

PEDOMAN

Pd T-07-2005-B

Konstruksi dan Bangunan

**Pelaksanaan pekerjaan beton
untuk jalan dan jembatan**



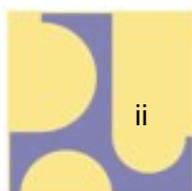
DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM



Daftar isi

Daftar isi	i-ii
Daftar tabel	iii
Daftar gambar	iii
Prakata	iv
Pendahuluan	v
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	2
3.1 Adukan	2
3.2 Agregat	2
3.3 Agregat halus	2
3.4 Agregat kasar	2
3.5 Beton	2
3.6 Beton bertulang	2
3.7 Beton normal	3
3.8 Beton pracetak	3
3.9 Beton prategang	3
4 Persyaratan umum	3
4.1 Uraian	3
4.2 Jaminan mutu	4
4.3 Toleransi untuk beton pracetak	4
4.4 Pengajuan kesiapan kerja	5
4.5 Penyimpanan dan perlindungan bahan	5
4.6 Kondisi tempat kerja	5
4.7 Perbaikan atas pekerjaan beton yang tidak memenuhi ketentuan	6
5 Bahan	7
5.1 Semen	7
5.2 Air	7
5.3 Ketentuan gradasi agregat	7
5.4 Sifat-sifat agregat.....	8
5.5 Batu untuk beton siklop	8
5.6 Cara pengambilan contoh bahan	8
6 Pencampuran dan penakaran	9
6.1 Rancangan campuran	9
6.2 Campuran percobaan	9
6.3 Ketentuan sifat-sifat campuran	9
6.4 Penyesuaian campuran	11
6.4.1 Penyesuaian sifat mudah dikerjakan (kelecakan atau <i>workability</i>)	11
6.4.2 Penyesuaian kekuatan	11

6.4.3	Penyesuaian untuk bahan-bahan baru	11
6.4.4	Bahan tambahan (<i>additive</i>)	11
6.5	Penakaran agregat	12
6.6	Pencampuran	13
7	Pelaksanaan pengecoran	13
7.1	Penyiapan tempat kerja	13
7.2	Acuan	14
7.3	Pengecoran.....	14
7.4	Sambungan pelaksanaan (<i>construction joint</i>).....	15
7.5	Pemadatan	16
7.6	Beton siklop	17
8	Pengerjaan akhir	17
8.1	Pembongkaran acuan.....	17
8.2	Permukaan (pengerjaan akhir biasa)	17
8.3	Permukaan (pengerjaan akhir khusus)	18
8.4	Perawatan dengan pembasahan	18
8.5	Perawatan dengan uap	18
9	Pengendalian mutu di lapangan	19
9.1	Pengujian untuk kelecakan (<i>workability</i>).....	19
9.2	Pengujian kuat tekan	19
9.3	Pengujian tambahan	20
	lampiran A (Informatif) Daftar nama dan lembaga	21



Daftar tabel

Tabel 1	Mutu beton dan penggunaan	4
Tabel 2	Ketentuan gradasi agregat	7
Tabel 3	Sifat-sifat agregat	8
Tabel 4	Pedoman awal untuk perkiraan proporsi takaran campuran.....	9
Tabel 5	Nilai slump untuk berbagai pekerjaan beton	10
Tabel 6	Ketentuan sifat Campuran	10
Tabel 7	Jumlah minimum alat penggetar mekanis dari dalam	16

Daftar gambar

Gambar 1	Pengaruh suhu beton, suhu udara, kelembaban relative, dan kecepatan angin pada laju penguapan air permukaan beton	6
----------	---	---

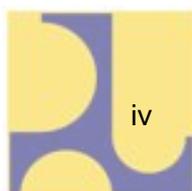


Prakata

Pedoman Pelaksanaan Pekerjaan Beton untuk Jalan dan Jembatan dipersiapkan oleh Panitia Teknik Standarisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan melalui Gugus Kerja Bidang Jembatan dan Bangunan Jalan pada Sub Panitia Teknik Standarisasi Bidang Prasarana Transportasi. Pedoman ini diprakarsai oleh Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Badan Litbang, ex., Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Pedoman ini merupakan revisi dari spesifikasi dalam Buku III Dokumen Lelang seksi 7.1, yang sebagian besar diambil dari SNI yang ada. Tujuan Pedoman ini adalah sebagai acuan pelaksanaan pembetonan untuk pekerjaan jalan dan jembatan, sehingga pekerjaan pembetonan mempunyai keseragaman dan dapat meningkatkan kualitas pekerjaan sebagaimana yang direncanakan.

Pedoman penulisan ini disusun mengikuti Pedoman BSN No. 8 tahun 2000 dan dibahas dalam forum konsensus pada tanggal 3 September 2004 yang melibatkan narasumber, pakar dan pemangku kepentingan Prasarana Transportasi sesuai ketentuan Pedoman BSN No. 9 tahun 2000.

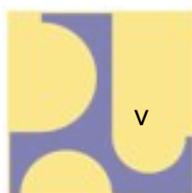


Pendahuluan

Di Indonesia penggunaan beton untuk pekerjaan jalan dan jembatan telah lama digunakan, dan hampir 80% elemen jembatan terbuat dari bahan beton bahkan dewasa ini banyak perkerasan jalan menggunakan bahan beton, hal ini mengingat beberapa kelebihan bahan beton dibanding bahan lainnya.

Pelaksanaan pembetonan baik untuk jalan maupun jembatan telah banyak mengalami kemajuan, baik teknologi beton maupun teknologi pelaksanaannya. Untuk itu perlu adanya pedoman pelaksanaan pekerjaan beton untuk jalan dan jembatan yang bisa menampung segala permasalahan pekerjaan beton yang sesuai dengan standar yang terbaru.

Tujuan dari penyusunan pedoman ini adalah sebagai acuan pelaksanaan pekerjaan beton untuk pekerjaan jalan dan jembatan, sehingga pekerjaan pembetonan mempunyai keseragaman dan dapat meningkatkan kualitas pekerjaan sebagaimana yang direncanakan



Pelaksanaan pekerjaan beton untuk jalan dan jembatan

1 Ruang lingkup

Pedoman ini merupakan acuan untuk pelaksanaan pekerjaan pembetonan jalan dan jembatan. Cakupan beton yang dimaksud dalam pedoman ini adalah beton yang dibuat dengan menggunakan semen portland yang mempunyai berat isi sekitar 22 kN/mm^3 (2200 kg/m^3) sampai dengan 24 kN/mm^3 (2400 kg/m^3) dan mempunyai kuat tekan (berdasarkan benda uji silinder) antara 10 MPa sampai dengan 65 MPa (setara dengan K-125 sampai dengan K-800 berdasarkan benda uji kubus).

2 Acuan normatif

- SNI 03-1968-1990, *Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar*
- SNI 03-1972-1990, *Metode pengujian slump beton*
- SNI 03-1973-1990, *Metoda pengujian berat isi beton*
- SNI 03-1974-1990, *Metode pengujian kuat tekan beton*
- SNI 03-2417-1991, *Metode pengujian keausan agregat dengan mesin Los Angeles*
- SNI 03-2458-1991, *Metode pengambilan contoh untuk campuran beton segar*
- SNI 03-2491-1991, *Metode pengujian kuat tarik-belah beton*
- SNI 03-2492-1991, *Metode pengambilan contoh benda uji beton inti*
- SNI 03-2493-1991, *Metode pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium*
- SNI 03-2495-1991, *Spesifikasi bahan tambahan untuk beton*
- SNI 03-2816-1992, *Metode pengujian kotoran organik dalam pasir untuk campuran mortar dan beton*
- SNI 03-2834-1992, *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*
- SNI 03-3403-1994, *Metode pengujian kuat tekan beton inti pemboran*
- SNI 03-3407-1994, *Metode pengujian sifat kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium sulfat dan magnesium sulfat*
- SNI 03-3418-1994, *Metode pengujian kandungan udara pada beton segar*
- SNI 03-3449-2002, *Spesifikasi agregat untuk beton*
- SNI 03-4141-1996, *Metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat*
- SNI 03-4142-1996, *Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no.200 (0,075 mm)*
- SNI 03-4156-1996, *Metode pengujian bliding dari beton segar*
- SNI 03-4433-1997, *Spesifikasi beton siap pakai*
- SNI 03-4806-1998, *Metode pengujian kadar semen portland dalam beton segar dengan cara titrasi volumetri*
- SNI 03-4807-1998, *Metode pengujian untuk menentukan suhu beton segar semen portland*
- SNI 03-4808-1998, *Metode pengujian kadar air dalam beton segar dengan cara titrasi volumetri*
- SNI 03-4810-1998, *Metode pembuatan dan perawatan benda uji beton di lapangan*



- SNI 15-2049-1994, *Semen portland*
- AASHTO T 26-79, *Quality of water to be used in concrete*
- ASTM A 416-90a, *Uncoated seven-wire stress-relieved strand for prestressed concrete*
- ASTM A 421-91, *Uncoated stress-relieved wire for prestressed concrete*
- ASTM A 722, *Uncoated high-strength steel bar for prestressed concrete*
- ASTM C 494, *Water reducing, retarding, accelerators, high range water reducing*
- ASTM C 618, *Pozzolans, fly ash and other mineral admixtures*
- ASTM C 989, *Ground granulated blast furnace slag*
- ACI 305.R-77, *Hot weather concreting*

3 Istilah dan definisi

Istilah dan definisi yang digunakan dalam pedoman ini sebagai berikut :

3.1

adukan

campuran antara agregat halus, semen Portland atau jenis semen hidraulik yang lain dan air

3.2

agregat

material granular misalnya pasir, kerikil, batu pecah dan kerak tungku pijar yang digunakan bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidraulik

3.3

agregat halus

pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm

3.4

agregat kasar

kerikil sebagai hasil desintegrasi 'alami' batuan atau berupa batu pecah yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 – 40,0 mm

3.5

beton

campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat

3.6

beton bertulang

beton yang diberi baja tulangan dengan luas dan jumlah yang tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material tersebut bekerja sama menahan gaya yang bekerja



3.7

beton normal

beton yang mempunyai berat isi 2200 – 2500 kg/m³ dan dibuat dengan menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah

3.8

beton pracetak

elemen atau komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirakit menjadi elemen jembatan

3.9

beton prategang

beton bertulang yang diberi tegangan dalam, untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat beban kerja

4 Persyaratan umum

4.1 Uraian

- a) Pekerjaan yang disyaratkan dalam pedoman ini mencakup pelaksanaan seluruh struktur beton bertulang, beton tanpa tulangan, beton prategang, beton pracetak dan beton untuk struktur baja komposit;
- b) Pekerjaan ini meliputi pula penyiapan tempat kerja untuk pengecoran beton, pengadaan penutup beton, lantai kerja dan pemeliharaan pondasi seperti pemompaan atau tindakan lain untuk mempertahankan agar pondasi tetap kering;
- c) Beton yang digunakan dalam pedoman ini mempunyai mutu beton sesuai tabel sebagai berikut:

Tabel 1 Mutu beton dan penggunaan

Jenis Beton	f_c' (MPa)	σ_{bk}' (Kg/cm ²)	Uraian
Mutu tinggi	35 – 65	K400 – K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu sedang	20 – <35	K250 – < K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb, beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu rendah	15 – <20	K175 – < K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10 – <15	K125 – < K175	digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton

4.2 Jaminan mutu

Mutu bahan, mutu campuran, cara kerja, proses dan hasil akhir harus dipantau dan dikendalikan sebagaimana yang disyaratkan dalam acuan normatif Pasal 2.

4.3 Toleransi untuk beton pracetak

- a) Toleransi Dimensi :
- Panjang keseluruhan sampai dengan 6 m. + 5 mm
 - Panjang keseluruhan lebih dari 6 m + 15 mm
 - Panjang balok, pelat lantai jembatan, kolom dinding. + 10 mm
- b) Toleransi Bentuk :
- Persegi (selisih dalam panjang diagonal) 10 mm
 - Kelurusan atau lengkungan (penyimpangan dari garis yang dimaksud) untuk panjang s/d 3 m. 12 mm
 - Kelurusan atau lengkungan untuk panjang 3 m - 6 m 15 mm
 - Kelurusan atau lengkungan untuk panjang > 6 m 20 mm
- d) Toleransi Alinyemen Vertikal :
- Penyimpangan ketegakan kolom dan dinding ± 10 mm
- e) Toleransi Ketinggian (elevasi) :
- Puncak lantai kerja di bawah pondasi ± 10 mm
 - Puncak lantai kerja di bawah pelat injak ± 10 mm
 - Puncak kolom, tembok kepala, ballk melintang ± 10 mm
- f) Toleransi Alinyemen Horisontal : 10 mm dalam 4 m panjang mendatar.



- g) Toleransi untuk Penutup / Selimut Beton Tulangan :
- Selimut beton sampai 3 cm + 5 mm
 - Selimut beton antara 3 cm sampai 10 cm + 10 mm

4.4 Pengajuan kesiapan kerja

- a) Semua bahan yang akan digunakan dilengkapi dengan data pengujian bahan dari laboratorium;
- b) Rancangan campuran untuk masing-masing mutu beton yang akan digunakan telah dipersiapkan 30 hari sebelum pekerjaan pengecoran beton dimulai;
- c) Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari setelah tanggal pencampuran, sesuai SNI 03-1974-1990;
- d) Seluruh perancah yang akan digunakan disertai gambar detail dan perhitungan struktur sebelum pekerjaan perancah dimulai;
- e) Rencana pelaksanaan pencampuran atau pengecoran setiap jenis beton telah dipersiapkan minimal 24 jam sebelum tanggal pelaksanaan pengecoran, termasuk metode pengecoran, kapasitas peralatan yang digunakan, tanggung jawab personil dan jadwal pelaksanaannya.

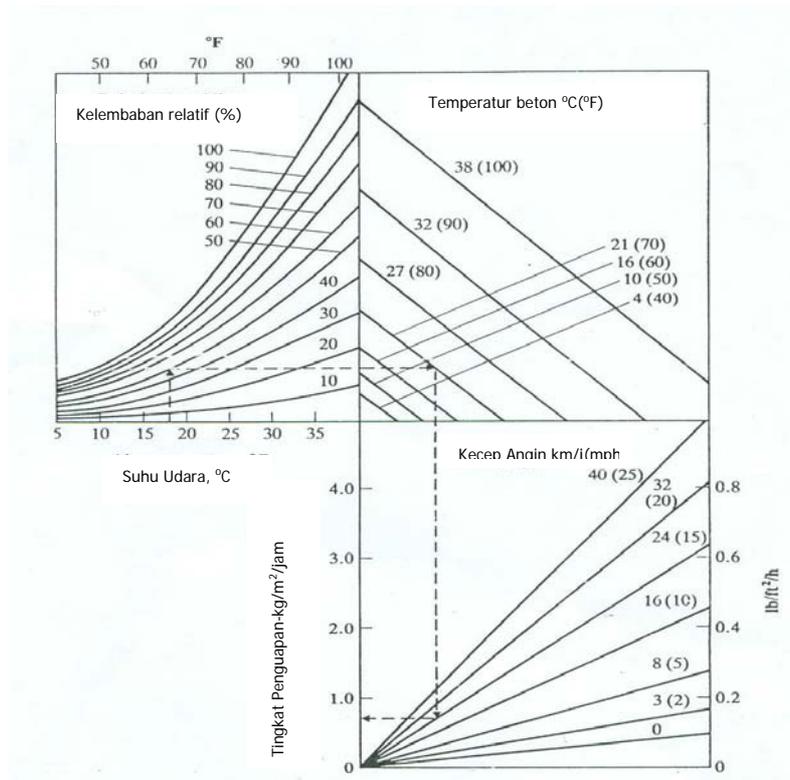
4.5 Penyimpanan dan perlindungan bahan

- a) Semen harus terlindung dari perubahan cuaca dan diletakkan di atas lantai kayu dengan ketinggian tidak kurang dari 30 cm dari permukaan tanah serta ditutup dengan lembaran plastik (*polyethylene*) selama penyimpanan, dan tidak lebih dari 3 bulan sejak disimpan dalam tempat penyimpanan di lokasi pekerjaan;
- b) Tempat penyimpanan agregat agar terlindung dan tidak langsung terkena sinar matahari dan hujan sepanjang waktu pengecoran.
Penyimpanan agregat harus dilakukan sedemikian rupa sehingga jenis agregat atau ukuran yang berbeda tidak tercampur.

4.6 Kondisi tempat kerja

Setiap pelaksanaan pengecoran beton harus terlindung dari sinar matahari secara langsung. Sebagai tambahan, pengecoran tidak boleh dilakukan bilamana:

- a) tingkat penguapan melampaui $1,0 \text{ kg} / \text{m}^2 / \text{jam}$. Gambar 1 adalah grafik yang menjelaskan tingkat penguapan pada permukaan beton;
- b) selama turun hujan atau bila udara penuh debu atau tercemar.



Gambar 1 Pengaruh suhu beton, suhu udara, kelembaban relatif, dan kecepatan angin pada laju penguapan air permukaan beton (Sumber : ACI 305.R-77)

4.7 Perbaikan atas pekerjaan beton yang tidak memenuhi ketentuan

- a) Perbaikan atas pekerjaan beton yang tidak memenuhi kriteria toleransi yang disyaratkan dalam Pasal 4.3, atau yang tidak memiliki permukaan akhir yang tidak memenuhi ketentuan, atau yang tidak memenuhi sifat-sifat campuran yang disyaratkan dalam Pasal 6.3, harus mengikuti petunjuk sebagai berikut :
 - 1) perubahan proporsi campuran beton untuk sisa pekerjaan yang belum dikerjakan;
 - 2) penanganan pada bagian struktur yang hasil pengujiannya gagal;
 - 3) perkuatan, pembongkaran atau penggantian sebagian atau menyeluruh pada bagian pekerjaan yang memerlukan penanganan khusus;
- b) Bilamana terjadi perbedaan pendapat dalam hal mutu pekerjaan beton atau adanya keraguan dari data pengujian yang ada, dapat dilakukan pengujian tambahan seperti dijelaskan dalam pasal 9.3 yang diperlukan untuk menjamin bahwa mutu pekerjaan yang telah dilaksanakan dapat dinilai dengan adil dengan meminta pihak ketiga untuk melaksanakannya;
- c) Perbaikan atas pekerjaan beton yang retak atau bergeser dilakukan sesuai dengan ketentuan dan spesifikasi yang berlaku, dan dibuat detail rencana perbaikan sebelum memulai pekerjaan perbaikan.

5 Bahan

5.1 Semen

- a) Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus jenis semen portland yang memenuhi SNI 15-2049-1994 kecuali jenis IA, IIA, IIIA dan IV. Apabila menggunakan bahan tambahan yang dapat menghasilkan gelembung udara, maka gelembung udara yang dihasilkan tidak boleh lebih dari 5 %, dan harus mendapatkan persetujuan secara tertulis;
- b) Dalam satu campuran, hanya satu merk semen portland yang boleh digunakan. Bilamana di dalam satu proyek digunakan lebih dari satu merk semen, maka harus diajukan kembali rancangan campuran beton sesuai dengan merk semen yang digunakan.

5.2 Air

Air yang memenuhi syarat untuk pencampuran, perawatan, atau pemakaian lainnya harus bersih, dan harus memenuhi syarat sesuai SNI 03-0624-1991. Air yang diketahui dapat diminum dapat digunakan. Bilamana timbul keragu-raguan atas mutu air yang diusulkan dan pengujian air seperti di atas tidak dapat dilakukan, maka harus diadakan perbandingan pengujian kuat tekan mortar semen dan pasir dengan memakai air yang diusulkan dan dengan memakai air suling. Air yang diusulkan dapat digunakan bilamana kuat tekan mortar dengan air tersebut pada umur 7 hari dan 28 hari minimum 90 % kuat tekan mortar dengan air suling pada periode perawatan yang sama.

5.3 Ketentuan gradasi agregat

- a) Gradasi agregat kasar dan halus harus memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 2, tetapi bahan yang tidak memenuhi ketentuan gradasi tersebut harus diuji dan harus memenuhi sifat-sifat campuran yang disyaratkan dalam Pasal 6.3;

Tabel 2 Ketentuan gradasi agregat

Ukuran Saringan (mm)	Persen Berat Yang Lolos Untuk Agregat				
	Halus	Kasar			
50,8 (2")	-	100	-	-	-
38,1 (1½")	-	95 - 100	100	-	-
25,4 (1")	-	-	95 - 100	100	-
19 (¾")	-	35 - 70	-	90 - 100	100
12,7 (½")	-	-	25 - 60	-	90 - 100
9,5 (¾")	100	10 - 30	-	20 - 55	40 - 70
4,75 (# 4)	95 - 100	0 - 5	0 - 10	0 - 10	0 - 15
2,36 (# 8)	80 - 100	-	0 - 5	0 - 5	0 - 5
1,18 (#16)	50 - 85	-	-	-	-
0,300 (# 50)	10 - 30	-	-	-	-
0,150 (# 100)	2 - 10	-	-	-	-

- b) Agregat kasar harus dipilih sedemikian rupa sehingga ukuran agregat terbesar tidak lebih dari $\frac{3}{4}$ jarak bersih minimum antara baja tulangan atau antara baja tulangan dengan acuan, atau celah-celah lainnya di mana beton harus dicor.



5.4 Sifat-sifat Agregat

- a) Agregat yang digunakan harus bersih, keras, kuat yang diperoleh dari pemecahan batu atau koral, atau dari pengayakan dan pencucian (jika perlu) kerikil dan pasir sungai;
- b) Agregat harus bebas dari bahan organik seperti yang ditunjukkan oleh pengujian SNI 03-2816-1992 dan harus memenuhi sifat-sifat lainnya yang diberikan dalam Tabel 3 bila contoh-contoh diambil dan diuji sesuai dengan prosedur yang berhubungan.

Tabel 3 Sifat-sifat agregat

Sifat-sifat	Metode Pengujian	Batas Maksimum yang diijinkan untuk Agregat	
		Halus	Kasar
Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles pada 500 putaran	SNI 03-2417-1991	-	20 % untuk beton mutu sedang dan tinggi 40 % untuk beton mutu rendah
Kekekalan Bentuk Batu terhadap Larutan Natrium Sulfat atau Magnesium Sulfat setelah 5 siklus	SNI 03-3407-1994	10 % dengan natrium sulfat	12 % dengan natrium sulfat
		15% dengan magnesium sulfat	18% dengan magnesium sulfat
Gumpalan Lempung dan Partikel yang Mudah Pecah	SK SNI M-01-1994-03	3 %	2 %
Bahan yang Lolos Saringan No.200	SK SNI M-02-1994-03	3 %	1 %

5.5 Batu untuk beton siklop

Batu untuk beton siklop harus keras, awet, bebas dari retak, rongga dan tidak rusak oleh pengaruh cuaca. Batu harus bersudut runcing, bebas dari kotoran, minyak dan bahan-bahan lain yang mempengaruhi ikatan dengan beton. Ukuran batu yang digunakan untuk beton siklop tidak boleh lebih besar dari 25 cm.

5.6 Cara pengambilan contoh bahan

Pengambilan contoh bahan disesuaikan dengan Standar Pengambilan contoh agregat menurut ASTM D 75.



6 Pencampuran dan penakaran

6.1 Rancangan campuran

Proporsi bahan dan berat penakaran harus ditentukan sesuai dengan SNI 03-2834-1992. Sebagai pedoman awal untuk perkiraan proporsi takaran campuran dapat digunakan Tabel 4.

Tabel 4 Pedoman awal untuk perkiraan proporsi takaran campuran

Jenis beton	Mutu Beton		Ukuran Agregat Maks. (mm)	Rasio Air / Semen Maks. (terhadap berat)	Kadar Semen Min. (kg/m ³) dari campuran
	f_c' (MPa)	σ_{bk}' (kg/cm ²)			
Mutu tinggi	65	K800			
	50	K600	19	0,350	450
	45	K500	37	0,400	395
			25	0,400	430
			19	0,400	455
	38	K450	37	0,425	370
			25	0,425	405
			19	0,425	430
	35	K400	37	0,450	350
			25	0,450	385
19			0,450	405	
Mutu sedang	30	K350	37	0,475	335
			25	0,475	365
			19	0,475	385
	25	K300	37	0,500	315
			25	0,500	345
			19	0,500	365
20	K250	37	0,550	290	
		25	0,550	315	
		19	0,550	335	
Mutu rendah	15	K175	37	0,600	265
			25	0,600	290
			19	0,600	305
	10	K125	37	0,700	225
25			0,700	245	
			19	0,700	260

6.2 Campuran percobaan

Campuran percobaan harus dibuat dan diuji dengan rancangan campuran serta bahan yang diusulkan sesuai dengan SNI 03-2834-2000, dengan disaksikan oleh pihak berwenang, yang menggunakan jenis instalasi dan peralatan sebagaimana yang akan digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan.

6.3 Ketentuan sifat-sifat campuran

- a) Campuran beton yang tidak memenuhi ketentuan kelecakan (misalnya dinyatakan dengan nilai "slump") seperti yang diusulkan tidak boleh digunakan pada pekerjaan. Kelecakan (*workability*) dan tekstur campuran harus sedemikian rupa sehingga beton dapat dicor pada pekerjaan tanpa membentuk rongga, celah, gelembung udara atau gelembung air, dan sedemikian rupa sehingga pada saat pembongkaran acuan diperoleh permukaan yang rata, halus dan padat;



- b) Nilai slump untuk keperluan berbagai pekerjaan beton dapat menggunakan Tabel 5, namun demikian dengan alasan-alasan tertentu dapat menggunakan nilai slump diluar Tabel 5 dengan dukungan bukti pengujian;

Tabel 5 Nilai slump untuk berbagai pekerjaan beton

Uraian	Slump
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	5,0 – 12,5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi bawah tanah	2,5 – 9,0
Pelat, balok, kolom dan dinding	7,5 – 15,0
Perkerasan jalan	5,0 – 7,5
Pembetonan masal	2,5 – 7,5

- c) Seluruh beton yang digunakan dalam pekerjaan harus memenuhi kuat tekan yang disyaratkan dalam Tabel 6 (atau berdasarkan hasil uji laboratorium yang berwenang), bila pengambilan contoh, perawatan dan pengujian sesuai dengan SNI 03-1974-1990, SNI 03-4810-1998, SNI 03-2493-1991, SNI 03-2458-1991; Sangat tidak dianjurkan menggunakan benda uji kubus, namun demikian apabila tetap menggunakan benda uji kubus maka harus dilakukan konversi terhadap benda uji silinder;

Tabel 6 Ketentuan sifat campuran

Jenis beton	Mutu Beton		Kuat Tekan Minimum (MPa) Benda Uji Silinder $\phi 15 - 30$ cm	
	F_c' (MPa)	σ_{bk}' (Kg/cm ²)	7 hari	28 hari
Mutu Tinggi	50	K600	32,5	50,0
	45	K500	26,0	40,0
	35	K400	24,0	33,0
Mutu Sedang	30	K350	21,0	29,0
	25	K300	18,0	25,0
	20	K250	15,0	21,0
Mutu rendah	15	K175	9,5	14,5
	10	K125	7,0	10,5

Catatan : percepatan gravitasi (g) yang diambil sebesar 10 m/det^2

- d) Bilamana pengujian beton umur 7 hari menghasilkan kuat tekan beton di bawah kekuatan yang disyaratkan dalam Tabel 6, maka pengecoran dihentikan sementara sampai penyebab dari hasil yang rendah tersebut diketahui dengan pasti dan diambil tindakan-tindakan yang menjamin bahwa produksi beton berikutnya memenuhi ketentuan yang disyaratkan dalam Spesifikasi. Kuat tekan beton umur 28 hari yang tidak memenuhi ketentuan yang disyaratkan harus dipandang sebagai pekerjaan yang tidak dapat diterima dan pekerjaan tersebut harus diperbaiki sebagaimana disyaratkan dalam Pasal 4.7 di atas. Kekuatan beton dianggap lebih kecil dari yang disyaratkan bilamana hasil pengujian serangkaian benda uji dari suatu bagian pekerjaan yang dilaksanakan lebih kecil dari kuat tekan beton karakteristik yang diperoleh dari rumus yang diuraikan dalam Pasal 9.2;
- e) Tindakan perbaikan untuk meningkatkan mutu campuran atas dasar hasil pengujian kuat tekan beton sebagaimana pasal 6.3.d) di atas dapat dilakukan pula pada umur 3 hari. Dalam keadaan demikian, pekerjaan harus segera dihentikan pada saat pengecoran beton



yang diragukan tetapi dapat memilih menunggu sampai hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 hari diperoleh, sebelum menerapkan tindakan perbaikan, pada waktu tersebut ditelaah kedua hasil pengujian umur 3 hari dan 7 hari, dan dapat segera diambil tindakan perbaikan yang dipandang perlu;

- f) Perbaikan atas pekerjaan beton yang tidak memenuhi ketentuan dapat mencakup pembongkaran dan penggantian seluruh beton. Tindakan tersebut tidak boleh berdasarkan pada hasil pengujian kuat tekan beton umur 3 hari saja, kecuali bila ada kesepakatan para pihak yang terlibat dalam pekerjaan untuk melakukan perbaikan pada umur tersebut.

6.4 Penyesuaian campuran

6.4.1 Penyesuaian sifat mudah dikerjakan (keleccakan atau *workability*)

Bilamana sifat keleccakan pada beton dengan proporsi yang semula dirancang sulit diperoleh, maka boleh melakukan perubahan rancangan agregat, dengan syarat dalam hal apapun kadar semen yang semula dirancang tidak berubah, juga rasio air/semen yang telah ditentukan berdasarkan pengujian yang menghasilkan kuat tekan yang memenuhi tidak dinaikkan.

Pengadukan kembali beton yang telah dicampur dengan cara menambah air atau oleh cara lain tidak diijinkan.

Bahan tambahan untuk meningkatkan sifat keleccakan hanya diijinkan bila telah dilakukan pengujian rancangan sebelumnya.

6.4.2 Penyesuaian kekuatan

Bilamana beton tidak mencapai kekuatan yang disyaratkan, maka kadar semen dapat ditingkatkan atau dapat digunakan bahan tambahan dengan syarat disetujui oleh Direksi Pekerjaan.

6.4.3 Penyesuaian untuk bahan-bahan baru

Perubahan sumber atau karakteristik bahan tidak boleh dilakukan tanpa ada persetujuan tertulis, dan ditetapkan proporsi baru berdasarkan atas hasil pengujian campuran percobaan baru dengan bahan tersebut.

6.4.4 Bahan tambahan (*admixture*)

Bila akan menggunakan bahan tambahan, maka jenis dan takaran bahan tambahan yang akan digunakan untuk tujuan tertentu harus dibuktikan kebenarannya melalui pengujian campuran di laboratorium. Ketentuan mengenai bahan tambahan ini harus mengacu pada SNI 03-2495-1991.

Bila akan digunakan bahan tambahan berupa butiran yang sangat halus, sebagian besar berupa mineral yang bersifat *cementious* seperti abu terbang (*fly ash*), mikrosilika (*silicafume*), beton polimer atau abu *slag* besi (*iron furnace slag*), yang umumnya ditambahkan pada semen sebagai bahan utama beton, maka penggunaan bahan tersebut harus berdasarkan hasil pengujian laboratorium yang menyatakan bahwa hasil kuat tekan yang dihasilkan sesuai dengan persyaratan yang diinginkan.

Dalam hal penggunaan bahan tambahan dalam campuran beton, maka bahan tersebut ditambahkan pada saat pengadukan beton.

Bahan tambahan ini boleh digunakan untuk meningkatkan kinerja beton segar (*fresh concrete*), yaitu :

- a) meningkatkan kinerja keleccakan adukan beton tanpa menambah air;
- b) mengurangi penggunaan air dalam campuran beton tanpa mengurangi keleccakan;
- c) mempercepat pengikatan hidrasi semen atau pengerasan beton;



- d) memperlambat pengikatan hidrasi semen atau pengerasan beton;
- e) meningkatkan kinerja kemudahan pemompaan beton;
- f) mengurangi kecepatan terjadinya *slump loss*;
- g) mengurangi susut beton atau memberikan sedikit pengembangan volume beton (ekspansi);
- h) mengurangi terjadinya *bleeding*;
- i) mengurangi terjadinya segregasi.

Untuk tujuan peningkatan kinerja beton sesudah mengeras, bahan tambahan campuran beton bisa digunakan untuk keperluan-keperluan sebagai berikut:

- a) meningkatkan kekuatan beton (secara tidak langsung);
- b) meningkatkan kekuatan pada beton muda;
- c) mengurangi atau memperlambat panas hidrasi pada proses pengerasan beton, terutama untuk beton dengan kekuatan awal yang tinggi;
- d) meningkatkan kinerja pengecoran beton di dalam air atau di laut;
- e) meningkatkan keawetan jangka panjang beton;
- f) meningkatkan kedekatan beton (mengurangi permeabilitas beton);
- g) mengendalikan ekspansi beton akibat reaksi alkali agregat;
- h) meningkatkan daya lekat antara beton baru dan beton lama;
- i) meningkatkan daya lekat antara beton dan baja tulangan;
- j) meningkatkan ketahanan beton terhadap abrasi dan tumbukan.

Walaupun demikian, penggunaan additive dan admixture perlu dilakukan secara hati-hati dan dengan takaran yang tepat sesuai manual penggunaannya, serta dengan proses pengadukan yang baik, agar pengaruh penambahannya pada kinerja beton bisa dicapai secara merata pada semua bagian beton. Dalam hal ini perlu dimengerti bahwa dosis yang berlebih akan dapat mengakibatkan menurunnya kinerja beton, atau dalam hal yang lebih parah, dapat menimbulkan kerusakan pada beton.

6.5 Penakaran agregat

- a) Seluruh komponen bahan beton harus ditakar menurut berat, untuk mutu beton $f_c' \leq 20$ MPa diijinkan ditakar menurut volume sesuai SNI 03-3976-1995. Bila digunakan semen kemasan dalam zak, kuantitas penakaran harus sedemikian sehingga kuantitas semen yang digunakan adalah setara dengan satu satuan atau kebulatan dari jumlah zak semen. Agregat harus ditimbang beratnya secara terpisah. Ukuran setiap penakaran tidak boleh melebihi kapasitas alat pencampur;
- b) Penakaran agregat harus dilakukan dalam kondisi jenuh kering permukaan (SSD). Apabila hal tersebut tidak dilakukan maka harus dilakukan koreksi penakaran sesuai dengan kondisi agregat di lapangan. Untuk mendapatkan kondisi agregat yang jenuh kering permukaan dapat dilakukan dengan cara menyemprot tumpukan agregat dengan air secara berkala paling sedikit 12 jam sebelum penakaran untuk menjamin kondisi jenuh kering permukaan;
- c) Pelaksana harus dapat menunjukkan sertifikat kalibrasi yang masih berlaku untuk seluruh peralatan yang digunakan untuk keperluan penakaran bahan-bahan beton termasuk saringan agregat pada perangkat *ready mix*.



6.6 Pencampuran

- a) Beton harus dicampur dalam mesin yang dijalankan secara mekanis dari jenis dan ukuran yang disetujui sehingga dapat menjamin distribusi yang merata dari seluruh bahan;
- b) Pencampur harus dilengkapi dengan tangki air yang memadai dan alat ukur yang akurat untuk mengukur dan mengendalikan jumlah air yang digunakan dalam setiap penakaran;
- c) Cara pencampuran bahan beton dilakukan sebagai berikut, pertama masukkan sebagian air, kemudian seluruh agregat sehingga mencapai kondisi yang cukup basah, dan selanjutnya masukkan seluruh semen yang sudah ditakar hingga tercampur dengan agregat secara merata. Terakhir masukkan sisa air untuk menyempurnakan campuran;
- d) Waktu pencampuran harus diukur mulai pada saat air dimasukkan ke dalam campuran bahan kering. Seluruh sisa air yang diperlukan harus sudah dimasukkan sekira seperempat waktu pencampuran tercapai. Waktu pencampuran untuk mesin berkapasitas 1 m³ atau kurang harus sekira 1,5 menit; untuk mesin yang lebih besar waktu harus ditingkatkan 30 detik untuk tiap penambahan 0,5 m³;
- e) Bila tidak mungkin menggunakan mesin pencampur, dapat dilakukan pencampuran beton dengan cara manual dan harus dilakukan sedekat mungkin dengan tempat pengecoran. Penggunaan pencampuran beton dengan cara manual harus dibatasi hanya pada beton non-struktural.

7 Pelaksanaan pengecoran

7.1 Penyiapan tempat kerja

- a) Struktur lama yang akan diganti dengan beton baru harus dibongkar atau struktur lama yang mengganggu harus dibongkar untuk dapat memungkinkan pelaksanaan pekerjaan beton yang baru. Pembongkaran tersebut harus dilaksanakan sesuai dengan persyaratan dan Spesifikasi yang berlaku;
- b) Pelaksana harus menggali atau menimbun kembali pondasi atau formasi untuk pekerjaan beton sesuai dengan garis yang ditunjukkan dalam Gambar Kerja dan sesuai dengan ketentuan dan Spesifikasi yang berlaku, dan harus membersihkan serta menggaru tempat di sekeliling pekerjaan beton yang cukup luas sehingga dapat menjamin dicapainya seluruh sudut pekerjaan. Jika diperlukan harus disediakan jalan kerja yang stabil untuk menjamin dapat diperiksanya seluruh sudut pekerjaan dengan mudah dan aman;
- c) Seluruh dasar pondasi, pondasi dan galian untuk pekerjaan beton harus dijaga agar senantiasa kering. Beton tidak boleh dicor di atas tanah yang berlumpur, bersampah atau di dalam air. Apabila beton akan dicor di dalam air, maka harus dilakukan dengan cara dan peralatan khusus untuk menutup kebocoran seperti pada dasar sumuran atau *cofferdam*;
- d) Sebelum pengecoran beton dimulai, seluruh acuan, tulangan dan benda lain yang harus berada di dalam beton (seperti pipa atau selongsong) harus sudah dipasang dan diikat kuat sehingga tidak bergeser pada saat pengecoran;
- e) Bila disyaratkan menggunakan lantai kerja, maka bahan lantai kerja untuk pekerjaan beton harus dihampar sesuai dengan ketentuan dan Spesifikasi yang berlaku;
- f) Seluruh galian yang disiapkan untuk pondasi harus diperiksa sebelum pemasangan acuan, baja tulangan atau pengecoran beton. Bila perlu dapat dilakukan pengujian penetrasi kedalaman tanah keras, pengujian kepadatan, atau penyelidikan lainnya untuk memastikan cukup tidaknya daya dukung tanah di bawah pondasi;



Bilamana dijumpai kondisi tanah dasar pondasi yang tidak memenuhi ketentuan, dapat dilakukan perubahan dimensi atau kedalaman pondasi dan/atau menggali dan mengganti bahan di tempat yang lunak, memadatkan tanah pondasi atau melakukan tindakan stabilisasi lainnya;

- g) Lokasi pengecoran harus dipastikan bebas dari resiko terkena air hujan dengan cara memasang tenda seperlunya. Pekerjaan pengecoran ditunda sebelum tenda terpasang dengan benar. Lokasi pengecoran juga harus dipastikan bebas dari resiko terkena air pasang atau muka air tanah dengan penanganan seperlunya.

7.2 Acuan

- a) Bilamana menggunakan acuan dari tanah maka harus dibentuk dari galian, dan sisi-sisi samping serta dasarnya harus dipangkas secara manual sesuai dimensi yang diperlukan. Seluruh kotoran tanah yang lepas harus dibuang sebelum pengecoran beton;
- b) Acuan dapat dibuat dari kayu atau baja dengan sambungan yang kedap dan kaku untuk mempertahankan posisi yang diperlukan selama pengecoran, pemadatan dan perawatan;
- c) Untuk permukaan akhir struktur yang tidak terekspos dapat digunakan kayu yang tidak diserut permukaannya. Sedangkan untuk permukaan akhir yang terekspos harus digunakan kayu yang mempunyai permukaan yang rata. Seluruh sudut-sudut tajam acuan harus ditumpulkan;
- d) Acuan harus dibuat sedemikian rupa sehingga dapat dibongkar tanpa merusak permukaan beton dengan memberikan pelumas (*oil form*).

7.3 Pengecoran

- a) Pemberitahuan secara tertulis harus dibuat paling sedikit 24 jam sebelum memulai pengecoran beton, atau meneruskan pengecoran beton bilamana pengecoran beton telah ditunda lebih dari 6 jam (*final setting*). Pemberitahuan harus meliputi lokasi, kondisi pekerjaan, mutu beton dan tanggal serta waktu pencampuran beton;
- b) Pemeriksaan acuan, tulangan dan kesiapan lainnya perlu dicek ulang sebelum melakukan pengecoran;
- c) Segera sebelum pengecoran beton dimulai, acuan harus dibasahi dengan air atau diolesi pelumas di sisi dalamnya yang tidak meninggalkan bekas;
- d) Pengecoran beton ke dalam cetakan sampai selesai harus dalam waktu maksimum 1 jam setelah pencampuran, atau dalam waktu yang lebih pendek sebagaimana berdasarkan pengamatan karakteristik waktu pengerasan (*setting time*) semen yang digunakan, kecuali digunakan bahan tambahan untuk memperlambat proses pengerasan (*retarder*);
- e) Pengecoran beton harus berkesinambungan tanpa berhenti sampai dengan sambungan pelaksanaan (*construction joint*) yang telah disetujui sebelumnya atau sampai pekerjaan selesai;
- f) Pengecoran beton harus dilaksanakan sedemikian rupa sehingga tidak terjadi segregasi antara agregat kasar dan agregat halus dari campuran. Beton harus dicor dalam cetakan sedekat mungkin dengan yang dapat dicapai pada posisi akhir beton;
- g) Pengecoran beton ke dalam acuan struktur yang berbentuk rumit dan penulangan yang rapat harus dilaksanakan secara lapis demi lapis dengan tebal yang tidak melampaui 15 cm. Untuk dinding beton, tebal lapis pengecoran dapat sampai 30 cm menerus sepanjang seluruh keliling struktur;
- h) Tinggi jatuh bebas beton ke dalam cetakan tidak boleh lebih dari 150 cm;



Beton tidak boleh dicor langsung ke dalam air. Bilamana beton dicor di dalam air dan tidak dapat dilakukan pemompaan dalam waktu 48 jam setelah pengecoran, maka beton harus dicor dengan metode tremi atau metode *Drop-Bottom-Bucket*, dimana penggunaan bentuk dan jenis yang khusus untuk tujuan ini harus disetujui terlebih dahulu oleh Direksi Pekerjaan.

Dalam hal pengecoran di bawah air dengan menggunakan beton tremi maka campuran beton tremi tersebut harus dijaga sedemikian rupa agar campuran tersebut mempunyai *slump* tertentu, kelecakan yang baik dan pengecoran secara keseluruhan dari bagian dasar sampai atas tiang pancang selesai dalam masa *setting time* beton. Untuk itu harus dilakukan campuran percobaan dengan menggunakan bahan tambahan (*retarder*) untuk memperlambat pengikatan awal beton, yang lamanya tergantung dari lokasi pengecoran beton, pemasangan dan penghentian pipa tremi serta volume beton yang dicor. Pipa tremi dan sambungannya harus kedap air dan mempunyai ukuran yang cukup sehingga memungkinkan beton mengalir dengan baik.

Tremi harus selalu terisi penuh selama pengecoran. Bilamana aliran beton terhambat maka tremi harus ditarik sedikit keatas dan diisi penuh terlebih dahulu sebelum pengecoran dilanjutkan.

Baik tremi atau *Drop-Bottom-Bucket* harus mengalirkan campuran beton di bawah permukaan beton yang telah dicor sebelumnya

- i) Pengecoran harus dilakukan pada kecepatan sedemikian rupa hingga campuran beton yang telah dicor masih plastis sehingga dapat menyatu dengan campuran beton yang baru;
- j) Bidang-bidang beton lama yang akan disambung dengan beton baru yang akan dicor, harus terlebih dahulu dikasarkan, dibersihkan dari bahan-bahan yang lepas dan rapuh dan dilapisi dengan *bonding agent* yang telah diuji;
- k) Dalam waktu 24 jam setelah pengecoran permukaan beton, tidak boleh ada air yang mengalir di atasnya;
- l) Apabila dilakukan pengecoran beton yang menggunakan pompa beton dari alat *Ready Mix*, maka perlu diperhatikan kapasitas, daya pemompaan, kelecakan beton untuk mendapatkan hasil pengecoran yang sesuai dengan ketentuan.

7.4 Sambungan pelaksanaan (*construction joint*)

- a) Jadwal pengecoran beton yang berkaitan harus disiapkan untuk setiap jenis struktur yang diusulkan beserta lokasi sambungan pelaksanaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar Rencana. Sambungan pelaksanaan tidak boleh ditempatkan pada pertemuan elemen-elemen struktur kecuali ditentukan demikian;
- b) Sambungan pelaksanaan pada tembok sayap tidak diijinkan. Semua sambungan pelaksanaan harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang dan pada umumnya harus diletakkan pada titik dengan gaya geser minimum;
- c) Bilamana sambungan vertikal diperlukan, baja tulangan harus menerus melewati sambungan sedemikian rupa sehingga membuat struktur tetap monolit;
- d) Pada sambungan pelaksanaan harus disediakan lidah alur dengan ke dalam paling sedikit 4 cm untuk dinding, pelat, serta antara dasar pondasi dan dinding. Untuk pelaksanaan pengecoran pelat yang terletak di atas permukaan dengan cara manual, sambungan pelaksanaan harus diletakkan sedemikian rupa sehingga pelat-pelat mempunyai luas maksimum 40 m²;
- e) Pekerja dan bahan-bahan yang diperlukan harus disiapkan untuk kemungkinan adanya sambungan pelaksanaan tambahan bilamana pekerjaan terpaksa mendadak harus



dihentikan akibat hujan atau terhentinya pemasokan beton atau penghentian pekerjaan oleh adanya sesuatu hal;

- f) *Bonding agent* yang akan digunakan untuk pelekatan pada sambungan pelaksanaan, cara pelaksanaannya harus sesuai dengan petunjuk pabrik pembuatnya;
- g) Pada lingkungan air asin atau korosif, sambungan pelaksanaan tidak diperkenankan berada pada 75 cm di bawah muka air terendah atau 75 cm di atas muka air tertinggi kecuali ditentukan lain dalam Gambar Kerja.

7.5 Pematatan

- a) Beton harus dipadatkan dengan penggetar mekanis dari dalam atau dari luar acuan yang telah disetujui. Bilamana diperlukan, penggetaran harus disertai penusukan secara manual dengan alat yang cocok untuk menjamin kepadatan yang tepat dan memadai. Alat penggetar tidak boleh digunakan untuk memindahkan campuran beton dari satu titik ke titik lain di dalam acuan;
- b) Pematatan harus dilakukan secara hati-hati untuk memastikan semua sudut, di antara dan sekitar besi tulangan benar-benar terisi tanpa menggeser tulangan sehingga setiap rongga dan gelembung udara terisi;
- c) Lama penggetaran harus dibatasi, agar tidak terjadi segregasi pada hasil pematatan yang diperlukan;
- d) Alat penggetar mekanis dari luar harus mampu menghasilkan sekurang-kurangnya 5000 putaran per menit dengan berat efektif 0,25 kg, dan boleh diletakkan di atas acuan supaya dapat menghasilkan getaran yang merata;
- e) Posisi alat penggetar mekanis yang digunakan untuk memadatkan beton di dalam acuan harus vertikal sedemikian rupa sehingga tidak berada lebih dekat dari 100 mm terhadap acuan atau beton yang sudah mengeras, dan usahakan tidak mengenai tulangan sehingga menghasilkan kepadatan yang menyeluruh pada bagian tersebut. Apabila alat penggetar tersebut akan digunakan pada posisi yang lain maka alat tersebut harus ditarik secara perlahan dan dimasukkan kembali pada posisi lain dengan jarak tidak lebih dari 45 cm. Alat penggetar tidak boleh berada pada suatu titik lebih dari 15 detik atau permukaan beton sudah mengkilap;
- f) Jumlah minimum alat penggetar mekanis dari dalam diberikan dalam Tabel 7;

Tabel 7 Jumlah minimum alat penggetar mekanis dari dalam

Kecepatan Pengecoran Beton (m^3/jam)	Jumlah Alat
4	2
8	3
12	4
16	5
20	6
> 20	> 6

Apabila kecepatan pengecoran $20 \text{ m}^3/\text{jam}$, maka harus digunakan alat penyeter yang mempunyai dimensi lebih besar dari 7,5 cm.

- g) Lapisan yang digetarkan tidak boleh lebih tebal dari 500 mm. Untuk bagian konstruksi yang sangat tebal harus dilaksanakan lapis demi lapis;
- h) Dalam segala hal, pematatan beton harus sudah selesai sebelum terjadi waktu ikat awal (*initial setting*).



7.6 Beton siklop

Beton siklop adalah beton yang terdiri dari campuran mutu beton $f_c=15$ Mpa (K175) dengan batu-batu pecah ukuran maksimum 25 cm. Batu-batu ini diletakkan dengan hati-hati dan tidak boleh dijatuhkan dari tempat yang tinggi atau ditempatkan secara berlebihan yang dikhawatirkan akan merusak bentuk acuan atau pasangan-pasangan lain yang berdekatan. Semua batu-batu pecah harus cukup dibasahi sebelum ditempatkan. Volume total batu pecah tidak boleh melebihi sepertiga dari total volume pekerjaan beton siklop.

Untuk dinding penahan tanah dan pilar yang lebih tebal dari 60 cm, tiap batu harus dilindungi dengan adukan beton setebal 15 cm; jarak antar batu pecah maksimum 30 cm dan jarak terhadap permukaan minimum 15 cm. Permukaan bagian atas dilindungi dengan beton penutup (*caping*).

8 Pengerjaan akhir

8.1 Pembongkaran acuan

- a) Acuan tidak boleh dibongkar dari bidang vertikal, dinding, kolom yang tipis dan struktur yang sejenis lebih awal 30 jam setelah pengecoran beton tanpa mengabaikan perawatan. Acuan yang ditopang oleh perancah di bawah pelat, balok, gelegar, atau struktur busur, tidak boleh dibongkar hingga pengujian kuat tekan beton menunjukkan paling sedikit 85 % dari kekuatan rancangan beton, atau ditunjukkan dalam perhitungan bahwa beban yang ditanggung mampu menerima beban;
- b) Untuk memungkinkan pengerjaan akhir, acuan yang digunakan untuk pekerjaan yang diberi hiasan, tiang sandaran, tembok pengarah (*parapet*), dan permukaan vertikal yang terekspos harus dibongkar dalam waktu paling sedikit 9 jam setelah pengecoran dan tidak lebih dari 30 jam, tergantung pada keadaan cuaca dan tanpa mengabaikan perawatan.

8.2 Permukaan (pekerjaan akhir biasa)

- a) Kecuali ditentukan lain, permukaan beton harus dikerjakan segera setelah pembongkaran acuan. Seluruh perangkat kawat atau logam yang telah digunakan untuk memegang acuan dan acuan yang melewati badan beton, harus dibuang atau dipotong kembali paling sedikit 2,5 cm di bawah permukaan beton. Tonjolan mortar dan ketidakrataan lainnya yang disebabkan oleh sambungan cetakan harus dibersihkan;
- b) Beton harus diperiksa segera setelah pembongkaran acuan dan dapat segera dilakukan penambalan atas kekurang sempurnaan minor yang tidak akan mempengaruhi struktur atau fungsi lain dari pekerjaan beton. Penambalan harus meliputi pengisian lubang-lubang kecil dan lekukan dengan adukan semen;
- c) Bilamana secara teknis diijinkan pengisian lubang besar akibat keropos, pekerjaan harus dipahat sampai ke bagian yang utuh (*sound*), membentuk permukaan yang tegak lurus terhadap permukaan beton. Lubang harus dibasahi dengan air dan adukan pasta (semen dan air, tanpa pasir) harus dioleskan pada permukaan lubang. Selanjutnya lubang harus diisi dengan adukan yang kental yang terdiri dari satu bagian semen dan dua bagian pasir dan dipadatkan. Adukan tersebut harus dibuat dan didiamkan sekira 30 menit sebelum dipakai agar dicapai penyusutan awal, kecuali digunakan jenis semen tidak susut (*non shrinkage cement*).



8.3 Permukaan (pekerjaan akhir khusus)

Permukaan yang terekspos dapat diselesaikan dengan pekerjaan akhir berikut ini:

- a) bagian atas pelat, kerb, permukaan trotoar, dan permukaan horisontal lainnya, harus digaru dengan mistar bersudut untuk memberikan bentuk serta ketinggian yang diperlukan segera setelah pengecoran beton dan harus diselesaikan secara manual sampai rata dengan menggerakkan perata kayu secara memanjang dan melintang, atau dengan cara lain yang sesuai sebelum beton mulai mengeras;
- b) perataan permukaan horisontal tidak boleh menjadi licin, seperti untuk trotoar, harus sedikit kasar tetapi merata dengan penyapuan, atau cara lain yang disetujui, sebelum beton mulai mengeras;
- c) permukaan yang tidak horisontal yang telah ditambal atau yang masih belum rata harus digosok dengan batu gurinda yang agak kasar (medium), dengan menempatkan sedikit adukan semen pada permukaannya. Adukan harus terdiri dari semen dan pasir halus yang dicampur sesuai dengan proporsi yang digunakan untuk pengerjaan akhir beton. Penggosokan harus dilaksanakan sampai seluruh tanda bekas acuan, ketidakrataan, tonjolan hilang, dan seluruh rongga terisi, serta diperoleh permukaan yang rata. Pasta yang dihasilkan dari penggosokan ini harus dibiarkan tertinggal di tempat.

8.4 Perawatan dengan pembasahan

- a) Segera setelah pengecoran, beton harus dilindungi dari pengeringan dini, temperatur yang terlalu panas, dan gangguan mekanis. Beton harus dijaga agar kehilangan kadar air yang terjadi seminimal mungkin dan diperoleh temperatur yang relatif tetap dalam waktu yang ditentukan untuk menjamin hidrasi yang sebagaimana mestinya pada semen dan pengerasan beton;
- b) Pekerjaan perawatan harus segera dimulai setelah beton mulai mengeras (sebelum terjadi retak susut basah) dengan menyelimutinya dengan bahan yang dapat menyerap air. Lembaran bahan penyerap air ini yang harus dibuat jenuh dalam waktu paling sedikit 7 hari. Semua bahan perawatan atau lembaran bahan penyerap air harus menempel pada permukaan yang dirawat;

Bilamana acuan kayu tidak dibongkar sesuai dengan Pasal 8.1, maka acuan tersebut harus dipertahankan dalam kondisi basah sampai acuan dibongkar, untuk mencegah terbukanya sambungan-sambungan dan pengeringan beton;

- c) Permukaan beton yang digunakan langsung sebagai lapis aus harus dirawat setelah permukaannya mulai mengeras (sebelum terjadi retak susut basah) dengan ditutupi oleh lapisan pasir lembab setebal 5 cm paling sedikit selama 21 hari;
- d) Beton semen yang mempunyai sifat kekuatan awal yang tinggi, harus dibasahi sampai kuat tekannya mencapai minimal 70 % dari kekuatan rancangan beton berumur 28 hari.

8.5 Perawatan dengan uap

- a) Beton yang dirawat dengan uap untuk mendapatkan kekuatan awal yang tinggi, tidak diperkenankan menggunakan bahan tambahan kecuali bisa dipertanggung jawabkan secara teknis;
- b) Perawatan dengan uap harus dikerjakan secara menerus sampai waktu dimana beton telah mencapai 60 % dari kekuatan rancangan beton berumur 28 hari. Perawatan dengan uap untuk beton harus mengikuti ketentuan di bawah ini :
 - 1) tekanan uap pada ruang uap selama perawatan beton tidak boleh melebihi tekanan luar;



- 2) temperatur pada ruang uap selama perawatan beton tidak boleh melebihi 38°C selama 2 jam sesudah pengecoran selesai, dan kemudian temperatur dinaikkan berangsur-angsur sehingga mencapai 65°C dengan kenaikan temperatur maksimum 14°C / jam secara bertahap;
 - 3) perbedaan temperatur pada dua tempat di dalam ruangan uap tidak boleh melebihi $5,5^{\circ}\text{C}$;
 - 4) penurunan temperatur selama pendinginan dilaksanakan secara bertahap dan tidak boleh lebih dari 11°C per jam;
 - 5) perbedaan temperatur beton pada saat dikeluarkan dari ruang penguapan tidak boleh lebih dari 11°C dibanding udara luar;
 - 6) selama perawatan dengan uap, ruangan harus selalu jenuh dengan uap air;
 - 7) semua bagian struktural yang mendapat perawatan dengan uap harus dibasahi selama 4 hari sesudah selesai perawatan uap tersebut;
- c) Pelaksana harus membuktikan bahwa peralatannya bekerja dengan baik dan temperatur di dalam ruangan perawatan dapat diatur sesuai dengan ketentuan dan tidak tergantung dari cuaca luar;
- d) Pipa uap harus ditempatkan sedemikian rupa atau balok harus dilindungi secukupnya agar beton tidak terkena langsung semburan uap, yang akan menyebabkan perbedaan temperatur pada bagian-bagian beton.

9 Pengendalian mutu di lapangan

9.1 Pengujian untuk kelecakan (*workability*)

Satu pengujian "*slump*" atau lebih, harus dilaksanakan pada setiap pencampuran beton yang dihasilkan, dan pengujian harus disaksikan oleh para pihak yang terlibat. *Slump* yang diukur merupakan *slump* yang tidak mengubah komposisi campuran yang disepakati sebelumnya. *Slump* yang terjadi tidak boleh melebihi 20 mm dari *slump* rencana.

9.2 Pengujian kuat tekan

- a) Harus dibuat satu pasang benda uji untuk pengujian kuat tekan pada setiap campuran beton yang dicor dan dalam segala hal tidak kurang dari satu set pengujian untuk setiap mutu beton dan untuk setiap jenis komponen struktur yang dicor terpisah pada tiap hari pengecoran. Setiap set pengujian minimum terdiri dari empat pasang benda uji, yang pertama harus diuji untuk kuat tekan beton umur 3 hari, yang kedua 7 hari, yang ketiga 14 hari dan yang keempat 28 hari;
- b) Untuk keperluan pengujian mutu beton, harus disediakan benda uji beton berupa silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Untuk masing-masing pengujian disediakan sepasang (2 buah) benda uji, dan yang harus dirawat sesuai dengan SNI 03-4810-1998. Benda uji tersebut harus dicetak bersamaan dan diambil dari contoh yang sama dengan benda uji silinder yang akan dirawat di laboratorium;
- c) Tingkat kekuatan dari suatu mutu beton diterima dengan memuaskan bilamana telah dipenuhi persyaratan sebagai berikut:
 - 1) rata-rata dari semua nilai hasil uji kuat tekan (satu nilai hasil uji = rata-rata dari nilai uji tekan sepasang benda uji silinder yang diambil dari sumber adukan yang sama seperti telah disebutkan di atas), dan yang sekurang-kurangnya terdiri dari empat nilai (dari empat pasang) hasil uji kuat tekan yang berturut-turut, serta tidak boleh kurang dari $(f_c' + S)$, di mana s menyatakan nilai deviasi standar dari hasil uji tekan;



- 2) tidak satupun dari nilai hasil uji tekan (1 hasil uji tekan sama dengan rata-rata dari hasil uji dua silinder yang diambil pada waktu bersamaan) mempunyai nilai di bawah $0,85 f_c'$;
- 3) apabila dalam pengambilan sepasang benda uji terdapat perbedaan nilai kuat tekan yang signifikan antara keduanya, maka perlu mendapat perhatian khusus;
- d) Bila salah satu dari kedua syarat tersebut di atas tidak dipenuhi, maka harus diambil langkah untuk meningkatkan rata-rata dari hasil uji kuat tekan berikutnya, dan langkah-langkah lain untuk memastikan bahwa kapasitas daya dukung dari struktur tidak membahayakan;
- e) Bila kemungkinan terjadinya suatu beton dengan kekuatan rendah telah dapat dipastikan dan perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas daya dukung struktur mungkin telah berkurang, maka diperlukan suatu uji bor (*core drilling*) pada daerah yang diragukan berdasarkan aturan pengujian yang berlaku. Dalam hal ini harus diambil paling tidak 3 (tiga) buah benda uji bor inti untuk setiap hasil uji tekan yang meragukan atau terindikasi bermutu rendah seperti disebutkan di atas;
- f) Beton di dalam daerah yang diwakili oleh hasil uji bor inti bisa dianggap secara struktural cukup baik bila rata-rata kuat tekan dari ketiga benda uji bor inti tersebut tidak kurang dari $0,85 f_c'$, dan tidak satupun dari benda uji bor inti yang mempunyai kekuatan kurang dari $0,75 f_c'$. Dalam hal ini, perbedaan umur beton saat pengujian kuat tekan benda uji bor inti terhadap umur beton yang disyaratkan untuk penetapan kuat tekan beton (yaitu 28 hari, atau lebih bila disyaratkan), perlu diperhitungkan dan dilakukan koreksi dalam menetapkan kuat tekan beton yang dihasilkan. Untuk memeriksa akurasi dari hasil pengujian bor inti, lokasi yang diwakili oleh kuat tekan benda uji bor inti yang tidak menentu (eratik) boleh diuji ulang.

9.3 Pengujian tambahan

Untuk menentukan mutu bahan atau campuran atau pekerjaan beton akhir, harus dilaksanakan pengujian tambahan sesuai yang diperlukan, meliputi :

- a) pengujian yang tidak merusak dengan menggunakan alat seperti *Impact Echo*, *Ultrasonic Penetration Velocity* (UPV) atau peralatan uji lainnya;
- b) pengujian pembebanan struktur atau bagian struktur yang dipertanyakan;
- c) pengambilan dan pengujian benda uji inti (*core*) beton;
- d) pengujian lainnya sebagaimana yang direkomendasikan.



**Lampiran A
(Informatif)****Daftar nama dan lembaga****1) Pemrakarsa**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, Badan Penelitian dan Pengembangan, ex. Departemen Kimpraswil.

2) Penyusun

Nama	Instansi
Ir. Lanny Hidayat, Msi.	Puslitbang Prasarana Transportasi
Ir. Joko Purnomo, MT.	Puslitbang Prasarana Transportasi
Iif Harry Setiadi, ST.	Puslitbang Prasarana Transportasi

