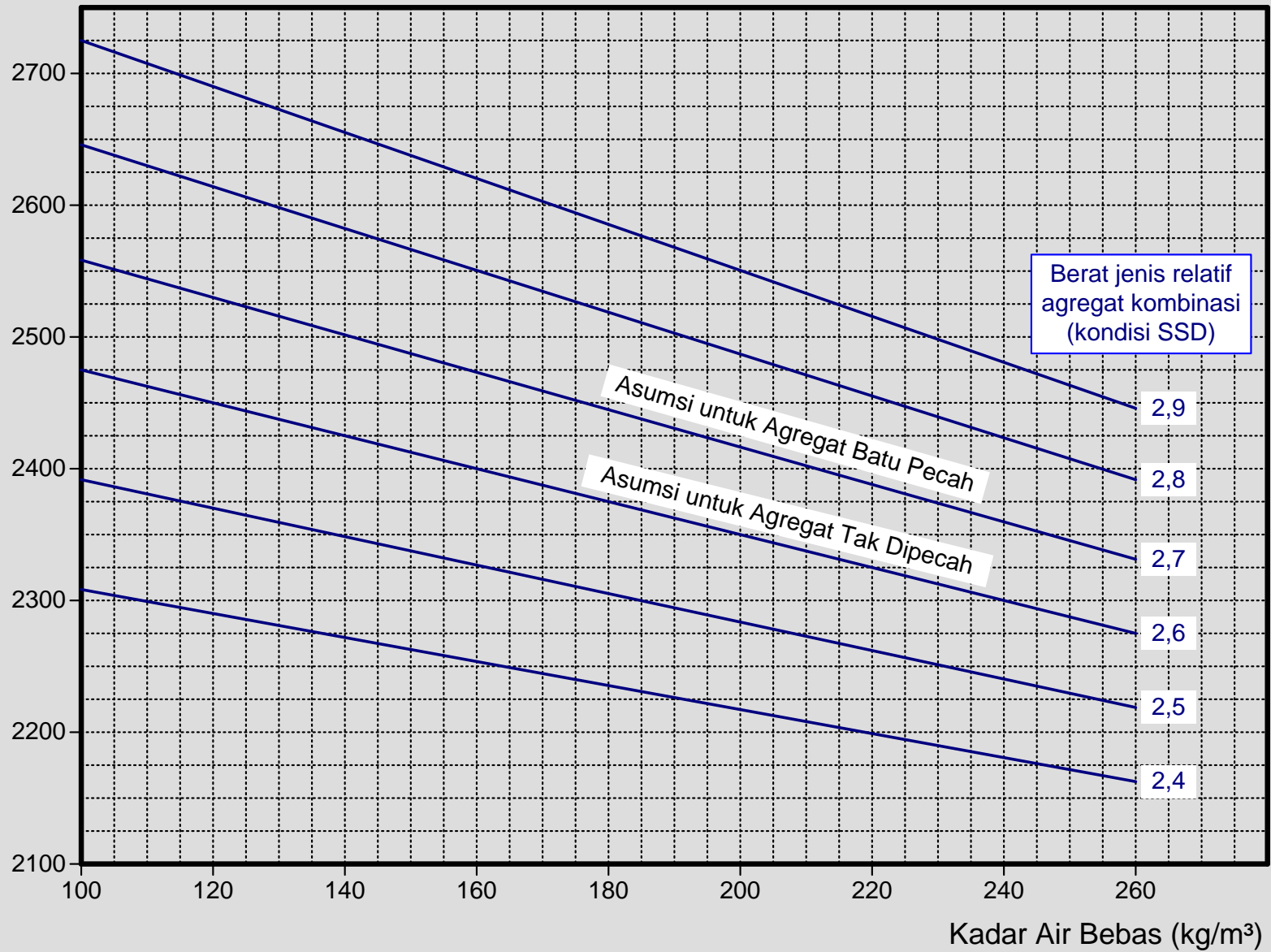
A₁ : kadar air dalam agregat halus kondisi SSD (%)

A₂ : kadar air dalam agregat kasar kondisi SSD (%)



j. Berat Isi Beton

Berat isi beton dipengaruhi oleh berat jenis agregat gabungan (agregat halus dan agregat kasar) dan kadar air bebas. Berat isi beton dapat diperoleh dengan menggunakan grafik 6.



Grafik 6 : Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang telah selesai dipadatkan