

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

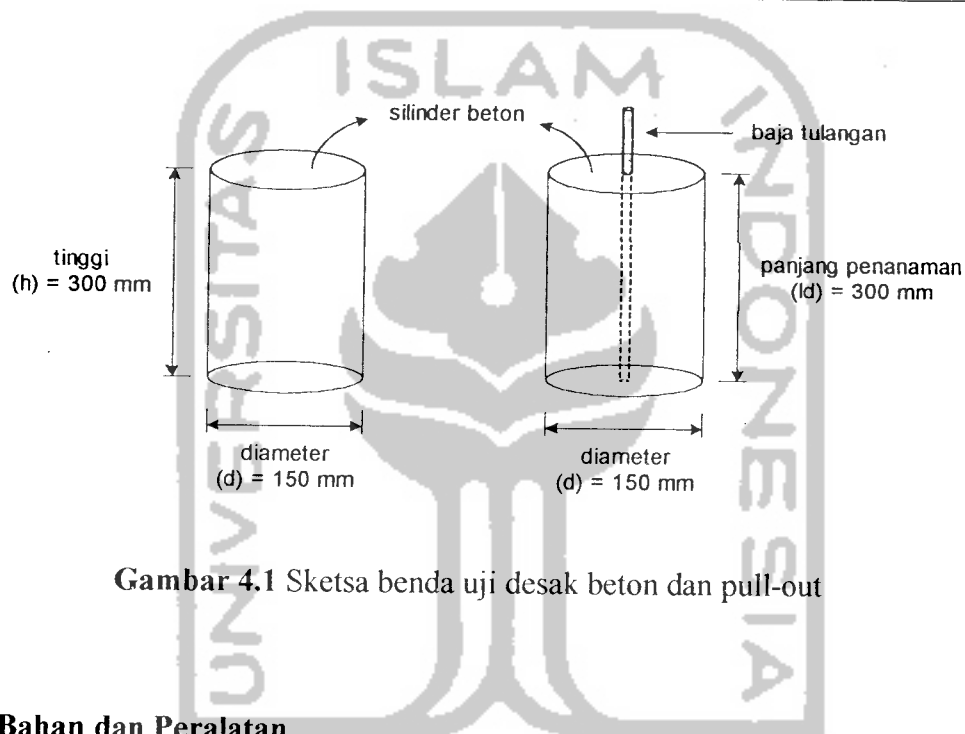
Hasil akhir dari suatu penelitian ditentukan oleh metode yang digunakan pada penelitian tersebut. Penelitian dapat berjalan dengan sistematis dan lancar serta mencapai tujuan yang diinginkan tidak terlepas dari metode penelitian yang disesuaikan dengan prosedur, alat dan jenis penelitian. Berikut ini akan diuraikan 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 sampel/benda uji silinder beton dalam penelitian ini sebanyak 30 buah sampel untuk uji desak dan uji pull out dengan perincian seperti tampak pada tabel 4.1. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder beton diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dengan atau tanpa tulangan seperti terlihat pada gambar 4.1.

Tabel 4.1 Data benda uji/sampel pada penelitian

No.	Variasi Kuat desak	Jumlah Sampel	Uji Desak Beton	Uji Pull Out
1.	20 Mpa	10	5	5
2.	25 Mpa	10	5	5
3.	30 Mpa	10	5	5

**Gambar 4.1** Sketsa benda uji desak beton dan pull-out

4.2 Bahan dan Peralatan

4.2.1 Bahan

1. Semen

Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat, selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat. Semen dapat dijaga mutunya dalam jangka waktu tidak terbatas asalkan uap air dijauhkan dari tempat penyimpanan semen. Semen

sebagai bahan pengikat adukan beton dipilih semen tipe I merek Nusantara, dengan berat jenis $3,15 \text{ gr/cm}^3$. Pengamatan dilakukan secara visual terhadap kemasan kantong 50 kg, tertutup rapat, bahan butirannya halus serta tidak terjadi penggumpalan.

2. Agregat halus (pasir)

Agregat halus adalah pasir yang memiliki butiran antara 0,15 mm sampai dengan 5 mm. Pada penelitian ini diambil dari Sungai Progo, Yogyakarta. Sebelum dipakai sebagai benda uji, pasir diuji untuk mengetahui kelayakan dan data teknis meliputi gradasi pasir dan kandungan lumpur.

3. Agregat kasar (kerikil)

Kerikil memiliki diameter antara 5 mm sampai dengan 40 mm. pemilihan agregat berdasarkan kekuatan dan keuletan agregat yang tergantung dari bahan pembentuk batuanannya. Kuat tekan agregat harus lebih besar dari pada beton yang dibuat dari agregat tersebut agar menghasilkan beton yang kekuatannya dapat diandalkan. Agregat kasar dapat dibedakan menjadi beberapa bentuk yaitu agregat bulat, bulat sebagian, pipih dan lain-lain.

Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih bisa dipakai, bila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20 % dari berat agregat seluruhnya dan agregat dengan tekstur permukaan kasar dan berpori lebih banyak disukai karena dapat meningkatkan rekatan antara agregat dan semen. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Clereng Kulonprogo, Yogyakarta.

4. Air

Air berfungsi untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan.

Syarat-syarat pemakaian air untuk beton:

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gr/ltr.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 2 gr/ltr.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/ltr.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat (SO_4) lebih dari 1 gr/ltr.

Air yang digunakan berasal dari jaringan air bersih Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, FTSP UII. Pemakaian air tidak diuji secara khusus, sebab secara visual dan berdasarkan penelitian sebelumnya air di Laboratorium BKT telah memenuhi syarat untuk material penyusun beton.

5. Baja tulangan

Baja tulangan dipakai sebagai penguat pada beton untuk menahan gaya tarik yang diakibatkan beban-beban yang bekerja pada beton. Tulangan baja tersebut juga berguna untuk beban-beban berat dalam hal untuk mengurangi lendutan jangka panjang. Sifat-sifat terpenting baja tulangan yaitu Modulus Young (E_s), kuat leleh (f_y), ukuran dan diameter baja, dan lain-lain.

Pada penelitian ini dipergunakan baja tulangan lurus diameter 12 mm, dengan satu variasi bentuk polos (BJTP) dengan kode produksi H (Hanil), yang dibeli di pasaran tiap batang panjangnya kurang lebih 12 m.

4.2.2 Peralatan

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat untuk mempersiapkan material dan benda uji untuk pengujian. Peralatan yang dipakai tersebut berada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII.

1. Saringan/ayakan

Dalam penelitian ini kami menggunakan dua saringan, yaitu saringan yang digunakan untuk memperoleh kerikil (agregat kasar) dengan diameter ukuran maksimum 30 mm, dan saringan yang digunakan untuk memperoleh pasir (agregat halus) dengan diameter maksimum 5 mm.

2. Mesin siever

Mesin yang digunakan untuk menggetarkan susunan ayakan yang dipasang berurutan sesuai ukuran diameter untuk mendapatkan variasi butiran modulus halus pasir.

3. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat bahan penyusun beton (semen, pasir, kerikil, dan air), serta bahan uji berupa silinder. Dalam penelitian ini digunakan :

- a. Timbangan merek Fagani, kapasitas 150 kg.
- b. Timbangan merek Ohaus, kapasitas 20 kg dan 5 kg.

4. Mesin aduk beton (rotating drum mixer)

Mesin ini digunakan untuk mengaduk bahan susun beton seperti semen, kerikil, pasir, dan air. Kecepatan putaran dapat diatur sehingga memudahkan bahan susun beton diaduk menjadi campuran yang homogen.

5. Mesin uji desak beton

Mesin uji desak merek Control kapasitas 2000 kN, digunakan untuk menguji kuat desak dan tarik belah silinder beton. Untuk mengetahui perpendekan pada pengujian silinder beton, digunakan alat strainometer, yang dapat menunjukkan suatu angka pada tiap tingkat pembebanan, dimana tujuannya adalah untuk memperoleh hubungan tegangan-regangan sehingga dapat diketahui nilai modulus elastisitas beton.

6. Cetakan benda uji

Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cetakan silinder, ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, cetakan silinder terbuat dari bahan logam yang sisi-sisinya dapat dilepas satu sama lain dengan melepas atau memutar baut-bautnya.

7. Kerucut abrams

Pengukuran 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 tinggi 30 cm. Alat ini juga dilengkapi dengan tongkat baja berdiameter 1,6 cm, panjang 60 cm serta bagian ujung tongkat dibulatkan sebagai alat penumbuk.

8. Mistar dan kaliper

Mistar dipakai untuk mengukur penurunan beton segar pada pengujian slump, sedang kaliper digunakan untuk mengukur diameter tulangan baja dan dimensi benda uji.

9. Stopwatch

Pengukur waktu (stopwatch) dipakai untuk mengukur waktu lamanya pengadukan beton, pengujian kuat desak beton, dan pengujian pull-out.

10. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air yang dibutuhkan untuk membuat adukan beton. Kapasitas gelas ukur yang digunakan adalah 1000 cc, 250 cc dan 50 cc.

11. Sekop

Sekop yang digunakan sekop besar dan sekop kecil yang berfungsi untuk memasukan adukan beton ke dalam mixer dan juga untuk memasukan adukan beton ke dalam cetakan silinder.

12. Strainometer

Data perpendekan pada pengujian desak beton digunakan alat strainometer. Alat ini menunjukkan suatu angka pada setiap tingkat pembebanan.

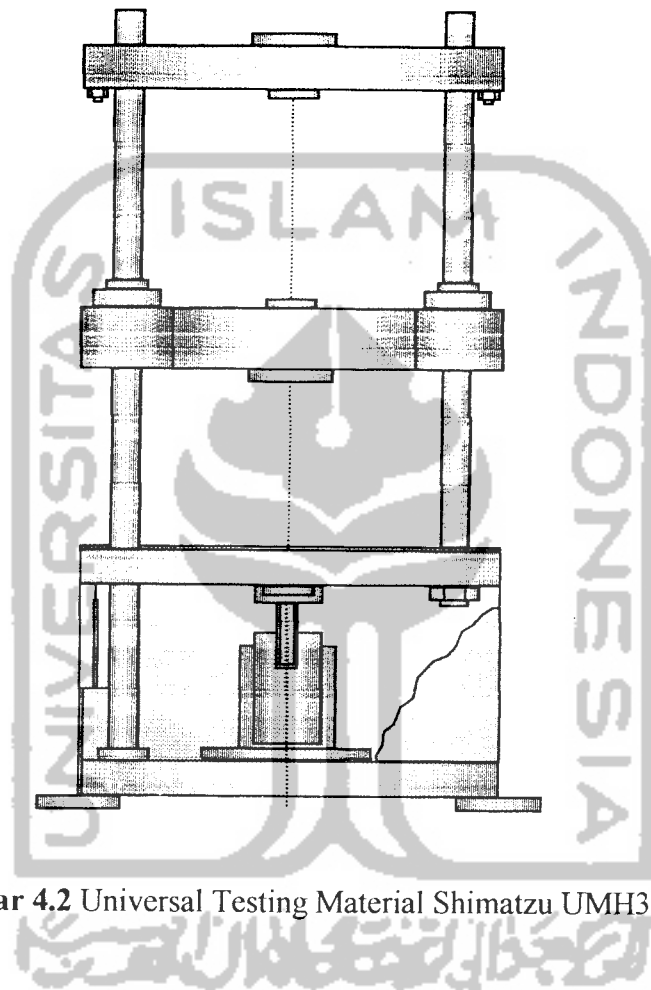
13. Dial gauge

Besarnya slip yang terjadi antara tulangan dan beton dapat diketahui dengan memakai alat dial gauge. Tingkat ketelitian yang dapat terbaca adalah 0,01 mm.

14. Mesin uji tarik

Mesin uji kuat tarik digunakan untuk mengetahui kuat leleh dan kuat tarik baja tulangan. Selain itu mesin ini juga digunakan dalam pengujian pull-out.

Dalam penelitian ini digunakan *Universal Testing Material* (UTM) merk SIMATZU type UMH 30 dengan kapasitas 30 ton.



Gambar 4.2 Universal Testing Material Shimadzu UMH30

4.3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.3.1 Persiapan material

Material penyusun beton yang disiapkan adalah sebagai berikut:

- a. Semen portland pozoluan merk nusantara kemasan 50 kg, tipe I.

- b. Agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) yang berasal dari Kali progo dan Clereng Kulonprogo, Yogyakarta.
- c. Air diambil dari jaringan air bersih Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4.3.2 Pemeriksaan agregat kasar (kerikil)

Pemeriksaan agregat kasar meliputi pemeriksaan berat jenis kerikil, analisis saringan dan modulus halus butir (mhb), adapun penjelasannya adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan berat jenis kerikil

Pemeriksaan berat jenis kerikil dan berat tusuk kering (saturatade surface dry= ssd), diperoleh berat jenis kerikil 2,667 gr/cc dan berat kering tusuk kering (ssd) 1,660 gr/cc.

2. Analisis saringan dan modulus halus butir (mhb)

Analisis saringan ini bertujuan untuk mengetahui variasi butiran modulus halus (mhb) dengan menggunakan saringan. Cara pemeriksaan gradasi kerikil adalah sebagai berikut ini:

- a. Susunan ayakan dipasang sesuai dengan urutan diameter yaitu mulai dari atas ke bawah mulai dari diameter 38.1 mm, 19 mm, 9.5 mm, 4.75 mm,
- b. Contoh kerikil ditimbang sesuai kebutuhan lalu dimasukkan ke dalam ayakan yang paling atas kemudian ditutup rapat,

- c. Susunan ayakan digetarkan dengan mesin siever selama kurang lebih 15 menit,
- d. Kerikil yang tertinggal dari masing-masing ayakan dipindahkan ke dalam piring, kemudian ditimbang,
- e. Perhitungan modulus halus butir (mhb) dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$MHB = \frac{\%kumulatif\ berat\ tertinggal}{100\%}$$

Pada penelitian ini MHB yang didapat adalah 2,833

4.3.3 Pemeriksaan agregat halus (pasir)

Pemeriksaan agregat halus yang berasal dari Kali Progo meliputi pemeriksaan berat jenis pasir, analisa saringan dan modulus halus butir (mhb), dan pemeriksaan kandungan lumpur. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan berat jenis pasir

Pemeriksaan berat jenis pasir (ssd) dari laboratorium diperoleh 2,667 gr/cc

2. Analisis saringan dan modulus halus butir (mhb)

Analisis saringan ini bertujuan untuk mengetahui variasi butiran modulus halus pasir (mhb) dengan menggunakan saringan. Cara pemeriksaan gradasi pasir adalah sebagai berikut ini:

- a. Susunan ayakan dipasang sesuai dengan urutan diameter yaitu mulai dari atas ke bawah mulai dari diameter 4.75 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.60 mm, 0.30 mm, 0.15 mm, dan Pan,

- b. Contoh agregat halus ditimbang sesuai kebutuhan lalu dimasukkan ke dalam ayakan yang paling atas kemudian ditutup rapat,
- c. Susunan ayakan digetarkan dengan mesin siever selama kurang lebih 15 menit,
- d. Pasir yang tertinggal dari masing-masing ayakan dipindahkan ke dalam piring, kemudian ditimbang,
- e. Perhitungan modulus halus butir (mhb) dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$MHB = \frac{\%kumulatif\ berat\ tertinggal}{100\%}$$

Pada penelitian ini MHB yang didapat adalah 2,833 (hasil yang didapat di laboratorium dapat dilihat pada lampiran 2).

3. Pemeriksaan kandungan lumpur

Tujuan pemeriksaan kandungan 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 adalah sebagai berikut ini:

- a. Pasir secukupnya dioven kurang lebih sehari semalam,
- b. Pasir kering oven/tungku ditimbang sebanyak 100 gram dan dimasukkan ke dalam gelas ukur 250 cc,
- c. Gelas ukur diisi air sampai ketinggian 12 cm dari permukaan pasir,

- d. Gelas ukur ditutup rapat dan dikocok berkali-kali sampai airnya keruh,
- e. Biarkan selama satu menit kemudian airnya dibuang secara perlahan-lahan dan jangan sampai pasirnya ikut terbang,
- f. Mengulangi pekerjaan c, d, dan e hingga airnya jernih,
- g. Pindahkan pasir dari gelas ukur ke dalam piring, kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan temperatur 105° C selama kurang lebih 36 jam,
- h. Pasir dikeluarkan dan didinginkan ke dalam aksikator selama kurang lebih 1 jam,
- i. Pasir ditimbang (berat pasir = B gram),
- j. Kandungan lumpur dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

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

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

Data-data hasil pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat di lampiran 2.

4.3.4 Perancangan adukan beton

Penelitian ini menggunakan peraturan ACI (American Concrete Institute) sebagai perancangan dasar campuran beton. 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 campuran beton menurut ACI adalah sebagai berikut:

1. Menghitung kuat desak rata-rata:

$$f'_{cr} = f'_c + m \dots\dots\dots (4.1)$$

f'_c kuat desak rencana, dan nilai margin (m) = k. S_d

Nilai S_d ditentukan berdasarkan tingkat pengawasan terhadap mutu beton yang diambil dari tabel 4.2., sedangkan faktor k diperoleh dari tabel 4.3.

Tabel 4.2 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	$35 < s < 45$	$45 < s < 55$	$55 < s < 75$
Besar >3000	$25 \leq s < 45$	$35 < s \leq 45$	$45 < s \leq 65$

Tabel 4.3 Nilai k untuk beberapa keadaan

Keadaan	Nilai k
k untuk 10,0% defektif	1,28
k untuk 05,0% defektif	1,64
k untuk 02,5% defektif	1,96
k untuk 01,0% defektif	2,33

2. Menetapkan faktor air semen (fas), berdasarkan kuat desak rata-rata pada umur yang dikehendaki (lihat tabel 4.4) dan keawetannya (berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan, lihat tabel 4.5).

Tabel 4.4 Hubungan faktor air semen dan kuat desak silinder beton umur 28 hari

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

Tabel 4.5 Faktor air semen maksimum

Beton di dalam 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 oleh hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. Terlindungi oleh 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. Menetapkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat berdasarkan jenis strukturnya (lihat tabel 4.6 dan tabel 4.7).

Tabel 4.6 Nilai slump (cm)

Pemakaian beton	Max	Min
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 4.7 Ukuran maksimum agregat (mm)

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

4. Menetapkan jumlah air yang diperlukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump (lihat tabel 4.8).
5. Menghitung jumlah semen berdasarkan hasil hitungan pada point 2 dan 4 di atas.
6. Menetapkan volume agregat kasar persatuan volume beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus halus butir (mhb) pasir (lihat tabel 4.9).
7. Menghitung volume pasir berdasarkan jumlah air, semen, dan agregat kasar yang diperlukan, serta udara yang terperangkap dalam adukan, dengan cara hitungan volume absolut.

Tabel 4.8 Kebutuhan air berdasarkan nilai slump dan ukuran maks. agregat (liter)

Slump (mm)	Ukuran maksimum agregat (mm)		
	10	20	40
25-50	206	182	167
75-100	226	203	177
150-175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

Tabel 4.9 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per- m^3 beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir (m^3)

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butir pasir (mm)			
	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 rencana campuran beton berdasarkan cara American Concrete Institute (ACI) dengan menggunakan data-data perhitungan sebagai berikut:

a. Silinder:

jumlah sampel = 30 buah

Dimensi = tinggi = 30 cm, diameter = 15 cm

Volume = $0,25 \cdot \pi \cdot 0,15^2 \cdot 0,3 = 0,0053 \text{ m}^3$

Volume total = $30 \cdot 0,0053 = 0,1590 \text{ m}^3$

\therefore Volume total = $0,1590 \text{ m}^3$

b. Diameter maksimum agregat kasar = 30 mm

c. Modulus halus butir (MHB) pasir = 2,833

d. Berat jenis pasir (SSD) = $2,667 \text{ gr/cm}^3$

e. Berat jenis kerikil (SSD) = $2,667 \text{ gr/cm}^3$

f. Berat jenis kerikil kering tusuk (SSD) = $1,660 \text{ gr/cm}^3$

g. Berat jenis semen = $3,15 \text{ gr/cm}^3$

Perhitungan rencana campuran beton mutu 20 MPa :

1. Menghitung kuat desak rata-rata

Volume pekerjaan kecil → Volume total = $0,1590 \text{ m}^3 < 1000 \text{ m}^3$ (tabel 4.2)

Mutu pekerjaan baik → didapatkan nilai $S_d = 60 \text{ kg/cm}^2$ (tabel 4.2)

Diperoleh nilai k dalam → nilai $k = 1,64$ (tabel 4.3)

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= f'_c + k \times S_d \\ &= 200 + 1,64 \times 60 \\ &= 298,4 \text{ kg/cm}^2 = 29,84 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Menetapkan faktor air semen

Kuat desak rata-rata = $29,84 \text{ MPa}$ → nilai fas = $0,506$ (interpolasi tabel 4.4)

Beton tidak terlindung dari hujan dan matahari → nilai fas = $0,60$

Dipakai nilai fas terkecil = $0,506$

3. Menetapkan nilai slump

Jenis struktur (plat, balok, kolom) → nilai slump antara $7,5 \text{ cm}$ sampai dengan 15 cm (dilihat pada tabel 4.6)

4. Menetapkan kebutuhan air

Nilai slump antara $7,5 \text{ cm}$ sampai dengan 15 cm dan ukuran maksimum agregat = 30 mm → Jumlah air = 192 kg/m^3 dan udara terperangkap = $1,3 \%$ (interpolasi tabel 4.8)

5. Menghitung kebutuhan semen

$$Fas = \frac{W_{air}}{W_{semen}}$$

$$W_{\text{semen}} = \frac{W_{\text{air}}}{F_{\text{as}}} = \frac{192}{0,506} = 379,447 \text{ kg}$$

$$\text{Vol. semen}(V_s) = \frac{W_{\text{semen}}}{B_j \text{ semen}} = \frac{0,3795}{3,15} = 0,120 \text{ m}^3$$

6. Menetapkan volume agregat kasar (kerikil) per-meter kubik beton

Diameter maksimum kerikil = 30 mm dan mhb = 2,833 → volume kerikil (V_k) = 0,665 m^3

Berat kerikil = $V_k \times B_j$ kerikil kering tusuk

$$= 0,665 \times 1,660$$

$$= 1,1039 \text{ ton} = 1103,9 \text{ kg}$$

$$\text{Vol. kerikil} = \frac{\text{berat kerikil}}{B_j \text{ kerikil}(ssd)} = \frac{1,1039}{2,667} = 0,414 \text{ m}^3$$

7. Menghitung volume agregat halus (pasir)

$$\text{Vol. Pasir} = 1 - (V_a + V_s + V_k + V_u)$$

$$= 1 - (0,192 + 0,120 + 0,414 + 0,013)$$

$$= 1 - 0,739 = 0,261 \text{ m}^3$$

Berat pasir = $V_p \times B_j$ pasir

$$= 0,261 \times 2,667 \times 1000$$

$$= 696,087 \text{ kg}$$

8. Kebutuhan material dalam 1 m^3 adukan beton :

- Semen = 379,447 kg

- Pasir = 696,087 kg

- Kerikil = 1103,90 kg

- Air = 192 liter

Perbandingan : pc : ps : kr : air \rightarrow 1 : 1,834 : 2,909 : 0,506

9. Kebutuhan material dari total volume pekerjaan ($0,1590 \text{ m}^3$)

- Semen = $379,447 \times 0,1590 = 60,332 \text{ kg}$

- Pasir = $696,087 \times 0,1590 = 110,678 \text{ kg}$

- Kerikil = $1103,90 \times 0,1590 = 175,520 \text{ kg}$

- Air = $192 \times 0,1590 = 30,528 \text{ liter}$

10. Kebutuhan material dalam satu kali adukan beton (Vol. Mixer = $0,05 \text{ m}^3$)

- Semen = $60,332 \times 0,05 = 20,211 \text{ kg}$

- Pasir = $110,678 \times 0,05 = 5,534 \text{ kg}$

- Kerikil = $175,520 \times 0,05 = 8,776 \text{ kg}$

- Air = $30,528 \times 0,05 = 1,526 \text{ liter}$

11. Kebutuhan material dalam satu kali adukan beton (10 buah silinder = 10 x Vol. Silinder = $10 \times 0,0053 = 0,0530 \text{ m}^3$)

- Semen = $379,447 \times 0,0530 + 10\% = 20,211 \text{ kg}$

- Pasir = $696,087 \times 0,0530 + 10\% = 36,993 \text{ kg}$

- Kerikil = $1103,90 \times 0,0530 + 10\% = 58,607 \text{ kg}$

- Air = $192,000 \times 0,0530 + 10\% = 10,276 \text{ liter}$

Perhitungan rencana campuran beton mutu 25 MPa :

1. Menghitung kuat desak rata-rata

Volume pekerjaan kecil \rightarrow Volume total = $0,1590 \text{ m}^3 < 1000 \text{ m}^3$ (tabel 4.2)

Mutu pekerjaan baik \rightarrow didapatkan nilai $S_d = 60 \text{ kg/cm}^2$ (tabel 4.2)

Diperoleh nilai $k \rightarrow$ nilai $k = 1,64$ (tabel 4.3)

$$\begin{aligned} f_{cr}' &= f_c' + k \times S_d \\ &= 250 + 1,64 \times 60 \\ &= 348,4 \text{ kg/cm}^3 = 34,84 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Menetapkan faktor air semen

Kuat desak rata rata = 34,84 MPa \rightarrow nilai fas = 0,442 (interpolasi tabel 4.4)

Beton tidak terlindung dari hujan dan matahari \rightarrow nilai fas = 0,60

Dipakai nilai fas terkecil = 0,442

3. Menetapkan nilai slump

Jenis struktur (plat, balok, kolom) \rightarrow nilai slump antara 7,5 cm sampai dengan 15 cm (dilihat pada tabel 4.6)

4. Menetapkan kebutuhan air

Nilai slump antara 7,5 cm sampai dengan 15 cm dan ukuran maksimum agregat = 30 mm \rightarrow Jumlah air = 192 kg/m³ dan udara terperangkap = 1,3 % (interpolasi tabel 4.8)

5. Menghitung kebutuhan semen

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

$$W \text{ semen} = \frac{W \text{ air}}{Fas} = \frac{192}{0,442} = 434,389 \text{ kg}$$

$$Vol. \text{semen} (Vs) = \frac{W \text{ semen}}{Bj. \text{semen}} = \frac{434,389}{3,15} = 138,22 \text{ m}^3$$

6. Menetapkan volume agregat kasar (kerikil) per-meter kubik beton

Diameter maksimum kerikil = 30 mm dan mhb = 2,833 → volume

kerikil (V_k) = 0,665 m³

Berat kerikil = $V_k \times B_j$ kerikil kering tusuk

$$= 0,665 \times 1,660$$

$$= 1,1039 \text{ ton} = 1103,9 \text{ kg}$$

$$Vol. kerikil = \frac{\text{berat kerikil}}{B_j \text{ kerikil (ssd)}} = \frac{1,1039}{2,667} = 0,414 \text{ m}^3$$

7. Menghitung volume agregat halus (pasir)

$$Vol. Pasir = 1 - (V_a + V_s + V_k + V_u)$$

$$= 1 - (0,192 + 0,138 + 0,414 + 0,013)$$

$$= 1 - 0,757 = 0,243 \text{ m}^3$$

Berat pasir = $V_p \times B_j$ pasir

$$= 0,243 \times 2,667 \times 1000 = 648,081 \text{ kg}$$

8. Kebutuhan material dalam 1m³ adukan beton :

- Semen = 434,389 kg

- Pasir = 648,081 kg

- Kerikil = 1103,90 kg

- Air = 192 liter

Perbandingan : pc : ps : kr : air → 1 : 1,492 : 2,541 : 0,442

9. Kebutuhan material dari total volume pekerjaan (0,1590 m³)

- Semen = 434,389 x 0,1590 = 69,068 kg

- Pasir = 648,081 x 0,1590 = 103,045 kg

- Kerikil = $1103,90 \times 0,1590 = 175,520 \text{ kg}$
- Air = $192 \times 0,1590 = 30,528 \text{ liter}$

10. Kebutuhan material dalam satu kali adukan beton (Vol. Mixer = $0,05 \text{ m}^3$)

- Semen = $69,068 \times 0,05 = 3,453 \text{ kg}$
- Pasir = $103,045 \times 0,05 = 5,152 \text{ kg}$
- Kerikil = $175,520 \times 0,05 = 8,776 \text{ kg}$
- Air = $30,528 \times 0,05 = 1,526 \text{ liter}$

11. Kebutuhan material dalam satu kali adukan beton (10 buah silinder = 10

x Vol. Silinder = $10 \times 0,0053 = 0,0530 \text{ m}^3$)

- Semen = $434,389 \times 0,0530 + 10\% = 23,123 \text{ kg}$
- Pasir = $648,081 \times 0,0530 + 10\% = 34,448 \text{ kg}$
- Kerikil = $1103,90 \times 0,0530 + 10\% = 58,607 \text{ kg}$
- Air = $192,000 \times 0,0530 + 10\% = 10,276 \text{ liter}$

Perhitungan rencana campuran beton mutu 30 MPa :

1. Menghitung kuat desak rata-rata

Volume pekerjaan kecil \rightarrow Volume total = $0,1590 \text{ m}^3 < 1000 \text{ m}^3$ (tabel 4.2)

Mutu pekerjaan baik \rightarrow didapatkan nilai $s_d = 60 \text{ kg/cm}^2$ (tabel 4.2)

Diperoleh nilai $k \rightarrow$ nilai $k = 1,64$ (tabel 4.3)

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= f'_c + k \times S_d \\
 &= 300 + 1,64 \times 60 \\
 &= 398,4 \text{ kg/cm}^2 = 39,84 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

2. Menetapkan faktor air semen

Kuat desak rata-rata = 39,84 MPa → nilai fas = 0,378 (interpolasi tabel 4.4)

Beton tidak terlindung dari hujan dan matahari → nilai fas = 0,60

Dipakai nilai fas terkecil = 0,378

3. Menetapkan nilai slump

Jenis struktur (plat, balok, kolom) → nilai slump antara 7,5 cm sampai dengan 15 cm (dilihat pada tabel 4.6)

4. Menetapkan kebutuhan air

Nilai slump antara 7,5 cm sampai dengan 15 cm dan ukuran maksimum agregat = 30 mm → Jumlah air = 192 kg/ m³ dan udara terperangkap = 1,3 % (interpolasi tabel 4.8)

5. Menghitung kebutuhan semen

$$Fas = \frac{W_{air}}{W_{semen}}$$

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{Fas} = \frac{192}{0,378} = 507,937 \text{ kg}$$

$$Vol.semen(Vs) = \frac{W_{semen}}{Bj_{semen}} = \frac{0,506}{3,15} = 0,161 \text{ m}^3$$

6. Menetapkan volume agregat kasar (kerikil) per-meter kubik beton

Diameter maksimum kerikil = 30 mm dan mhb = 2,833 → volume kerikil (Vk) = 0,665 m³

Berat kerikil = Vk x Bj kerikil kering tusuk

$$= 0,665 \times 1,660 = 1,1039 \text{ ton} = 1103,9 \text{ kg}$$

$$Vol. kerikil = \frac{\text{berat kerikil}}{Bj \text{ kerikil} (ssd)} = \frac{1,1039}{2,667} = 0,414 m^3$$

7. Menghitung volume agregat halus (pasir)

$$\begin{aligned} Vol. Pasir &= 1 - (V_a + V_s + V_k + V_u) \\ &= 1 - (0,192 + 0,161 + 0,414 + 0,013) \\ &= 1 - 0,780 = 0,220 m^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Berat \text{ pasir} &= V_p \times B_j \text{ pasir} \\ &= 0,220 \times 2,667 \times 1000 \\ &= 586,740 \text{ kg} \end{aligned}$$

8. Kebutuhan material dalam $1 m^3$ adukan beton :

- Semen = 507,937 kg
- Pasir = 586,740 kg
- Kerikil = 1103,90 kg
- Air = 192 liter

$$\text{Perbandingan : } pc : ps : kr : air \rightarrow 1 : 1,155 : 2,173 : 0,378$$

9. Kebutuhan material dari total volume pekerjaan ($0,1590 m^3$)

- Semen = $507,937 \times 0,1590 = 80,762 \text{ kg}$
- Pasir = $586,740 \times 0,1590 = 93,292 \text{ kg}$
- Kerikil = $1103,90 \times 0,1590 = 175,520 \text{ kg}$
- Air = $192 \times 0,1590 = 30,528 \text{ liter}$

10. Kebutuhan material dalam satu kali adukan beton (Vol. Mixer = $0,05 m^3$)

- Semen = $80,762 \times 0,05 = 4,038 \text{ kg}$
- Pasir = $93,292 \times 0,05 = 4,665 \text{ kg}$

- Kerikil = $175,520 \times 0,05 = 8,776 \text{ kg}$
- Air = $30,528 \times 0,05 = 1,526 \text{ liter}$

11. Kebutuhan material dalam satu kali adukan beton (10 buah silinder =

$$10 \times \text{Vol. Silinder} = 10 \times 0,0053 = 0,0530 \text{ m}^3)$$

- Semen = $507,937 \times 0,0530 + 10\% = 27,021 \text{ kg}$
- Pasir = $586,740 \times 0,0530 + 10\% = 31,197 \text{ kg}$
- Kerikil = $1103,90 \times 0,0530 + 10\% = 58,607 \text{ kg}$
- Air = $192,000 \times 0,0530 + 10\% = 10,276 \text{ liter}$

4.3.5 Pembuatan benda uji

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

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 ke dalam mixer, 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 campuran beton dimasukkan ke dalam 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 kurang lebih 30 detik sambil menekan kerucut tersebut. Selanjutnya kerucut diangkat perlahan-lahan ke atas. Nilai slump diperoleh dengan mengukur tinggi jatuh adukan dari sisi atas kerucut ke sisi atas adukan beton. Uji slump pada adukan beton ini menggunakan nilai slump antara 7,5 - 15 cm.

4. Pengisian adukan sedikit demi sedikit dengan menggunakan sekop kecil ke dalam 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 di tempat 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.

4.3.6 Metode perawatan benda uji

Setelah 24 jam cetakan silinder beton dibuka, agar semen terhidrasi sempurna kemudian dilakukan perawatan terhadap beton terhadap benda uji beton. Perawatan benda uji meliputi berbagai cara, antara lain :

1. beton dibasahi terus menerus dengan air,
2. beton direndam dalam air dengan suhu $23^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$
3. beton diselimuti dengan karung goni basah, plastik film atau kertas perawatan tahan air.

Pada penelitian ini perawatan beton adalah dengan merendam beton dalam air sampai menjelang waktu pengujian. Dua hari sebelum dilakukan pengujian, benda uji diangkat dan diangin-anginkan sehingga didapat benda uji dalam keadaan kering.

Kekuatan beton akan bertambah selama terdapat cukup air yang bisa menjamin berlangsungnya hidrasi semen secara baik.

4.3.7 Pengujian kuat desak

Dilakukan terhadap benda uji silinder beton. Benda uji ditekan menggunakan mesin uji desak (*compression testing machine*). Beban yang memecahkan (P) dibagi dengan luas sisi yang terdesak (A) diperoleh kuat desak beton tersebut. Pada setiap pengujian dilakukan pembacaan pada strainnometer untuk mendapatkan data perpendekan, sehingga diperoleh hubungan tegangan dan regangan beton sekaligus dapat diketahui modulus elastisitasnya.

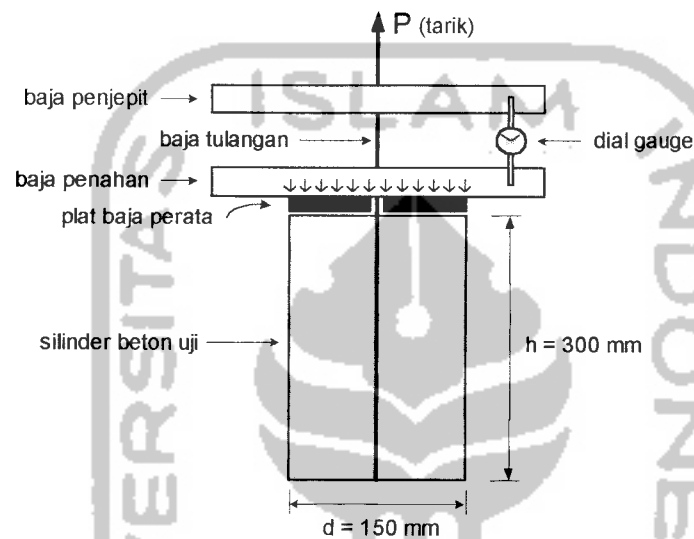
4.3.8 Pengujian tarik baja

Bentuk sampel baja sepanjang 50 cm pada bagian tengah dibubut dengan diameter 10 mm panjang 10 cm. Benda uji tarik baja diukur dengan menggunakan jangka sorong dan dicatat hasilnya. Pada mesin ini benda uji dipasang pada tumpuan jepit dengan posisi vertikal. Data-data yang dibutuhkan dicatat. Mesin uji dijalankan sampai beban maksimal atau sampai benda uji patah.

4.3.9 Pengujian pull-out

Benda uji pull-out diletakkan pada alat uji tarik beton. Perlengkapan tambahan yang diperlukan untuk pengujian ini adalah kotak kayu yang diletakkan di bawah benda uji untuk menampung benda uji yang patah/jatuh. Tulangan baja

dipasang pada alat penjepit mesin uji dan diusahakan terpasang dengan baik, seperti terlihat pada gambar 4.3. Selanjutnya beban tarik dijalankan. Selama proses pelolosan diamati secara seksama dan dicatat apabila ada hal-hal penting. Pada saat pengujian didapat nilai beban tarik (P) dan panjang pelolosan.



Gambar 4.3 Sketsa pengujian Pull Out

4.4 Analisis Data

1. Pengujian silinder beton

Dari pengujian didapat nilai beban maksimum silinder beton (P_{maks}), lalu dihitung kuat desak beton tiap benda uji (f'_b) dengan menggunakan persamaan:

$$f'_b = \frac{P_{maks}}{A_b} \dots\dots\dots (4.2)$$

dimana: A_b = Luas penampang silinder beton, mm^2

f'_b = Kuat desak beton tiap benda uji, MPa

P_{maks} = Beban maksimum silinder beton, N

2. Pengujian tarik baja

Dari pengujian didapat nilai beban yang menyebabkan lelehnya tulangan baja (P_{leleh}), dan beban maksimum (P_{maks}), lalu dicari nilai tegangan lelehnya (f_y) dan tegangan maksimumnya (f_{maks}) dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Tegangan leleh baja } (f_y) = \frac{P_{leleh}}{A}, \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan putus baja } (f_u) = \frac{P_{maks}}{A}, \text{ MPa}$$

dimana: A = luas penampang baja tulangan, mm^2

P_{maks} = beban tarik maksimum, N

P_{leleh} = Beban leleh, N

3. Pengujian kuat lekat

Dari pengujian didapat nilai beban tarik maksimum yang terjadi (P_{maks}) kemudian dicari nilai kuat lekat (τ) dengan menggunakan persamaan :

$$\tau = \frac{P_{maks}}{A_b} \dots\dots\dots (4.3)$$

dimana: A_b = luas permukaan tulangan yang tertanam dalam beton, mm

$$= \pi \times d \times l_d$$

d = diameter tulangan, mm

l_d = panjang pengankeran, mm

P_{maks} = Beban tarik maksimum, N

τ = Tegangan lekat maksimum, MPa