# BAB IV
# METODE PENELITIAN

## A. Bahan

Bahan-bahan penyusun campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semen portland normal (Tipe I) merek Tiga Roda kapasitas 40 kg,
2. Agregat kasar berupa agregat yang dipecah (split) asal Clereng, Kali Progo.
3. Agregat halus (pasir) berupa agregat alami asal Kali Progo.
4. Bubuk kaca berupa serpihan kaca yang dihancurkan dan biasa digunakan untuk campuran pembuatan keramik di pabrik keramik asal Jatiwangi, Majalengka.
5. *Sika Viscocrete – 10* produk PT Sika Nusa Pratama.
6. Air dari Laboratorium Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

## B. Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini untuk pemeriksaan bahan dan pengujian benda uji, antara lain:

1. Timbangan, untuk mengetahui berat dari bahan-bahan penyusun beton.
2. Saringan/Ayakan, dengan ukuran, 19,1mm; 9,52mm; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,60 mm; 0,30 mm; 0,15 mm.
3. Gelas Ukur, untuk menakar volume air.
4. Piknometer, untuk pemeriksaan berat jenis.
5. *Oven*, untuk mengeringkan sampel dalam pemeriksaan bahan-bahan yang akan digunakan dalam campuran beton.
6. Mesin *Los Angeles*, untuk menguji tingkat keausan agregat kasar.
7. *Drum Mixer/Molen*, untuk mencampur dan mengaduk campuran benda uji.
8. Sekop, cetok dan talam, untuk menampung dan menuang adukan beton ke dalam cetakan.
9. Kerucut Abrams, untuk [illegible]

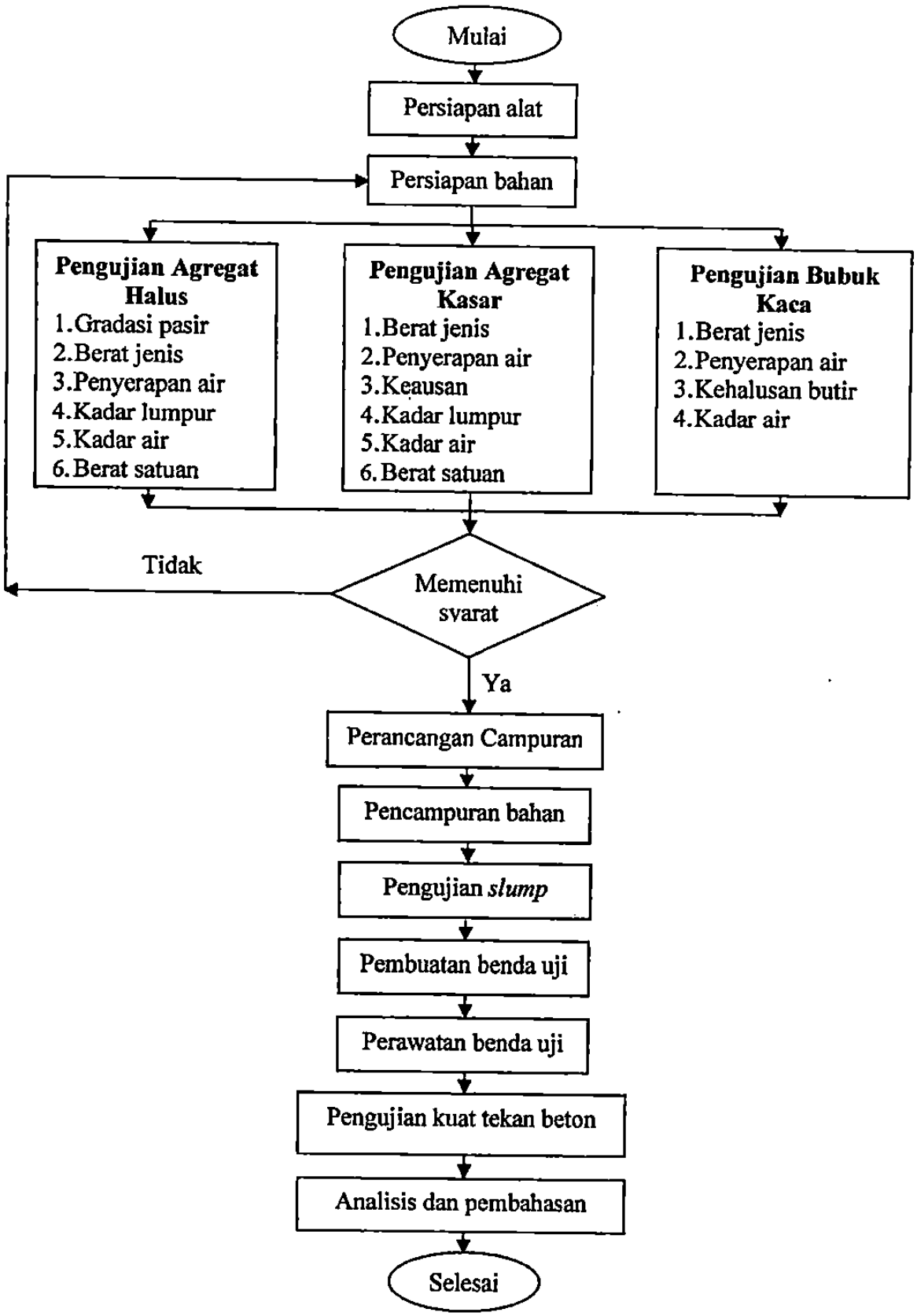
10. Cetakan beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 75 mm dan tinggi 150 mm.
11. Mesin uji tekan beton merk Hung Ta dengan kapasitas sebesar 2000 kN, untuk menguji kuat tekan beton.

## C. Pelaksanaan Penelitian

Bagan alir pelaksanaan penelitian ini disajikan dalam Gambar 4.1. Secara garis besar penelitian meliputi :

1. Pemeriksaan Bahan Campuran Beton
   a. Pemeriksaan agregat halus (pasir)
      1. Pemeriksaan gradasi agregat halus (pasir)
         Pemeriksaan dilakukan berdasarkan SK SNI 03-1968-1990. Analisis gradasi dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir pasir dengan menggunakan saringan/ayakan standar ASTM. Langkah-langkah pemeriksaan dapat dilihat pada Lampiran 1. Selain itu pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan daerah agregat halus (dapat dilihat pada Lampiran 11).
      2. Pemeriksaan kadar air agregat halus (pasir)
         Pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan SK SNI 03-1971-1990 untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada agregat halus (pasir). Langkah-langkah pemeriksaan dapat dilihat pada Lampiran 2.
      3. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus (pasir)
         Pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan SK SNI 03-1970-1990. Langah-langkah pemeriksaan dapat dilihat pada Lampiran 2.
      4. Pemeriksaan berat satuan agregat halus (pasir)
         Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat satuan agregat yang halus (pasir). Langkah-langkah pemeriksaan dapat dilihat pada Lampiran 3.
      5. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus (pasir)
         Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang

dapat dilihat pada Lampiran 3.



b. Pemeriksaan agregat kasar (batu pecah/Split)

1) Pemeriksaan kadar air agregat kasar (split).

Pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan SK SNI 03-1971-1990 untuk mengetahui kandungan air yang terdapat dalam agregat kasar (split). Langkah-langkah pemeriksaan dapat diliihat pada Lampiran 4.

2) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (split)

Pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan SK SNI 03-1968-1990. Selain untuk mengetahui berat jenis agregat kasar pemeriksaan ini juga bertujuan untuk mengetahui persentase berat air yang mampu diserap oleh suatu agregat. Langkah-langkah pemeriksaan dapat dilihat pada Lampiran 4.

3) Pemeriksaan keausan agregat kasar (split)

Pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan SK SNI 03-2417-1991 untuk mengetahui kekuatan atau ketahanan aus agregat kasar (split), dengan menggunakan mesin Los Angeles. Langkah-langkah pemeriksaan dapat dilihat pada Lampiran 5.

4) Pemeriksaan berat satuan agergat kasar (split)

Berat satuan ialah berat agregat dalam satu satuan volume, pemeriksaan ini dilakukan untuk mencari berat satuan agregat kasar (split). Langkah-langkah pemeriksaan dapat dilihat pada Lampiran 5.

5) Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar (split)

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat dalam agregat kasar (split). Langkah-langkah pemeriksaan dapat dilihat pada Lampiran 6.

c. Pemeriksaan bahan tambah *additive* bubuk kaca

1) Pemeriksaan kehalusan butiran bubuk kaca

Pemerisaan ini ditujukan untuk mengetahui ukuran butiran bubuk

2) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air bubuk kaca

Pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan SK SNI 03-1970-1990 untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan air bubuk kaca. Langkah-langkah pemeriksaan dapat dilihat pada Lampiran 7.

3) Pemeriksaan kadar air bubuk kaca.

Pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan SK SNI 03-1971-1990 untuk mengetahui kadar air yang terdapat dalam bubuk kaca. Langkah-langkah pemeriksaan dapat di lihat pada Lampiran 7.

2. Perancangan Campuran Beton

Perancangan adukan beton dalam penelitian ini berpedoman pada SK SNI 03-2847-2002 "Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung" (2002 dalam Tjokrodimuljo, 2007). Langkah-langkah pokok cara perancangan menurut standar ini adalah :

a. Perhitungan nilai deviasi standar

Deviasi standar ditentukan dengan cara yaitu :

1) Jika pelaksana tidak mempunyai data pengalaman hasil pengujian contoh beton pada masa lalu, maka nilai deviasi standar tidak dapat dihitung.

2) Jika pelaksana produsen beton (pembuat beton) mempunyai data pengalaman, maka menurut "Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung" (SK SNI 03-2847-2002) nilai deviasi standar ditetapkan. Perhitungan nilai deviasi standar berdasarkan pengalaman lapangan boleh dilakukan jika fasilitas produksi beton (pembuat beton) mempunyai catatan hasil uji, dengan syarat :

a) Jenis bahan dasar beton serupa dengan yang akan dibuat.

b) Kuat tekan beton yang disyaratkan pada kisaran 7 MPa dari kuat tekan yang akan dibuat.

c) Jumlah contoh minimum 30 buah berurutan atau 2 kelompok

Nilai deviasi standar dihitung dengan rumus :

$$S = \left( \frac{\sum (fc' - fc'r)^2}{N-1} \right) \quad \text{.....(4.1)}$$

dengan : S = deviasi standar (MPa)

$f_c'$ = kuat tekan masing-masing silinder beton (MPa)

$f_c'_r$ = kuat tekan rata-rata

N = banyaknya nilai kuat tekan beton

3) Jika jumlah contoh kurang dari 30 buah tetapi mempunyai 15 buah sampai 29 buah dan dari hasil pengujian yang berurutan dalam periode waktu tidak kurang dari 45 hari kalender, maka nilai deviasi standar harus dikalikan faktor pembesar yang tercantum dalam Tabel 4.1. Pada Tabel 4.1 tersebut, nilai antara boleh dipakai interpolasi.

Tabel 4.1 Faktor pembesar jika jumlah contoh kurang 15-29 buah

| Jumlah contoh | Faktor pembesar |
|---|---|
| < 15 | Tidak ada |
| 15 | 1,16 |
| 20 | 1,08 |
| 25 | 1,03 |
| 30 atau > 30 | 1,00 |

b. Penghitungan nilai tambah (*margin*/m)

Perhitungan nilai margin (m) dihitung dengan cara berikut :

1) Jika pelaksana mempunyai pengalaman lapangan, maka nilai tambah dihitung berdasarkan nilai deviasi standar dengan 2 rumus berikut :

$m = 1{,}34 \cdot S$ atau $m = 2{,}33\ S - 3{,}5$

2) Jika tidak mempunyai pengalaman lapangan, maka nilai tambah diambil dari Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai tambah m jika pelaksana tidak mempunyai pengalaman

| Kuat tekan yang disyaratkan $f_c'$ (MPa) | Nilai tambah (MPa) |
|---|---|
| Kurang dari 21 | 7,0 |
| 21 s.d. 35 | 8,5 |
| Lebih dari 35 | 10,0 |

c. Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan ($f_c'$)

Kuat tekan beton yang disyaratkan ($f_c'$) ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dalam buku rencana kerja dan syarat-syarat (RKS).

d. Kuat tekan rata-rata perlu ($f_c'_r$)

Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan rumus :

$fc'r = fc' + m$ ..... (4.2)

dengan : $f_c'_r$ = kuat tekan rata-rata perlu (MPa)

$f_c'$ = kuat tekan yang disyaratkan (MPa)

m = nilai tambah (MPa)

e. Penetapan jenis semen Portland

Pada langkah ini dipakai semen biasa (Tipe I).

f. Penetapan jenis agregat

Jenis agregat kasar dan agregat halus ditetapkan, agregat kasar berupa agregat buatan (batu pecah) dan agregat halus berupa agregat alami (pasir alami).

g. Penetapan nilai faktor air semen

Faktor air semen ditetapkan dengan cara :

Berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen dengan melihat Lampiran 18. Langkah penetapannya dilakukan dengan cara berikut ini :

1) Pada sumbu vertikal tetapkan nilai $f_c'$, lalu ditarik ke kanan sampai memotong kurva yang sesuai.
2) Dari titik potong tersebut ditarik garis ke bawah, dibaca nilai fas yang dicari.

h. Penetapan nilai faktor air maksimum

Agar beton tidak cepat rusak, maka perlu ditetapkan nilai faktor air maksimum dan kuat tekan minimum. Beton yang akan mengalami pengaruh lingkungan khusus, maka nilai faktor air semen maksimum dan kuat tekan minimum harus memenuhi Tabel 4.3. Adapun beton yang akan

4.4. Untuk memberi perlindungan baja terhadap korosi maka perlu memenuhi Tabel 4.5.

Tabel 4.3 Beton terkena pengaruh lingungan khusus

| Kondisi lingkungan | Faktor air semen maksimum | Kuat tekan minimum (MPa) |
|---|---|---|
| Beton kedap air yang terkena lingkungan air | 0,50 | 28 |
| Bahaya korosi pada beton bertulang yang terkena air yang mengandung klorida dari garam, atau air laut | 0,40 | 35 |

Tabel 4.4 Beton pada lingkungan yang mengandung sulfat

| Lingkungan Sulfat | Sulfat ($SO_4$) dalam tanah yang dapat larut dalam air (% terhadap berat) | Sulfat ($SO_4$) dalam air (mikron gram per gram) | Jenis semen | Fas maks (untuk beton berat normal) | Kuat tekan minimum (Mpa) (beton normal dan ringan) |
|---|---|---|---|---|---|
| Ringan | 0,00 – 0,10 | 0 – 15 | - | - | - |
| Sedang | 0,10 – 0,20 | 150 – 1500 | II,IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS) I(SM)(MS) *)(ASTM C 595) | 0,50 | 28 |
| Berat | 0,20 – 2,00 | 1500 – 10000 | V | 0,45 | 31 |
| Sangat berat | >2,00 | >10000 | V+ pozzoland | 0,45 | 31 |

Tabel 4.5 Kandungan ion lorida maksimum

| Jenis komponen struktur | Ion klorida terlarut (CI) pada beton (% terhadap berat semen) |
|---|---|
| Beton prategang | 0,06 |
| Beton ertulang yang terpengaruh klorida selama masa layannya | 0,15 |
| Beton bertulang yang mungkin kering atau terlindung dari air selama masa layannya | 1,00 |
| Konstruksi beton bertulang lainnya | 0,30 |

i. Penetapan nilai *slump*

Penetapan nilai slump dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor berikut :

1) Cara pengangkutan adukan beton
2) Cara penuangan adukan beton
3) Cara pemadatan beton segar
4) Jenis struktur yang dibuat

Apabila belum mempunyai pengalaman, dapat digunakan Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Penetapan nilai *slump* adukan beton

| Pemakaian beton (berdasarkan jenis struktur yang dibuat) | Maks (cm) | Min (cm) |
|---|---|---|
| Dinding, plat fondasi dan fondasi telapak bertulang. | 12,5 | 5,0 |
| Fondasi telapak tidak bertulang, kaison dan struktur di bawah tanah. | 9,0 | 2,5 |
| Pelat, balok, kolom dan dinding. | 15,0 | 7,5 |
| Pengerasan jalan. | 7,5 | 5,0 |
| Pembetonan masal (beton massa) | 7,5 | 2,5 |

*Sumber : Tjokrodimuljo, 2007*

j. Perkiraan kebutuhan air

Jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton, diperkirakan berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat dan slump yang diinginkan, dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton

| Besar ukuran maks. Agregat (mm) | Jenis agregat | Kebutuhan air per meter kubik beton (liter) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | *Slump* (mm) | | | |
| | | 0 – 10 | 10 – 30 | 30 – 60 | 60 – 100 |
| 10 | Alami | 150 | 180 | 205 | 225 |
| | Batu pecah | 180 | 205 | 230 | 250 |
| 20 | Alami | 135 | 160 | 180 | 195 |
| | Batu pecah | 170 | 190 | 210 | 225 |
| 40 | Alami | 115 | 140 | 160 | 175 |
| | Batu pecah | 155 | 175 | 190 | 205 |

*Sumber : Tjokrodimuljo, 2007*

Dalam Tabel 4.7 apabila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai dari

dengan : A = jumlah air yang dibutuhkan (liter/$m^3$)

$A_b$ = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halusnya.

$A_k$ = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya.

k. Perbandingan berat antara agregat halus dan agregat kasar

Nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan agregat campuran. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai *slump*, faktor air semen dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data tersebut dan grafik pada Gambar 2 Lampiran 19, lalu diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.

l. Perkiraan berat beton dan kebutuhan campuran beton

Dengan data berat jenis agregat campuran dan kebutuhan air per meter kubik betonnya, maka berat betonnya dapat diperkirakan dengan Gambar 3 Lampiran 19. Contoh perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 9.

m. Variasi benda uji dan jenis pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Variasi benda uji dan jenis pengujian

| Variasi Beton / Waktu Pengadukan | Beton dengan bubuk kaca 4% (BK) | | Beton dengan bubuk kaca 4% dan Sika Viscocrete 0,533% (BSV I) | | Beton dengan bubuk kaca 4% dan Sika Viscocrete 1,066% (BSV II) | | Beton dengan bubuk kaca 4% dan Sika Viscocrete 1,6% (BSV III) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| menit ke 0 | X | √ | | | | | | |
| menit ke 20 | X | √ | X | √ | | | | |
| menit ke 40 | | | X | √ | X | √ | | |
| menit ke 60 | | | | | X | √ | X | √ |

3. Pengadukan/pencampuran bahan-bahan beton

   Adalah proses pencampuran antara bahan-bahan dasar beton, yaitu semen, air, pasir, kerikil dan bubuk kaca dalam perbandingan tertentu. Pada penelitian ini pengadukan menggunakan mesin (molen). Adukan beton dituang dalam 4 tahap, masing-masing 1/4 bagian sampai semua bahan tercampur (*homogen*). Pada menit ke 20 Sika Viscocrete – 10 dimasukkan sebanyak 0,680 gram, pada menit ke 40 dimasukkan sebanyak 0,544 gram dan pada menit ke 60 dimasukkan sebanyak 0,272 gram.

4. Pengujian *slump*

   Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan beton segar yang dihasilkan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan kerucut *Abrams*, yang diletakkan di atas talam baja yang rata dan tidak menyerap air. Adukan beton dituang dalam 3 tahap, berturut-turut 1/3 volume, 2/3 volume, hingga penuh. Tiap tahap atau lapisan ditumbuk dengan menggunakan batang baja berdiameter 16 mm dan panjang 600 mm. Penusukan dilakukan merata di seluruh bidang dan dijaga agar tidak mengenai lapisan di bawahnya. Setelah penusukan lapisan terakhir permukaan diratakan dan didiamkan selama 30 detik, kemudian kerucut diangkat tegak lurus ke atas, maka lapisan atas beton segar tersebut akan turun dari posisi semula. Penurunan ini diukur dengan cara meletakkan kerucut *Abrams* di sampingnya, kemudian diukur selisih beda tingginya. Penurunan dari posisi semula ini yang disebut *slump*.

5. Pencetakan beton

   Cetakan beton yang digunakan adalah silinder dengan diameter 75 mm dan tinggi 150 mm. Sebelumnya permukaan cetakan yang akan bersentuhan dengan beton segar terlebih dahulu diolesi dengan solar agar beton yang akan telah mengeras tidak merekat pada cetakan. Penuangan adukan beton dilakukan dalam tiga tahap dimana masing-masing tahapan pengisian dilakukan sebanyak 1/3 dari volume silinder. Tiap tahap dilakukan penumbukan 25 kali dengan baja berdiameter 16 mm. Penumbukan tahap

bawahnya. Setelah penumbukan terakhir, permukaan beton diratakan dengan memberi pasta semen.

Ukuran standar benda uji beton untuk menguji kuat tekan adalah silinder dengan ukuran 150 mm dan tinggi 300 mm (Tata Cara Penghitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SK SNI 03-2847-2002 atau Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, SK SNI T-15-1991-03). Apabila ukuran benda uji beton berbeda dengan ukuran standar, maka hasil pengujian perlu dikalikan dengan faktor pengali sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.9 Kuat tekan dan faktor pengali untuk berbagai ukuran silinder beton

| Ukuran silinder | | Kuat tekan (%) | Faktor pengali |
|---|---|---|---|
| D (mm) | L (mm) | | |
| 50 | 100 | 108 | 0,917 |
| 75 | 150 | 106 | 0,943 |
| 100 | 200 | 104 | 0,962 |
| 150 | 300 | 100 | 1,000 |
| 200 | 400 | 96 | 1,042 |

*Sumber : Tjokrodimuljo, 2007*

6. Perawatan Benda Uji

Pengambilan beton dari cetakan dilakukan setelah mencapai ± 24 jam dari beton tersebut dibuat. Setelah dilepas dari cetakan, silinder beton tersebut direndam dalam air selama umur 3 hari. Sehari sebelum dilaksanakan pengujian tekan, silinder beton tersebut diambil dari rendaman dan disimpan di dalam ruangan dengan suhu kamar.

7. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kemampuan beton yang dihasilkan dalam menerima beban tekan. Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Teknologi Beton, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, dengan alat uji tekan merk Hung Ta yang mempunyai kapasitas tekan sebesar 2000 kN. Pengujian dilakukan setelah beton berumur 3 hari. Hal ini untuk mengantisipasi apabila kuat tekan yang direncanakan sebesar ≥ 42 MPa tidak tercapai, maka bisa lebih cepat untuk melakukan evaluasi. Hubungan antara umur dan kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 4.9

Tabel 4.10 Rasio kuat tekan beton pada berbagai umur

| Umur beton (hari) | 3 | 7 | 14 | 21 | 28 | 90 | 365 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Semen portland biasa | 0,40 | 0,65 | 0,88 | 0,95 | 1,00 | 1,20 | 1,35 |
| Semen portland dengan kekuatan awal tinggi | 0,55 | 0,75 | 0,90 | 0,95 | 1,00 | 1,15 | 1,20 |

*Sumber : Tjokrodimuljo, 2007*

8. Analisis Data

Setelah didapatkan data dari hasil penelitian, maka data-data tersebut diolah dan dianalisis dengan memperhatikan persamaan-persamaan yang ada.

a. Uji *slump*

Dari hasil uji *slump* dibuat grafik hubungan antara waktu pengadukan dengan nilai *slump*. Grafik ini untuk mengkaji perubahan *slump* akibat penambahan *Sika Viscocrete – 10* sebesar 1,6 % dan bubuk kaca sebesar 4 % dari berat semen.

b. Uji kuat tekan beton

Dari hasil uji tekan beton dibuat grafik hubungan antara waktu pengadukan dengan kuat tekan beton. Grafik ini untuk mengkaji kuat tekan beton, baik pada saat penambahan *Sika Viscocrete – 10* maupun setelah penambahan *Sika Viscocrete – 10* sebesar 1,6 % dan bubuk kaca sebesar 4 % dari berat semen.

c. Hubungan antara nilai *slump* dengan kuat tekan beton

Dari hasil uji *slump* dan kuat tekan beton dibuat grafik hubungan antara nilai *slump* dengan kuat tekan beton. Grafik ini untuk mengkaji nilai slump pada kuat tekan beton tertinggi dan nilai slump pada kuat tekan beton terendah. Hal ini terkait dengan kemudahan pengadukan beton