

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Bahan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji berupa beton silinder dengan ukuran diameter = 15 cm dan tinggi = 20 cm untuk uji kuat desak beton. Variasi penggunaan limbah katalis sebagai bahan tambah adalah 0%, 1,5%, 3%, 4,5%, 6%, demikian juga untuk penambahan dengan abu batu, dengan jumlah benda uji setiap variasi 5 buah, pengujian dilakukan pada umur 28 hari.

4.2 Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang akan dipakai sebaiknya dipersiapkan terlebih dahulu agar jalanya penelitian tidak terganggu.

4.2.1 Bahan Penelitian

Bahan penyusun beton yang akan dipakai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen yang digunakan adalah semen Portland type I merk Nusantara,
2. Agregat Kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu krikil,

3. Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir,
4. Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PAM laboratorium Bahan Konstruksi Teknik FTSP UII,
5. limbah padat yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah yang berasal dari PT Pertamina UP VI Balongan.

4.2.2 Peralatan

Alat alat yang digunakan dalam penelitian ini :

1. mesin uji desak untuk uji desak beton,
2. cetok untuk memasukkan acian beton,
3. timbangan untuk menimbang bahan adukan beton,
4. mesin pengaduk semen untuk mencampur bahan penyusun beton,
5. ayakan untuk menyaring agregat kasar,
6. ember untuk menampung agregat kasar dan air,
7. kerucut Abrams untuk pengujian nilai slump,
8. kolam perendam untuk merendam benda uji dalam air.

4.3 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 .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 = $1,58 \text{ gr/cm}^3$.

4.4 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 | : $1,49 \text{ t/m}^3$ |
| e. Berat jenis pasir (SSD) | : $2,538 \text{ t/m}^3$ |
| f. Berat volume split | : $1,58 \text{ t/m}^3$ |
| g. Berat jenis split | : $2,634 \text{ t/m}^3$ |
| h. Berat jenis semen | : $3,15 \text{ t/m}^3$ |

2. Langkah-langkah perhitungan campuran beton.

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

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

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

Dari Tabel 3.3, 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 3.5, dari nilai $f'_{cr} = 29,643 \text{ MPa}$ didapat nilai fas beton usia 28 hari adalah 0,51 (interpolasi).

Dari table 3.6, 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 3.7, 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 3.8, untuk nilai slump 7,5 – 10 cm dan agregat maksimum 20 mm didapat kebutuhan air 203 liter/ m^3 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 3.9, diperoleh volume *split* per m³ pada bj 2,634 adalah 0,66

$$\text{Maka volume } split \text{ pada bj } 2,612 = \frac{2,634}{2,68} \times 0,66 \text{ m}^3 = 0,648$$

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

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

$$Pc : \text{pasir} : \text{split} : \text{air} = 395 : 667,24 : 1023,8 : 203$$

$$= 1 : 1,69 : 2,59 : 0,51$$

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

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)

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

$$1,5\% = 1,5\% \times 2,512 = 0,0377 \text{ kg}$$

$$3\% = 3\% \times 2,512 = 0,0754 \text{ kg}$$

$$4,5\% = 4,5\% \times 2,512 = 0,1130 \text{ kg}$$

$$6\% = 6\% \times 2,512 = 0,1507 \text{ kg}$$

4.5 Pembuatan Sampel

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 (BN), tanpa campuran limbah katalis (normal),
2. Sampel (BK1,5), dengan campuran limbah katalis 1,5% dari berat semen,
3. Sampel (BK3), dengan campuran limbah katalis 3% dari berat semen,
4. Sampel (BK4,5), dengan campuran limbah katalis 4,5% dari berat semen,
5. Sampel (BK6), dengan campuran limbah katalis 6% 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 (BN), tanpa campuran abu batu (normal),

2. Sampel (BA1,5), dengan campuran abu batu 1,5% dari berat semen,
3. Sampel (BA3), dengan campuran abu batu 3% dari berat semen,
4. Sampel (BA4,5), dengan campuran abu batu 4,5% dari berat semen,
5. Sampel (BA6), dengan campuran abu batu 6% dari berat semen.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. mempersiapkan bahan dan alat-alat yang digunakan untuk pembuatan benda uji,
2. menimbang bahan yang dibutuhkan,
3. mencampur bahan-bahan yang sudah ditimbang kedalam molen, kemudian diaduk sampai merata dengan permukaan mengkilap,
4. diukur nilai slump dari adukan tersebut,
5. setelah slump yang didapat sesuai dengan rencana, kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan silinder. Pengisian adukan dilakukan tiga tahap, masing-masing $\frac{1}{3}$ dari tinggi cetakan. Setiap tahap ditusuk-tusuk dengan tongkat baja sebanyak 25 kali sebagai pemadatan adukan,
6. cetakan diletakkan ditempat yang rata dan bebas dari getaran dan gangguan lain.

4.6 Perawatan Benda Uji

Perawatan beton bertujuan untuk menjaga kelembaban, sehingga proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna. Pada penelitian ini perawatan dilakukan dengan cara:

1. tiga hari pertama beton disirami atau diperciki dengan air secara periodik sebanyak 3 kali sehari,
2. empat sampai 28 hari, perawatan dilakukan dengan cara merendam beton didalam air.

4.7 Analisa Hasil

Analisa hasil pengujian terdiri dari dari analisa kuat desak beton dan analisa regresi polinomial pangkat dua.

4.7.1 Pengujian Kuat Desak Benda Uji

Pengujian ini dilakuakan untuk mengetahui kuat desak optimal beton. Tahap pengujiannya adalah :

1. Benda uji diambil dari bak perendam satu hari sebelum dilakukan pengujian,
2. kotoran yang menempel dibersihkan terlebih dahulu,
3. menimbang benda uji,
4. mengukur dimensi benda uji,
5. benda uji diletakkan diatas alat kuat uji desak,
6. mesin dihidupkan dengan beban bertingkat dengan kecepatan beban tertentu,
7. pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan dicatat beban maksimum yang terjadi.

Kuat desak beton dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum dengan luas permukaan benda uji, seperti rumus berikut ini :

$$\sigma'c = \frac{P}{A}$$

dengan :

$\sigma'c$ = tegangan kuat desak

P = beban maksimum yang diterima benda uji (kg)

A = luas permukaan benda uji yang menerima beban langsung (cm²)

4.7.2 Analisa Regresi Polinomial Pangkat Dua

Gambar grafik didapat dari metode regresi polinomial pangkat dua.

Persamaan polinomial order r mempunyai bentuk:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots + a_rx^r \quad (4.1)$$

jumlah kuadrat dari kesalahan adalah :

$$D^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_2x^2 - \dots - a_rx^r)^2 \quad (4.2)$$

Persamaan 4.2 dideferensialkan terhadap tiap koefisien dari polinomial

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

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

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

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

Persamaan 4.3 dapat ditulis dalam bentuk matrik seperti berikut

Persamaan 4.3 dapat ditulis dalam bentuk matrik seperti berikut

$$\begin{pmatrix}
 n & \sum x_i & \sum x_i^2 & \dots & \sum x_i^r \\
 \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \dots & \sum x_i^{r+1} \\
 \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 & \dots & \sum x_i^{r+2} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 \sum x_i^r & \sum x_i^{r+1} & \sum x_i^{r+2} & \dots & \sum x_i^{r+r}
 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix}
 a_0 \\
 a_1 \\
 a_2 \\
 \vdots \\
 a_r
 \end{pmatrix}
 =
 \begin{pmatrix}
 \sum y_i \\
 \sum x_i y_i \\
 \sum x_i^2 y_i \\
 \vdots \\
 \sum x_i^r y_i
 \end{pmatrix}
 \quad (4.4)$$

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 = koefisiem korelasi

S_t = jumlah total kuadrat dari sisa-sisa residu

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

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 $D = b^2 - 4ac$

