

## **BAB III METODOLOGI PERCOBAAN**

### **3.1. URAIAN UMUM**

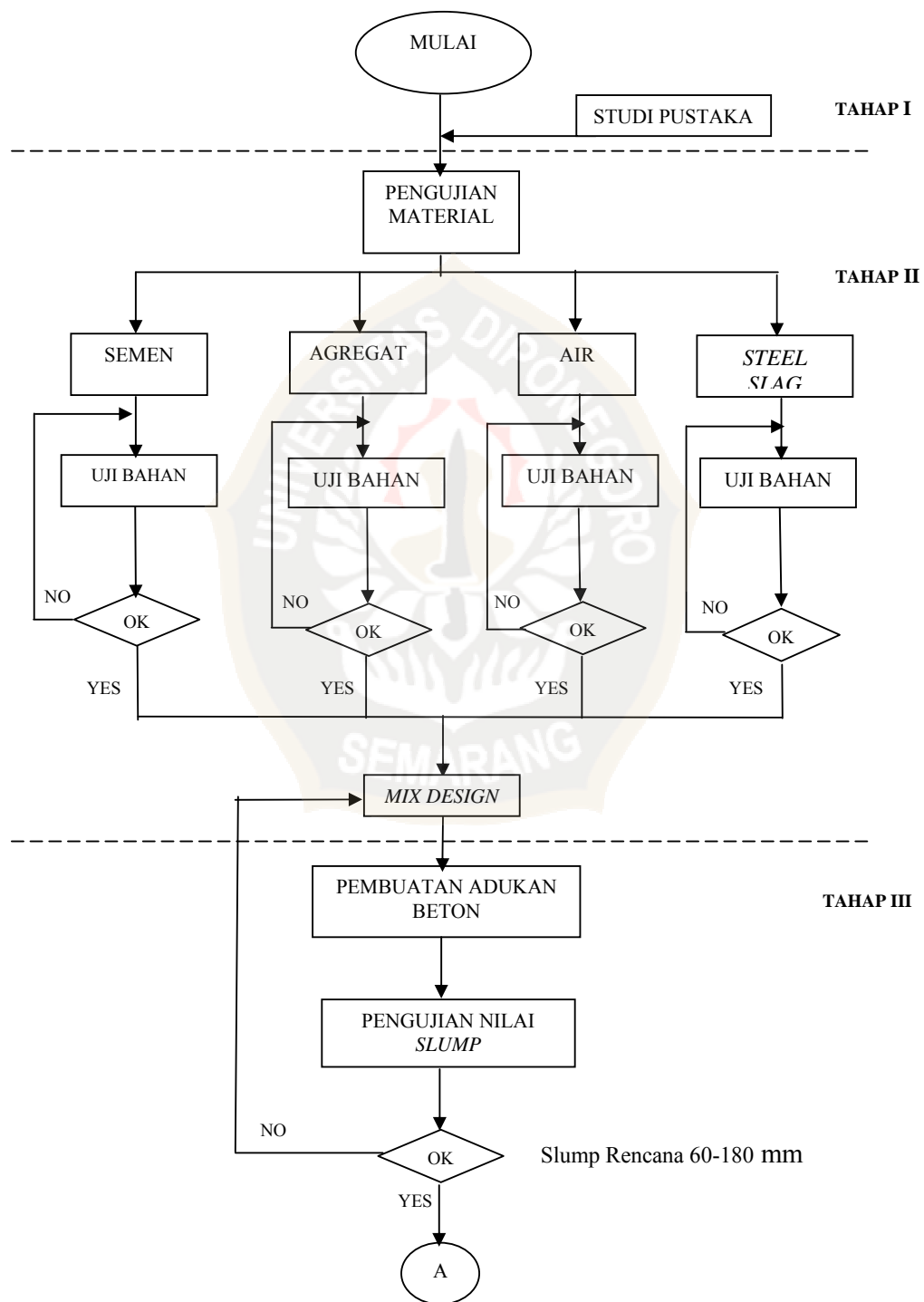
Dalam percobaan ini variabel yang digunakan adalah variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam Percobaan ini yaitu variasi persentase *steel slag* terhadap berat agregat total, dengan variasi 0% ; 20% dan 40%. Sementara variabel terikat dalam Percobaan ini yaitu berat jenis, kuat tekan dan kuat tarik pada beton, serta workabilitas. Sampel tiap variasi dalam Percobaan ini adalah 18 benda uji silinder (15 untuk uji tekan ; 3 untuk uji tarik) dengan mutu  $f'c$  35 MPa .Untuk kuat tekan diuji pada umur beton 3, 7, 14, 21 dan 28 hari. Sedangkan untuk kuat tarik dan pemeriksaan berat jenis diuji pada usia beton 28 hari.

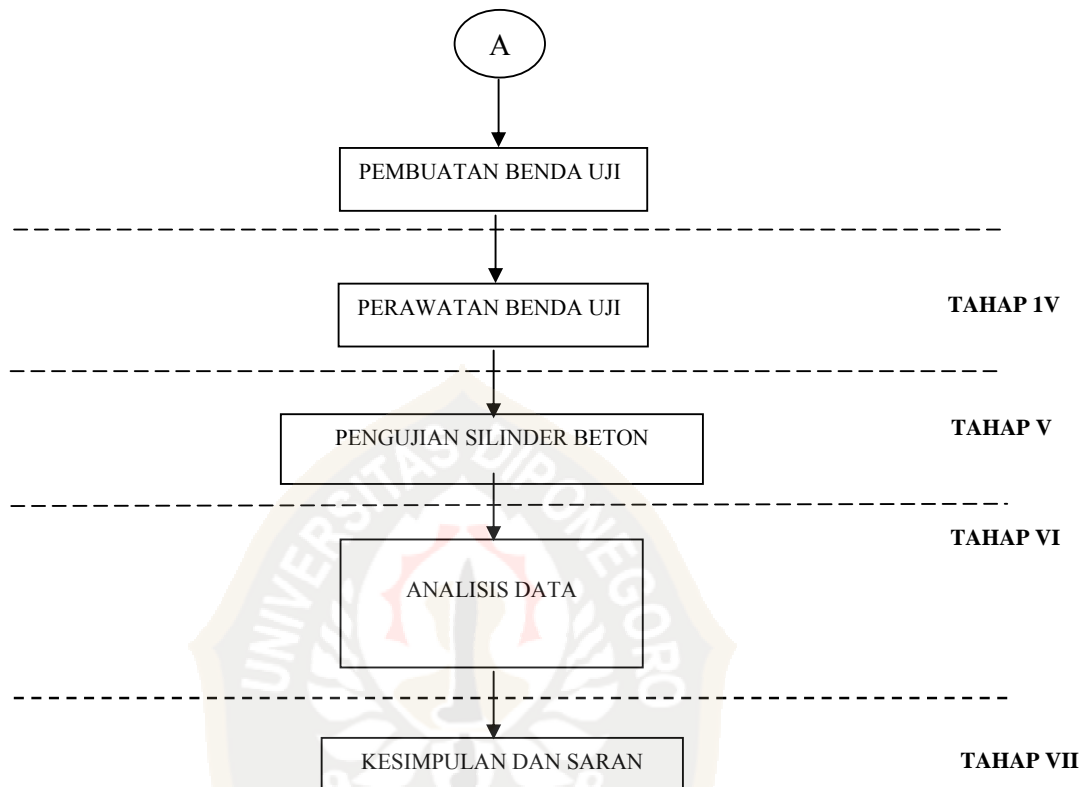
### **3.2. DIAGRAM ALIR PERCOBAAN**

Percobaan ini dilakukan dalam beberapa tahapan pekerjaan. Tahapan pekerjaan tersebut meliputi :

1. Tahap I, persiapan dan studi pustaka
2. Tahap II, pengujian bahan dan mix desain
3. Tahap III, pembuatan benda uji
4. Tahap IV, curing
5. Tahap V, pengujian beton
6. Tahap VI, analisis data
7. Tahap VII, penarikan kesimpulan

Untuk lebih jelasnya mengenai tahapan percobaan dapat dilihat pada gambar 3.1





**Gambar 3.1.** Diagram alir tahapan Percobaan

### 3.2.1. Tahapan Percobaan

#### 3.2.1.1. Tahap I ( Tahap Persiapan)

Tahap ini disebut sebagai tahap persiapan. Pada tahap ini seluruh bahan dan peralatan yang digunakan dipersiapkan terlebih dahulu agar percobaan dapat berjalan dengan lancar, termasuk studi literatur yang dijadikan acuan dan dasar dalam melakukan percobaan..

#### 3.2.1.2. Tahap II (Tahap Pengujian Bahan)

Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan terhadap bahan-bahan campuran beton yang akan digunakan, yaitu agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil dan *Steel slag*) serta semen. Dengan demikian dapat diketahui apakah bahan-bahan tersebut memenuhi syarat mutu yang ditetapkan.

1. Analisis Agregat Halus (Pasir)  
Analisis yang dilakukan pada pasir sesuai PBI 1971 yaitu analisa saringan, kadar air asli, kadar air *Saturated Surface Dry* (SSD), kadar lumpur, berat isi asli dan SSD, berat jenis asli dan SSD.
2. Agregat campuran *Steel Slag* dan kerikil  
Analisis yang dilakukan sesuai PBI 1971 yaitu analisa saringan, kadar air asli, kadar air *Saturated Surface Dry* (SSD), kadar lumpur, berat isi asli dan SSD, berat jenis asli dan SSD, *Impact test*, analisa keausan.
3. Analisis Semen Portland  
Analisis yang dilakukan terhadap semen portland sesuai ASTM yaitu analisis berat jenis semen, konsistensi normal, dan pengikatan awal.

Pada tahap ini juga dilakukan kegiatan perencanaan campuran (mix desain). Metode Pencampuran yang dipakai adalah metode DoE (Departement of Environment). Metode DoE merupakan dasar dan penunjang PBI 1971 (*Lihat Lampiran*).

### **3.2.1.3. Tahap III (Tahap Pelaksanaan Pembuatan Beton)**

Tahap ini disebut sebagai tahap pembuatan benda uji. Pembuatan beton dilakukan untuk 3 variasi selama 3 hari, dengan 1 hari 1 variasi, hal ini dilakukan karena keterbatasan alat cetak. Agar percobaan berjalan dengan baik, maka pembuatan adukan harus memperhatikan hal – hal sebagai berikut :

1. Memastikan apakah mesin untuk memutar molen dalam kondisi yang cukup baik dan sudah terisi cukup bahan bakar.
2. Pembuatan adukan beton dilakukan berdasarkan perhitungan *mix design* yang telah dilakukan. Proporsi takaran campuran beton agar seteliti mungkin dan dipisahkan antara air, agregat kasar, agregat halus dan semen.
3. Menyiapkan alat sesuai kebutuhan.
4. Pada saat penuangan bahan ke dalam molen dilakukan dengan urutan pasir, semen, campuran agregat kasar secara bergantian kemudian dapat dituang air sesuai dengan perhitungan *mix design*.
5. Untuk cetakan benda uji silinder, perlu diperhatikan kekencangan baut-bautnya dan harus diolesi dengan pelumas terlebih dahulu.

Langkah – langkah pembuatan adukan beton :

1. Persiapan

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam tahapan persiapan ini, yaitu :

1. Semua peralatan untuk pengadukan dan pengangkutan beton harus bersih
2. Silinder yang akan diisi dengan beton harus dalam keadaan bebas dari kotoran-kotoran yang mengganggu (lihat gambar 3.2.).
3. Untuk memudahkan pembukaan silinder, permukaan dalam silinder dilapisi dengan lapisan minyak (lihat gambar 3.3.)



(a)



(b)

**Gambar 3.2.** (a) Persiapan material (b) Persiapan alat



**Gambar 3.3.** Silinder harus bersih dan diberi minyak

Peralatan yang dibutuhkan untuk pembuatan adukan beton antara lain :

- a. Ember penakar
  - b. Timbangan
  - c. *Stopwatch*
  - d. Kabel rol
  - e. Molen dan mesinnya
  - f. Cetok 8 buah , sekop 1 buah
  - g. Penggaris atau meteran
  - h. Besi penumbuk
  - i. Kerucut *Abrams*
  - j. 18 buah cetakan silinder beton
  - k. 1 buah gerobak pengangkut
  - l. Loyang pengaduk 3 buah
  - m. Papan triplek berukuran 40 cm x 40 cm
2. Pembuatan adukan beton
- Langkah-langkah pembuatan adukan beton yaitu:
- a. Menakar seluruh campuran yang dibutuhkan, baik semen, pasir, kerikil dan air sesuai dengan *mix design*.
  - b. Memasukkan bahan – bahan tersebut kedalam molen (lihat gambar 3.4.) dengan urutan sebagai berikut:
    - Memasukkan semen, pasir, agregat kasar secara bergantian.
    - Memutar molen hingga adukan terlihat homogen.
    - Memasukkan air sedikit demi sedikit ke dalam molen.
  - c. Memutar molen selama 10 menit agar campuran merata. Untuk memastikan sudah merata, molen dibolak – balik dengan kemiringan tertentu, namun jangan sampai menumpahkan isi molen.
  - d. Menuangkan campuran diatas loyang untuk pengujian nilai *slump*.
  - e. Menuangkan sisa campuran ke dalam loyang untuk diceta (lihat gambar 3.5.)



**Gambar 3.4.** Pencampuran material beton



**Gambar 3.5.** Penuangan adukan ke dalam loyang

### 3. Pengujian *Workability*

Pemeriksaan *workability* dalam Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan kerucut Abrams. Langkah-langkah pengujian (*Standar: metode pengujian slump beton, SKSNI M-12-1989-F*) adalah sebagai berikut :

1. Campuran beton tersebut sesegera mungkin dimasukkan kedalam kerucut secara bertahap, sebanyak 3 lapisan dengan ketinggian yang sama. Setiap lapis dipadatkan dengan cara ditusuk dengan menjatuhkan secara bebas tongkat baja berdiameter 16 mm, panjang 60 cm. Dilakukan sebanyak 25 kali untuk tiap lapis (lihat gambar 3.6.(a)).
2. Meratakan adukan pada bidang atas kerucut *Abrams* dan didiamkan selama 30 detik.

3. Mengangkat kerucut *Abrams* secara perlahan dengan arah vertikal keatas, diusahakan jangan sampai terjadi singgungan terhadap campuran beton (lihat gambar 3.6.(b)).
4. Pengukuran *slump* dilakukan dengan memposisikan kerucut *Abrams* di sebelah adukan. Kemudian dilakukan pengukuran ketinggian penurunan dihitung terhadap bagian atas kerucut *Abrams*. Dilakukan tiga kali pengukuran dengan mistar pengukur atau meteran, kemudian hasilnya dirata-rata (lihat gambar 3.6.(c)).
5. Nilai rata – rata menunjukkan nilai *slump* dari campuran beton.



**Gambar 3.6.** (a), (b), (c) Pengukuran *slump* dengan Kerucut *Abrams*

#### 4. Pembuatan Benda Uji Silinder

Untuk setiap adukan beton dibuat 18 buah benda uji. Adapun cara pembuatan benda uji silinder adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan cetakan silinder yang telah diolesi dengan oli
- b. Memasukkan campuran beton tadi kedalam cetakan silinder dalam 3 lapis (lihat gambar 3.7.(a)). Masing-masing lapis ditumbuk sebanyak 25 kali dengan alat penumbuk (lihat gambar 3.7.(b)).
- c. Meratakan bagian samping dengan cetok agar rata dan padat.
- d. Setelah penuh, meratakan dan memadatkan bagian atas cetakan dengan cetok.





(a)



(b)

**Gambar 3.7.** (a) Pemasukan adukan beton ke dalam cetakan  
(b) Pemasukan adukan dalam cetakan

#### 3.2.1.4 Tahap IV (Perawatan Beton / Curing)

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara perendaman. Perawatan beton ini bertujuan untuk :

- a. Menjamin proses hidrasi semen dapat berlangsung dengan sempurna, sehingga retak-retak pada permukaan beton dapat dihindari.
- b. Mutu beton yang diinginkan dapat tercapai.
- c. Menghindarkan beton dari kehilangan air semen yang banyak pada saat-saat setting time concrete.
- d. Menghindarkan perbedaan suhu beton dengan lingkungan yang terlalu besar.

Adapun cara perendamannya adalah sebagai berikut :

- a. Setelah 24 jam maka cetakan beton silinder dibuka.
- b. Kemudian silinder beton dimasukkan ke dalam bak perendaman.
- c. Perendaman dilakukan sampai umur beton tertentu (3, 7, 14, 21 dan 28 hari) (lihat gambar 3.8).



**Gambar 3.8.** Perendaman benda uji

### 3.2.1.5 Tahap V (Pengujian dan Pengamatan Sampel Beton)

#### 1. Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Menimbang berat sampel beton untuk uji berat jenis ( $w_1$ ).
- Memasukkan sampel beton kedalam air raksa sampai permukaan air raksa terlihat rata.
- Menimbang air raksa yang tumpah akibat sampel beton yang dimasukkan ( $w_2$ ).
- Menghitung berat jenis benda uji dengan rumus :

$$\gamma = \frac{w_1}{\frac{w_2}{13.6}} \quad (3 - 1)$$

Keterangan :

- $\gamma$  : berat jenis  
 $w_1$  : berat sampel beton (gram)  
 $w_2$  : berat air raksa (gram)  
 13.6 : berat jenis air raksa



(a)



(b)

**Gambar 3.9.** (a), (b) Pengujian Berat Jenis

## 2. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton yang dilakukan pada umur beton 3, 7, 14, dan 28 hari, langkah-langkah pengujiannya (*Standar: metode pengujian kuat tekan beton, SKSNI M-14-1989-F*) adalah :

- a. Silinder beton diangkat dari rendaman 1 hari sebelum pengujian, kemudian dianginkan atau dilap hingga kering permukaan.
- b. Setelah dikeringkan selama 1 hari, kemudian sampel beton ditimbang dan dicatat beratnya, kemudian diamati apakah terdapat cacat pada beton sebagai bahan laporan (lihat gambar 3.11.).
- c. Melakukan capping pada bagian permukaan atas dari silinder yang akan diuji kuat tekan agar permukaannya rata, sehingga hasil kuat tekan lebih akurat (lihat gambar 3.10.).
- d. Pengujian kuat tekan dengan menggunakan mesin uji tekan beton (lihat gambar 3.12.).
- e. Meletakkan sampel beton ke dalam alat penguji, lalu menghidupkan mesin dan secara perlahan alat menekan sampel beton hingga tercapai kuat tekan maksimumnya (dibaca dari jarum indikator *compression apparatus*).
- f. Mencatat hasil kuat tekan beton untuk tiap sampelnya.

g. Menghitung kuat tekan benda uji dengan rumus :

$$P = F / A$$

( 3 – 2 )

Keterangan :

P : Kuat tekan (MPa)

F : Gaya tekan (N)

A : Luas (mm<sup>2</sup>)



**Gambar 3.10.** Caping Benda Uji Silinder



**Gambar 3.11.** Penimbangan Benda Uji Silinder



(a)



(b)

**Gambar 3.12.** Pengujian Kuat Tekan Beton

### 3. Pengujian Kuat Tarik Beton

Pengujian kuat tarik beton yang dilakukan pada umur beton 28 hari, langkah-langkah pengujiannya adalah :

- Silinder beton diangkat dari rendaman, kemudian dianginkan atau dilap hingga kering permukaan
- Menimbang dan mencatat berat sampel beton, kemudian diamati apakah terdapat cacat pada beton sebagai bahan laporan
- Pengujian kuat tarik dengan menggunakan mesin uji tarik belah beton.
- Meletakkan sampel beton ke dalam alat penguji, lalu menghidupkan mesin dan secara perlahan alat menekan sampel beton hingga sampel beton terbelah (lihat gambar 3.13.).
- Mencatat hasil kuat tarik beton untuk tiap sampelnya.
- Menghitung kuat tarik benda uji dengan rumus :

$$f_t = \frac{2Pu}{\mu Ld} \quad (3 - 3)$$

Keterangan :

$f_t$  : kuat tarik (MPa)

$L$  : tinggi benda uji (mm)     $d$  : diameter benda uji (mm)

Pu : gaya (N)

$\mu$  : phi



Gambar 3.13. Uji Belah Silinder Beton

#### 4. Pengamatan Pola Retak

Pola retak dari benda uji yang telah diuji kuat tekan maupun uji belah diamati dan diklasifikasikan bentuk pola retaknya.

##### 3.2.1.6. Tahap VI (Analisis data dan pembahasan)

Pada tahap ini hal-hal yang dibahas yaitu :

1. Analisis data material
2. Analisis statistik dan pembahasan

Data yang diperoleh dari hasil perhitungan & pengujian kuat tekan, kuat tarik, berat, berat jenis, dan workabilitas beton selanjutnya diolah menggunakan analisis statistik dengan program SPSS 12 . Setelah semua data tersebut diolah maka dilakukan pembahasan terhadap hasil olah data. Uji statistik dapat dilakukan sebagai berikut :

##### 1. Uji Normalitas

Uji Normalitas menggunakan *One-Sample Kolmogorov-Smirnov*. Metode ini bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang signifikan untuk 1 sampel dari suatu populasi atau uji keselarasan data yang berskala minimal ordinal dan untuk mengetahui apakah data tersebut terdistribusi normal.

Metode *Kolmogorov-Smirnov* diharapkan dapat menentukan metode pengambilan keputusan selanjutnya.

Hipotesis untuk kasus ini :

- a.  $H_0 = F(x) = F_0(x)$ , dengan  $F(x)$  sebagai fungsi distribusi populasi yang diwakili oleh sampel, dan  $F_0(x)$  adalah fungsi distribusi suatu populasi terdistribusi normal dengan  $\mu$  = rerata masing-masing kadar limbah padat (*Steel Slag*) terhadap kerikil dan  $\sigma$  = standar deviasinya.
- b.  $H_1 = F(x) \neq F_0(x)$ , atau distribusi populasi tidak normal.

Batasan pengambilan keputusan :

Jika probabilitas  $> 0,05$  :  $H_0$  diterima

Jika probabilitas  $< 0,05$  :  $H_0$  ditolak

## 2. Analisis Varian (*Anova*)

Analisis tersebut untuk memisahkan komponen-komponen variasi dalam suatu set hasil Percobaan, yaitu digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan rata-rata berat, kuat tekan, penyerapan air, dan laju perlindean beton yang signifikan dalam perlakuan variasi kadar limbah padat (*Steel Slag*) dalam agregat kasar. Dengan uji ini diharapkan dapat mengetahui seberapa jauh nilai pengamatan di sekitar nilai rerata (Arif Pratisto, 2005).

Dalam analisis variansi digunakan uji F. Statistik F dicari menggunakan *software* SPSS dengan persamaan berikut :

$$F = \frac{MS_p}{MS_e} \quad (3-2)$$

Keterangan :

$MS_p$  = *mean square* antar perlakuan

$MS_e$  = *mean square error* (dalam perlakuan)

Untuk mencari *mean square* diperlukan *sumsquare*. Dalam desain randomisasi lengkap, *sumsquare* total (SSt) *sumsquare* perlakuan (SSp) dan *sumsquare error* (SSe).

Hipotesis untuk kasus ini :

$H_0$  = semua rerata populasi identik

$H_1$  = semua rerata populasi adalah tidak identik

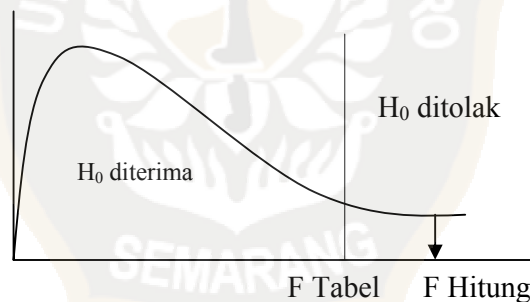
Dasar pengambilan keputusan adalah berdasar perbandingan F hitung dengan F tabel. Dasar pengambilan keputusan sama dengan uji F (ANOVA) :

- Jika statistik hitung (angka F out) > statistik tabel (tabel F),  $H_0$  ditolak
- Jika statistik hitung (angka F out) < statistik tabel (tabel F),  $H_0$  diterima

Sedangkan statistik tabel bisa dihitung pada tabel F

- Tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) adalah 5 %
- Numerator adalah (df1 = jumlah variabel kadar limbah padat (*Steel Slag*)– 1)
- Denominator adalah (df2 = jumlah sampel – jumlah variabel kadar limbah)

Berdasarkan uji di atas dirumuskan kesimpulan, jika hipotesa diterima, berarti ada beda antara rata-rata dari populasi atau sering disebut perbedaan *mean* tidak signifikan. Jika hipotesa ditolak maka tidak terdapat perbedaan antara rata-rata dari populasi, yang digambarkan dalam grafik sebagai berikut :



**Gambar 3.14.** Kriteria Pengujian  
(Sumber : Sugiyono, 2006)

### 3. *Post Hoc Test*

Setelah diketahui bahwa ada perbedaan yang signifikan diantara variasi limbah padat (*Steel Slag*) yang dipakai, masalah yang akan dibahas adalah mana saja kelompok variasi limbah padat (*Steel Slag*) yang berbeda dan mana yang tidak berbeda. Masalah ini akan dibahas pada analisis Bonferroni dan Tukey dalam *post hoc test*.

#### a. *Tukey Test* dan *Bonferroni Test*

Berdasarkan nilai probabilitas :



- Jika probabilitas  $> 0,05$  ;  $H_0$  diterima
- Jika probabilitas  $< 0,05$  ;  $H_0$  ditolak

Keputusan :

Jika nilai probabilitas  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak atau perbedaan rata-rata produktivitas variasi limbah padat (*Steel Slag*) benar-benar nyata. Jika nilai probabilitas  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima atau perbedaan rerata produktivitas variasi limbah padat (*Steel Slag*) tidak nyata

b. Homogeni Subset

Homogeni subset bertujuan untuk mencari grup mana yang mempunyai perbedaan rerata yang tidak berbeda secara signifikan. Hasil uji *Tukey* dan *Bonferroni* dengan homogeni Subset selalu saling melengkapi (Arif Pratisto, 2005).

4. Analisis Regresi

Untuk mengetahui persentase limbah padat (*Steel Slag*) dalam agregat kasar (kerikil) efektif maka digunakan pendekatan secara analisis regresi, dimana persamaan ini menurut Sugiyono (2006) untuk menghitung suatu perkiraan atau persamaan regresi yang akan menjelaskan hubungan antara dua variabel.

5. Koefisien Korelasi ( $r$ )

Koefisien korelasi yaitu nilai yang menyatakan kuat tidaknya hubungan antar variabel (Sugiyono, 2006). Nilai koefisien korelasi ini paling sedikit  $-1$  dan paling besar  $+1$ . jadi jika  $r =$  koefisien korelasi, maka nilai  $r$  dinyatakan sebagai  $-1 \leq r \leq 1$  artinya :

- $r = 1$ , hubungan  $x$  dan  $y$  sempurna dan positif (mendekati  $1$ , yaitu hubungan sangat kuat dan positif)
- $r = -1$ , hubungan  $x$  dan  $y$  sempurna dan negatif (mendekati  $-1$ , yaitu sangat kuat dan negatif)
- $r = 0$ , hubungan  $x$  dan  $y$  lemah sekali dan tidak ada hubungan

6. Koefisien Determinasi ( $R^2$ )

Harga koefisien determinasi ( $R^2$ ) digunakan untuk menentukan besarnya kontribusi variabel bebas ( $x_1; x_2$ ) terhadap naik turunnya nilai variabel tidak bebas ( $y$ ). Harga koefisien determinasi merupakan nilai kuadrat dari koefisien korelasi ( $R^2$ ) (Sugiyono, 2006).

**3.2.1.7 Tahap VII ( Penarikan Kesimpulan & saran)**

Tahap selanjutnya setelah analisis dan pembahasan maka dari keseluruhan Percobaan ditarik kesimpulan serta saran yang dapat diberikan.

