

BAB III

CARA PENELITIAN

3.1. Bahan Penelitian

3.1.1. Semen

Semen sebagai bahan pengikat adukan beton dipilih semen portland tipe I merek NUSANTARA (produksi pabrik semen Nusantara, Cilacap). Pengamatan dilakukan secara visual terhadap kemasan kantong 40 Kg, tertutup rapat, bahan butirannya halus serta tidak terjadi penggumpalan.

3.1.2. Bahan Batuan

a. Pasir

Untuk penelitian ini, pasir yang digunakan diambil dari sungai Progo, Sleman, Yogyakarta. Dari pengamatan yang nampak, butirannya kasar. Bahan-bahan lain yang terdapat pada pasir seperti kerikil dan batuan-batuan besar dipisahkan dengan menggunakan ayakan pasir.

b. Kerikil

Kerikil yang digunakan termasuk jenis "crushed" yang diperoleh dari PT. TRI KARSA NUSANTARA, Piyungan, Bantul, Yogyakarta. Sudut-sudutnya bersisi tajam dan memiliki permukaan yang cukup kasar. Pada penelitian ini dipakai kerikil dengan diameter 5 - 25 mm.

Sehari sebelum pengadukan beton dilakukan, kerikil terlebih dahulu direndam dalam air kurang lebih 24 jam,

kemudian diangkat dan diangin-anginkan agar pada saat akan dilakukan pengadukan, kerikil dalam keadaan jenuh dan kering permukaan ("saturated surface dry").

3.1.3. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini diambil dari sumur di daerah Karang Gayam, Depok, Sleman, Yogyakarta. Pemeriksaan dilakukan hanya dari kenampakkannya, yaitu jernih, tidak berbau serta dapat diminum.

3.1.4. Fiber

Pada pengujian ini, bahan tambah fiber diperoleh dari plastik limbah. Untuk memudahkan penelitian, plastik yang digunakan adalah plastik kantong yang diperoleh di pasar. Plastik tersebut dihancurkan menjadi potongan-potongan kecil berbentuk persegi berukuran antara 2 - 3 mm dengan cara dipotong secara manual dengan menggunakan pisau ("cutter"). Penambahan fiber tersebut ke dalam adukan beton berdasarkan prosentase dari volume beton.

3.2. Peralatan Penelitian

3.2.1. Alat pemotong

Alat pemotong ("cutter") ini digunakan untuk menghancurkan plastik menjadi potongan-potongan kecil berbentuk persegi berukuran antara 2 - 3 mm dengan cara dipotong secara manual.

3.2.2. Timbangan

Timbangan ini digunakan untuk mengukur berat bahan penyusun beton seperti, semen, kerikil dan pasir serta

bahan uji yang telah jadi berupa kubus dan balok. Dalam penelitian ini digunakan timbangan merek Dragon berkapasitas 10 Kg dengan ketelitian 50 gram.

3.2.3. Cetakan benda uji

Ada dua macam cetakan yang digunakan, yaitu :

- a. cetakan kubus, berukuran $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$,
- b. cetakan balok, berukuran $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}^3$.

Kedua cetakan tersebut terbuat dari bahan plywood ketebalan 18 mm yang dilapisi plat seng dan sisi-sisinya dapat dilepas satu sama lain. Agar diperoleh benda uji yang benar-benar presisi, maka pada cetakan diberi klem pengunci yang terbuat dari profil baja.

3.2.4. Kerucut Abrams

Untuk mengukur kelecakan adukan beton dalam percobaan slump ("slump test") digunakan kerucut Abrams. Kerucut yang berlubang pada kedua ujungnya mempunyai diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm serta tingginya 30 cm. Alat ini juga dilengkapi dengan tongkat baja berdiameter 1,6 cm, panjang 60 cm serta di bagian ujung tongkat dibulatkan.

3.2.5. Kerucut konik

Kerucut konik digunakan untuk memeriksa keadaan jenuh kering muka ("saturated surface dry") pada pasir. Seperti juga kerucut Abrams, kerucut konik terbuka pada kedua ujungnya dengan diameter atas 3,8 cm, diameter bawah 8,9 cm serta mempunyai ketinggian 7,6 cm. Kerucut ini juga dilengkapi tongkat baja penumbuk yang beratnya 336 gram.

3.2.6. Mistar dan Kaliper

Mistar digunakan untuk mengukur penurunan beton segar pada pengujian slump, sedang kaliper digunakan untuk mengukur dimensi benda uji.

3.2.7. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air yang digunakan pada campuran beton sesuai dengan perhitungan.

3.2.8. Cetok dan talam baja

Talam baja digunakan untuk menampung adukan beton dan sebagai alas pada pengujian slump, sedang cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton ke dalam cetakan serta untuk menghaluskan permukaan benda uji pada saat masih basah.

3.2.9. Mesin uji tekan beton

Mesin merek Control ini digunakan untuk menguji kuat tekan beton yang berupa benda uji kubus. Kapasitas maksimum mesin uji tersebut sebesar 2.000 kN.

3.2.10. Mesin uji lentur beton

Mesin merek Shimazu UMH-30 digunakan untuk menguji kuat lentur balok. Benda uji diletakkan diatas dua buah tumpuan dan di tengah bentang diberi satu beban titik.

3.3. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian tersebut secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi :

1. Tahap persiapan bahan,
 - a. persiapan kantong plastik,

- b. persiapan pasir,
 - c. persiapan kerikil (split),
2. Perhitungan rencana campuran beton ("mix design"),
 3. Proses pembuatan benda uji,
 4. Pengujian,
 - a. kuat tekan,
 - b. kuat lentur.

Pada penelitian ini, dibuat enam jenis benda uji yang berbeda prosentase fibernya. Prosentase fiber yang digunakan masing-masing 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% dari volume benda uji. Perbandingan bahan penyusun adalah sama untuk tiap jenis benda uji.

Untuk memperoleh data pengaruh penambahan fiber pada struktur beton yang dikehendaki, tiap percobaan dibuat :

- a. dua puluh buah kubus ukuran $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}^3$,
- b. dua puluh buah balok ukuran $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}^3$.

Dengan demikian ada 40 buah benda uji untuk tiap jenis percobaan, sehingga untuk enam jenis percobaan dibuat 240 buah benda uji. Pengujian dilakukan pada saat benda uji mencapai umur 7 hari untuk kubus dan umur 28 hari untuk balok.

3.3.1. Tahap persiapan bahan

Pada penelitian ini tidak semua bahan dapat langsung dipergunakan tanpa melalui suatu proses persiapan. Misalnya, kantong plastik yang harus dipersiapkan terlebih dahulu karena yang dibutuhkan adalah potongan-potongan yang kecil. Pasirpun sebelum dipergunakan harus disaring

terlebih dahulu karena masih banyak tercampur dengan batu kerikil.

a. Persiapan kantong plastik

Tahap persiapan dimulai dengan pengukuran volume dari kantong plastik yaitu dengan mengukur luas plastik dikalikan dengan tebalnya. Cara pengukuran kantong plastik yaitu dengan mempergunakan penggaris. Agar diperoleh hasil pengukuran yang teliti, maka kantong plastik dipotong menjadi beberapa bagian berbentuk empat persegi panjang. Dari pengukuran luas tersebut, maka dapat diperoleh volume kantong plastik yaitu dengan mengalikannya dengan tebal kantong plastik yaitu 0.25 mm.

Dengan diketahuinya volume satu buah kantong plastik, maka dapat dihitung kebutuhan plastik untuk satu buah benda uji. Kemudian kantong plastik tersebut dipotong-potong menjadi potongan-potongan kecil dengan lebar 2 - 3 mm dan panjang antara 3 - 5 mm. Alat yang digunakan adalah pisau cutter, beberapa penjepit kertas, dan telenan plastik.

b. Persiapan Pasir

Pasir yang digunakan diambil dari Kali Progo. Pasir tersebut untuk saat ini adalah termasuk berkualitas yang baik, karena bentuk yang relatif kasar, mempunyai sisi yang tajam, dan kandungan bahan organik yang rendah.

Sebelum digunakan, pasir tersebut disaring dahulu untuk memisahkan pasir dengan batuan kerikil. Saringan yang digunakan adalah saringan kawat dengan diameter lubang 1 Cm. Tahap selanjutnya adalah mencari SSD pasir,

yaitu dengan menggunakan kerucut konik. Pasir dimasukkan ke dalam kerucut konik kemudian ditumbuk dengan alat penumbuk sebanyak 25 kali dengan tinggi penumbukan lebih kurang 5 cm di atas corong secara jatuh bebas, bila pasir turun, kerucut diisi lagi dengan pasir lalu diratakan. Kerucut diangkat perlahan-lahan, penurunan pasir diukur terhadap tinggi pasir mula-mula pada saat kerucut belum diangkat, bila penurunan berkisar antara $1/3 < x < 1/2 t$, berarti pasir sudah dalam keadaan SSD. Pengujian ini diulangi lagi bila hasil yang diperoleh belum memenuhi persyaratan.

c. Persiapan Kerikil (Split)

Kerikil (split) yang digunakan didapat dari PT. Trikarsa Nusantara, yang diperoleh dengan proses pemecahan batu yang diambil dari Kali Progo.

Kerikil atau split tersebut sebelum dipergunakan terlebih dahulu direndam selama ± 24 jam lalu diangin-anginkan agar diperoleh kondisi SSD. Kerikil ini telah dilakukan analisa saringan.

3.3.2. Perhitungan Rencana Campuran Beton (Mix Design).

Perencanaan adukan beton pada penelitian ini menggunakan cara American Concrete Institute (ACI). perencanaan campuran memperhatikan nilai ekonomi, bahan yang tersedia, kemudahan pengerjaan, keawetan, serta kekuatan yang diinginkan. Cara ACI ini melihat kenyataan bahwa pada ukuran maksimum agregat tertentu, jumlah air per m^3 adukan menentukan tingkat kekentalan adukan.

Secara garis besar, urutan langkah perencanaan menurut ACI adalah sebagai berikut :

- (1). Kuat tekan rata-rata beton dihitung berdasarkan kuat tekan yang disyaratkan (kuat tekan karakteristik) dan nilai margin yang tergantung tingkat pengawasan mutunya. Nilai margin tersebut adalah :

$$m = 1,64 \cdot s \quad (3.1.)$$

dengan s adalah nilai deviasi standar yang telah ditetapkan. Kuat tekan rata-rata dihitung dari kuat tekan yang disyaratkan ditambah margin.

$$f'_{cr} = f'_c + m \quad (3.2.)$$

dengan :

$$f'_{cr} = \text{kuat tekan rata-rata (kg/cm}^2\text{)}$$

$$f'_c = \text{kuat tekan yang disyaratkan (kg/cm}^2\text{)}$$

$$m = \text{nilai margin (kg/cm}^2\text{)}$$

- (2). Faktor air semen ditetapkan berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur yang dikehendaki (lihat tabel 3.1) dan keawetannya (berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungannya ; lihat tabel 3.2). Dari dua hasil tersebut diambil yang paling rendah.

Tabel 3.1. Hubungan faktor air semen dan kuat tekan silinder beton pada umur 28 hari

Faktor air semen	Perkiraan kuat tekan (MPa)
0,35	42
0,44	35
0,53	26
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 3.2. Faktor air semen maksimum

Beton dalam ruang bangunan :	
a. keadaan keliling korosif	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensi atau uap korosif	0,52
Beton di luar ruang bangunan :	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk ke 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 kontinu berhubungan dengan air :	
a. air tawar	0,57
b. air laut	0,52

- (3). Berdasarkan jenis strukturnya, nilai slump dan ukuran maksimum agregat ditetapkan dengan tabel 3.3 dan 3.4.

Tabel 3.3. Nilai slump (cm)

Pemakaian beton	maks	min
Dinding, plat fondasi dan fondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaisan dan struktur bawah tanah	9,0	2,5
Plat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan masal	7,5	2,5

Tabel 3.4. Ukuran maksimum agregat

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

- (4). Jumlah air yang diperlukan ditetapkan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang diinginkan berdasarkan tabel 3.5.
- (5). Semen yang diperlukan didapat dari hasil perhitungan langkah (2) dan (4) di atas.
- (6). Volume agregat kasar yang diperlukan per satuan

volume beton ditetapkan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus kehalusan agregat halusnya (lihat tabel 3.6).

- (7). Volume agregat halus yang diperlukan dihitung berdasarkan jumlah air, semen, dan agregat kasar yang diperlukan serta udara yang terperangkap di dalam adukan (dari tabel 3.5) dengan cara hitungan volume absolut.

Tabel 3.5. Perkiraan kebutuhan air (liter) berdasarkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat

Slump (mm)	Ukuran maksimum agregat (mm)		
	10	20	40
25 - 50	208	182	162
75 - 100	226	203	177
150 - 175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

Tabel 3.6. Perkiraan kebutuhan agregat kasar per m^3 beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus pasirnya.

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butir pasir			
	2,40	2,60	2,80	3,00
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

Perhitungan rencana campuran beton atau mix design dimaksudkan agar beton yang dihasilkan nanti bisa sesuai dengan mutu beton yang diharapkan. Perhitungan campuran adukan beton sebagai berikut :

Data bahan :

Semen	: Nusantara	B.J = 3,15
Pasir	: Kali Progo	B.J = 2,61
Krikil.	: Kali Progo	B.J = 2,50
Air	: Air sumur	
Plastik	: HDPE,	tebal = 0,25 mm

Perhitungan

K175 —————> $S = 60 \text{ kg/cm}^2$, $f_c' = 175 \text{ kg/cm}^2$

$$f_{cr} = f_c' + 1,64 \cdot S$$

$$= 175 + 1,64 \cdot 60 = 273,40 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 275,00 \text{ kg/cm}^2$$

$f_{cr} = 275 \text{ kg/cm}^2$, dari tabel 3.1 diperoleh f.a.s = 0,455

Tabel 3.2 —————> di udara, diperoleh f.a.s = 0,60

Diambil nilai f.a.s yang terkecil —————> = 0,455

Perhitungan kebutuhan air :

Pekerjaan plat, balok dan kolom nilai slump 7,5 - 15 cm.

Ukuran maximal agregat 20 mm, dari tabel 3.5 diperoleh :

- jumlah air = 203 liter
- volume udara = 2 %

Perhitungan kebutuhan semen :

$$f.a.s = \frac{\text{berat air}}{\text{berat semen}}$$

$$\text{berat semen} = \frac{203}{0,455} = 446,1538 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{volume P.C} &= \frac{\text{berat P.C}}{\text{berat jenis P.C}} \\ &= \frac{0,4462}{3,15} = 0,1416 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan kebutuhan semen :

$$\begin{array}{l} \varnothing \text{ max batuan} = 20 \text{ mm} \\ \text{M.H.B} = 3,0 \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{tabel 3.6 didapat volume krikil} \\ \text{(SSD)} = 0,59 \text{ m}^3 \\ \text{Berat vol.} = 1,58 \text{ T/m}^3 \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat krikil} &= 0,59 \cdot 1,58 = 0,9322 \text{ ton} \\ &= 932,20 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Volume krikil padat} = \frac{0,9322}{2,50} = 0,3729 \text{ m}^3$$

Perhitungan kebutuhan pasir

$$\text{Volume pasir} = 1 - 0,02 - 0,203 - 0,1416 - 0,3729 = 0,2625 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir} &= 0,2625 \cdot 2,61 = 0,6851 \text{ ton} \\ &= 685,10 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil hitungan diperoleh proporsi campuran untuk 0.885 M³ beton sebagai berikut :

$$\begin{array}{l} \text{Air} = 203 \cdot 0,885 = 179,6550 \text{ liter} \\ \text{P.C} = 446,1538 \cdot 0,885 = 394,8461 \text{ kg} \\ \text{Pasir} = 685,10 \cdot 0,885 = 606,3356 \text{ kg} \\ \text{Krikil} = 932,20 \cdot 0,885 = 824,9970 \text{ kg} \end{array}$$

Perbandingan berat bahan susun :

P.C	:	Pasir	:	kerikil
1		1,5356		2,0894

Kebutuhan tiap bahan susun adukan beton disajikan dalam tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7. Kebutuhan bahan susun beton

Prosentase fiber	kerikil (kg)	Pasir (kg)	semen (kg)	air (l)
0 %	824,997	579,747	360,747	196,6071
1 %	824,997	579,747	360,747	196,6071
2 %	824,997	579,747	360,747	196,6071
3 %	824,997	579,747	360,747	196,6071
4 %	824,997	579,747	360,747	196,6071
5 %	824,997	579,747	360,747	196,6071

3.3.3. Proses pembuatan benda uji

Pada tahap pembuatan benda uji, semua bahan penyusun sebelum dicampur ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan kebutuhan, begitu pula dengan volume fiber dan air yang akan dipakai. Semua bahan penyusun adukan diletakkan pada tempat yang terpisah agar tidak tercampur satu sama lain.

Tempat adukan disiapkan dan secara berturut-turut dimasukkan kerikil, pasir dan semen. Ketiga bahan penyusun ini diaduk terlebih dahulu hingga merata kemudian ditambahkan air sedikit demi sedikit sambil terus diaduk. Air yang ditambahkan tidak seluruh volume dicampurkan,

tapi disisakan sedikit, hal ini untuk menjaga kemungkinan adukan terlalu encer. Setelah adukan diyakini sudah merata, dilakukan pengukuran slump.

Pengujian slump menggunakan kerucut Abrams. Kerucut diletakkan pada tempat yang rata dan adukan dituangkan ke dalam kerucut sebanyak 3 lapis dengan tiap lapis ditusuktusuk dengan menggunakan tongkat baja berdiameter 16 mm panjang 60 cm sebanyak 25 kali. Setelah permukaannya diratakan, diamkan selama 0,5 menit kemudian kerucut Abrams diangkat perlahan-lahan. Penurunan tinggi diukur, hasil pengukuran ini yang disebut dengan nilai slump.

Bila nilai slump lebih kecil dari persyaratan, air ditambahkan lagi sambil terus diaduk. Pengujian slump diulangi lagi hingga didapatkan harga yang sesuai dengan persyaratan. Hasil pengujian slump ini selanjutnya digunakan sebagai pendekatan untuk menentukan volume air yang digunakan. Pada penelitian ini, setiap adukan diukur nilai slumpnya.

Pada pembuatan benda uji untuk beton fiber, langkah yang ditempuh sama dengan pembuatan benda uji standar, hanya saja bahan fiber dimasukkan ke dalam adukan sebelum air ditambahkan. Hal ini dimaksudkan agar bahan fiber dapat menyebar secara merata dan tidak terjadi penggumpalan pada saat pengadukan.

Beton segar yang sudah homogen dan sudah memenuhi syarat nilai slumpnya dituangkan kedalam cetakan yang sebelumnya sudah diolesi dengan oli agar beton mudah dilepaskan dari cetakannya. Cara pemasukan kedalam cetakan



dilakukan tiap sepertiga bagian dan ditumbuk dengan tongkat sebanyak 25 kali. Bagian tepi cetakan ditusuk-tusuk dengan cetok agar diperoleh benda uji yang tidak keropos/berongga.

Kurang lebih satu jam setelah dimasukkan kedalam cetakan, permukaan beton dihaluskan dengan menggunakan cetok. Hal ini dimaksudkan untuk menghilangkan lapisan selaput bagian atas beton (laitance) akibat peristiwa bleeding. Selanjutnya pada permukaan tersebut diberi tanggal pembuatannya dan disimpan pada tempat yang lembab serta ditutupi dengan karung basah.

3.3.4. Pengujian

Pada tahap ini, sebelum pengujian dilakukan, benda uji ditimbang beratnya dan diukur dimensinya. Apabila diperlukan, pada bagian-bagian tertentu dapat dihaluskan dengan menggunakan gerinda. Pengujian tersebut meliputi :

- a. pengujian kuat desak,
- b. pengujian kuat lentur.

a. Pengujian kuat desak

Pengujian ini dilakukan terhadap kubus beton dengan menekan benda uji pada sisi yang rata hingga pecah. Data yang diperoleh adalah beban maksimal yang mampu ditahan oleh benda uji tersebut (F). Untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton dari benda uji tersebut adalah dengan membagi beban maksimum (F) dengan luas sisi yang terdesak (A), seperti disajikan dalam rumus berikut ini.

$$\sigma_{ds} = \frac{F}{A} \quad (3.3.)$$

Pengujian terhadap kubus ini dilakukan pada saat benda uji mencapai umur 7 hari. Jumlah benda uji sebanyak 20 buah untuk setiap prosentase penambahan fiber. Hasil yang diperoleh digunakan untuk menentukan kuat tekan karakteristik beton.

Benda uji setelah dilakukan pengujian diperiksa bentuk serta bidang pecahnya dan hal-hal yang dianggap perlu untuk kemudian sebagai bahan pembahasan.

b. Pengujian kuat lentur

Pada pengujian ini digunakan benda uji balok dengan ukuran 10x10x50 cm³. Balok diletakkan pada dua buah tumpuan dengan jarak antara tumpuan 30 cm. Di tengah bentang diberi sebuah beban titik (P) sehingga seolah-olah balok terbagi menjadi dua bagian yang sama panjang.

Pada pengujian ini digunakan benda uji dengan umur 28 hari dengan jumlah benda uji 20 buah untuk setiap prosentase penambahan fiber. Masing-masing benda uji, diambil nilai rata-rata sebagai kuat lentur rata-rata. Setelah dilakukan pengujian, benda uji diperiksa bentuk serta bidang pecahnya dan hal-hal yang dianggap perlu untuk kemudian sebagai bahan pembahasan.