

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tinjauan Umum

Dalam penelitian ini yang digunakan adalah variabel bebas dan terikat. Variabel bebas meliputi prosentase *Silica fume* dalam campuran beton (5%) dan *Slag* dalam penggantian agregat kasar 100%, sedangkan variabel terikat meliputi semen, pasir, kerikil, dan air. Sampel tiap variasi adalah 3 benda uji silinder ($\varnothing = 100$ mm, $t = 200$ mm) untuk pengujian tekan, 3 benda uji silinder ($\varnothing = 100$ mm, $t = 200$ mm) untuk pengujian belah, 3 benda uji balok ($P = 50$ cm, $S = 10 \times 10$ cm) untuk pengujian lentur, dengan mutu beton rencana $f'c$ 45 Mpa dan diuji pada umur beton 28 hari.

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

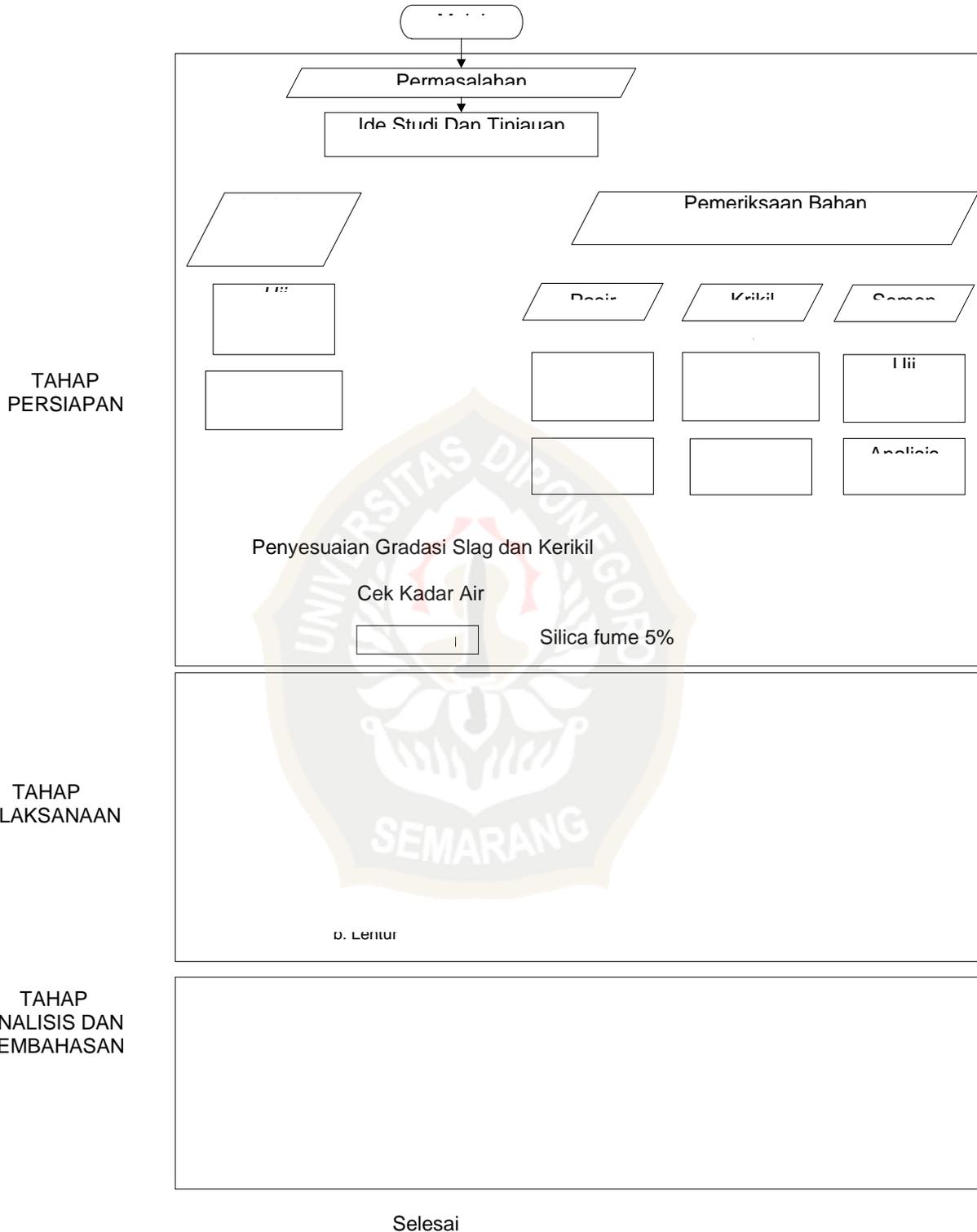
Bahan yang menjadi objek penelitian ini adalah *Slag* PT. Inti General Yaja Steel, Semarang dan *Silica fume* (*Sika*). Bahan lain yang digunakan adalah semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air.

3.2.2 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang.

3.2.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei s/d Juni 2009. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang.



3.3.1 Tahap Persiapan

Dilakukan pemeriksaan terhadap *Slag* dan *Silica fume* meliputi pemeriksaan fisik serta pemeriksaan bahan-bahan campuran yang terdiri atas:

➤ Penyediaan Bahan Tambahan (*Silica fume*).

Untuk penelitian ini digunakan *Silica fume* dengan ukuran 0,1 μm , *Silica fume* tersebut diharapkan dapat digunakan sebagai pengisi rongga-rongga udara yang tidak dapat diisi oleh semen.

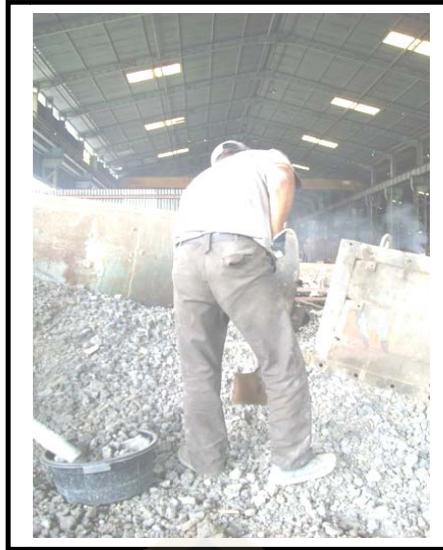
Silica fume yang digunakan untuk pembuatan benda uji diambil 5% dari berat semen dan tanpa dilakukan pengujian di laboratorium kimia untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam material *silica fume* tersebut.



Gambar. 3.2. Penyediaan *Silica fume*

➤ Penyediaan Limbah Padat (*Slag*)

Slag yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah *Slag* dengan ukuran $\pm 1/2$ sedangkan keadaan asli dari limbah hasil peleburan baja menghasilkan *Slag* yang relatif besar. Oleh karena itu pengambilan dilakukan secara acak di lokasi dan kemudian dilakukan pemecahan seperlunya di laboratorium agar diperoleh ukuran yang sesuai.



Gambar. 3.3 Pengambilan *Slag*

➤ **Penyediaan Pasir**

Pada penelitian ini digunakan pasir muntilan. Pasir dilakukan analisa kadar air terlebih dahulu sebelum mix desain, karena kadar air selalu berubah setiap hari. Hal ini akan mempengaruhi pelaksanaan pada kebutuhan air saat mix desain.

➤ **Analisis campuran kerikil dan *Slag***

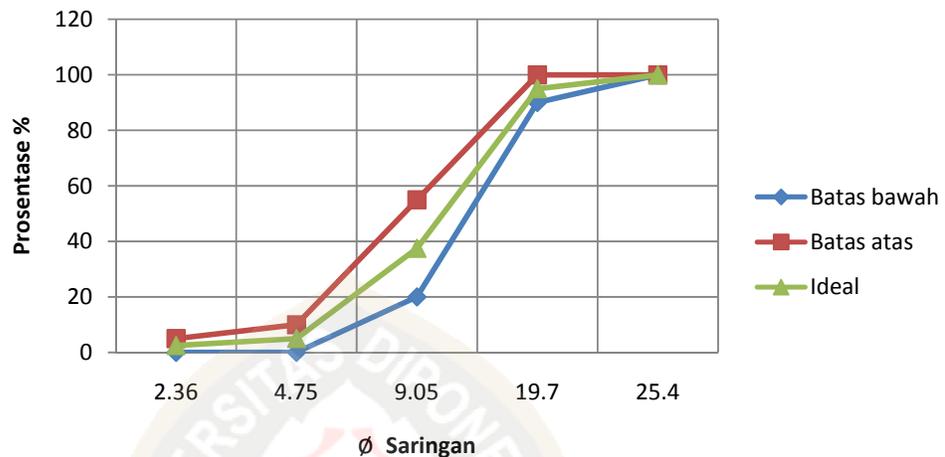
Dilakukan sesuai PBI 1971 yaitu analisis saringan, kadar air asli dan SSD, kadar lumpur, berat isi asli dan SSD, berat jenis asli dan SSD, dan *impact test*.

Material *Slag* berfungsi sebagai pengganti kerikil (100%), campuran kerikil dan *Slag* tersebut diperlakukan sebagai agregat kasar.

Untuk memperoleh hasil substitusi yang teliti maka gradasi kerikil dan gradasi *Slag* harus sama. Oleh karena itu dilakukan penyesuaian gradasi kerikil dan *Slag* sebagai berikut:

1. Penentuan grafik pembagian butir agregat kasar ukuran 1/2, grafik buatan yang telah ditentukan harus terdapat diantara batas atas dan batas bawah.

GRADASI IDEAL SPLIT & SLAG



Grafik 3.4. Grafik gradasi ideal

Tabel 3.1. Gradasi Agregat Kasar

Diameter Saringan (mm)	Persen Lolos (%)	Gradasi Ideal Split (%)	Gradasi Ideal Slag (%)
25,00	100	100	100
19,00	90 - 100	95	95
12,50	-	-	-
9,50	20 - 55	37,5	37,5
4,75	0 - 10	5	5
2,36	0 - 5	2,5	2,5

Sumber : ASTM C 33- 03

2. Dari grafik tersebut didapatkan berat agregat yang tertahan di setiap saringan (\emptyset 19,1mm, 9,5mm, 4,76mm, 2,36mm, 1,18mm, 0,6mm, 0,25mm, 0,15mm, 0,074mm).
3. Dilakukan penyaringan di laboratorium untuk mendapatkan ukuran yang sesuai. Untuk setiap ukuran dikelompokkan secara terpisah.

4. Banyaknya material yang diperlukan diperkirakan berdasarkan kebutuhan agregat kasar yang telah dilakukan untuk setiap kali pembuatan beton.



Gambar 3.5. Pengelompokan Gradasi Agregat Kasar

Pada tahap ini juga dilakukan *Mix Design* dengan metode DOE setelah semua data yang diperlukan pada pemeriksaan bahan campuran diperoleh.

- *Perencanaan Campuran (mix design) Berdasarkan DOE (Departement of Environment)*

Perencanaan Campuran beton (*mix design*) menggunakan pedoman *DOE (Department of Environment)*. berasal dari Inggris (*The British Mix Design Methode*), tercantum dalam *Design of Normal Concrete Mixes* telah menggantikan *Road Note No. 4* sejak tahun 1975. Di Indonesia cara ini dikenal dengan DOE. Perencanaan dengan cara DOE dipakai sebagai standar perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum di Indonesia dan dimuat dalam buku standar SK SNI T – 15 – 1990 .pemakaian metode DOE dikarenakan metode ini, yang paling sederhana dengan menghasilkan hasil yang akurat.diantaranya penggunaan rumus dan grafik yang simple dan kondisi agregat, waktu pencampuran beton pada kondisi yang SSD tanpa harus keadaan kering open.

Secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Menetapkan kuat tekan rata – rata yang ditargetkan.

- 2) Pemilihan faktor air semen.
- 3) Menetapkan slump.
- 4) Menentukan besar beton agregat maksimum.
- 5) Menentukan kadar air bebas.
- 6) Menentukan berat jenis relatif.
- 7) Menghitung proporsi campuran beton
- 8) Koreksi proporsi campuran

Perhitungan perencanaan beton dengan metode DOE adalah sebagai berikut:

Tabel. 3.2 Perencanaan Campuran (mix desain)

No	URAIAN	TABEL/ GRAFIK HITUNG	NILAI
1	Kuat Tekan yang disyaratkan	Ditetapkan	542.2 kg/cm ² pada 28 hari (kubus) bagian tak memenuhi syarat 5 %
2	Deviasi standart	Diketahui	46 kg/cm ² atau tanpa data
3	Nilai tambah (margin)		$1.645 \times 46 = 75.67$ kg/cm ²
4	Target Kuat Tekan rata - rata	1 + 3	$542.2 + 75.67 = 617.839$ kg/cm ²
5	Jenis Semen Portland	Ditetapkan	Gresik OPC (Ordinary Portland Cement)
6	Jenis Aggregate: Kasar Jenis Aggregate: Halus	Ditetapkan ditetapkan	Ex pudak payung Muntilan
7	Faktor Air Semen (FAS) bebas	Tabel 3.2, Grafik 3.1	0.38 diambil nilai terendah
8	Faktor Air semen Maksimum	Ditetapkan	0.4
9	Slump	Ditetapkan	60 – 180 mm
10	Ukuran Agregat Maksimum	Ditetapkan	20.00 mm
11	Kadar Air bebas	Tabel 3.3	$(2/3 \times 195) + (1/3 \times 225) = 205.00$ kg
12	Kadar Semen	11/8	$205/0.40 = 512.50$ kg

13	Kadar semen minimum	Ditetapkan	= 512.5 kg
14	FAS yang disesuaikan		$512.5 / 0.40 = 205.00$ kg
15	Susunan butir aggregate		Daerah gradasi susunan butir II
16	Berat jenis Relatif Aggregate		$(0.43 \times 2.48) + (0.57 \times 2.72) = 2.62$ kg/m ³
17	Berat beton segar	Grafik 3.2	= 2,375.00 kg/m ³
18	Kadar Aggregate Gabungan	18-13-14	$2,375 - 512.5 - 205.0 = 1,657.5$ kg
19	Kadar Aggregate halus		$(43 / 100) \times 1,657.5 = 712.725$ kg
20	Kadar Aggregate kasar		$(57 / 100) \times 1,657.5 = 944.775$ kg
Banyaknya bahan (Teoritis)		Banyaknya bahan (Terkoreksi)	
Semen	= 512.50 kg	Semen	= 512.50 kg
Air	= 205.00 kg	Air	= 205.97 kg
Aggregate halus	= 712.725 kg	Aggregate halus	= 721.21 kg
Aggregate kasar	= 944.78 kg	Aggregate kasar	= 935.33 kg

3.3.2 Tahap Pelaksanaan

a. Pembuatan Beton dan Uji Workabilitas

Pembuatan beton direncanakan dilakukan selama 4 hari untuk 4 variasi (hari ke-1 : beton normal split, hari ke-2 : beton split + *silica fume*, hari ke-3 : beton slag, hari ke-4 : beton slag + *silica fume*), hal ini dilakukan karena keterbatasan alat cetak. Agar penelitian berjalan baik maka pembuatan adukan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Memastikan mesin pemutar molen dalam kondisi baik dan terisi cukup bahan bakar.
2. Pembuatan adukan beton dilakukan sesuai perhitungan *Mix Design*. Proporsi diperhatikan seteliti mungkin dan dipisahkan antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air.
3. Menyiapkan alat-alat sesuai kebutuhan.

4. Saat penuangan bahan ke dalam molen dibiasakan dengan urutan pasir, semen, campuran agregat kasar secara bergantian kemudian dapat dituang air sesuai perhitungan *Mix Design*.
5. Sebelum *Mix Design* dilakukan pengecekan analisa kadar air agregat halus dan agregat kasar terlebih dahulu.
6. Untuk cetakan benda uji perlu diperiksa kekencangan baut-bautnya dan diolesi dengan pelumas terlebih dahulu.

Langkah-langkah pembuatan adukan beton:

➤ Persiapan Peralatan

Peralatan harus dalam keadaan bersih dan diatur sesuai rencana posisinya. Peralatan yang dibutuhkan antara lain:

Ember penakar, timbangan, *stopwatch*, mixer dan mesinnya, cetok dan sekop, penggaris atau meteran, besi penumbuk, kerucut Abrams, vibrator, palu karet, cetakan silinder beton (10x20), cetakan balok (10x10x50), gerobak pengangkut, loyang pengaduk, papan tripleks.

➤ Pembuatan adukan beton

- a. Menakar seluruh campuran sesuai *Mix Design*;
- b. Memasukkan bahan-bahan ke dalam mixer dengan urutan sebagai berikut:
 - Memasukkan semen, agregat halus, agregat kasar secara bergantian
 - Memutar mixer hingga adukan terlihat homogen
 - Memasukkan air sedikit demi sedikit ke dalam molen
- c. Memutar mixer selama ± 10 menit. Agar campuran merata, molen dibolak-balik namun isinya jangan sampai tumpah;
- d. Menuangkan campuran di loyang untuk pengujian nilai *slump*
- e. Menuangkan sisa campuran ke loyang untuk dicetak



Gambar. 3.6. Pembuatan Adukan Beton

- Pengujian workabilitas
 - a Campuran beton segera dimasukkan ke dalam kerucut Abrams secara bertahap, sebanyak 3 lapisan dengan ketinggian yang sama. Setiap lapis dipadatkan dengan cara ditusuk dengan menjatuhkan secara bebas tongkat baja, dilakukan 25 kali untuk 3 lapis
 - b Meratakan adukan pada bidang atas kerucut dan didiamkan selama 30 detik
 - c Mengangkat kerucut secara perlahan vertikal ke atas
 - d Kerucut diletakkan di sebelah adukan dalam posisi terbalik, kemudian diukur jarak antara bagian atas adukan dengan bagian atas kerucut. Pengukuran dilakukan tiga kali dan diambil rata-ratanya.



Gambar. 3.7. Pengujian *Slump Slag*



Gambar. 3.8. Pengujian *Slump Slag + Silica fume*

➤ Pembuatan benda uji

Cara pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

- a Menyiapkan cetakan silinder yang telah diolesi oli
- b Memasukkan campuran beton ke dalam masing-masing cetakan dalam tiga lapis. Masing-masing lapis di tumbuk dengan penumbuk baja.
- c Meratakan bagian samping dengan pisau penumbuk agar rata dan padat
- d Setelah penuh, meratakan dan memadatkan bagian atas dengan cetok
- e Kemudian digetarkan menggunakan vibrator selama 30 detik
- f Selanjutnya di pukul-pukul dengan palu karet sebanyak 10 kali tiap sisinya



Gambar. 3.9. Pembuatan Benda Uji

b. Perawatan Beton

Perawatan dilakukan dengan cara perendaman. Hal ini bertujuan agar proses hidrasi semen berlangsung sempurna, sehingga retak-retak pada permukaan dapat dihindari serta mutu beton yang diinginkan tercapai.

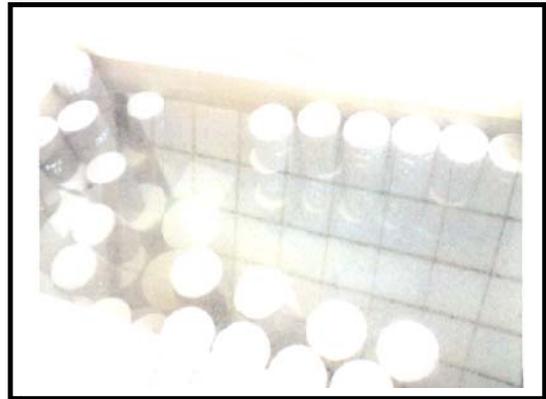
Cara perendaman adalah sebagai berikut:

- a. Setelah 24 jam beton dikeluarkan dari cetakan
- b. Pada permukaan atas tiap sampel diberi identitas kemudian direndam

c. Perendaman dilakukan sampai umur beton 28 hari



Gambar. 3.10. Penamaan Benda uji



Gambar. 3.11. Perendaman Benda Uji

c. Pengujian Beton

Pengujian dilakukan setelah umur beton 28 hari. Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

➤ Uji Kuat Tekan Beton (ASTM C39M-01)

Pengujian kuat tekan beton mengacu ke standar ASTM C39M-01 dikarenakan pengujian pada skala laboratorium (masih berupa benda uji) dan penggunaan peralatan yang sederhana. Langkah – langkah pengujiannya :

- a Silinder beton diangkat dari rendaman, dianginkan, dan dilap hingga kering permukaan.
- b Menimbang silinder beton.
- c Silinder beton diuji dengan mesin uji tekan.
- d Mencatat hasil kuat tekan untuk tiap sampel.
- e Menghitung nilai kuat tekan.



Gambar. 3.12. Pengujian Kuat Tekan

- Uji Kuat Tarik Beton
 - Uji Belah (ASTM C496M-04)
 - a Silinder beton diangkat dari rendaman, dianginkan, dan dilap hingga kering permukaan.
 - b Menimbang silinder beton.
 - c Silinder beton diuji dengan mesin uji belah.
 - d Mencatat hasil kuat belah untuk tiap sampel.
 - e Menghitung nilai kuat belah.



Gambar. 3.13. Pengujian Kuat Belah

- Uji Lentur (ASTM C78-02)
 - a. Balok beton diangkat dari rendaman, dianginkan, dan dilap hingga kering permukaan.
 - b. Balok beton diuji dengan mesin uji lentur.
 - c. Mencatat hasil kuat lentur untuk tiap sampel.
 - d. Menghitung nilai kuat tarik lentur.



Gambar. 3.14. Pengujian Kuat Lentur

3.3.3 Tahap Analisis dan Pembahasan

a Analisis Data dan Pembahasan

Data yang diperoleh dari hasil pengujian dianalisis, selanjutnya dilakukan pembahasan terhadap hasil analisis

b Penarikan Kesimpulan dan Saran

Dari keseluruhan penelitian ditarik kesimpulan serta saran