BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Pendahuluan

Pada bab ini membahas tentang urutan (prosedur penelitian dan proses pelaksanaan) penelitian. Data-data ini diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia dan beberapa data-data lain yang diperoleh dari hasil laporan analisa unsur slag peleburan I/II tambang nikel Pomalaa serta dari buku-buku literatur yang mendukung penulisan tugas akhir ini.

4.2 Obyek Penelitian

Obyek penelitian meliputi jumlah prosentase limbah nikel sebagai pengganti agregat kasar, sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, 100% dari berat agregat kasar dalam suatu adukan beton.

4.3 Subyek Penelitian

Subyek penelitian meliputi :

1. Mutu beton (kuat desak dan kuat tarik) pada setiap prosentase limbah nikel (*slag*) pada umur 28 hari.

2. Mutu beton (kuat desak dan kuat tarik) normal pada umur 28 hari.
3. Keausan limbah nikel (*slag*)
4. Analisa unsur limbah nikel (*slag*)

4.4 Bahan-bahan atau Material Untuk Campuran Beton

Bahan-bahan yang digunakan sebagai berikut :

1. Semen

Digunakan semen portland dari PT. Semen Gresik kemasan 40 kg.

2. Agregat kasar

Digunakan batu pecah *(split)* yang lolos saringan 20 mm yang berasal dari celereng.

Pemeriksaan : Berat volume dan berat jenis

3. Agregat halus

Digunakan pasir yang lolos saringan 4,8 mm berasal dari kali krasak.

4. Air bersih

Berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII.

5. Limbah nikel *(slag)*

Diperoreh dari propinsi Sulawesi Tenggara, kabupaten Kolaka, kecamatan Pomalaa.

4.5 Tahapan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah nikel (*slag*) sebagai bahan pengganti agregat kasar terhadap mutu beton. Dalam

pelaksanaannya digunakan benda uji silinder besi berukuran tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dengan membuat sampel sebanyak 90 buah (kuat desak beton 15 benda uji untuk masing masing variasi dan kuat tarik beton 3 benda uji untuk masing-masing variasi).

Dalam menjawab permasalahan secara ilmiah, maka dalam melaksanakan penelitian di laboratorium ada beberapa tahapan yang harus dilakukan, yaitu :

1. Tahap persiapan, dalam tahap ini seluruh bahan (material) dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian dipersiapkan terlebih dahulu.
2. Tahap uji bahan, seluruh bahan (material) yang akan digunakan sebagai material penyusun beton diuji untuk mengetahui sifat-sifat karakteristiknya.
5. Tahap pembuatan benda uji, meliputi :
   a. Persiapan rencana campuran,
   b. Persiapan cetakan,
   c. Pembuatan adukan beton,
   d. Pemeriksaan nilai slump,
   e. Pencoran.
6. Tahap perawatan, perawatan terhadap sampel beton ialah dengan merendam beton kedalam bak air.
7. Tahap uji kuat tekan dan kuat tarik beton, dilakukan setelah beton berumur 28 hari.
8. Tahap analisis data dan pembahasan, dalam tahap ini dilaksanakan pengolahan data berdasarkan hasil pengujian bahan maupun beton.
9. Tahap pengambilan kesimpulan.

4.5.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini seluruh bahan-bahan dan alat-alat yang akan digunakan untuk penelitian dipersiapkan terlebih dahulu.

Bahan-bahan yang akan digunakan untuk penelitian adalah air dari Laboratorium BKT FTSP jurusan Teknik Sipil UII, semen Portland merk Gresik, pasir dari kali krasak, batu pecah dari celereng, limbah nikel (*slag*) dari Pomalaa.

Peralatan pengujian yang dipakai dalam penelitian ini, yaitu :

a. Timbangan

Timbangan merk *Fa gain* dengan kapasitas 150 kg dan merk *O house* kapasitas 20 kg dan 5 kg, digunakan untuk menimbang bahan susun campuran adukan beton ketika melakukan uji berat jenis, berat volume agregat, dan modulus halus butir agregat.

b. Mistar dan kaliper

mistar digunakan untuk mengukur dimensi cetakan, sedangkan kaliper untuk mengukur benda uji (sampel).

c. Ayakan

Digunakan untuk mengetahui gradasi pasir dan *split*, ukuran yang dipakai untuk memisahkan fraksi-fraksi dalam pasir adalah 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; 0,15 mm, sedangkan untuk *split* adalah 20 mm.

d. Mesin pengaduk beton (*mixer*)

Mesin pengaduk beton, digunakan untuk mengaduk bahan-bahan atau material campuran beton (semen, pasir, *split*, *slag*, dan air) sehingga akan diperoleh suatu campuran beton yang homogen.

e. Kerucut Abrahms

Alat ini digunakan untuk mengukur nilai *slump* atau tingkat kelecakan adukan beton, kerucut Abrahms memiliki tinggi 30 cm, dengan diameter atas 10 cm, dan diameter bawah 20 cm, dilengkapi dengan alat penumbuk besi dengan panjang 60 cm dan diameter 16 mm.

4.5.2 Tahap Uji Bahan Dasar

Dalam tahap ini semua bahan dasar penyusun beton harus diperiksa, seperti mhb, berat volume, dan berat jenis dari masing-masing bahan tersebut.

- Pengujian Agregat Halus (pasir)

a. Pemeriksaan Modulus Halus Butir

Pemeriksaan mhb menggunakan pasir kering tungku yang dimasukkan dalam ayakan, kemudian ayakan dipasang pada alat penggetar selama ± 5 menit, setelah selesai berat pasir yang tertahan pada masing-masing ayakan ditimbang. (lampiran 9).

b. Pemeriksaan Berat Volume Pasir

Pemeriksaan berat volume pasir dilakukan dengan cara, tabung silinder (∅ 15 x t 30 cm) ditimbang beratnya, kemudian pasir dimasukkan kedalam silinder yang pada setiap 1/3 bagian silinder ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, kemudian ditimbang beratnya. (lampiran 10).

Adapun rumusnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat volume pasir} = \frac{(\text{Berat silinder} + \text{pasir}) - \text{Berat silinder}}{\text{Volume silinder}} \qquad (4.1)$$

c. Pemeriksaan Berat Jenis Pasir

Pasir yang lolos saringan no. 4 (4,75 mm) dan telah dalam keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*), ditimbang beratnya ± 400 gram, kemudian dengan menggunakan gelas ukur kapasitas 1000 ml ukur volume air, dan dicari berat jenis pasir dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis (BJ)} = \frac{\text{Berat pasir}}{(\text{Volume air} + \text{Berat pasir}) - \text{Volume air}} \qquad (4.2)$$

(lampiran 11).

- Pengujian Agregat Kasar (batu pecah)

a. Pemeriksaan Berat Volume batu pecah

Pemeriksaan berat volume batu pecah dilakukan dengan cara, tabung silinder (∅ 15 x t 30 cm) ditimbang beratnya, kemudian batu pecah dimasukkan kedalam silinder yang pada setiap 1/3 bagian silinder ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, kemudian ditimbang beratnya. (lampiran 12).

Adapun rumusnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat volume kerikil} = \frac{(\text{Berat silinder} + \text{batu pecah}) - \text{Berat silinder}}{\text{Volume silinder}} \qquad (4.3)$$

b. Pemeriksaan Berat Jenis Batu Pecah

Digunakan batu pecah yang lolos saringan 20 mm dan telah dalam keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*), ditimbang beratnya ± 400 gram, kemudian dengan menggunakan gelas ukur kapasitas 1000 ml ukur volume air, dan dicari berat jenis *split* dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis (BJ)} = \frac{\text{Berat batu pecah}}{(\text{Volume air} + \text{Berat batu pecah}) - \text{Volume air}} \qquad (4.4)$$

(lampiran 13).

- Pengujian Agregat Kasar (*Slag*)

a. Pemeriksaan Berat Volume *slag*

Pemeriksaan berat volume *slag* dilakukan dengan cara, tabung silinder (∅ 15 x t 30 cm) ditimbang beratnya, kemudian *slag* dimasukkan kedalam silinder yang pada setiap 1/3 bagian silinder ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, kemudian ditimbang beratnya. (lampiran 14).

Adapun rumusnya adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat volume } slag = \frac{(\text{Berat silinder} + \text{slag}) - \text{Berat silinder}}{\text{Volume silinder}} \qquad (4.5)$$

b. Pemeriksaan Berat Jenis *Slag*

Digunakan *slag* yang lolos saringan 20 mm dan telah dalam keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*), ditimbang beratnya ± 400 gram, kemudian dengan menggunakan gelas ukur kapasitas 1000 ml ukur volume air, dan dicari berat jenis *slag* dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis (BJ)} = \frac{\text{Berat slag}}{(\text{Volume air} + \text{Berat slag}) - \text{Volume air}} \qquad (4.6)$$

(lampiran 15).

4.5.3 Tahap Pembuatan Benda Uji

1. Perhitungan Rencana Campuran Beton

Perencanaan perhitungan campuran beton dalam penelitian ini menggunakan metode ACI, dengan data perencanaan sebagai berikut :

1. Kuat desak rencana : 30 Mpa
2. Diameter maksimum agregat kasar : 20 mm
3. modulus halus butir (MHB) pasir : 2,835
4. Berat volume pasir : 1,707 t/m^3
5. Berat jenis pasir (*SSD*) : 2,69 t/m^3
6. Berat volume agregat kasar : 1,528 t/m^3
7. Berat jenis batu pecah (*SSD*) : 2,540 t/m^3
8. Berat volume *slag* : 1,415 t/m^3
9. Berat jenis *slag* (*SSD*) : 2,71 t/m^3
10. Berat jenis semen : 3,15 t/m^3

Langkah-langkah perhitungan campuran beton, sebagai berikut :

1. menghitung kuat desak rata-rata (f'cr)

   f'c = 30 Mpa

   f'cr = f'c + 1,64 sd

   dari tabel (3.1 ; hal. 14) mutu pekerjaan baik dengan volume pekerjaan kecil < 1000 m^3 diambil sd = 60 kg/cm^2 = 5,88 Mpa.

   f'cr = 30 + (1,64 x 5,88)

   = 39,643 Mpa

2. Menetapkan faktor air semen

   Berdasarkan tabel (3.3; hal.15) dari nilai f'cr = 39,643 Mpa didapat nilai fas dengan kuat silinder beton umur 28 hari = 0,38 (iterpolasi) dan dari tabel (3.4; hal.15) fas maksimum berdasarkan pengaruh tempat elemen untuk beton terlindung dari hujan dan terik mata hari langsung = 0,6.

   Dari kedua nilai fas tersebut diambil nilai fas terkecil, maka nilai fas adalah 0,39.

3. Menentukan nilai slump

   Berdasarkan tabel (3.5; hal.16) untuk jenis struktur pelat, balok, kolom dan dinding didapat nilai slump = 7,5 – 15,0 cm. Dipakai nilai slump 7,5 – 10 cm.

4. Menetapkan kebutuhan air

   Berdasarkan tabel (3.6; hal.16) untuk nilai slump 7,5 – 10 cm dan agregat maksimum 20 mm didapat kebutuhan air 203 l/m^3 dan udara terperangkap 2% atau jumlah volume padat udara terperangkap 0,02 m^3.

5. Menghitung kebutuhan semen

   $$\text{Berat semen} = \frac{\text{berat air}}{\text{Fas}} = \frac{203}{0,39} = 520,513 \text{ kg}$$

6. Menentukan agregat kasar per satuan volume

   MHB pasir = 2,835 dan ukuran maksimum *split* = 20 mm.

   Dari tabel (3.7; hal.17) diperoleh volume per meter kubik agregat kasar = 0,603 m^3/m.

   Berat agregat kasar = 0,603 x 1,528 = 0,921384 t = 921,384 kg

   $$\text{Volume batu pecah} = \frac{0,921384}{2,540} = 0,363 \text{ m}^3$$

7. Menghitung volume agregat halus per satuan volume

Volume semen	= 520,513/(3,15 x 1000)	= 0,165 m^3
Volume air	= 203/1000	= 0,203 m^3
Volume agregat kasar	= 0,921384/2,540	= 0,363 m^3
Volume udara terperangkap	= 2%	= 0,02 m^3 +
		0,751 m^3

Volume agregat halus = 1- 0,751 = 0,249 m^3

Berat agregat halus = 0,249 x 2,69 x 1000 = 669,81 kg

Jadi perbandingan adukan beton per 1 m^3

Pc : Ps : *split* : air = 520,513 : 669,81 : 921,384 : 203

= 1 : 1,29 : 1,77 : 0,39

volume 1 buah silinder = 0,0053 m^3

kehilangan proses campuran diasumsikan sebesar 20%, jadi kebutuhan campuran beton untuk 1 silinder adalah :

Semen : 520,513 x (0,0053 + 0,00106) = 3,311 kg

Pasir : 669,81 x (0,0053 + 0,00106) = 4,260 kg

split : 921,384 x (0,0053 + 0,00106) = 5,860 kg

Air : 203 x (0,0053 + 0,00106) = 1,291 kg

Jumlah total adukan beton tiap 1 silinder :

3,311 + 4,260 + 5,860 + 1,291 = 14,722 kg

- Kebutuhan limbah nikel (*slag*) tiap 1 silinder, dengan 5 variasi :

0% x 5,860 = 0 kg

25% x 5,860 = 1,465 kg

50% x 5,860 = 2,930 kg

75% x 5,860 = 4,395 kg

100% x 5,860 = 5,860 kg

- Kebutuhan batu pecah (*split*) tiap 1 silinder :

5,860 kg – 0 kg = 5,860 kg (variasi 0% limbah nikel)

5,860 kg – 1,465 kg = 4,395 kg (variasi 25% limbah nikel)

5,860 kg – 2,930 kg = 2,930 kg (variasi 50% limbah nikel)

5,860 kg – 4,395 kg = 1,465 kg (variasi 75% limbah nikel)

5,860 kg – 5,860 kg = 0 kg (variasi 100% limbah nikel)

2. Persiapan Cetakan

Persiapan cetakan yang baik sangat penting, agar benda uji yang dihasilkan bersisi halus, rusuk tajam dan simetris. Dalam penelitian ini menggunakan cetakan silinder yang terbuat dari besi, dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. sebelum digunakan cetakan terlebih dahulu harus dibersihkan dari sisa adukan beton yang mengeras, kemudian bagian dalam dari cetakan diolesi dengan minyak pelumas agar adukan beton tidak melekat pada cetakan dan mudah dilepas setelah adukan beton mengeras.

3. Pembuatan Adukan Beton

Langkah-langkah pembuatan campuran adukan beton yang sesuai dengan SK SNI M-62-1990-03 (DPU) yaitu tentang cara pembuatan adukan beton, adalah sebagai berikut :

Tahap I

a. Menyiapkan bahan-bahan campuran beton.

b. Menimbang berat masing-masing bahan sesuai dengan rencana.

c. Menyiapkan pengaduk (*mixer*), cetakan silinder dan alat uji slump.

Tahap II

a. Masukkan pasir dan semen terlebih dahulu tanpa air, sehingga didapat campuran yang rata.

b. Tambahkan kerikil dan diaduk tanpa air terlebih dahulu sampai distribusi agregat kasar rata dan sempurna.

c. Tuangkan air yang dibutuhkan sedikit demi sedikit dan diaduk sampai didapat adukan beton yang homogen dan kekentalan sesuai dengan adukan yang direncanakan.

4. Pengujian Kekentalan Adukan (*Slump Test*)

Slump test merupakan cara untuk mendapatkan nilai kekentalan dari beton segar. Pengujian kekentalan adukan ini menggunakan kerucut Abrahms, yaitu cetakan berbentuk kerucut dengan diameter bawah 20 cm dan diameter atas 10 cm, dan tinggi 30 cm. digunakan tongkat penumbuk berdiameter 16 mm dan panjang 60 cm.

Pengujian nilai *slump* ini dilaksanakan berdasarkan standar cara pengujian *slump* SK SNI M-02-1989-F (DPU, 1991 a) dengan langkah-langkah sebagai berikut :

a. Kerucut Abrahms dibersihkan dan dibasahi sebelum dipakai.

b. Kerucut diletakkan diatas permukaan datar (plat baja) dengan posisi rata.

c. Beton segar dituang ke dalam kerucut setinggi kira-kira 1/3 dari tinggi kerucut lalu ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, kemudian dituang lagi kira-kira 2/3 dari tinggi kerucut dan ditusuk-tusuk lagi sebanyak 25 kali, setelah itu dituang lagi sampai penuh lalu ditusuk-tusuk lagi sebanyak 25 kali. Kemudian permukaan beton diratakan bila kurang ditambah lagi. Beton dalam kerucut didiamkan selama ± 30 detik.

d. Setelah 30 detik kerucut diangkat secara tegak lurus dan penurunan adukan beton diukur dengan mistar. Besarnya penurunan adukan beton merupakan hasil dari nilai *slump* yang didapatkan.

5. Pencoran Adukan Beton

Langkah-langkah pencoran adukan beton yang sesuai dengan SK SNI M-62-1990-03 (DPU, 1991) adalah sebagai berikut :

a. Penempatan cetakan

Tempatkan cetakan dekat dengan penyimpanan awal, dimana benda uji akan disimpan selama 24 jam. Cetakan ditempatkan pada tempat yang permukaannya rata, keras, bebas dari getaran dan gangguan lain. Permukaan benda uji harus dihindari dari benturan, jungkitan dan goresan pada saat pemindahan ke tempat penyimpanan/perawatan.

b. Pencetakan

Masukkan adukan beton kedalam cetakan dengan menggunakan cetok. Setiap pengambilan adukan dari bak pengaduk harus dapat mewakili dari campuran

tersebut, jika diperlukan campuran beton dapat diaduk kembali agar tidak terjadi segresi (pemisahan butiran) selama pencetakan benda uji. Adukan beton dimasukkan kedalam cetakan dalam 3 lapis, dan tiap lapis dipadatkan dengan tongkat baja 25 kali tusukan secara merata. Setelah cetakan terisi penuh, permukaan diratakan dan bagian sisinya (kelebihan) dibuang.

4.5.4 Tahap Perawatan Benda Uji

Beton memerlukan perawatan untuk menjamin terjadinya proses hidrasi semen berlangsung dengan sempurna dengan menjaga kelembaban permukaan beton. Untuk mempertahankan beton supaya berada dalam keadaan basah selama beberapa hari, maka dilakukan perendaman beton di dalam bak yang berisi air bersih. Lama perendaman dalam penelitian ini adalah sampai beton berumur 28 hari.

4.5.5 Tahap Uji Kuat Desak dan Kuat Tarik

1. Peralatan yang digunakan :
   a. Mesin desak merk *control*
   b. Timbangan
   c. Kaliper (jangka sorong)
2. Langkah-langkah pengujian :
   a. benda uji sesuai dengan umur yang telah direncanakan.
   b. Benda uji ditimbang dan diukur dimensinya dengan kaliper untuk mengetahui data dari benda uji beton silinder.

c. Letakkan benda uji pada mesin desak dengan sisi atas dan sisi bawah harus rata dan kedudukan simetris pada piston tekannya.

d. Mesin desak dijalankan secara elektrik dengan penambahan beban yang konstan.

e. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan dicatat besar beban maksimum.

f. Setelah benda uji hancur, kekuatan desak dikurangi dan penutup tekanan dibuka sehingga piston tekan naik.

Pada pengujian ini yang dicatat adalah gaya desak (P) pada saat beban maksimum, maka untuk mendapatkan besarnya tegangan maksimum dari benda uji harus dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$f'c = \frac{P}{A} \qquad (4.5)$$

keterangan :

P= gaya tekan maksimum (N)

A= luas bidang tekan benda uji (mm^2)

f'c= kuat desak dari masing-masing benda uji (Mpa)

Sebelum pengujian, benda uji yang akan diuji harus diukur terlebih dahulu diameter, tinggi dan beratnya. Data-data tersebut diperlukan untuk menghitung berat volume benda uji beton tersebut.

- Berat volume dihitung dengan rumus :

$$\text{Berat volume} = \frac{Berat}{Volume} \qquad (4.6)$$

4.5.6. Analisis Data

Dari data hasil pengujian kuat desak beton terhadap benda uji dengan umur yang telah ditentukan maka didapatkan kuat desak dari masing-masing benda uji seperti rumus diatas. Selanjutnya dianalisis terhadap kuat desak karakteristiknya dengan rumus sebagai berikut :

$$f'c = f'cr - k.sd \quad (4.7)$$

$$f'cr = \sum_{i=1}^{n} f'ci / n \quad (4.8)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (f'c - f'cr)2}{n-1}} \quad (4.9)$$

Keterangan :

f'cr = Kuat desak beton rata-rata (Mpa)

f'c = Kuat desak beton (Mpa)

f'ci = Kuat desak masing-masing benda uji (Mpa)

n = Jumlah benda uji

k = Tetapan statistik dengan kegagalan 5% diambil 1,64

Sd = Standard deviasi

Kuat tarik beton yang dihasilkan dari uji belah beton silinder menurut SKSNI T-15-1991-03 pasal 3-8, disebutkan bahwa kuat tarik belah benda uji dihitung dengan ketelitian 0,05 Mpa dengan menggunakan rumus :

$$fct = \frac{2.P}{\pi.l.d} \quad (4.10)$$

Keterangan :

fct = kuat tarik beton (Mpa)

P = beban maksimum (N)

L = Panjang silinder (mm)

D = Diameter silinder (mm)

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA