

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Penelitian ini merupakan studi eksperimen yang dilakukan untuk mencari pemecahan masalah, agar didapatkan hasil yang memuaskan digunakan metode penelitian dalam pelaksanaannya. Pelaksanaan metode penelitian yang dibahas dalam bab ini meliputi :

1. persiapan bahan penelitian,
2. alat-alat yang digunakan,
3. pelaksanaan penelitian, dan
4. hasil penelitian

Adapun jumlah benda uji kubus beton dalam penelitian ini sebanyak 176 buah sampel sebagaimana yang tercantum dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Sampel benda uji kubus yang digunakan

UKURAN BENDA UJI (cm)	BENDA UJI KUBUS				Jumlah	v (m ³)	Σv (m ³)
	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari			
5	4	4	4	4	16	1,250.10 ⁻⁴	2,000.10 ⁻³
6	4	4	4	4	16	2,160.10 ⁻⁴	3.456.10 ⁻³
7	4	4	4	4	16	3,430.10 ⁻⁴	5,488.10 ⁻³
8	4	4	4	4	16	5,120.10 ⁻⁴	8,192.10 ⁻³

9	4	4	4	4	16	$7,290.10^{-4}$	$11,664.10^{-3}$
10	4	4	4	4	16	$1,000.10^{-3}$	$1,600.10^{-2}$
11	4	4	4	4	16	$1,331.10^{-3}$	$2,129.10^{-2}$
12	4	4	4	4	16	$1,728.10^{-3}$	$2,764.10^{-2}$
13	4	4	4	4	16	$2,197.10^{-3}$	$3,515.10^{-2}$
14	4	4	4	4	16	$2,744.10^{-3}$	$4,390.10^{-2}$
15	4	4	4	4	16	$3,375.10^{-3}$	$5,400.10^{-2}$
JUMLAH					176 buah	$0,0143 m^{-3}$	$0,2288 m^{-3}$

4.2 Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan bahan material berupa semen portland, air, agregat kasar dan halus. Bahan campuran beton pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Semen Portland Pozolan merk Gresik kemasan 40 kg jenis 1.
2. Agregat kasar dan agregat halus berasal dari sungai Progo, Yogyakarta dimana agregat kasar/kerikil lolos saringan 20 mm dan agregat halus/pasir lolos saringan 4,75 mm.
3. Air diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas teknik dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.3 Alat - alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam Tabel 4.2

Tabel 4.2 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

No	ALAT	KEGUNAAN
1	Oven	Pengering agregat
2	Piring logam	Menampung agregat di oven

3	Mesin Siever	Pengayak mekanik
4	Ayakan	Menyaring agregat
5	Timbangan	Menimbang bahan-bahan
6	Gelas ukur	Menakar air
7	Ember	Menampung agregat
8	Kerucut Abrams	Pengujian slump
9	Mixer listrik	Pencampuran adukan beton
10	Sekop besar	Mengaduk agregat
11	Sekop kecil	Memasukkan adukan beton ke cetakan kubus
12	Penggaris	Mengukur slump
13	Tongkat penumbuk	Memadatkan benda uji
14	Cetakan kubus	Tempat mencetak benda uji
15	Kaliper	Mengukur benda uji
16	Mesin uji desak merk "Control"	Tes desak beton
17	Karung basah atau kolam penampung benda uji	Menjaga kelembaban beton / perawatan beton

4.4 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Urutan pelaksanaan penelitian ini meliputi persiapan material, pemeriksaan agregat kasar (kerikil), pemeriksaan agregat halus (pasir), mengatur gradasi krikil, merencanakan bahan susun adukan beton, pembuatan benda uji, pengujian slump, dan pengujian kuat desak benda uji.

4.4.1 Persiapan material

Bahan campuran beton pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Semen Portland Pozoloan merk Gresik kemasan 40 kg jenis 1.
2. Agregat kasar dan agregat halus berasal dari sungai Progo.

3. Air diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas teknik dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.4.2 Pemeriksaan agregat kasar (kerikil)

Pemeriksaan agregat kasar dari sungai Progo meliputi pemeriksaan berat jenis kerikil, analisis saringan dan modulus halus butir (mhb). Adapun penjelasannya sebagai berikut ini.

1. Pemeriksaan berat jenis kerikil

Pemeriksaan berat jenis dan berat kering tusuk (saturated surface dry = ssd), diperoleh berat jenis kerikil 2,5806 gr/cc dan berat kering tusuk kerikil (ssd) 1,434 gr/cm³.

2. Analisis saringan dan modulus halus butir (mhb)

Analisis saringan ini bertujuan untuk mengetahui variasi butiran Modulus Halus Butir (MHB) dengan menggunakan saringan. Cara pemeriksaan gradasi krikil adalah sebagai berikut ini.

1. Susunan ayakan dipasang sesuai dengan aturan diameter yaitu dari atas ke bawah mulai dari diameter 38.1mm, 19.0 mm, 9.5 mm, 4.75 mm.
2. Contoh kerikil ditimbang sesuai kebutuhan lalu dimasukkan kedalam ayakan yang paling atas dan kemudian ditutup rapat-rapat.
3. Susunan ayakan digetarkan dengan mesin Siever selama kurang lebih 15 menit.
4. Kerikil yang tertinggal dari masing-masing ayakan dipindahkan kedalam piring , kemudian ditimbang.

5. Perhitungan Modulus Halus Butir (MHB) dengan menggunakan rumus di bawah ini.

$$\text{MHB} = \frac{\% \text{ Kumulatif berat tertinggal}}{100\%} \quad (4.1)$$

Hasil pemeriksaan analisis saringan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil gradasi kerikil asal Sungai Progo

No	Lubang ayakan (mm)	Berat tertahan		Berat tertahan kumulatif (%)	Berat lolos kumulatif (%)	Syarat British Standart
		gram	%			
1	38,1	0,0	0,00	0,00	100	95,0 – 100
2	19,0	480,0	24,00	24,00	76	30,0 – 70,0
3	9,50	1200,5	60,03	84,03	15,975	10,0 – 35,0
4	4,75	251,0	12,55	96,57	3,425	0,0 – 5,0
5	2,36	67,5	3,42	100,00	0	0,0
6	1,18	0,0	0,00	100,00	0	0,0
7	0,60	0,0	0,00	100,00	0	0,0
8	0,30	0,0	0,00	100,00	0	0,0
9	0,15	0,0	0,00	100,00	0	0,0
		2000,0	100,00	704,60		

Adapun hasil perhitungan Modulus Halus Butir (MHB) adalah sebagai berikut :

$$\text{MHB} = \frac{\% \text{ Kumulatif berat tertinggal}}{100\%} = \frac{704,6}{100} \times 100 = 7,05$$

4.4.3. Pemeriksaan agregat halus (pasir)

Pemeriksaan agregat halus (pasir) yang berasal dari Sungai Progo meliputi pemeriksaan berat jenis pasir, analisis saringan dan modulus halus butir (MHB), dan pemeriksaan kandungan lumpur. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut ini.

1. Pemeriksaan berat jenis pasir

Pemeriksaan berat jenis pasir (ssd) dari laboratorium diperoleh 2,5 gr/cc.

2. Analisis saringan dan modulus halus butir (mhb)

Analisis saringan untuk mengetahui gradasi agregat halus dan menentukan Modulus Halus Butir (mhb) dengan menggunakan saringan. Adapun cara pelaksanaan

analisis saringan dan modulus halus butir adalah sebagai berikut :

1. susunan ayakan dipasang sesuai dengan aturan diameter butiran dari atas ke bawah yaitu 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.60 mm, 0.30 mm, 0.15 mm, dan PAN,
2. agregat halus (pasir) ditimbang sesuai kebutuhan lalu dimasukkan kedalam ayakan yang paling atas dan kemudian ditutup rapat-rapat,
3. Susunan ayakan digetarkan dengan mesin Siever selama ± 15 menit, dan
4. Pasir yang tertinggal dari masing-masing ayakan dipindahkan kedalam piring , kemudian ditimbang.

Hasil pemeriksaan Modulus Halus Butir agregat halus (pasir) dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil gradasi pasir asal Sungai Progo

No	Lubang Ayakan (mm)	Berat tertahan		Berat tertahan komulatif (%)	Berat lolos komulatif (%)	Syarat British Standart
		gram	%			
1	4,75	0	0,00	0,00	100,00	90,0 – 100,0
2	2,36	196	9,80	9,80	90,20	75,0 – 100,0
3	1,18	370	18,50	28,30	71,70	55,0 – 90,0
4	0,60	693	34,65	62,95	37,05	35,0 – 59,0
5	0,30	462	23,10	86,05	13,95	8,0 – 30,0
6	0,15	227	11,35	97,40	2,60	0,0 – 10,0
7	PAN	52	2,60			
		2000	100,00	284,50		

Adapun hasil perhitungan Modulus Halus Butir (MHB) adalah sebagai berikut :

$$\text{MHB} = \frac{\% \text{ Kumulatif berat tertinggal}}{100\%} = \frac{284,50}{100} \times 100 = 2,8450$$

3. Pemeriksaan kandungan lumpur

Tujuan dari pemeriksaan kadar lumpur adalah untuk mengetahui besarnya kandungan lumpur dalam agregat halus (pasir) yang akan dipergunakan sebagai campuran adukan beton. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 %.

Cara pelaksanaan pemeriksaan kandungan lumpur dalam pasir sebagai berikut ini.

1. Pasir secukupnya dioven kurang lebih sehari semalam.
2. Pasir kering oven/tungku ditimbang sebanyak 100 gram dan dimasukkan kedalam gelas ukur 250 cc.
3. Gelas ukur diisi air sampai ketinggian 12 cm dari permukaan pasir.
4. Gelas ukur ditutup rapat dan dikocok berkali-kali sampai airnya keruh.
5. Biarkan selama 1 menit kemudian airnya dibuang secara perlahan-lahan dan jangan sampai pasirnya ikut terbang.
6. Mengulangi pekerjaan 3, 4, dan 5 hingga airnya jernih.
7. Pindahkan pasir dari gelas ukur kedalam piring, kemudian dimasukkan kedalam oven dengan temperatur 105° C selama ± 36 jam.
8. Pasir dikeluarkan dan didinginkan kedalam aksikator selama ± 1 jam.
9. Pasir ditimbang (berat pasir = B gram).

10. Kandungan lumpur dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$\frac{100 - B}{100} \times 100 \%$$

Hasil pemeriksaan kandungan lumpur diperoleh dari laboratorium sebesar 1,225 %.

4.4.4 Perancangan campuran adukan beton

Penelitian ini menggunakan peraturan ACI (American Concrete Institute) sebagai perancangan dasar campuran. Salah satu tujuan yang hendak dicapai dengan perancangan campuran ACI adalah menghasilkan beton yang mudah dikerjakan. Ukuran derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat pada pengujian slump. Urutan langkah - langkah perencanaan menurut ACI (*American Concrete Institute*).

1. Menghitung kuat desak rata-rata beton, berdasarkan kuat desak beton yang disyaratkan dan nilai margin yang tergantung tingkat pengawasan mutunya. Nilai margin adalah :

$$m = k \cdot sd \quad (4.2)$$

Dimana sd adalah nilai deviasi standart yang diambil dari Tabel 4.5, sedangkan faktor k diperoleh dari tabel 4.6 & Gambar 4.1. Kuat desak rata-rata dihitung dari kuat desak yang disyaratkan ditambah margin :

$$f'_{cr} = f'_c + m \quad (4.3)$$

dimana : f'_{cr} = kuat desak rata-rata (Mpa)

f'_c = kuat desak rencana (Mpa)

m = nilai margin (Mpa)

Tabel 4.5 Nilai Deviasi Standar (kg/cm^2)

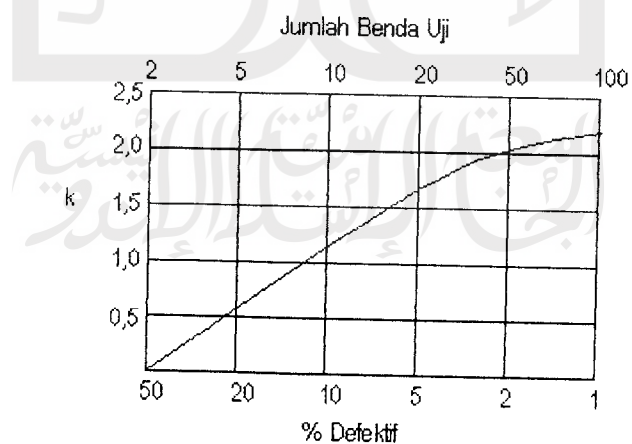
Volume pekerjaan (m^3)		Mutu pekerjaan		
		Baik sekali	Baik	Cukup
Kecil	<1000	$45 < s < 55$	$55 < s < 65$	$65 < s < 85$
Sedang	1000 – 3000	$35 < s < 45$	$45 < s \leq 55$	$55 < s \leq 75$
Besar	>3000	$25 \leq s < 45$	$35 < s \leq 45$	$45 < s \leq 65$

Tabel 4.6 Nilai k untuk beberapa keadaan

Keadaan	Nilai k
k untuk 10 % defektif	1,28
k untuk 5 % defektif	1,64
k untuk 2,5 % defektif	1,96
k untuk 1 % defektif	2,33

Tabel 4.7 Faktor modifikasi simpangan baku jika data tes yang tersedia kurang dari 30

Banyaknya tes	Faktor pengali deviasi standar
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00



Gambar 4.1 Hubungan antara faktor k dan bagian dari hasil pemeriksaan yang diperkirakan jatuh dibawah kekuatan minimum

2. Faktor air semen terendah berdasarkan kuat desak rata-rata pada umur yang dikehendaki (lihat Tabel 4.8) dan keawetannya (berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan), (lihat Tabel 4.9).

Tabel 4.8 Hubungan faktor air semen dan kuat kubus beton umur 28 hari

Faktor air semen	Perkiraan kuat desak (Mpa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 4.9 Faktor air semen maksimum

Beton didalam ruangan bangunan :	
a. Keadaan keliling non-korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0,52
Beton di luar ruangan bangunan :	
a. Tidak terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. Terlindungi dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk dalam tanah :	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
Beton yang kontinyu berhubungan dengan air :	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

3. Berdasarkan jenis strukturnya tetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat (Tabel 4.10 dan Tabel 4.11)
4. Menetapkan jumlah air yang diperlukan pada adukan beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang diinginkan (Tabel 4.12).
5. Perhitungan semen yang diperlukan dalam adukan beton, berdasarkan langkah 2 dan 4.

Tabel 4.10 Nilai slump (cm)

Pemakaian beton	Maksimum	Minimum
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur bawah tanah	9,0	2,5
Plat, balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan massal	7,5	2,5

Tabel 4.11 Ukuran maksimum agregat (mm)

Dimensi minimum (mm)	Balok/kolom	Plat
62,5	12,5	20
150	40	40
300	40	80
750	80	80

6. Menetapkan volume agregat kasar yang diperlukan persatuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus halus butiran (MHB) dari agregat halusnya (Tabel 4.13).
7. Perhitungan volume agregat halus yang diperlukan, berdasarkan jumlah air, semen, dan agregat kasar yang diperlukan serta udara yang terperangkap dalam adukan beton (Tabel 4.12) dengan hitungan volume absolut.

Tabel 4.12 Perkiraan kebutuhan air berdasarkan nilai slump ukuran maksimum agregat (liter)

Slump (mm)	Ukuran maksimum agregat (mm)		
	10	20	40
25 - 50	206	182	162
75 - 100	226	203	177
150 - 175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

Tabel 4.13 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per m³ beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir (m³)

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butir pasir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

Uraian perencanaan campuran beton berdasarkan cara American Concrete Institute (ACI) dengan mempergunakan data-data perhitungan sebagai berikut :

1. Kuat desak rencana : 22,5 MPa
2. Diameter maksimum agregat kasar : 20 mm
3. Modulus halus butir (MHB) pasir : 2,8450
4. Berat jenis pasir (SSD) : 2,5 gr/cm³
5. Berat jenis kerikil (SSD) : 2,5806 gr/cm³
6. Berat jenis kerikil kering tusuk (SSD) : 1,4336 gr/cm³
7. Berat jenis semen : 3,15 gr/cm³

Perhitungan rencana campuran beton :

1. Menghitung kuat desak rata-rata

Berdasarkan Tabel 4.5 untuk volume pekerjaan kecil dengan pengawasan baik nilai $s_d = 6,0$ MPa. Dari Tabel 4.6 dan Gambar 4.1 diperoleh nilai $k=1,496$ dan berdasarkan Tabel 4.7. dengan interpolasi diperoleh faktor modifikasi simpangan baku sebesar 1.144 (faktor pengali deviasi standart)

$$\text{mutu beton } f'_{cr} = f'_c + k.s_d$$

$$= 22,5 + 1,496 \cdot (1,144 \times 6,0) = 32,77 \text{ MPa}$$

2. Menetapkan faktor air semen

a. Berdasarkan Tabel 4.8 dan kekuatan umur yang dikehendaki didapatkan nilai fas dengan interpolasi fas = 0,468671428

b. Berdasarkan Tabel 4.9 beton yang tidak terlindung dari hujan dan sinar matahari langsung didapat nilai fas = 0,60

c. Dari dua nilai fas diatas, dipakai nilai fas yang terkecil yaitu 0,468671428

3. Menetapkan nilai slump

Berdasarkan Tabel 4.10 untuk jenis struktur balok dan kolom didapat nilai slump 75 – 120 mm

4. Menetapkan kebutuhan air

Berdasarkan Tabel 4.12, untuk nilai slump 75–120 mm dan agregat maksimum 20 mm didapat kebutuhan air (V_a) 203 liter dan udara terperangkap (V_u) 2%

5. Menghitung kebutuhan semen

$$\text{Fas} = \frac{W \text{ air}}{W \text{ semen}}$$

$$W \text{ semen} = \frac{W \text{ air}}{\text{Fas}} = \frac{203}{0,468671428} = 433,139 \text{ kg}$$

$$\text{Vol. semen } (V_s) = \frac{W \text{ semen}}{B_j \text{ semen}} = \frac{0,433139269}{3,15} = 0,137504529 \text{ m}^3$$

6. Menetapkan volume agregat kasar per meter kubik beton berdasarkan Tabel 4.13. Untuk agregat kasar diameter maksimum 20 mm dan modulus halus butir agregat halus (mhb) = 2,8450 didapat :

$$\text{Volume agregat kasar (V}_k\text{)} = 0,6055 \text{ m}^3 \text{ (hasil Intrepolasi)}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat agregat kasar} &= V_k \times B_j \text{ kerikil kering tusuk} \\ &= 0,6055 \times 1,4336 \\ &= 0,868045 \text{ ton} = 868,045 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Vol. agregat} = \frac{\text{berat kerikil}}{B_j \text{ kerikil (SSD)}} = \frac{0,868045}{2,5806} = 0,336373 \text{ m}^3$$

7. Menghitung volume pasir (V_p)

$$\begin{aligned} \text{Vol. pasir (V}_p\text{)} &= 1 - (V_a + V_s + V_k + V_u) \\ &= 1 - (0,203 + 0,137504529 + 0,336373 + 0,02) \\ &= 0,30312247 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir} &= V_p \times B_j \text{ pasir (SSD)} \\ &= 0,30312247 \times 2,508 \\ &= 0,760231155 \text{ ton} = 760,231 \text{ kg} \end{aligned}$$

8. Kebutuhan meterial dalam 1 m³ adukan beton :

a. Semen = 433,139 kg

b. Pasir = 760,231 kg

c. Kerikil = 868,045 kg

d. Air = 203 liter

$$\text{Perbandingan : } P_c : P_s : K_r \implies 1 : 1,755 : 2,018$$

4.4.5 Pembuatan benda uji

Cara-cara yang ditempuh dalam pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Bahan-bahan dan alat yang dipergunakan dipersiapkan terlebih dahulu, sesuai dengan kebutuhan rencana pembuatan campuran beton.
2. Bahan-bahan yang telah dipersiapkan sebagian dimasukkan kedalam mixer, dan mixer dihidupkan dengan melakukan penambahan sedikit demi sedikit. Pengadukan dilakukan sampai warna adukan tampak rata, kelecakan yang cukup (tidak cair tidak padat), dan tampak campurannya juga homogen.
3. Pengukuran Slump dilakukan segera setelah adukan beton tercampur rata, dengan menggunakan kerucut 'Abrams' yaitu berupa kerucut terpancung dengan ukuran diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm dengan tinggi 30 cm. Dengan menggunakan sekop kecil (cetok) campuran beton dimasukkan kedalam kerucut 'Abrams' secara bertahap sebesar 1/3 bagian dari tinggi kerucut dan dilakukan pemadatan dengan penusukan sebanyak 25 kali. Setelah kerucut penuh dan sisi atas diratakan lalu didiamkan selama ± 30 detik sambil menekan kerucut tersebut. Selanjutnya kerucut diangkat perlahan-lahan keatas. Nilai slump diperoleh dengan mengukur tinggi jatuh adukan dari sisi atas kerucut kesisi atas adukan beton. Uji slump pada adukan beton ini menggunakan nilai slump antara 7,5 – 12 cm.

4. Pengisian adukan sedikit demi sedikit dengan menggunakan cetok kedalam cetakan yang telah dipersiapkan dengan terlebih dahulu diolesi oli dan ditusuk-tusuk agar tidak keropos.
5. Setelah pengisian dan pemadatan selesai, permukaan cetakan diratakan kemudian diletakkan ditempat yang terlindung dan setelah 24 jam cetakan dapat dibuka.
6. Benda uji yang telah dilepas dari cetakan diberi kode agar tidak tertukar dan mudah dikelompokkan.

4.4.6 Perawatan benda uji

Setelah 24 jam cetakan kubus beton dibuka, kemudian dilakukan perawatan beton. Perawatan beton ialah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan beton segar selalu lembab, sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras. Kelembaban permukaan beton itu harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dengan pasir) berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, akan terjadi beton yang kurang kuat, dan juga timbul retak-retak. Selain itu, kelembaban permukaan tadi juga menambah beton lebih tahan cuaca, dan lebih kedap air.

Beberapa cara perawatan beton yang biasa dilakukan, yaitu :

1. menaruh beton segar di dalam ruangan yang lembab,
2. menaruh beton segar di genangan air,
3. menaruh beton segar di dalam air,
4. menyelimuti permukaan beton dengan karung basah,