

## BAB II TEKNIS PELAKSANAAN

### 2.1. UMUM

Kualitas pelaksanaan pekerjaan beton yang lebih baik, terutama pada bangunan atas, akan berarti mengurangi pemeliharaan dan perbaikan beton pada tahun-tahun permulaan umur jembatan.

Bab ini mencakup produksi beton dari bahan dasar dengan menggunakan desain campuran yang sesuai, dan pengangkutan adonan beton ke lokasi pekerjaan.

### 2.2. DESAIN CAMPURAN

Campuran beton harus direncanakan untuk mendapatkan kombinasi yang paling ekonomis dan praktis dari material yang tersedia agar dapat menghasilkan kemampuan pengerjaan (*workability*) yang baik dalam pembuatan beton baru, dan memenuhi sifat-sifat yang disyaratkan pada beton.

Proses merencana campuran beton dimulai dari dipelajarinya Spesifikasi Teknik hingga pelaksanaan produksi beton dengan kualitas yang disyaratkan pada pekerjaan.

Semua cara desain campuran, meskipun dalam batas tertentu tergantung pada pertimbangan teoritis, namun berasal dari informasi empiris. Semua desain campuran pada dasarnya mengikuti prosedur yang sama meskipun kelihatan rumit atau berbeda. Tanpa melihat cara yang dipergunakan, campuran percobaan yang pertama biasanya akan memerlukan beberapa modifikasi.

Ada sejumlah cara berbeda yang digunakan untuk desain campuran. Kebanyakan dari cara-cara tersebut serupa dan menghasilkan beton yang memuaskan.

#### 2.2.1 Metode Desain

Bab ini merinci suatu cara untuk mendesain campuran beton. Sejumlah istilah yang digunakan didefinisikan di bawah ini.

*Kekuatan Karakteristik* dari berbagai kelas beton, sesuai dengan Peraturan Beton bertulang Indonesia (PBI 71), didefinisikan sebagai kekuatan di mana hanya 5 persen dari benda uji yang ada gagal, untuk minimum 20 buah benda uji yang diperiksa.

Campuran beton didesain untuk *kekuatan rencana (target)* yang melebihi kekuatan karakteristik yang disyaratkan. Kekuatan rencana dipilih dengan mempertimbangkan derajat pengendalian mutu yang dapat diharapkan oleh Kontraktor terhadap material dan penanganan beton di lapangan.

Untuk beton yang dirawat basah kekuatan rencana tidak akan kurang dari T,

dimana:  $F_c' = T - 1.64 s$

$F_c'$  adalah kekuatan karakteristik yang disyaratkan pada umur 28 hari, dan  $S$  adalah deviasi standar seperti terdefinisi di bawah ini.

Untuk cara perawatan lain, Kontraktor harus menyerahkan cara perhitungan dari  $T$ .

*Kekuatan rata-rata* adalah kekuatan tekan rata-rata dari sejumlah hasil pengujian.

*Deviasi standar* adalah ukuran statistik dari spread atau scatter dari hasil pengujian tunggal dari nilai mean atau rata-rata. Sejumlah pengujian kekuatan tekan dilakukan pada waktu pelaksanaan berlangsung dan dihitung kekuatan rata-rata dan deviasi standar.

Rumus yang sesuai untuk perhitungan deviasi standar adalah:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{b=1}^N (\sigma_b - \sigma_{bm})^2}{N-1}} \quad \text{dan}$$

$$\sigma_{bm} = \frac{\sum_{b=1}^N \sigma_b}{N}$$

dimana:  $s$  = deviasi standar

$\sigma_b$  = Kekuatan tekan beton dari masing-masing benda uji

$\sigma_{bm}$  = Kekuatan tekan beton rata-rata dari benda uji

$N$  = Jumlah seluruh benda uji

$N$  harus lebih besar dari 10, untuk ketepatan statistik:

Rumus di atas diambil dari Peraturan Beton Bertulang Indonesia N.I-2 1971.

Dengan tidak adanya data pengujian terdahulu maka harus dibuat perkiraan mengenai deviasi standar.

Untuk kelas beton dengan Kekuatan Karakteristik kurang dari atau sama dengan 35 MPa (350 kg/cm<sup>2</sup>) deviasi standar perkiraan dari kekuatan tekan beton yang dihasilkan tidak boleh kurang dari 3,5 MPa (35 kg /cm<sup>2</sup>) maupun lebih dari 7,5 MPa (75 kg /cm<sup>2</sup>). Untuk kelas beton dengan Kekuatan Karakteristik diatas 35 MPa (350 kg /cm<sup>2</sup>) deviasi standar perkiraan dari kekuatan tekan beton yang dihasilkan tidak boleh kurang dari 2,5 MPa (25 kg /cm<sup>2</sup>) maupun lebih dari 5.0 MPa (50 kg/cm<sup>2</sup>).

Kontraktor mengusulkan kekuatan rencana untuk mendapat persetujuan Engineer. Deviasi standar diperkirakan untuk batch plant beton yang digunakan dan harus memperhitungkan variasi dalam material, batching, pengadukan, pengambilan contoh dan operasi

pengiriman. Kekuatan rencana yang diusulkan memperhitungkan bahwa kekuatan tekan minimum karakteristik beton didasarkan atas pengujian contoh-contoh yang diambil pada titik pemakaian. Tabel 2.1 berikut dapat digunakan sebagai pedoman awal untuk penentuan deviasi standar perkiraan.

**Tabel 2.1 - Perkiraan Awal Dari Deviasi Standar**

Pekerjaan	Standar Pengawasan	Perkiraan Standar Deviasi (MPa) [kg/cm <sup>2</sup> ]		Batas dimana target harus melampaui kekuatan yang disyaratkan (Mpa) [kg/cm <sup>2</sup> ]	
		$T_{bk} < 35$ (Mpa) (350 kg/cm <sup>2</sup> )	$T_{bk} > 35$ (Mpa) (350 kg/cm <sup>2</sup> )	$T_{bk} < 35$ (MPa) (350 kg/cm <sup>2</sup> )	$T_{bk} > 35$ (MPa) (350 kg/cm <sup>2</sup> )
<i>Batching berdasarkan berat untuk semua bahan dengan mempertimbangkan kelembaban agregat dan pemeriksaan slump, keseragaman bahan, metode yang baik pada pengiriman dan pengecoran serta sepenuhnya bebas dari kontaminasi dari beton, pengawasan yang tetap.</i>	<i>Sempurna (automated control)</i>	3.5 - 4.5 [35-45]	2.5 - 3.5 [25-35]	6.0- 7.5 [60-75]	4.0-6.0 [40-60]
<i>Batching berdasarkan berat untuk semua bahan, pemeriksaan slump, kadang-kadang perubahan dalam produksi dan slump, metode yang baik pada pengiriman dan pengecoran serta pengawasan yang teratur.</i>	<i>Sangat Baik</i>	4.5-5.5 [45-55]	2.5 - 5.0 [35-50]	7.5-9.0 [75-90]	6.0-8.0 [60-80]
<i>Batching berdasarkan berat untuk semua bahan atau batching berdasarkan volume batch dari agregat ditambah kelembaban bahan curah yang diperbolehkan, pengawasan yang teratur untuk pencampuran dan pengecoran beton.</i>	<i>Cukup</i>	5.5- 7.5 [55-75]	<i>Not Applicable</i>	9.0- 12.0 [90-120]	<i>Not Applicable</i>

### 2.2.1.1. Prosedur Desain

Cara desain yang dipilih untuk disajikan dalam Buku ini berdasarkan pada sistem Inggris. Sistem ini dipilih karena kesesuaiannya terhadap berbagai jenis agregat dan karena mudahnya untuk dipakai.

Gambar 2.1 adalah formulir yang dapat dipakai untuk campuran desain dan langkah-langkah berikut dari cara desain. Formulir ini akan menjadi rujukan untuk bab-bab berikut di mana cara ini dijelaskan. Referensi terhadap formulir ini akan dilakukan dengan menyebutkan nomor Item yang ditunjukkan pada kolom sebelah kiri dari Gambar 2.1 .

Kekuatan Karakteristik (Item 1.1.) dan Deviasi standar (Item 1.2.) dipilih sebagaimana telah dibahas terdahulu.

### FORMULIR DESAIN CAMPURAN BETON

NO	ITEM	REFERENSI ATAU PERHITUNGAN	NILAI-NILAI			
1.1	<i>Kekuatan Karakteristik</i>	<i>Ditentukan</i>	_____	Kg/cm <sup>2</sup> pada _____	_____	hari
				Kerusakan Proposional _____	_____	persen
1.2	Deviasi Standar	Tabel 4.1	_____	Kg/cm <sup>2</sup> atau- tak ada data	_____	Kg/cm <sup>2</sup>
1.3	Margin	C1	(k = _____)	_____ x _____	= _____	Kg/cm <sup>2</sup>
1.4	Target kekuatan rata-rata	C2	_____ + _____	= _____	_____	Kg/cm <sup>2</sup>
1.5	<i>Tipe Semen</i>	<i>Ditentukan</i>	OPC/SRPC/RHPC			
1.6	Jenis Agregat : kasar		_____			
	Jenis Agregat : halus		_____			
1.7	Rasio bebas air/semen	Gbr. 4.2	_____ )			
			_____ )			
1.8	Rasio air/semen untuk Ketahanan	Tabel 4.3	_____ )	Gunakan nilai terendah		
			_____ )			
1.9	<i>Rasio bebas air/semen maksimum</i>	<i>Ditentukan</i>	_____ )	_____	_____	digenapkan
2.1	<i>Slump</i>	<i>Ditentukan</i>	Slump _____ (avg)	_____	_____	mm
2.2	<i>Ukuran agregat maksimum</i>	<i>Ditentukan</i>	_____	_____	_____	mm
2.3	Kadar air bebas	Gbr. 4.3	_____	_____	_____	kg/m <sup>3</sup>
3.1	Kadar semen	C3	_____ / _____	= _____	_____	kg/m <sup>3</sup>
3.2	<i>Kadar maksimum semen</i>	<i>Ditentukan</i>	_____	_____	_____	kg/m <sup>3</sup>
3.3	<i>Kadar minimum semen</i>	<i>Ditentukan</i>	_____	kg/m <sup>3</sup>	Pakai bila lebih besar dari Item 3.1 dan hitung Item 3.4	
3.4	Rasio bebas air/semen yang dimodifikasi		_____			
4.1	Kepadatan relatif agregat (SSD)		_____ Diketahui/assumsi			
4.2	Kepadatan beton	Gbr. 4.4	_____	_____	_____	kg/m <sup>3</sup>
4.3	Kadar agregat total	C4	_____ - _____ - _____	= _____	_____	kg/m <sup>3</sup>
5.1	Gradasi agregat halus	BS 882	Zone _____ (Gbr. 4.5)			
5.2	Proporsi agregat halus	Gbr. 4.7,	_____ - _____	= _____	_____	persen
5.3	Kadar agregat halus		_____ x _____	= _____	_____	kg/m <sup>3</sup>
5.4	Kadar agregat kasar	C5	_____ x _____	= _____	_____	kg/m <sup>3</sup>
Jumlah/basaran (tanpa koreksi untuk udara atau kelembaban dalam agregat)		Semen (kg)	Air (kg atau l)	Agregat halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	
per m <sup>3</sup>		_____	_____	_____	_____	

Catatan :

- 1) Tulisan dalam italic/miring adalah nilai batas pilihan yang dapat ditentukan.
- 2) OPC = Ordinary Portland Cement;  
SRPC = Sulphate Resisting Portland Cement;  
RHPC = Rapid Hardening Portland Cement
- 3) Kepadatan relatif adalah specific gravity.
- 4) SSD = Berdasarkan pada suatu saturated surface-dry.

Gambar 2.1 - Formulir Desain Campuran Beton

NO	ITEM	Semen (A)	Air (B)	Agregat Halus (C)	Agregat Kasar (D)	Total (E)	Keterangan (F)
----	------	-----------	---------	-------------------	-------------------	-----------	----------------

6.1	Berat desain campuran dasar (kg)						Dan bagian hal. bawah sebelumnya
6.2	Proporsi campuran untuk setiap 1 bagian semen	1					$[6.1] / [A 6.1]$
7.1	Kepadatan relatif		1,00				
7.2	Proporsi campuran untuk setiap 1 sak semen (40kg) dalam kg.	40					$[6.2] \times 40$
7.3	Proporsi campuran untuk setiap 1 sak [ 40kg ] semen dim liter						$[7.2] / [7.1]$
7.4	Kadar udara	$\% [7.4.1]$		Total volume termasuk udara _____ liter $[7.4.2]$			
7.5	Proporsi campuran untuk setiap 1 m3 beton, dalam kg						$[7.2] \times 1000 / [7.4.2.]$
8.1	Kadar kelembaban (%)						
8.2	Penyerapan (%)						
8.3	Berat kering Oven (kg)						$\frac{[7.5]}{(1 + [8.2]/100)}$
8.4	Berat air dalam material (kg)						$[8.3] \times (1 + [8.1]/100) - [7.5]$
8.5	Berat 1 m3 dikoreksi untuk kelembaban (kg)						$[7.5] + [8.4]$
9.1	Volume dikoreksi untuk kelembaban (berdasarkan [8.5] dalam liter						$[8.5] / [7.1]$
9.2	Berat dikoreksi untuk kadar udara dan Kelembaban dalam kg						$\frac{[8.5] \times (1 - [7.4.1]/100)}{([E.9.1]/1000)}$
9.3	Proporsi campuran terkoreksi untuk setiap 1 sak semen dalam kg						$[9.2] \times 40 / [A 9.2]$
9.4	Volume dikoreksi untuk kadar udara dan kelembaban dalam liter						$[9.2] / [7.1]$
9.5	Proporsi campuran terkoreksi untuk setiap 1 sak semen dalam liter						$[9.4] \times 40 / [A 9.2]$
9.6	Percobaan untuk campuran: 0,1 m3 beton						$0,1 \times [9.2]$ atau $[9.4]$
Catatan : [E 9.1] berarti jumlah total kolom A sampai E dalam baris 9.1 [B 6.1] Berarti nilai kolom B dalam baris 6.1							

**Gambar 2.1 - Formulir Desain Campuran Beton (Sambungan).**

Catatan : Formula yang terdapat pada Kolom Keterangan dibaris sebelah kanan adalah rumus bagaimana formula itu dihitung.

## 1. Pemilihan Kekuatan yang Diharapkan (Target)

Kekuatan yang diharapkan (target) (Item 1.4) dapat dihitung sebagai berikut:

Kekuatan yang diharapkan = Kekuatan karakteristik +  $k \times$  deviasi standar

"k" adalah suatu faktor statistik yang digunakan untuk menghitung (biasanya pada proyek Bina Marga) confidence limit yang perlu untuk penentuan kekuatan karakteristik. "k" juga tergantung pada nilai jumlah contoh seperti terlihat pada Tabel 2.2.

Jika tidak terdapat pengujian untuk mutu dari beton suatu nilai anggapan dari deviasi standar dari Tabel 2.1 dipakai dengan "k" = 1,64.

Bilamana telah didapat hasil pengujian dari laboratorium untuk mutu beton tersebut, hitunglah Deviasi Standar dan pakai di dalam rumus dengan nilai "k" yang sesuai.

**Tabel 2.2 - Nilai " k " untuk Penentuan Kekuatan Karakteristik**

Jumlah Benda Uji dalam contoh Pengujian	k
2	6,31
4	2,35
6	2,02
12	1,80
20	1,73
30 atau lebih	1,64

## 2. Pemilihan Perbandingan (Rasio) Air/Semen

Perbandingan air/semen biasanya dalam perbandingan menurut berat. Pemilihan rasio air/semen sebagai dasar untuk merancang campuran beton melibatkan pertimbangan akan derajat exposure yang akan diperlakukan pada beton, dengan harus rapat air, dan persyaratan kekuatan dari bangunan terpenuhi. Karena kekuatan tinggi sekarang dapat diperoleh dengan semen Portland, kekuatan yang memadai akan didapat jika persyaratan penampakan (exposure) dipenuhi. Dengan alasan ini langkah pertama dalam mendesain suatu campuran adalah memilih rasio air/semen yang perlu untuk memenuhi derajat exposure tersebut. Jika kekuatan yang disyaratkan lebih tinggi dari yang dapat diharapkan dari rasio air/semen ini, maka harus dipilih suatu rasio yang mendekati persyaratan kekuatan ini. Nilai yang akan dipakai pada perhitungan adalah nilai terendah dari Item 1.7, 1.8 dan 1.9. Nilai untuk Item 1.9 adalah nilai maksimum yang ditentukan dari rasio air/semen.

### Rasio air/semen untuk ketahanan dan kerapatan air :

Tabel 2.3 memberikan rasio air/semen (Item 1.8) yang didasarkan atas perawatan minimum pada beton untuk menghadapi derajat exposure yang berbeda pada kelas bangunan yang berbeda.

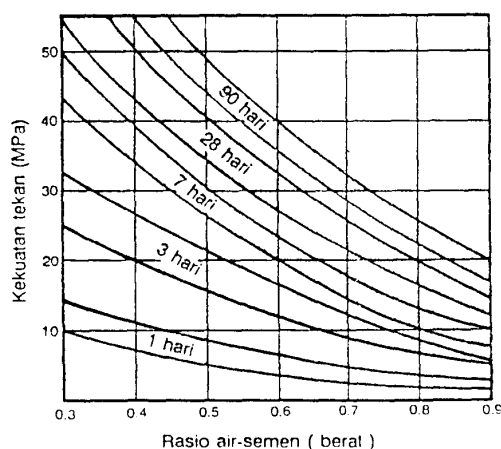
Perawatan minimum dengan pemakaian semen Portland, adalah ekuivalen dari perawatan lembab selama 7 hari pada suhu 20°C.

**Tabel 2.3 - Persyaratan Ketahanan**

Kondisi dari Penampakan (Exposure)	Rasio Maksimum Air/Semen	
	Beton Biasa	Beton Bertulang
a) Didalam (internal), dipengaruhi kondensasi berat	-	0,60
b) Pergantian basah dan kering	0,60	0,60
c) Air laut atau butir-butir air garam	0,50	0,45
d) Pada bangunan penahan air	-	0,50

**Rasio air/semen untuk kekuatan**

Jika rasio air/semen yang memberikan ketahanan yang memadai tidak memenuhi persyaratan kekuatan, rasio air/semen harus diperkecil sehingga menghasilkan kekuatan yang diinginkan. Pemilihan dari rasio air/semen bebas (Item 1.7) dapat didasarkan atas data pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2 - Pengaruh Rasio Air/Semen terhadap Kekuatan Tekan**

Jadi bila kekuatan 20 MPa diperlukan, ambil nilai anggapan Deviasi Standar dari Tabel 2.1 sebesar 4,5 MPa, dengan demikian : Kekuatan rencana = 20 + 1,64 x 4,5 = 27,4 Mpa

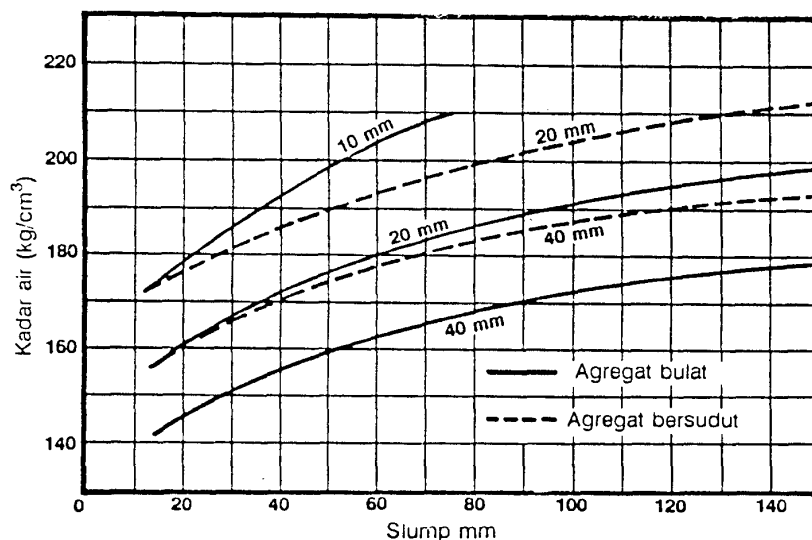
Dari Gambar 2.2 rasio air/semen yang ditunjukkan untuk kekuatan ini pada 28 hari, dengan menggunakan semen Tipe 1 , adalah 0,6 yaitu 24 kg air per 40 kg kantong semen.

Untuk penghematan yang maksimal, pengujian kekuatan harus dilakukan dengan menggunakan material yang nantinya akan digunakan dan dalam kondisi yang sesuai dengan pekerjaan. Kurva pekerjaan yang serupa dengan kurva pada Gambar 2.2 dapat dikembangkan dari percobaan demikian, dan karenanya dapat dipilih suatu kadar air yang sesuai dengan kekuatan "rencana" yang dibutuhkan.

### 3. Konsistensi (Kekentalan) Beton

Untuk volume beton tertentu, semakin tinggi kadar air semakin cair campurannya-lihat Gambar 2.3. Sebagai alternatif, dengan jumlah tertentu dari pasta semen, lebih banyak agregat yang dipakai dalam campuran kental daripada dalam campuran cair. Konsekuensinya campuran kental lebih hemat dalam arti biaya bahan, daripada campuran cair.

Campuran kental akan mempersulit pemadatan beton secara efektif dan bila campuran terlalu kental maka biaya pengecoran dapat mengimbangi penghematan yang terjadi pada material. Campuran beton harus selalu mempunyai konsistensi dan kemampuan pengerjaan yang sesuai dengan kondisi pekerjaan. Jadi, bagian-bagian tipis dan bagian yang banyak penulangannya akan lebih banyak memerlukan campuran cair daripada bagian-bagian besar dengan sedikit penulangan.



**Gambar 2.3 - Persyaratan Air**

Untuk menjelaskan ciri dan adonan beton, sering digunakan tiga istilah yaitu - *konsistensi*, *plastisitas* dan *kemampuan pengerjaan (workability)*.



**Konsistensi** adalah istilah umum yang berhubungan dengan kecairan campuran dan mencakup seluruh kisaran (range) kecairan dari paling kering hingga paling basah yang mungkin memerlukan suatu istilah yang sesuai untuk didefinisikan.

Istilah **plastisitas** dipakai untuk menjelaskan suatu konsistensi dari beton yang dapat dibentuk dengan mudah, tetapi dapat memungkinkan beton baru berubah bentuk secara perlahan bila cetakan diambil. Massa plastis tidak hancur, tetapi mengalir dengan lambat tanpa pemisahan yang terjadi pada campuran lain yang lebih basah. Jadi, baik campuran sangat kering yang rapuh maupun campuran sangat cair kedua-duanya tidak dianggap mempunyai konsistensi plastis. Dalam hubungan ini harus ditunjukkan bahwa rasio air/semen yang rendah tidak perlu berarti konsistensi kering.

**Kemampuan pengerjaan** (workability) menandakan kemudahan atau kesulitan pengecoran beton dalam suatu lokasi. Kondisi di mana beton akan dicor ukuran dan bentuk komponen, jarak antara batang penulangan atau detail lain yang mengganggu pengisian acuan dengan mudah menentukan derajat pengerjaan yang diperlukan.

Jelas bahwa campuran plastis kental dengan agregat besar, yang dapat dikerjakan pada acuan yang besar dan terbuka tidak akan dapat dikerjakan pada dinding tipis dengan penulangan yang berdekatan dan rumit.

Perkiraan ukuran konsistensi adalah dengan *Pengujian Slump*, yang harus dibuat sesuai dengan pengujian standar yang tepat (misalnya AASHTO T 119). Pengujian ini bukan ukuran mutlak dari kemampuan pengerjaan, dan seharusnya tidak dipakai untuk membandingkan campuran dengan proporsi yang sangat berbeda, atau untuk jenis atau ukuran agregat yang berbeda..Untuk campuran dengan desain atau komponen yang sama, perubahan konsistensi seperti ditunjukkan oleh slump test sangat berguna dalam menunjukkan perubahan pada sifat material, proporsi atau kadar air dari beton.

Untuk menghindari campuran yang terlalu kental atau terlalu basah, disarankan slump yang berada di dalam batas-batas yang diberikan pada Tabel 2.4. Ini akan memberikan nilai untuk dipakai pada item 2.1.

Slump yang ditunjukkan pada Tabel 2.4 adalah untuk beton dengan ukuran agregat maksimum 20 mm. Kemampuan pengerjaan ekuivalen diperoleh pada slump yang lebih rendah dengan agregat lebih kecil atau slump lebih tinggi dengan agregat lebih besar. Untuk kondisi di Indonesia, lebih baik memilih pada slump yang mendekati batas atas, karena suhu yang terdapat disekitar lokasi pekerjaan cukup tinggi.

Jika ditentukan kisaran slump serta ukuran dan jenis agregat, Gambar 2.3 dapat dipakai untuk mendapatkan perkiraan dari kadar air bebas, Item 2.3 pada Gambar 2.1, formulir desain campuran. Hal ini selanjutnya dapat dipakai untuk menghitung kadar semen (Item 3.1). Bila nilai ini diluar range dari kadar semen yang ditentukan (perhatikan bahwa batas biasa adalah kadar semen yang lebih rendah atau minimum), jadi batas relevan yang ditentukan harus digunakan untuk Item 3.4.

**Tabel 2.4 - Slump Beton Yang Disarankan - Agregat Ukuran Maksimum 20 mm**

Jenis Konstruksi	Slump yang disarankan(mm)	
	Minimum	Maksimum
Beton Massa Berat	30	80
Fondasi telapak sederhana, Kaison dan dinding Bangunan bawah	50	80
Perkerasan dan pelat	50	80
Balok	50	100
Fondasi telapak dengan penulangan	50	100
Kolom	50	100
Beton Pompa	70	120
Dinding Tipis dengan Penulangan	80	120
Beton Tremie	120	200

#### 4. Penentuan Proporsi Agregat

Ketiga unsur penting dari beton adalah air, semen dan agregat. Sejauh ini rasio air terhadap semen telah ditetapkan untuk mendapatkan kekuatan dan ketahanan yang ditentukan. Langkah selanjutnya dalam menentukan proporsi adalah menetapkan kuantitas tepat tiap unsur dalam satu meter kubik beton.

Berbagai cara penentuan proporsi campuran harus memperhitungkan kemampuan pengerjaan yang diperlukan dari beton, dan jenis serta ukuran maksimum agregat yang dipakai. Kemampuan pengerjaan biasanya dinyatakan sehubungan dengan pengujian slump, dan dalam Tabel 2.4 dapat terlihat bagaimana slump beton yang diperlukan berbeda-beda untuk beberapa jenis pelaksanaan.

Perencana campuran kini harus merujuk kepada tabel desain yang sesuai untuk cara penentuan proporsi yang dipakainya. Tabel demikian menunjukkan baik kadar air dan

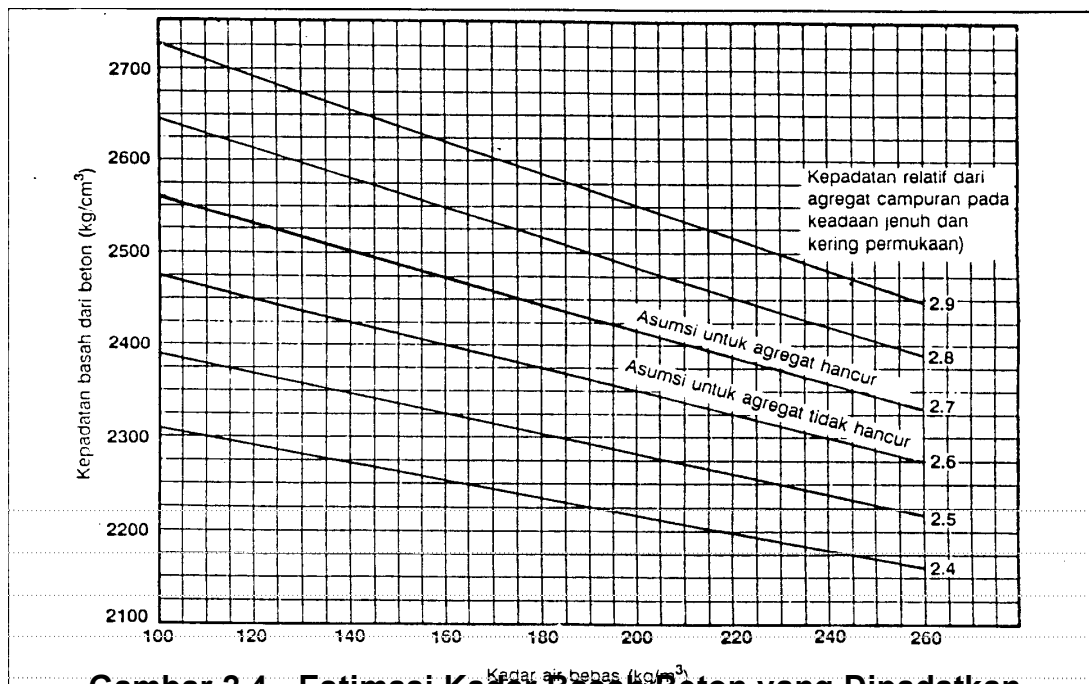
kadar agregat halus, atau rasio agregat/semen, yang perlu untuk ukuran dan jenis agregat tertentu sehingga menghasilkan beton dengan slump yang ditentukan.

Tahap 1 dari cara desain campuran menentukan rasio air/semen, Tahap 2 kadar air bebas dan Tahap 3 rasio air/semen yang dimodifikasi.

Tahap 4 menghitung kadar agregat total dan tahap 5 melengkapi proses desain campuran dasar dengan menghitung masing-masing proporsi agregat halus dan kasar.

Kepadatan relatif dari agregat dalam kondisi jenuh dan kering permukaan (lihat catatan mengenai Koreksi untuk Kelembaban dalam contoh desain campuran untuk penjelasan mengenai istilah ini) biasanya diketahui dari pengujian laboratorium atau dapat diperkirakan atas dasar pengalaman lampau (Item 4.1).

Kepadatan dari adonan beton yang dipadatkan dapat diperkirakan dari Gambar 4.4. Dengan memasukkan kepadatan relatif dari agregat campuran (dalam keadaan jenuh dan kering permukaan) dan kadar air bebas dalam  $kg/m^3$ . Kepadatan basah dari beton yang dipadatkan penuh dapat dibaca dari skala sebelah kiri (Item 4.2). Kadar agregat total (Item 4.3) dihitung dari kepadatan beton dikurangi massa air dan semen di dalam meter kubik beton

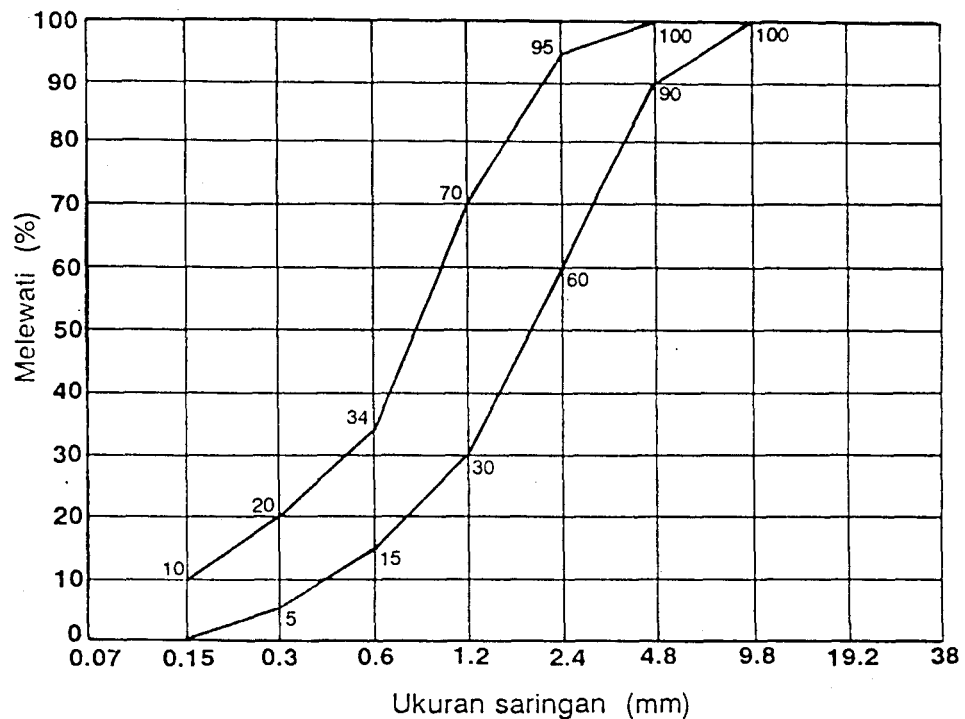


**Gambar 2.4 – Estimasi Kadar Basah Beton yang Dipadatkan**

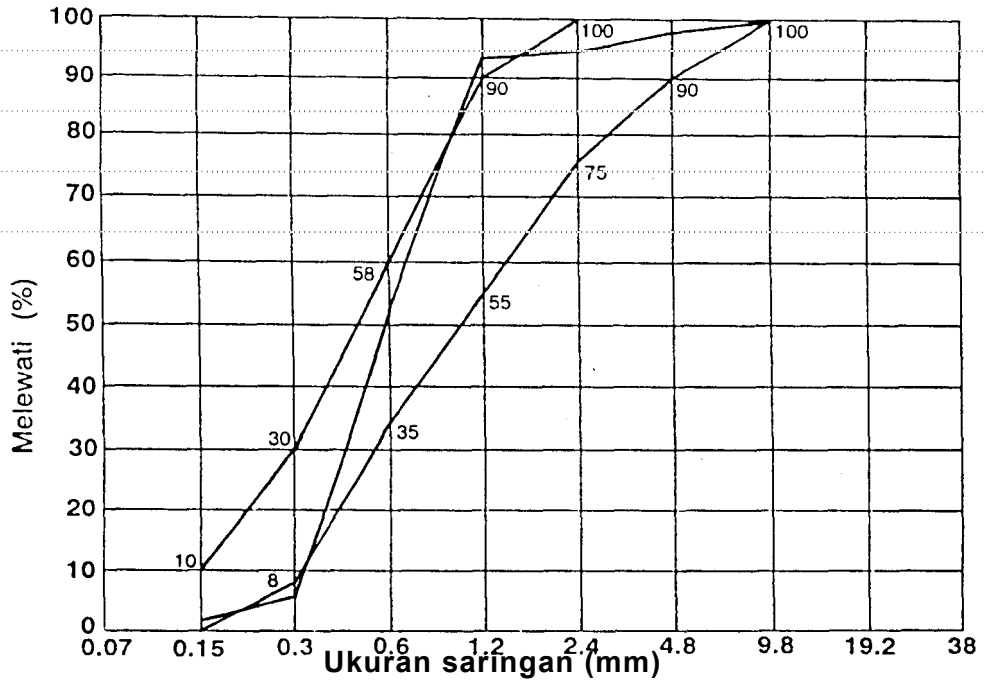
Kemudian dihitung proporsi dari agregat kasar dan halus. Gradasi agregat halus dibandingkan dengan sejumlah gradasi standar. Dua dari padanya (zone 1 dan 2) ditunjukkan pada Gambar 2.5 dan 2.6, dan dipakai sebagai dasar untuk membaca proporsi agregat halus di dalam agregat total (Item 5.2) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7, 2.8 atau 2.9. Ketiga gambar tersebut masing-masing adalah untuk agregat berukuran nominal 10 mm, 20 mm dan 40 mm.

Grafik tersebut digambar untuk sejumlah kisaran (range) slump dan air bebas/ratio semen. Proporsi rata-rata dipilih dan proporsi ini (Item 5.2) dipakai untuk menghitung berat agregat halus per meter kubik dari beton (Item 5.3). Sisa dari agregat adalah agregat kasar (Item 5.4).

Bila dua atau lebih agregat tersedia, agregat tersebut digabung sehingga memberikan gradasi yang harus mendekati salah satu yang terdapat di dalam Gambar 2.10, 2.11 atau 2.12. Jika ditentukan persentase relatif dari agregat halus dan kasar (Item 5.2) suatu gradasi gabungan dapat dihitung dan dibandingkan dengan kurva gradasi dari Gambar 2.10 , 2.11, atau 2.12. Jika gradasi terlalu jauh diluar kurva yang relevan, persentase dari agregat halus mungkin perlu disesuaikan dan desain campuran harus diperiksa.



**Gambar 2.5 - Zone 1 - Untuk Agregat Halus**



Gambar 2.6 - Zone 2 - Untuk Agregat Halus

Ukuran maksimum agregat : 10 mm

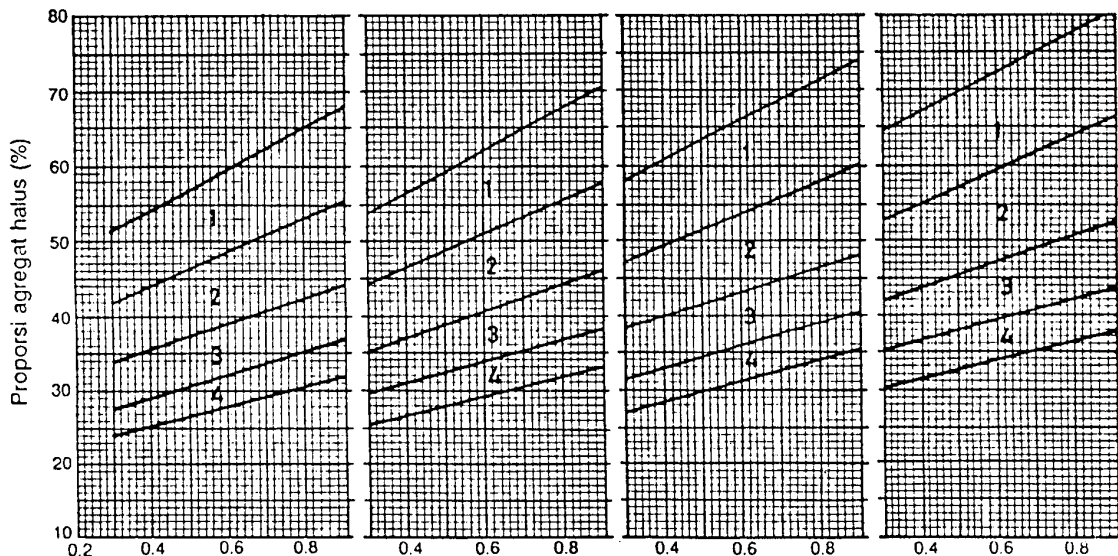
Slump: 0-10 mm

10-30 mm

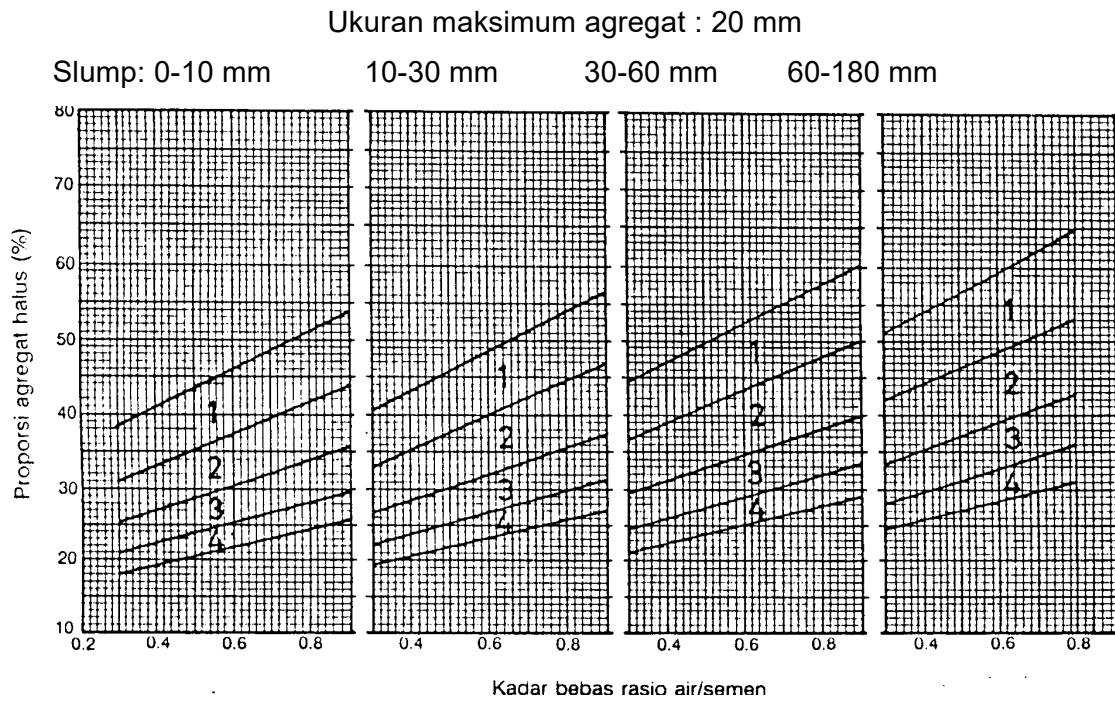
30-

60 mm

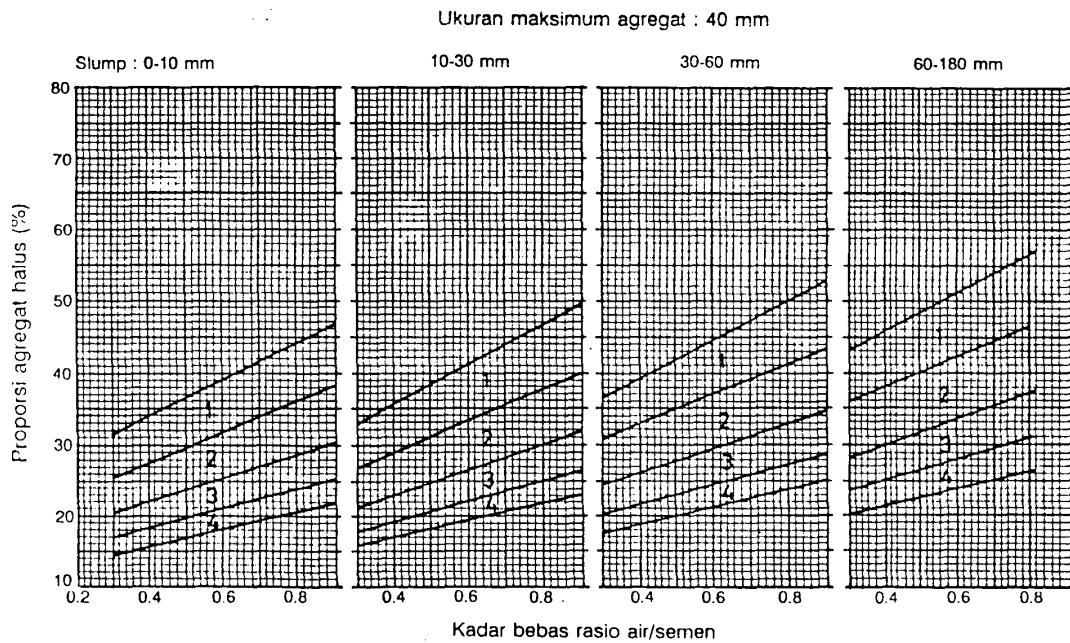
60-180 mm



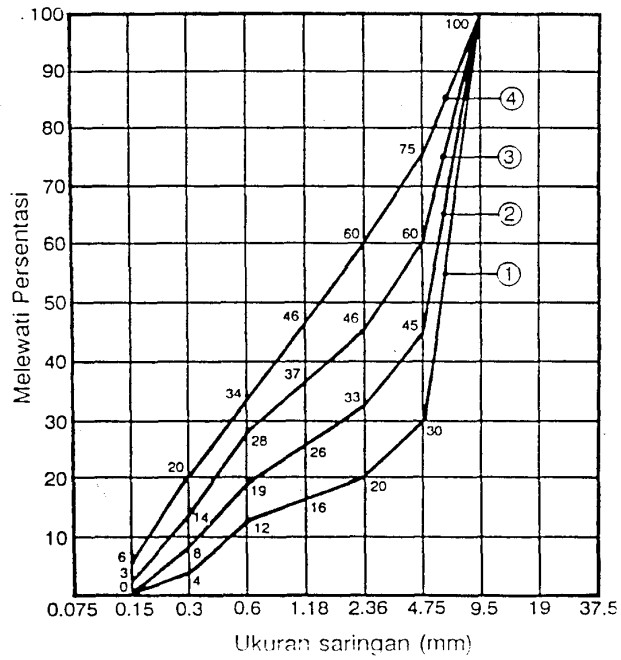
Gambar 2.7 - Proporsi agregat halus yang disarankan untuk agregat 10mm



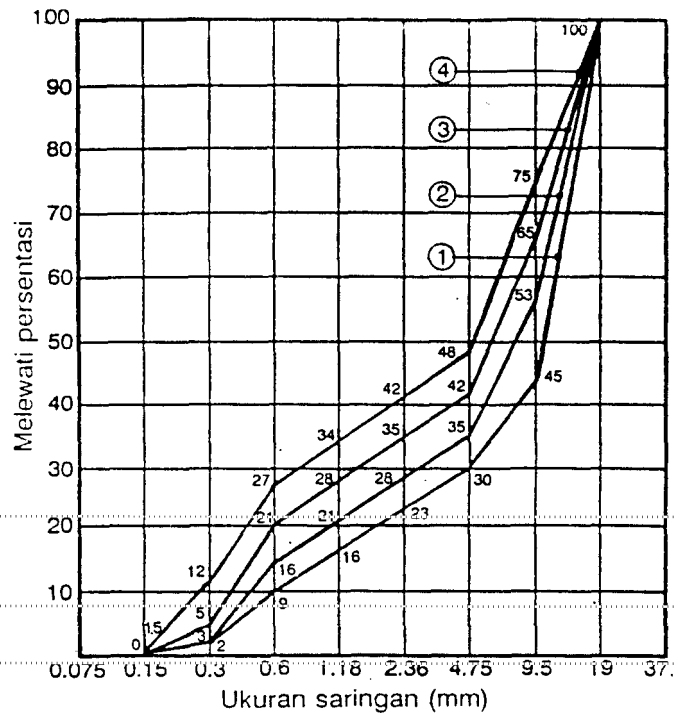
**Gambar 2.8 - Proporsi agregat halus yang disarankan untuk agregat 20mm**



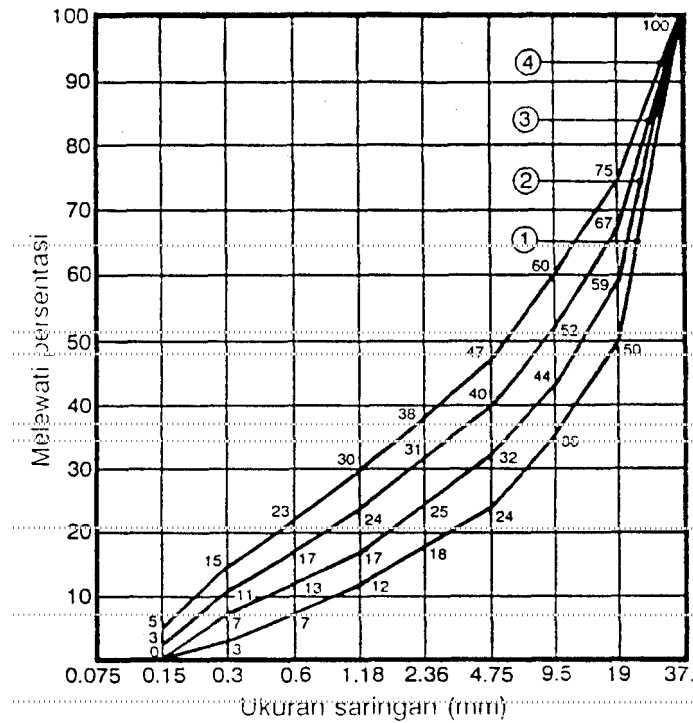
**Gambar 2.9 - Proporsi agregat halus yang disarankan untuk agregat 40mm**



Gambar 2.10 - Gradasi untuk agregat 10mm



Gambar 2.11 - Gradasi agregat 20mm



**Gambar 2.12 - Gradasi untuk agregat 40mm**

## 5. Contoh Desain Campuran

Beton diperlukan untuk fondasi telapak yang diberi penulangan. Kekuatan rencana adalah 30 MPa (kekuatan silinder) pada 28 hari.

Pengendalian produksi beton dianggap baik hingga sangat baik.

### 1 . Pilih Material/Bahan

Pakailah material yang tersedia

- a. Semen portland jenis
- b. Pasir berbutir sedang-ukuran maksimum nominal 5 mm
- c. Agregat pecah-ukuran maksimum nominal 20 mm

### 2. Kekuatan yang diharapkan (target)

Anggap bahwa tidak terdapat keterangan yang relevan.

Dan Tabel 2.1 - Dianggap Deviasi Standar = 5,0 MPa

Dari Tabel 2.2 - Deviasi Standar diasumsi, jadi pakai k = 1,64

Jadi kekuatan rencana :

$$\begin{aligned}
 &= F_c' + 1,64 \times \text{Deviasi standar} \\
 &= 30,0 + 1,64 \times 5,0 \\
 &= 38,2 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$



### 3. Rasio air/semen (W/C) untuk Kekuatan

Dari Gambar 2.2 untuk semen jenis I dan kekuatan 28 hari = 38,2 MPa.

W/C = 0,45 sampai 0,53 (Perhatikan bahwa jika memakai kekuatan kubus suatu faktor reduksi kira-kira 0,8 harus dipakai untuk konversi pada kekuatan silinder ekuivalen) - anggap W/C = 0,50

### 4. Rasio Air/Semen (W/C) untuk Ketahanan

Anggap struktur expose medium severity.

Dari Tabel 7.3 dengan rasio W/C = 0.5 akan memenuhi semua kondisi kecuali yang paling keras.

### 5. Desain Rasio Air/Semen

Rasio air/semen sebesar 0.50 akan memenuhi kondisi kekuatan dan ketahanan.

### 6. Pilihan Slump harus disesuaikan dengan situasi

Anggap bahwa pengecoran mudah, jadi pilih slump yang berkisar antara 50 mm hingga 80 mm (rata-rata 65 mm).

Kadar air bebas untuk slump ini dan ukuran agregat maksimum sebesar 20 mm adalah 195 kg/m<sup>3</sup> (Gambar 7.3)

Jadi kadar semen adalah  $195/0,50 = 390 \text{ kg/m}^3$  (Item 3.1)

Kadar semen minimum adalah 300 kg/ m<sup>3</sup> sehingga tidak perlu merubah rasio air/semen.

Kepadatan relatif dari agregat campuran dianggap 2,65 (SSD) dan kepadatan beton (Item 4.2) diperoleh dari Gambar 7.4 sebesar 2385 kg/m<sup>3</sup> Kadar agregat total didapat (dari pengurangan) sebesar 1800 kg/m<sup>3</sup>

Gradasi pasir sesuai dengan gradasi Zone 2 (lihat Gambar 7.6) dan oleh karena itu proporsi agregat halus dibaca dari Gambar 7.8 berkisar antara 37% hingga 46% (Kisaran slump 60 - 180 mm, W/C = 0,5), ambil rata-rata 42 %. Jadi kadar agregat halus (Item 5.3)  $1800 \times 0,42 = 756 \text{ kg/m}^3$  dan kadar agregat kasar 1044 kg/m<sup>3</sup> (Item 5.4).

Gradasi dari agregat campuran kini dapat dihitung dan diperiksa terhadap kurva yang ditunjukkan pada Gambar 7.10, 7.11 dan 7.12. Kurva gradasi tersebut mewakili gradasi agregat yang akan menghasilkan beton yang memuaskan. Jika kurva gradasi gabungan jatuh diluar daerah untuk ukuran agregat yang relevan maka rasio baru agregat halus terhadap agregat kasar harus dipilih dan diperiksa kembali pada Gambar 7.8 (untuk agregat 20 mm)

### 7. Proporsi

Dari perhitungan diatas, proporsi yang dihitung adalah (Item 6.2):

0,5	bagian air
1.0	bagian semen
1,94	bagian pasir
2,68	bagian agregat kasar

Untuk setiap sak semen atau 40 kg proporsi tersebut menjadi (Item 7.2):

Air	$0.5 \times 40 =$	20	kg
Semen	$1.0 \times 40 =$	40	kg
Pasir	$1.94 \times 40 =$	78	kg
Kerikil 20 mm	$2.68 \times 40 =$	<u>107</u>	<u>kg</u>
T o t a l	=	<u>245</u>	<u>kg</u>

Volume yang ditempati oleh material campuran dapat ditentukan dengan membagi massa masing-masing bahan dengan berat jenisnya. Dalam hal agregat, berat jenis biasanya adalah kepadatan partikel dalam kondisi kering jenuh (SSD) lihat langkah 8.

Volume yang ditempati oleh material diatas untuk Item 6.1 adalah (Item 7.3):

Air	<u>195</u>	=	195 liter
	1.0		
Semen	<u>390</u>	=	124 liter
	3.15		
Pasir	<u>756</u>	=	285 liter
	2.65		
Kerikil 20 mm	<u>1044</u>	=	387 liter
	2.70		
Total			101,7 liter

Campuran beton biasanya mengandung udara yang tertahan, lihat Tabel 7.5. Dengan udara yang tertahan sebanyak 2 % (tipikal untuk beton dengan menggunakan agregat 20 mm), volume campuran (Item 7.4) menjadi:  $101,7 \times 1,02 = 103,7$  liter.

Jadi setiap sak semen akan menghasilkan 103,7 liter beton. Untuk mendapatkan proporsi setiap satu meter kubik beton, harus dikalikan dengan:

$$\frac{1000}{1011} = 0.990$$

**Tabel 2.5 - Udara yang Tertahan**

Ukuran Agregat Kasar	Beton Non-Air-Entrained	Beton Air Entrained
10 mm	3	8
20 mm	2	6
40 mm	1	4,5
70 mm	0,3	3,5

Kuantitas campuran untuk 1 m<sup>3</sup> beton adalah (Item 7.5)

$$\text{Air} \quad 195 \times 0.990 = 193 \text{ kg}$$

$$\text{Semen} \quad 390 \times 0.990 = 386 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} \quad 756 \times 0.990 = 748 \text{ kg}$$

$$\text{Kerikil} \quad 1044 \times 0.990 = \underline{1033} \text{ kg}$$

$$\text{Total} \quad = 2360 \text{ kg}$$

Hasil ini tidak tepat sekali, harus juga diperhitungkan air bebas pada agregat.

## 8. Koreksi untuk kelembaban

Hingga tahap ini semua perhitungan didasarkan pada keadaan agregat dalam kondisi jenuh kering permukaan (SSD). Kondisi ini terjadi bila agregat tidak mengandung kelembaban bebas, hanya kelembaban yang diserap.

Tabel 7.6 memberikan kriteria untuk memperkirakan kadar kelembaban dari pasir di lapangan. Pengujian yang lebih teliti diperlukan untuk perhitungan akhir.

**Tabel 2.6 - Perkiraan Kadar Lembab Pasir**

Kadar Kelembaban(%)	Penampilan Umum dari Pasir
0	Kering sekali, berdebu dan mengalir bebas - jarang terdapat.
1	Seperti untuk 0%, tetapi pasir agak lebih gelap - jarang terjadi
2	Tanpa debu, tampak cukup kering, mengalir bebas
3	Penampilan lembab – tidak mempertahankan bentuk bila ditekan dalam tangan. Mengalir bebas.
4	Cenderung mempertahankan bentuk bila ditekan dalam tangan - mengalir cukup bebas.
5 - 6	Mempertahankan bentuk bila ditekan dalam tangan. Tidak mengalir bebas cenderung bergerak dalam gumpalan. Menggantung dengan gumpalan kecil pada peralatan.
7 - 10	Sangat "lekat" menggantung pada peralatan bila ditekan. Tidak ada kelembaban bebas yang tampak di permukaan.
10-20	Seperti untuk 7-10 tetapi nyata basah dan bergumpal. Air keluar bila tidak diganggu – jelas berat bila diselop.

Di lokasi agregat biasanya berada pada kondisi yang berbeda, oleh karena itu harus dibuat koreksi terhadap berat batch.

Dianggap bahwa pasir mengandung 8 persen kelembaban, agregat kasar mengandung 2 persen kelembaban dan masing-masing mempunyai penyerapan (absorption) 1 persen.

- **Pasir**

Jika kadar kelembaban adalah 8 persen dan penyerapan adalah 2 persen, maka terdapat tambahan 6 persen kelembaban bebas pada pasir.

Berat kering oven (Item 8.3) dari 748 kg adalah  $748/1,02 = 733$  kg

733 kg ditambah 8 % lembab =  $(1,08 \times 733)$  atau 792 kg

Maka terdapat air bebas sebesar 44 kg  $(792-748)$  (Item 8.4)

- **Agregat Kasar**

Jika kadar kelembaban adalah 2 persen dan penyerapan adalah 1 persen, maka terdapat kelembaban bebas sebanyak 1 persen pada agregat kasar.

Berat kering oven dari 1033 kg adalah  $1033/1,01 = 1023$  kg

1023 kg ditambah 2 % lembab =  $(1,02 \times 1023)$  atau 1043 kg

Maka terdapat air bebas 10 kg  $(1043 - 1033)$

### Perhitungan Koreksi Kelembaban

Air bebas dalam agregat adalah  $(44 + 10) = 54$  kg. Air tambahan untuk satu meter kubik beton harus dikurangi sebanyak 54 kg, yaitu  $193 - 54 = 139$  kg.

Karena kepadatan relatif dari agregat dan air berbeda, dan jumlah relatif air dan agregat telah dirubah, maka penyesuaian berat yang diberikan di bawah tidak akan menghasilkan satu meter kubik beton, tetapi jumlah yang kurang sedikit.

Air	139 kg	0.139m <sup>3</sup>
Semen	386 kg	0.123 m <sup>3</sup>
Pasir (8 % kadar lembab)	792 kg	0.299 m <sup>3</sup>
Kerikil (2 % kadar lembab)	1043 kg	0.386 m <sup>3</sup>
	-----	-----
	<u>2360 kg</u>	<u>0.947 m<sup>3</sup></u>

Udara yang tertahan sebanyak 2%, maka proporsi untuk satu meter kubik beton harus didasarkan pada angka-angka di atas dikalikan 0,98/0,948 (Item 9.2) yaitu:

Air	144 kg
Semen	400 kg
Pasir (8 % kadar lembab)	820 kg
Kerikil (2 % kadar lembab)	1081 kg
	-----
	<u>2445 kg</u>

Proporsi tersebut dapat dipakai untuk mempersiapkan campuran percobaan seperti diuraikan terdahulu

### **Batching Menurut Volume**

Bila kontraktor akan memakai volume batching, berat yang dihitung di atas harus dikonversi kedalam volume.

Ambil berat jenis dari semen sebesar 3,15 dan anggap bahwa pengujian pada pasir dan kerikil memberikan berat jenis masing-masing sebesar 2,65 dan 2,70.

Volume total dari beton juga termasuk sejumlah udara yang tertahan seperti tersebut di atas.

Dengan cara menghubungkan volume agregat dan air terhadap suatu kantong semen seberat 40 kg dihitung sebagai berikut (Item 9.5):

Air	0.014 m <sup>3</sup>
Semen	1 bag
Pasir (8 % kadar lembab)	0.031 m <sup>3</sup>
Kerikil (2 % kadar lembab)	0.040 m <sup>3</sup>

Kotak-kotak pengukuran yang sesuai harus dibuat untuk masing-masing agregat, dan suatu wadah yang dikalibrasi dipakai untuk air.

**FORMULIR DESAIN CAMPURAN BETON - Contoh dari Bab 7.2.2.b.vi**

NO	ITEM	REFERENSI ATAU PERHITUNGAN	NILAI-NILAI			
1.1	<i>Kekuatan Karakteristik</i>	<i>Ditentukan</i>	<u>30</u>	Kg/cm <sup>2</sup> pada	<u>28</u>	hari
				Kerusakan Proposional	<u>5</u>	persen
1.2	Deviasi Standar	Tabel 4.1		Kg/cm <sup>2</sup> atau-tak ada data	<u>5.0</u>	Kg/cm <sup>2</sup>
1.3	Margin	C1	(k = <u>1.64</u> )	<u>1.64</u> x <u>5.0</u>	=	<u>8.2</u> Kg/cm <sup>2</sup>
1.4	Target kekuatan rata-rata	C2	<u>30.0</u>	+	<u>8.2</u>	= <u>38.2</u> Kg/cm <sup>2</sup>
1.5	<i>Tipe Semen</i>	<i>Ditentukan</i>	<u>OPC/SRPC/RHPC</u>			
1.6	Jenis Agregat : kasar		<u>Crushed</u>			
	Jenis Agregat : halus		<u>Natural</u>			
1.7	Rasio bebas air/semen	Gbr. 4.2	<u>0.49</u> )			
1.8	Rasio air/semen untuk Ketahanan	Tabel 4.3	<u>0.50</u> )			
1.9	<i>Rasio bebas air/semen Maksimum</i>	<i>Ditentukan</i>	<u>0.49</u> ) Gunakan nilai terendah <u>0.50</u> ) digenapkan			
2.1	<i>Slump</i>	<i>Ditentukan</i>	Slump <u>0.65</u> (avg)	mm atau V-B	<u>      </u>	S
2.2	<i>Ukuran agregat maksimum</i>	<i>Ditentukan</i>	<u>20</u> mm			
2.3	Kadar air bebas	Gbr. 4.3	<u>195</u> kg/m <sup>3</sup>			
3.1	Kadar semen	C3	<u>195</u> / <u>0.50</u>	=	<u>390</u>	kg/m <sup>3</sup>
3.2	<i>Kadar maksimum semen</i>	<i>Ditentukan</i>	<u>      </u> kg/m <sup>3</sup>			
3.3	<i>Kadar minimum semen</i>	<i>Ditentukan</i>	<u>360</u>	kg/m <sup>3</sup>	Pakai bila lebih besar dari Item 3.1 dan hitung Item 3.4	
3.4	Rasio bebas air/semen yang dimodifikasi		<u>0.50</u>			
4.1	Kepadatan relatif agregat (SSD)		<u>2.65</u>	Diketahui/assumsi		
4.2	Kepadatan beton	Gbr. 4.4	<u>2385</u> kg/m <sup>3</sup>			
4.3	Kadar agregat total	C4	<u>2385</u> - <u>195</u> - <u>390</u>	=	<u>1800</u>	kg/m <sup>3</sup>
5.1	Gradasi agregat halus	BS 882	Zone <u>2</u> (Gbr. 4.5 atau 4.6)			
5.2	Proporsi agregat halus	Gbr. 4.7, 4.8 atau 4.9	<u>37</u> - <u>46</u>	=	<u>42</u>	persen
5.3	Kadar agregat halus		<u>1800</u> x <u>0.42</u>	=	<u>756</u>	kg/m <sup>3</sup>
5.4	Kadar agregat kasar	C5	<u>1800</u> x <u>0.58</u>	=	<u>1044</u>	kg/m <sup>3</sup>
Jumlah/basaran (tanpa koreksi untuk udara atau kelembaban dalam agregat)		Semen (kg)	Air (kg atau l)	Agregat halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	
per m <sup>3</sup> (mendekati 5 kg)		<u>390</u>	<u>195</u>	<u>756</u>	<u>1044</u>	

Catatan :

- 1) Tulisan dalam italic/miring adalah nilai batas pilihan yang dapat ditentukan.
- 2) OPC = Ordinary Portland Cement; SRPC = Sulphate Resisting Portland Cement; RHPC = Rapid Hardening Portland Cement
- 3) Kepadatan relatif adalah specific gravity.
- 4) SSD = Berdasarkan pada suatu saturated surface-dry.

**Gambar 2.13 - Contoh Desain Campuran Beton**

NO	ITEM	Semen (A)	Air (B)	Agregat Halus (C)	Agregat Kasar (D)	Total (E)	Keterangan (F)
6.1	Berat desain campuran dasar (kg)	390	195	756	1044		Dan bagian hal. bawah sebelumnya
6.2	Proporsi campuran untuk setiap 1 bagian semen	1	0.50	1.94	2.64		[6.1]/(A 6.1)
7.1	Kepadatan relatif	3.15	1,00	2.65	2.70		
7.2	Proporsi campuran untuk setiap 1 sak semen (40kg) dalam kg.	40	20	78	107	245	[6.2] x 40
7.3	Proporsi campuran untuk setiap 1 sak [ 40kg ] semen dim liter	12.7	2.0	29.4	39.6	101.7	[7.2]/[7.1]
7.4	Kadar udara	% [7.4.1]			Total volume termasuk udara <u>1037</u> liter [7.4.2]		
7.5	Proporsi campuran untuk setiap 1 m3 beton, dalam kg	386	193	752	1031	2362	[7.2] x 1000 / [7.4.2.]
8.1	Kadar kelembaban (%)			8.0	2.0		
8.2	Penyerapan (%)			2.0	1.0		
8.3	Berat kering Oven (kg)			737	1021		[7.5] ( 1+ [8.2]/100)
8.4	Berat air dalam material (kg)		-54	44	10		[8.3] x (1 + [8.1]/100) – [7.5]
8.5	Berat 1 m3 dikoreksi untuk kelembaban (kg)	386	139	796	1041	2362	[7.5] + [8.4]
9.1	Volume dikoreksi untuk kelembaban (berdasarkan [8.5] dalam liter	123	139	300	386	948	[8.5] / [7.1]
9.2	Berat dikoreksi untuk kadar udara dan Kelembaban dalam kg	399	144	823	1076	2442	[8.5] x (1 – [7.4..1]/100) ([E.9.1]/1000)
9.3	Proporsi campuran terkoreksi untuk setiap 1 sak semen dalam kg	40	14.4	82.1	108.1		[9.2]x40/[A 9.2]
9.4	Volume dikoreksi untuk kadar udara dan kelembaban dalam liter	126.7	144	310.6	398.5	979.8	[9.2] / [7.1]
9.5	Proporsi campuran terkoreksi untuk setiap 1 sak semen dalam liter	12.7	14.4	31.1	40.0	98.2	[9.4] x 40/[A 9.2]
9.6	Percobaan untuk campuran: 0,1 m3 beton	40 kg	0.014 m3	0.031 m3	0.040 m3		0,1 x [9.2] atau [9.4]
Catatan : [E 9.1] berarti jumlah total kolom A sampai E dalam baris 9.1 [B 6.1] Berarti nilai kolom B dalam baris 6.1							

**Gambar 2.14 - Formulir Desain Campuran Beton (Sambungan).**

Catatan : Formula yang terdapat pada Kolom Keterangan dibaris sebelah kanan adalah rumus bagaimana formula itu dihitung.

## 2.2.2 Campuran Percobaan

Setelah memproporsikan material beton untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu yang dikehendaki, kemudian perlu untuk membuat suatu batch kecil campuran percobaan, kira-kira  $0.1 \text{ m}^3$  beton, untuk memastikan apakah asumsi yang dibuat pada desain campuran telah benar. Campuran percobaan ini harus diuji untuk kekuatan tekan, slump dan sifat-sifat lain yang disyaratkan oleh perencana untuk menentukan apakah sifat-sifat tersebut diperoleh dengan proporsi dari material yang diperkirakan.

Sering terjadi bahwa beberapa penyesuaian kecil harus dilakukan terhadap proporsi, sebagai akibat pengujian batch percobaan dari beton. Penyesuaian demikian harus dibuat atas dasar hal-hal sebagai berikut:

### 1 .Penyesuaian untuk kekuatan atau ketahanan:

Sesuaikan rasio air/semen menurut hubungan kekuatan dengan rasio air/semen, yaitu untuk menambah kekuatan atau memperbaiki ketahanan, maka rasio air/semen dikurangi.

### 2. Penyesuaian untuk slump, kemampuan pengerjaan atau Daya Kohesif (Cohesiveness):

Semua penyesuaian demikian harus dibuat tanpa merubah rasio air/semen, karena ini dapat merubah kekuatan dan ketahanan dari beton. Penyesuaian dapat dibuat untuk rasio agregat/semen atau untuk gradasi agregat. Sebagai pedoman, harus diingat bahwa suatu pengurangan dalam rasio agregat/semen (yaitu campuran semennya relatif lebih banyak) akan menaikkan slump dan memperbaiki kemampuan pengerjaan dari beton meskipun rasio air/semen tidak berubah.

Berikut ini adalah suatu kutipan dari Spesifikasi Teknik:

Sebelum suatu campuran yang diusulkan oleh Kontraktor dapat disetujui, kekuatan tekan dan penyusutan pada 28 hari akan diperiksa dari campuran percobaan.

Minimum 20 benda uji harus dibuat dengan maksud memastikan kekuatan tekan campuran percobaan.

Dalam hal keadaan darurat atau untuk campuran yang mengandung bahan tambahan atau dirawat uap. Engineer dapat memberikan persetujuan bersyarat berdasarkan pengujian pada umur lebih awal daripada 28 hari, tetapi pengujian pada umur 28 hari harus menjadi dasar persetujuan akhir.

Setelah Engineer setuju dengan penggunaan desain campuran tertentu untuk suatu kelas beton, campuran ini dapat digunakan di dalam pekerjaan. Dalam hal terdapat perubahan sifat-sifat atau sumber dari material atau pada proporsi relatifnya. Engineer dapat menginstruksikan perubahan dalam proporsi material serta pengujian lebih lanjut.



Oleh karena keterlambatan pengambilan data mengenai kekuatan tekan, mungkin perlu menggunakan cara-cara perawatan dan pengujian yang dipercepat.

Setelah suatu campuran laboratorium yang sesuai telah ditentukan, campuran tersebut dapat digunakan di lapangan. Sebagai alternatif dapat dikembangkan campuran di lapangan, yaitu dengan campuran percobaan yang dipakai untuk pekerjaan yang kurang penting seperti jalan setapak, fondasi sementara untuk rumah sederhana dan sebagainya. Pada waktu pekerjaan berlanjut dan hasil pengujian tersedia, Deviasi standar dapat diperiksa serta dibandingkan dengan Deviasi Standar asumsi. Jika hasil-hasil lebih baik dari asumsi maka suatu kekuatan rencana yang lebih rendah dapat dipilih agar dapat menghasilkan penghematan dalam material. Campuran dapat juga divariasikan (dirubah) sehingga dapat menampung perubahan-perubahan yang ada dalam cuaca atau variasi dalam acuan dan padatnya penulangan

### 2.2.3 Pengendalian Campuran Pada Waktu Pekerjaan Yang Di Kontrak

Berikut ini adalah kutipan dari Spesifikasi Teknik untuk beton:

Untuk menentukan perlu tidaknya penyesuaian campuran pada waktu berlangsungnya pekerjaan, maka suatu pemeriksaan statistik dapat dibuat mengenai kekuatan tekan beton, dengan menggunakan hasil pengujian 28 hari berturut-turut yang mewakili beton yang dipakai dalam pekerjaan, dan membuat pemeriksaan terpisah dari tiap campuran.

Untuk setiap kelas beton yang berbeda, campuran beton dan cara produksinya akan dianggap memuaskan jika persyaratan berikut dipenuhi:

- (i) Tidak boleh lebih dari satu buah benda uji dari dua puluh (20) buah benda uji secara berurutan pada suatu kelompok mempunyai kekuatan tekan pada 28 hari kurang dari Kekuatan Karakteristik untuk kelas beton itu.
- (ii) Rata-rata dari kekuatan tekan pada 28 hari dari empat (4) buah benda uji yang berurutan tidak kurang dari Kekuatan Karakteristik untuk kelas beton itu ditambah 0,82 kali deviasi standar yang terdefinisi di bawah.
- (iii) Perbedaan dari nilai kekuatan tekan pada 28 hari di antara nilai tertinggi dan terendah dari empat (4) benda uji berurutan akan kurang dari 4,3 kali deviasi standar yang terdefinisi di bawah.

Deviasi standar akan diambil sebagai perkiraan awal sampai 20 benda uji dari beton pada bangunan telah diuji. Pada tahap ini nilai dari deviasi standar akan dihitung dari 20 hasil-hasil pengujian kekuatan. Proses penilaian kembali ini akan diulangi setelah tiap 20 hasil pengujian berturut-turut dan persyaratan (i), (ii) dan (iii) di atas diterapkan pada batch-batch beton berikutnya.

Deviasi standar tidak akan melebihi 8,5 MPa (85 kg/cm<sup>2</sup>) untuk kelas-kelas beton dengan Kekuatan Karakteristik lebih kecil atau sama dengan 35 MPa (350 kg/cm<sup>2</sup>) atau 5,0 MPa

(50 kg/cm<sup>2</sup>) untuk kelas-kelas beton dengan Kekuatan Karakteristik diatas 35 MPa (350 kg/cm<sup>2</sup>).

Meskipun Engineer telah menyetujui suatu campuran yang diusulkan, Kontraktor yang akan bertanggung jawab atas dihasilkannya beton yang memenuhi persyaratan dalam Spesifikasi Teknik.

### **2.3. CARA-CARA BATCHING**

Bab ini meliputi aspek penanganan bahan dan batching yang spesifik pada proyek di Indonesia.

Sebelum batching dimulai, drum pengaduk harus dibasahi dengan air bersih dan semua air sisa dibuang. Sebelum menuangi pengaduk dengan batch pertama dengan bahan beton, pengaduk harus dibilas dengan campuran yang sesuai dari agregat halus, semen dan air, dicampur untuk waktu minimum 2 menit dan cairan tersebut dibuang. Semua cairan tersebut dan air pembersih harus dibuang seluruhnya dari pengaduk sebelum dimasukan bahan beton. Ini akan menjamin bahwa pasta semen dari batch menjadi bagian dari beton dan tidak akan menempel pada dinding pengaduk yang kering. Agregat, semen dan kuantitas air yang tepat, dengan memperhitungkan untuk kadar air agregat, kemudian ditambahkan ke drum pengaduk dan diaduk selama waktu yang ditentukan.

#### **2.3.1 Penanganan Bahan**

Butir-butir berikut harus diperhatikan:

- Semen harus disimpan memakai penutup tahan cuaca. Semen yang telah terkena air atau mengandung gumpalan keras yang berarti, harus ditolak karena tidak sesuai untuk dipakai. Semen yang berumur lebih dari yang disyaratkan dalam Spesifikasi Teknik (biasanya antara 10 dan 16 minggu) harus dipakai hanya setelah pemeriksaan yang teliti.
- Agregat, terutama agregat halus, harus diuji kadar kelembabannya secara tetap karena kadar kelembaban agregat mempengaruhi secara langsung jumlah air campuran yang perlu ditambahkan pada material yang ada di batch. Agregat kasar harus ditumpuk (stockpile) pada dasar yang dapat menyalurkan air secara bebas sehingga air tidak akan tertahan pada tumpukan.

### 2.3.2 Batching Menurut Volume

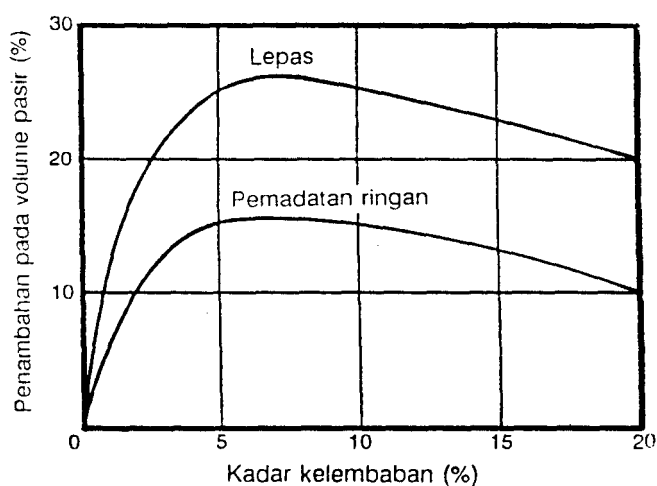
Cara ini adalah cara yang sering dilaksanakan pada proyek Jembatan di Indonesia. Caranya lebih sederhana dari cara lain, tetapi dapat menimbulkan masalah yang lebih besar.

Desain campuran biasanya akan memberikan proporsi bahan-bahan menurut berat dan suatu konversi harus dilakukan dari berat ke volume bila akan dilakukan batching.

Konversi ini menganggap bahwa berat agregat berdasarkan berat satuan yang dipadatkan pada kondisi jenuh dan kering permukaan. Penyesuaian lebih lanjut dibutuhkan sehingga kadar kelembaban dan bulking pasir harus diperhitungkan.

Kadar kelembaban dari pasir sangat mempengaruhi volumenya dan harus diperhitungkan pada waktu pengukuran untuk menghindari ketidaktepatan dalam proporsi beton dan adukan. Volume dari berat pasir yang ditentukan bertambah besar dengan lembab, yang tidak sebanding dengan kuantitas kelembaban yang ada, dan pengaruhnya bervariasi dengan sifat dari pasir. Beberapa pasir dapat bertambah volumenya sebanyak 40 persen akibat lembab.

Pengaruh bulking terlihat pada Gambar 2.15 untuk pasir, yang mencakup range yang biasa dipakai pada beton.



**Gambar 2.15 Pengaruh kelembaban pada Bulking Pasir**

Harus diperhatikan bahwa pengaruh maximum terjadi pada kadar air kira-kira 5 persen yang merupakan kadar air yang ditemui di lapangan.

Apabila pengaruh tersebut gagal diatasi maka bulking ini menambah biaya beton dan sering berakibat pada campuran kekurangan pasir yang kasar dan sukar untuk dicor.

Contoh-contoh :

Jika pasir sedang seperti yang terlihat pada Gambar 7.15 dipakai dan pasir tersebut mengandung kelembaban 5 persen, tampak bahwa bulking adalah sekitar 29 persen.. Bila campuran berbanding 1 : 2 : 4 menurut volume dan diukur tanpa koreksi, bukan terjadi 2 meter kubik pasir per 1 meter kubik semen tetapi pasir kering aktual yang diukur akan sebanyak  $2/1,29 = 1,55$  meter kubik. Campuran akan berbanding 1 : 1,55 : 4 menurut pasir kering. Pengurangan perbandingan pasir menyebabkan suatu pengurangan dalam jumlah beton yang dihasilkan dengan tiap kantong semen, dan dalam kebanyakan kasus tidak terdapat cukup material halus untuk jumlah material kasar untuk mendapatkan suatu campuran beton yang mudah dikerjakan.

Untuk memperhitungkan bulking pada contoh ini,  $1,29 \times 2 = 2,58$  meter kubik dan pasir lembab harus digunakan untuk setiap meter kubik semen. Volume pasir kering didalam kuantitas pasir lembab sebesar 2 meter kubik.

Campuran kasar yang disebabkan kurang pasir mempersulit penyelesaian dan oleh karena itu lebih mahal. Campuran demikian dapat berakibat keropos atau kantong batu yang memerlukan perbaikan yang dapat menambah biaya beton.

#### **Kotak (Bak) Tera**

Batching menurut volume harus dilakukan dengan menggunakan bak tera. Bak demikian tidak boleh terlalu dangkal, dan ukuran dalamnya harus tepat. Bak tersebut harus diisi bahan yang ditera secara lepas, kemudian diratakan dengan permukaan lurus. Peneraan dengan cara satu *sekop penuh* atau bak tera dangkal yang ditumpuk dengan bahan tidak boleh dipakai karena tidak ada dua pengukuran yang tepat sama.

Lebih baik bila proporsi diatur sehingga keseluruhan kantong (40 kg) semen dipakai karena bulking semen yang berarti terjadi bila semen dituang dari kantong kedalam bak tera.

### **2.3.3 Batching Menurut Berat**

Beton untuk pekerjaan utama lebih baik dibatch menurut berat dan disarankan sebagai cara batching yang baik untuk menghasilkan beton dengan kualitas baik secara konsisten. Batching menurut berat menghilangkan keraguan yang ditimbulkan oleh bulking, serta dengan memperhitungkan untuk kelembaban pada agregat akan didapat hasil dengan mudah.

Peralatan untuk batching menurut berat dapat berbentuk sederhana, misalnya sepasang timbangan dan jembatan kerja bagi kereta dorong untuk ditimbang. Dengan sedikit pengalaman, pekerja dapat menaksir dengan agak tepat jumlah tiap jenis material yang diperlukan dalam kereta dorong, sehingga tidak perlu banyak penambahan atau

pengurangan bahan. Material dari kereta dorong kemudian dituang langsung kedalam batching plant.

Batching plant yang lebih besar memakai hopper dengan suatu alat penimbang tetapi pada umumnya hal ini diluar lingkup kebanyakan proyek konstruksi di Indonesia karena ukuran proyek, dimana jumlah rata-rata beton pada jembatan kurang daripada 400 meter kubik, yang terbagi atas sejumlah penuangan kecil.

## **2.4. CARA-CARA PENGADUKAN**

### **2.4.1 Catatan Pengadukan**

Ini penting untuk menyimpan catatan yang baik mengenai semua pengadukan beton dan penggunaannya didalam bangunan. Laporan pemeriksaan batch dan mixing plant harus membenarkan dan mendokumentasikan:

- Detail penyimpanan semen dan agregat
- Kuantitas bahan yang cukup tersedia untuk tiap pengecoran batch kemudian dilepas untuk pengecoran
- penyesuaian dibuat untuk kadar kelembaban agregat halus dan kasar
- suhu material
- waktu pengadukan untuk memastikan bahwa persyaratan keseragaman dipenuhi
- pemakaian air total dibandingkan dengan yang diperbolehkan, untuk mempertahankan rasio air-semen yang disyaratkan.

Rekapitulasi harian pemeriksaan plant beton harus termasuk paling sedikit keterangan berikut:

- Tanggal
- Jumlah meter kubik total tiap kelas beton yang dibatch
- Identifikasi pengecoran
- Merek dan jenis beton dan tanggal bilamana pengiriman diterima dan dipakai
- Kadar lembab dari agregat
- Suhu material
- Waktu pengadukan untuk pengaduk pusat

Bilamana pengaduk transit dipakai untuk mengaduk catatan harus mencakup hasil-hasil pemeriksaan berikut yang dibandingkan dengan batas-batas yang diperbolehkan:

- Putaran penggerak (agitation) dan pengadukan
- Waktu selesainya pengiriman beton setelah batching
- Air total termasuk air tambahan



<b>LAPORAN PEMERIKSAAN BATCH PLANT</b>										
<b>Bagian B Operasi Batch Plant</b>										
BUTIR PEMERIKSAAN		CHECK ( V ) APPLICABLE RATING								
		SANGAT BAIK		BAIK		SEDANG		BURUK		LIHAT CATATAN
Fasilitas Penyimpanan Campuran Tambahan										
Kondisi Silo Semen										
Kondisi Timbunan Agregat										
Kondisi Truk Pengiriman										
Keandalan Printout										
Penyediaan untuk cuaca panas/dingin										
Kinerja Keseluruhan Plant										
Kerumah tanggaan										
JAM (Lihat Catatan 1)	NOMOR KARCIS What Catatan 2)	SUHU UDARA (°C)	SUHU AIR (°C)	SUHU BETON (°C)	KADAR LEMBAB AGREGAT HALUS (%)	KADAR LEMBAB AGREGAT KASAR (%)			Air yang diperbolehkan	
AM										
PM										
AM										
PM										
AM										
PM										
AM										
PM										
AM										
PM										
AM										
PM										
AM										
PM										
AM										
PM										
AM										
PM										
CATATAN:										
1. Waktu yang dipergunakan untuk uji lembab sampel										
2. Total air yang diperbolehkan, dari tabel dikurangi penambahan CS = "air yang diperbolehkan"										

**Gambar 2.17 - Formulir Pemeriksaan Batch Plant - Bagian B**

### 2.4.2 Beton Ready Mix

Hanya sedikit proyek yang mempunyai fasilitas beton ready mix. Beberapa lokasi yang berdekatan dengan pusat-pusat utama mungkin dapat menggunakan fasilitas tersebut.

Plant ready mix termasuk salah satu dari ketiga jenis berikut:

- Central mixing plant yang mengaduk beton secara menyeluruh yang kemudian diangkut ke lokasi dalam truk agitator atau truk pengaduk.
- Stage mixed plant mengaduk beton secara sebagian (1,5 hingga 30 menit) dan pengadukan kemudian diselesaikan dalam pengaduk truk. Cara ini memperkecil persoalan yang berkaitan dengan gumpatan tambahan dari bahan yang terpisah.
- Truk mixer (pengaduk truk) mengaduk beton secara keseluruhan dalam truk, material yang terpisah biasanya dibatch kering pada central batching plant. Air dapat ditambahkan pada plant, dari truk atau pada site.

Bilamana plant demikian tersedia, beberapa hal harus diperhatikan:

- Untuk pengadukan beton secara menyeluruh yang truk mixed atau stage mixed, jumlah perputaran drum yang dapat diterima pada kecepatan pengadukan yang ditentukan pabrik adalah antara 55 dan 100.
- Penuangan harus selesai dalam batas waktu 45 menit sejak dimulainya pengadukan. Waktu ini mungkin harus dikurangi untuk memperhitungkan pengaruh cuaca panas.
- Volume beton yang diaduk didalam pengaduk truk tidak boleh melebihi 63 persen dari volume internal bruto drum.
- Volume beton yang centrally mixed dan diangkut didalam pengaduk transit tidak boleh melebihi 80 persen dari volume internal bruto drum.

Contoh dari formulir pemeriksaan plant ready mix terdapat pada Gambar 2.18.



**SERTIFIKAT PENGAWAS PLANT  
BETON READY-MIXED**

Plant: \_\_\_\_\_ Tanggal: \_\_\_\_\_  
 Docket No: \_\_\_\_\_ Volume Campuran: \_\_\_\_\_ cu.m  
 Waktu batching \_\_\_\_\_ a.m./p.m.  
 Kadar semen CAMPURAN  
 Ukuran nominal \_\_\_\_\_ mm Slump Nominal \_\_\_\_\_ mm

BAHAN-BAHAN	Mass Desain	Rencana Desain Mass	Mass Rencana yang disesuaikan (kg) kumulatif		Mass Batch Aktual (kg) kumulatif		M.C.
	kg/cu.m.	kg/cu.m.	1 cu.m.	... cu.m.	... cu.m.	.. cu.m.	%
40 mm							
20 mm							
13 mm							
C. Pasir							
F. Pasir							
Semen							
Air (liter)							

Air total yang ditambahkan di \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ liter  
 plant

JUMLAH AIR YANG DAPAT DITAMBAHKAN DI LOKASI \_\_\_\_\_ liter

Tandatangan: \_\_\_\_\_ Tandatangan: \_\_\_\_\_  
 Wakil Supplier Pengawas Plant

SLUMP DARI BATCH INI HARUS DIUKUR DI LOKASI UNTUK MEMERIKSA DIPENUHINYATEKNIK PERSYARATAN DALAM SPESIFIKASI TEKNIK

SITE USE ONLY Pek. No: \_\_\_\_\_ Waktu pengecoran \_\_\_\_\_ :  
 Bagian bangunan \_\_\_\_\_ a.m./p.m.

Slump yang diukur: \_\_\_\_\_ mm Jumlah silinder \_\_\_\_\_

Air hanya dapat ditambahkan dilokasi sebelum dimulainya pengecoran dan sesuai dengan petunjuk dari pabrik dan tidak boleh melebihi kwantitas tersebut diatas. Apabila air ditambahkan di lokasi maka mesin pencampur harus dioperasikan pada kecepatan pencampuran yang sesuai hingga tercapai batas pencampuran yang dibutuhkan.

JUMLAH AIR YANG DAPAT DITAMBAHKAN DI LOKASI : \_\_\_\_\_ liter

Tandatangan: \_\_\_\_\_

Sertifikat ini harus ditanda tangani oleh inspektur plant dan juga petugas dilokasi yang telah diberi wewenang oleh Konsultan Supervisi. Formulir harus disimpan dilokasi sampai hasil kekuatan tekan diperoleh.

**Gambar 2.18 - Formulir Pemeriksaan Plant Beton Readymix**

### 2.4.3 Pengadukan Di Lokasi

Sub-bab ini meliputi pengadukan beton dalam pengaduk di lokasi pekerjaan, yang mungkin merupakan cara yang paling lazim dilakukan pada pelaksanaan jembatan di Indonesia.

Pengaduk biasanya berukuran kecil, yaitu sekitar 0,25 meter kubik. Ukuran ini sebetulnya terlalu kecil untuk pekerjaan beton jembatan, walaupun campuran yang dipakai bilamana akan dilakukan pengecoran besar, umumnya pada lantai beton.

Banyak persoalan timbul pada pekerjaan beton sebagai akibat penggunaan pengaduk kecil. Keluaran (output) dari pengaduk demikian adalah rendah, dan pada cuaca panas serta terlalu sedikit pengaduk beroperasi, besar kemungkinannya bahwa permukaan beton telah mengeras sebelum lapisan beton berikut dicor. Ini menimbulkan serangkaian sambungan "dingin" yang tampak jelas pada beton.

Pengadukan dengan tangan harus dilarang kecuali dalam hal keadaan yang benar-benar darurat, dan dilakukan hanya untuk mengaduk beton secukupnya sampai suatu sambungan pelaksanaan yang sesuai. Kontraktor sering tidak membuat sambungan pelaksanaan tetapi hanya membiarkan beton mengalir pada akhir dari pengecoran. Hal ini tidak boleh dibiarkan, dan kontraktor harus diinstruksikan agar memenuhi Spesifikasi Teknik sehubungan dengan hal tersebut.

### 2.4.4 Pengangkutan Beton

Pengangkutan beton yang baru diaduk ketempat penuangan atau pengecoran dapat dilakukan dengan beberapa cara yang berbeda.

Tanpa memandang cara yang digunakan, harus dipertimbangkan untuk meminimalkan:

- penundaan sebelum pengecoran pengeringan beton, dan
- pemisahan agregat kasar dari bagian beton lainnya

Catatan tambahan diberikan dibawah ini:

- Beton dengan rasio air/semen yang rendah akan menjadi kaku lebih cepat daripada beton dengan rasio air/semen tinggi
- Jika pengeringan campuran mungkin terjadi harus digunakan suatu campuran yang lebih workable, dan pada waktu transport serta pengecoran harus dilindungi dari matahari dan angin.

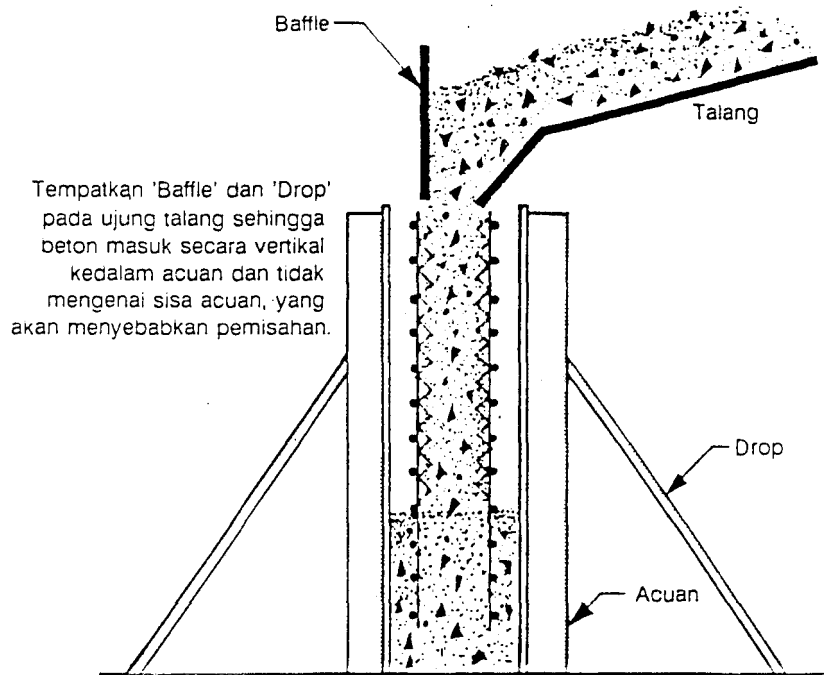
Cara-cara pengangkutan (transport) yang biasanya dilakukan di Indonesia dibahas dibawah ini:

- **Talang/Saluran**

Sistem ini yang paling sering digunakan pada proyek jembatan. Talang terbuat dari kayu terdapat pada tempat pengadukan hingga tempat pengecoran. Masalah utama pada talang adalah bahwa beton dapat keluar langsung dari ujung talang kedalam acuan (dengan demikian terjadi pemisahan) dan bukannya secara vertikal melalui baffle dan susunan

bukaan, seperti terlihat pada Gambar 2.19. Kemiringan talang harus cukup curam untuk memungkinkan aliran beton akibat gaya berat pada slump terendah. Sudut kemiringan 25 hingga 30 derajat biasanya sudah memadai.

Talang/saluran panjang lebih baik tertutup untuk melindungi beton dari matahari.



**Gambar 2.19 - Penuangan Beton dari Talang**

- **Kereta Dorong (Barrow) dan Handcarts**

Kereta tersebut umum di Indonesia karena tidak memerlukan peralatan yang khusus. Penting bahwa jembatan kerja yang digunakan didukung dengan baik dan bahwa jalur pergi dan pulang disediakan untuk mencegah kemacetan, terutama dekat pengaduk.

- **Dump Buggies**

Ini adalah suatu bentuk kereta dorong bermesin yang dipakai untuk transpor horizontal dan mempunyai ukuran sampai kira-kira 1 meter kubik.

- **Keran dan Ember**

Sistem ini adalah suatu bentuk transport yang dipakai bila beton harus ditransport melalui jarak vertikal yang besar. Dianggap bahwa terdapat suatu keran di lokasi yang berarti bahwa sistem hanya layak digunakan pada proyek besar. Penampang ember berbentuk bulat atau persegi dan harus mampu menuang sebagian isinya pada suatu saat, menggunakan susunan bukaan yang mengayun pada alas ember.

- **Kereta Rel**

Sistem ini kadang-kadang dipakai untuk lantai atau dinding panjang dan merupakan variasi dari sistem kereta dorong.

- **Pompa**

Peralatan pompa khusus akan memungkinkan beton dalam kuantitas besar untuk ditransport pada jarak horizontal dan vertikal lebih cepat daripada cara-cara digariskan diatas. Oleh karena pompa beton mahal, hanya kontraktor besar yang mempunyai fasilitas ini, dan pemakaiannya lebih lazim pada lokasi bangunan daripada lokasi jembatan.

### 2.4.5 Re-Tempering Beton

Re-tempering beton adalah proses penambahan air pada beton yang telah kaku akibat waktu dan pengaruh suhu. Hal ini hampir selalu dilarang oleh Spesifikasi Teknik. Proses ini harus dibedakan dari penambahan air pada waktu beton tiba di lokasi pada saat mana (**kedua-keduanya**) slump kurang daripada yang ditentukan dan rasio air/semen kurang dari nilai rencana.

Jika suatu sistem pengaduk lokasi tipikal (kecil) digunakan, persoalan ini tidak akan terjadi. Dengan kuantitas batch tertentu yang diaduk pada suatu waktu tertentu, beton yang telah kehilangan kemampuan pengerjaannya (workability) harus dibuang serta tidak dipakai lagi. Hal-hal berikut harus diperhatikan:

- Jika beton telah kaku sehingga tidak dapat dicor atau dipadatkan dengan baik, workability dapat diperoleh dengan pengadukan kembali. Hal ini dapat berlangsung hingga 1 jam atau setelah pengadukan pada kondisi suhu biasa di Indonesia.
- Penambahan semen dan air (dalam proporsi yang benar) dapat membantu pengadukan kembali. Penambahan air saja untuk mendapatkan kembali workability tidak diperbolehkan.

## 2.5. PENGENDALIAN PRODUKSI BETON

### 2.5.1 Umum

Pengendalian pengujian beton pada saat berlangsungnya proyek adalah suatu hal yang relatif sederhana. Konsultan Supervisi harus memastikan bahwa selalu dibuat catatan-catatan mengenai material yang dipakai, operasi batching, sifat-sifat beton baru, pengecoran dan perawatan beton dan kekuatan tekan dari spesimen uji yang diambil.

Keseluruhan keterangan ini akan membentuk gambaran yang lengkap mengenai produksi beton pada suatu periode waktu. Spesifikasi Teknik akan memberikan batas-batas pengendalian untuk penerimaan dan penolakan., tetapi Konsultan Supervisi harus dapat menentukan kecenderungan penurunan kualitas sebelum terjadi kemungkinan penolakan

mutlak. Jika pengujian agregat dan pemeriksaan batch dilakukan secara teratur, dapat dibuat suatu korelasi antara kekuatan sekitar 7 hari dan sifat-sifat material. Sebagai tambahan, korelasi yang baik antara kekuatan beton pada 7 dan 28 hari (atau umur lain) dapat diperoleh.

### **2.5.2 Konsistensi (Kekentalan) Beton**

Konsistensi beton biasanya dipantau melalui pengujian slump. Suatu kutipan dari AASHTO T119 terlampir dalam Lampiran 7-I untuk rujukan (referensi).

Konsistensi beton biasanya dipertahankan relatif konstan untuk jenis bangunan yang ditentukan (lihat Tabel 7.4 untuk slump maksimum untuk jenis bangunan beton yang berbeda). Hal ini dilakukan terutama untuk menyederhanakan pengangkutan, pengecoran, pemadatan dan penyelesaian beton. Jika persediaan agregat berbeda dalam kualitas, gradasi atau kadar lembab, atau bila slump yang berbeda-beda diperlukan untuk bagian pekerjaan yang berbeda, perlu penyesuaian pada kuantitas batch. Konsultan Supervisi harus memperhatikan konsistensi dari beton baru dalam pengaduk, dalam alat transport, dan dalam acuan pada waktu pengecoran dan pemadatan. Ia harus menilai nilai slump terdekat yang praktis untuk persyaratan akhir pada acuan. Kecenderungan umum daripada operator tidak terlatih adalah untuk membuat beton sebasah mungkin, dengan anggapan bahwa beton basah akan mengurangi tenaga yang diperlukan untuk pengecoran.

Pentingnya memelihara rasio air/semen dan perlunya menambah kandungan semen jika air akan ditambah (untuk membuat beton yang lebih basah) seringkali tidak disadari.

Kemungkinan lebih besar untuk pemisahan (segregation) daripada beton basah, terutama dengan campuran lebih kurus (kadar semen lebih rendah), tidak cukup disadari. Campuran harus cukup basah sehingga menjamin pengecoran dan pemadatan penuh tanpa terjadi keropos (honey combing), dan tidak lebih dari itu.

Operator pengaduk biasanya mengatur air yang harus ditambahkan pada pengaduk, berdasarkan slump yang diukur dalam batch-batch terdahulu. Jika kadar lembab dan kualitas agregat seragam, kurang perlu memberi air dalam jumlah yang berbeda-beda pada pengaduk. Oleh karena itu kadar air hanya dibedakan untuk menyesuaikan dengan variasi pada kadar lembab dalam agregat. Oleh karena penyesuaian yang perlu ini, alat pengukuran air (dimana dipakai) harus tidak terkunci pada suatu kuantitas yang tetap. Penyaringan akhir pada batching plant akan membantu mengendalikan persyaratan gradasi dan air dari campuran beton.

Meskipun Spesifikasi Teknik pada umumnya memberi petunjuk untuk pengendalian konsistensi dengan pengujian slump atau pengujian lain, pengawas harus mengandalkan penilainya sendiri terhadap beton pada acuan, dan ia harus menentukan suatu konsistensi untuk pengecoran, pemadatan, dan penyelesaian yang memuaskan.

Harus diperhatikan bahwa tahap terakhir dimana air dapat ditambahkan pada beton adalah pada pengaduk sebelum pengiriman, setelah mana beton harus diaduk secara menyeluruh untuk menjamin keseragaman secara menyeluruh untuk menjamin keseragaman dari produksi itu. Air tidak boleh ditambahkan setelah itu, meskipun ternyata bahwa beton yang telah ditempatkan dalam acuan tidak dapat dipadatkan secara memuaskan dengan penggetaran sebelum pengerasan. Sering terdapat kesulitan pada beberapa batch pertama, tetapi pada semua pekerjaan utama, sistem akan berjalan lancar selama pengawas teliti dan sistematis dalam pemeriksaannya, dan memperhatikan adanya penyimpangan dari prosedur rutin yang telah ditetapkan dan adanya variasi dalam keseragaman beton pada acuan.