

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Tahap perumusan masalah.

Tahap ini meliputi perumusan terhadap topik penelitian, termasuk perumusan tujuan, serta pembahasan terhadap permasalahan.

2. Tahap perumusan teori.

Pada tahap ini dilakukan pengkajian pustaka terhadap teori yang melandasi penelitian serta ketentuan-ketentuan yang dijadikan acuan dalam penelitian.

3. Tahap pelaksanaan penelitian.

Pelaksanaan penelitian disesuaikan dengan jenis penelitian dan hasil yang ingin didapat. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium BKT Jurusan Teknik Sipil UII, yang meliputi :

- a. Pemeriksaan bahan campuran beton,
- b. Perencanaan campuran beton,
- c. Pembuatan campuran beton,
- d. Pengujian slump,
- e. Pembuatan benda uji,
- f. Perawatan benda uji,
- g. Pengujian benda uji.

4. Tahap analisa dan pembahasan.

Analisa dilakukan terhadap hasil uji laboratorium. Hasil uji laboratorium tersebut dicatat dan dibandingkan terhadap hipotesa serta dianalisis dengan menggunakan alat Bantu statistik. Pembahasan dilakukan terhadap hasil penelitian dan ditinjau berdasarkan teori yang melandasi.

5. Tahap penarikan kesimpulan.

Dari hasil laboratorium dapat diambil kesimpulan berdasarkan teori yang digunakan untuk menjawab pemecahan terhadap permasalahan dan tujuan penelitian.

4.2 Bahan dan Alat

4.2.1 Material Pembentuk Beton

1. Semen,

Dalam penelitian ini semen yang digunakan adalah semen jenis I merk Nusantara kemasan 50 kg.

2. Agregat,

Terdapat dua macam agregat yang digunakan yaitu :

- a. Agregat halus, digunakan pasir dengan ukuran maksimum 5 mm,
- b. Agregat kasar, digunakan kerikil dengan ukuran butir maksimum 20 mm.

3. Air,

Air diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

4. Limbah katalis.

Limbah katalis yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari PT.

Pertamina UP VI, Balongan, Indramayu.

4.2.2 Peralatan Pengujian

Untuk penelitian ini digunakan beberapa peralatan sebagai sarana dalam mencapai maksud dan tujuan penelitian, yaitu :

1. Timbangan

Timbangan yang digunakan memiliki kapasitas 20 kg. Digunakan untuk menimbang bahan yang akan digunakan untuk penelitian.

2. Kapiler dan Penggaris

Kapiler digunakan untuk mengukur dimensi cetakan sample beton. Penggaris digunakan untuk mengukur slump.

3. Ayakan

Ayakan digunakan untuk mengetahui gradasi pasir dan kerikil. Ukuran yang dipakai untuk memisahkan diameter pasir adalah 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15 mm.

Untuk mengayak dalam jumlah besar guna membuat beton maka digunakan ayakan dari kawat kasa dengan lubang maksimal untuk pasir 5 mm dan untuk kerikil 20 mm.

4. Mesin pengaduk beton

Mesin pengaduk Beton (*mixer*) digunakan untuk mengaduk bahan susun beton (semen, kerikil, pasir, limbah kayalis, dan air) sehingga diperoleh campuran adukan beton yang homogen.

5. Cetok dan Talam baja

Cetok digunakan untuk memasukkan adukan beton ke dalam cetakan silinder beton. Talam baja digunakan sebagai penmpungan sementara adukan beton yang dikeluarkan dari *mixer*.

6. Kerucut Abrams

Alat ini di gunakan untuk mengukur tingkat kelecakan beton (*slump*), tinggi 30 cm, dengan diameter atas 10 cm dan diameter bawah 20 cm.

7. Mesin uji kuat desak.

Mesin uji kuat desak digunakan untuk mengetahui kuat desak silinder beton.

4.3 Pelaksanaan penelitian

4.3.1 Persiapan

Pelaksanaan persiapan meliputi : pemeriksaan sifat-sifat teknis bahan penyusun beton dan perancangan adukan beton.

4.3.2 Pemeriksaan Material

Hasil pemeriksaan agregat halus dan agregat kasar antara lain :

1. Pemeriksaan berat jenis agregat halus dan agregat kasar.

Dari hasil pemeriksaan didapat berat jenis agregat halus = $2,54 \text{ gr/cm}^3$ dan agregat kasar = $2,63 \text{ gr/cm}^3$,

2. Analisis saringan dan modulus halus butir (MHB) agregat halus dan kasar.

Dari hasil pemeriksaan didapat MHB agregat halus = 2,16 dan masuk golongan 3 (pasir agak halus).

3. Pemeriksaan berat volume agregat halus dan kasar.

Dari hasil pemeriksaan didapat berat volume agregat halus = $1,49 \text{ gr/cm}^3$ dan agregat kasar = $1,58 \text{ gr/cm}^3$.

4.3.3 Perhitungan Campuran Beton (*mix design*)

Adapun perhitungan *mix design* adalah sebagai berikut.

1. Data-data yang diperoleh dari hasil pengujian agregat adalah sebagai berikut ini.

- a. Kuat desak rencana : 20 MPa
- b. Diameter maksimum agregat kasar : 20 mm
- c. Modulus halus butir pasir : 2,16
- d. Berat volume pasir : 1,49 t/m³
- e. Berat jenis pasir (SSD) : 2,538 t/m³
- f. Berat volume split : 1,58 t/m³
- g. Berat jenis split : 2,634 t/m³
- h. Berat jenis semen : 3,15 t/m³

2. Langkah-langkah perhitungan campuran beton.

a. Menghitung kuat desak rata-rata (f'_{cr}).

$$f'_{cr} = 20 \text{ MPa}$$

$$f'_{cr} = f'_{cr} + 1,64 \text{ } sd$$

Dari Tabel 3.4, dengan mutu pekerjaan baik dan volume pekerjaan kecil, diambil $sd = 60 \text{ kg/cm}^2 = 5,88 \text{ MPa}$.

$$f'_{cr} = 20 + (1,64 \times 5,88)$$

$$f'_{cr} = 29,643 \text{ MPa.}$$

b. Menetapkan factor air semen.

Berdasar Tabel 3.6, dari nilai $f'_{cr} = 29,643 \text{ MPa}$ didapat nilai fas beton usia 28 hari adalah 0,51 (interpolasi).

Dari table 3.7, fas maksimum berdasarkan pengaruh tempat untuk beton terlindung dari hujan dan terik matahari adalah 0,6.

Dari kedua nilai fas tersebut, diambil nilai fas yang terkecil, yaitu 0,51.

- c. Menentukan nilai slump.

Berdasarkan Tabel 3.8, untuk jenis struktur pelat, balok, kolom dan dinding didapat nilai slump = 7,5 – 10 cm. Dipakai nilai slump 7,5 – 10 cm.

- d. Menetapkan kebutuhan air.

Berdasarkan Tabel 3.9, untuk nilai slump 7,5 – 10 cm dan agregat maksimum 20 mm didapat kebutuhan air 203 liter/ m³ dan udara terperangkap 2%.

- e. Menghitung kebutuhan semen.

$$\text{Berat semen} = \frac{\text{berat.air}}{\text{fas}} = \frac{203}{0,51} = 395 \text{ kg}$$

- f. Menentukan agregat kasar per satuan volume.

Mhb pasir = 2,16 dan ukuran maksimum *split* = 20 mm.

Dari Tabel 3.10, diperoleh volume *split* per m³ pada bj 2,634 adalah 0,66.

$$\text{Maka volume } split \text{ pada bj 2,634} = \frac{2,634}{2,68} \times 0,66 \text{ m}^3 = 0,648$$

$$\text{Berat } split = 0,648 \times 1,58 = 1023,8 \text{ kg.}$$

- g. Menghitung volume agregat halus per satuan volume.

$$V_{\text{air}} = V_{\text{semen}} + V_{\text{split}} + V_{\text{pasir}} + V_{\text{udara}} = 1$$

$$0,203 + \frac{0,395}{3,15} + \frac{1,0238}{2,634} + V_{\text{pasir}} + 0,02 = 1$$

$$0,203 + 0,1254 + 0,3887 + V_{\text{pasir}} + 0,02 = 1$$

$$V_{\text{pasir}} = 1 - 0,7371 = 0,2629$$

$$\text{Berat pasir} = 0,2629 \times 2,538 \times 1000 = 667,24 \text{ kg}$$

Perbandingan adukan beton per meter kubik adalah

$$\begin{aligned} P_c : \text{pasir} : \text{split} : \text{air} &= 395 : 667,24 : 1023,8 : 203 \\ &= 1 : 1,69 : 2,59 : 0,51 \end{aligned}$$

Volume 1 buah silinder adalah $0,25 \times 3,14 \times (15)^2 = 0,0053 \text{ m}^3$

Kehilangan proses campuran diperkirakan sebesar 20%. Maka kebutuhan campuran beton untuk 1 silinder adalah :

$$\text{Semen} : 395 \times (0,0053 \times 1,2) = 2,512 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} : 667,24 \times (0,0053 \times 1,2) = 4,24 \text{ kg}$$

$$\text{Split} : 1023,8 \times (0,0053 \times 1,2) = 6,51 \text{ kg}$$

$$\text{Air} : 203 \times (0,0053 \times 1,2) = 1,29 \text{ kg}$$

Kebutuhan limbah katalis tiap silinder (5 variasi)

$$0\% = 0\% \times 2,512 = 0 \text{ kg}$$

$$5\% = 5\% \times 2,512 = 0,126 \text{ kg}$$

$$10\% = 10\% \times 2,512 = 0,251 \text{ kg}$$

$$15\% = 15\% \times 2,512 = 0,377 \text{ kg}$$

$$20\% = 20\% \times 2,512 = 0,502 \text{ kg}$$

4.4 Pembuatan dan Perawatan benda uji

Dalam penelitian ini, dibuat 25 buah silinder beton dengan ukuran (150 mm x 300 mm) dengan ketentuan untuk tiap variasi campuran dibuat 5 buah silinder.

Variasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Sampel (A1), tanpa campuran limbah katalis (normal),
2. Sampel (B1), dengan campuran limbah katalis 5% dari berat semen,
3. Sampel (C1), dengan campuran limbah katalis 10% dari berat semen,

4. Sampel (D1), dengan campuran limbah katalis 15% dari berat semen,
5. Sampel (E1), dengan campuran limbah katalis 20% dari berat semen.

Sebagai perbandingan kuat tekan silinder beton, dibuat sampel silinder beton dengan bahan campuran abu batu, dengan ukuran dan jumlah sampel yang sama.

Variasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Sampel (A2), tanpa campuran abu batu (normal),
2. Sampel (B2), dengan campuran abu batu 5% dari berat semen,
3. Sampel (C2), dengan campuran abu batu 10% dari berat semen,
4. Sampel (D2), dengan campuran abu batu 15% dari berat semen,
5. Sampel (E2), dengan campuran abu batu 20% dari berat semen.

Perawatan terhadap benda uji silinder dilaksanakan dengan cara merendam dalam bak air. Perawatan terhadap sample tersebut dilakukan selama 28 hari. Dengan cara tersebut diharapkan hidrasi semen berlangsung dengan baik.

4.5 Pengujian kuat desak silinder beton

Langkah-langkah yang ditempuh dalam pengujian kuat desak beton adalah:

1. Setelah silinder beton direndam dalam air selama 28 hari, tinggi dan diameternya diukur, setelah itu ditimbang beratnya, kemudian diletakkan pada alas pembebanan mesin uji kuat desak beton.
2. Mesin uji dihidupkan, pembebanan diberikan dari 0 KN hingga benda uji hancur dan besarnya beban maksimal dicatat sesuai pembacaan.
3. Kuat desak beton dapat diketahui dengan cara membagi beban maksimum yang dicapai dengan luasan permukaan bagian yang didesak, secara

$$\text{matematis dapat ditulis } f_c = \frac{P}{A} \quad (4.1)$$

dengan,

f_c = Kuat desak beton (Mpa),

P = Beban maksimum (KN),

A = Luas penampang benda uji.

4.6 Analisa Regresi Polinomial Pangkat Dua

Gambar grafik didapat dari metode regresi polinomial pangkat dua.

Persamaan polinomial order r mempunyai bentuk:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots + a_r x^r \quad (4.2)$$

jumlah kuadrat dari kesalahan adalah :

$$D^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_2x^2 - \dots - a_r x^r)^2 \quad (4.3)$$

Persamaan 4.2 didiferensialkan terhadap tiap koefisien dari polinomial

$$\frac{\partial D^2}{\partial a_0} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_2x^2 - \dots - a_r x^r)$$

$$\frac{\partial D^2}{\partial a_1} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_2x^2 - \dots - a_r x^r)$$

$$\frac{\partial D^2}{\partial a_2} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_2x^2 - \dots - a_r x^r)$$

$$\frac{\partial D^2}{\partial a_r} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_2x^2 - \dots - a_r x^r) \quad (4.4)$$

Persamaan 4.4 dapat ditulis dalam bentuk matrik seperti berikut :

$$\begin{pmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 & \dots & \sum x_i^r \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \dots & \sum x_i^{r+1} \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \dots & \sum x_i^{r+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum x_i^r & \sum x_i^{r+1} & \sum x_i^{r+2} & \dots & \sum x_i^{r+r} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \\ \sum x_i^2 y_i \\ \vdots \\ \sum x_i^r y_i \end{pmatrix} \quad (4.5)$$

Keterangan

a_r = koefisien konstanta

n = jumlah data

r = pangkat polinomial

Penyelesaian dari persamaan 4.4 akan menghasilkan $a_0, a_1, a_2, \dots, a_r$. Hasil ini dimasukkan kedalam persamaan 4.1 akan menghasilkan persamaan kurva.

Untuk membandingkan hasil regresi dengan hasil pengujian dilaboratorium, digunakan koefisien korelasi (R). Kurva regresi polinomial bisa dikatakan sempurna apabila nilainya adalah satu. Namun dalam kenyataannya jarang sekali nilai koefisien korelasinya yang sama dengan satu. Oleh karena itu nilai koefisien korelasi dianggap sudah cukup bagus apabila nilainya mendekati satu.

Koefisien korelasi dapat ditung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R = \sqrt{\frac{s_t - s_r}{s_t}}$$

Dengan R = koefisien korelasi

S_t = jumlah total kuadrat dari sisa-sisa residu

$$= \sum_{i=1}^n (y_i - y)^2$$

S_r = jumlah kuadrat dari kesalahan

$$\text{linier} = S_r = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x)^2$$

$$\text{polinomial} = S_r = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x - a_2 x^2)^2$$

Rumus yang digunakan untuk hasil pengujian laboratorium disini adalah rumus regresi polynomial pangkat 2. Persamaan kurva yang didapat akan menghasilkan rumus sebagai berikut ini

$$Y = ax^2 + bx + c$$

Dengan Y = nilai kuat tekan beton

Y adalah variable terikat yang bergantung pada nilai x

X = angka penambahan limbah katalis dalam persen

X adalah variable bebas yang akan menentukan nilai y

a, b, c = nilai konstanta

Untuk mencari nilai ekstrim bisa didapat dengan menggunakan rumus :

$$(x, y) = \left(-\frac{b}{2a}, \frac{D}{4a} \right)$$

dengan $D = b^2 - 4ac$