

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Pendahuluan**

Penelitian menggunakan metode eksperimental yaitu metode penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi pada obyek penelitian serta adanya kontrol dengan tujuan untuk menyelidiki ada-tidaknya hubungan sebab-akibat serta seberapa besar hubungan sebab-akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental dan menyediakan kontrol untuk perbandingan. (*M.Nazir 2003 : hal 63-64*)

Bab ini membahas metode penelitian yang digunakan. Hal-hal mengenai metode penelitian yang dibahas meliputi :

1. Perencanaan penelitian
2. Pelaksanaan penelitian

#### **4.2 Perencanaan Penelitian**

Langkah-langkah dalam merencanakan penelitian dijabarkan sebagai berikut :

1. Rumusan permasalahan

Penelitian dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh penggantian agregat halus pada campuran beton menggunakan limbah nikel (*slag*) terhadap kuat desak beton. Dengan latar belakang yang ada kemudian dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut :

- a. Apakah ada pengaruh penggantian agregat halus pada campuran beton menggunakan limbah nikel (*slag*) terhadap kuat desak beton.
- b. Pada persentase berapakah variasi jumlah *Slag* sebagai bahan pengganti agregat halus menghasilkan kuat desak beton maksimum.
- c. Berapakah nilai berat volume beton yang terjadi pada masing-masing kelompok variasi.

## 2. Merumuskan hipotesis

Hipotesis merupakan pernyataan sementara tentang hasil penelitian yang akan dilakukan. Pada penelitian ini hipotesis dirumuskan atas dasar teori proses berlangsungnya hidrasi semen dan hasil penelitian terdahulu tentang penggunaan slag sebagai agregat pada campuran beton. Berdasarkan rumusan masalah pada poin 2 di atas lalu dirumuskan hipotesis sebagai berikut :

- a. Ada pengaruh penggantian agregat halus menggunakan limbah nikel (*slag*) pada campuran beton terhadap kuat desak beton.
- b. Penggantian agregat halus menggunakan *slag* pada campuran beton dengan persentase 100% menghasilkan kuat desak beton maksimum.

## 3. Pelaksanaan penelitian.

Pelaksanaan penelitian dilakukan mengikuti langkah-langkah berurutan yang telah disusun untuk memperoleh keterangan-keterangan yang dibutuhkan dalam rangka menjawab masalah penelitian yang telah dirumuskan sehingga tujuan penelitian dapat dicapai.

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

- 1) Tahap persiapan.
- 2) Tahap pemeriksaan bahan/material penyusun beton.
- 3) Tahap pembuatan benda uji.
- 4) Tahap perawatan benda uji.
- 5) Tahap pengujian kuat desak beton.
- 6) Tahap analisis dan pembahasan hasil penelitian
- 7) Tahap menyimpulkan hasil penelitian

#### 4. Variabel-variabel penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- Variabel bebas ( $X$ ) yaitu variasi jumlah bahan substitusi agregat halus (0%, 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%)
- Variabel terikat ( $Y$ ) yaitu kuat tekan beton rerata ( $f'_{cr}$ ) dari masing-masing kelompok benda uji (MPa).

#### 5. Benda uji (*sampel*)

Benda uji berbentuk silinder beton Ø15cm dan tinggi 30cm. Jumlah benda uji keseluruhan adalah 60 buah yang terbagi kedalam 6 kelompok variasi (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%) dengan jumlah benda uji tiap kelompok variasi adalah 10 buah. Perawatan benda uji dilakukan dengan merendam benda uji dalam air. Uji kuat tekan dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Perencanaan proporsi campuran menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*). Pembuatan, pemeriksaan dan pengujian terhadap bahan/material penyusun serta benda uji dilakukan di laboratorium.

6. Analisis data hasil pengujian kuat desak beton dan pemeriksaan nilai berat volume beton benda uji

a. Penentuan kuat tekan karakteristik beton.

- Kuat tekan karakteristik ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$f_c = f_{cr} - 1,64.Sd$$

$$f_{cr} = \sum_{i=1}^n f_{ci} / n$$

- Standar Deviasi (Sd) dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (f_{ci} - f_{cr})^2}{n - 1}}$$

keterangan :

$f_{cr}$  = Kuat desak beton rata-rata (MPa)

$f_c$  = Kuat desak karakteristik beton (MPa)

$f_{ci}$  = Kuat desak masing-masing benda uji (MPa)

$n$  = Jumlah benda uji

$Sd$  = Standar deviasi

b. Penentuan nilai berat volume beton.

Nilai berat volume beton ( $\text{kg/m}^3$ ) diperoleh melalui hasil pemeriksaan berat beton benda uji dan perhitungan volume benda uji

c. Analisis data hasil pengujian menggunakan metode statistik

Analisis data hasil pengujian menggunakan metode statistik berupa analisis regresi untuk memperoleh kurva hubungan dua variabel penelitian (*variabel X dan Y*). Hasil analisis dan kurva yang terjadi dapat menjelaskan hasil penelitian mengenai kuat desak beton yang diperoleh.

7. Pembahasan hasil analisis

8. Kesimpulan

#### 4.3 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian seperti yang telah disebutkan sebelumnya dilakukan dengan tahap-tahapan sebagai berikut :

1. Tahap persiapan

Pada tahap ini seluruh bahan (*material*) dan peralatan yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu.

2. Tahap pemeriksaan bahan/material penyusun beton

Bahan/material yang akan digunakan sebagai bahan penyusun beton diuji untuk mengetahui sifat-sifatnya. Pemeriksaan yang dilakukan adalah :

- a) Pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus.
- b) Analisa saringan dan Modulus Halus Butir agregat halus.
- c) Pemeriksaan Berat Jenis agregat (*halus dan kasar*).
- d) Pemeriksaan Berat Isi Padat Satuan agregat (*halus dan kasar*).

3. Tahap pembuatan benda uji, meliputi :

- a) Perencanaan campuran.
- b) Persiapan cetakan.
- c) Pembuatan adukan beton.
- d) Pemeriksaan nilai *Slump*.
- e) Penuangan adukan dan pemadatan.

4. Tahap Perawatan benda uji.

Perawatan terhadap benda uji dilakukan dengan merendam benda uji didalam air.

5. Tahap Pengujian Kuat Tekan Beton benda uji.

Pengujian pada benda uji berupa Uji Kuat Tekan dan pemeriksaan nilai Berat Volume Beton dilakukan setelah benda uji berusia 28 hari.

6. Tahap analisis data dan pembahasan.

Pada tahap ini dilakukan analisis data dan pembahasan berdasarkan hasil pengujian.

7. Tahap pengambilan kesimpulan

Kesimpulan harus dapat menjawab tujuan penelitian.

#### 4.3.1 Tahap Persiapan

Bahan-bahan dan alat-alat penelitian yang akan digunakan dalam penelitian dipersiapkan terlebih dahulu. Bahan-bahan dan alat-alat penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

a. Bahan-bahan yang digunakan adalah :

1. Semen, menggunakan semen Portland tipe I dari P.T. Semen Nusantara kemasan 50kg.
2. Agregat kasar menggunakan batu pecah (*split*) yang lolos saringan 20mm dan tertahan di saringan 4,8mm yang berasal dari clereng.
3. Agregat halus, menggunakan pasir yang lolos saringan 4,8mm. Dua macam pasir yang digunakan yaitu :
  - (1). Pasir alam yang berasal dari sungai Krasak dan,

(2). Pasir buatan (*limbah nikel/Slag yang dipecah menjadi butiran-butiran pasir*). Limbah Nikel (*Slag*), berasal dari lokasi pembuangan limbah PT. INCO.Tbk yang berlokasi di Desa Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Propinsi Sulawesi Selatan.

4. Air, berasal dari Laboratorium BKT UII.

b. Alat-alat yang digunakan adalah :

1. Talam Baja

Talam ini digunakan untuk alas campuran bahan-bahan adukan beton dan sebagai wadah untuk mencurahkan adukan beton segar sebelum dicetak.

2. Cetok

Sebagai alat bantu dalam proses pencetakan beton segar.

3. Gelas Ukur

Digunakan dalam pemeriksaan agregat dan takaran kebutuhan air campuran beton segar.

4. Cetakan Silinder

Cetakan Silinder terbuat dari baja dengan dimensi tinggi 30cm dan berdiameter 15cm.

5. Timbangan

Digunakan untuk menimbang material dan untuk menimbang benda uji.

6. Kaliper

Digunakan untuk mengetahui dimensi benda uji.

#### 7. Oven

Sebagai alat pengering agregat..

#### 8. Mixer/Molen

Digunakan untuk mencampur material penyusun adukan beton agar merata.

#### 9. Saringan

Digunakan untuk mengetahui gradasi agregat.

#### 10. Kerucut Abrams

Sebagai alat uji dalam pengujian Slump. Alat ini memiliki tinggi 30cm dan diameter atas dan bawah masing-masing 10cm dan 20cm.

### 4.3.2 Tahap Uji Bahan Susun

Bahan-bahan yang akan dipakai sebagai material penyusun beton harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan dengan mengadakan pengujian dan pemeriksaan terhadapnya. Pada penelitian ini pemeriksaan yang dilakukan adalah:

#### 1. Pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui kadar lumpur yang terkandung dalam agregat yang akan digunakan sebagai material campuran beton. Lumpur yang dimaksud adalah butir-butir agregat yang lolos saringan no.200 (0.075mm). Jumlah kandungan lumpur yang disyaratkan (PUBI-1982) tidak boleh melebihi 5% dari total berat agregat halus.



## 2. Analisa Saringan dan Modulus Halus Butir (MHB)

Pemeriksaan menggunakan analisa saringan bertujuan untuk mengetahui distribusi butiran (*gradasi*) agregat halus dan nilai MHB agregat halus dengan menggunakan satu set saringan. Persyaratan gradasi agregat halus menurut SK.SNI.T-15-1991-03 ditampilkan pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Persyaratan gradasi agregat halus

Lubang (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	Jenis Agregat Halus			
	Kasar	Agak Kasar	Agak Halus	Halus
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

## 3. Pemeriksaan Berat Jenis agregat

Berat Jenis agregat adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama. Pemeriksaan berat jenis agregat ini dilakukan untuk mengetahui nilai berat jenis dari masing-masing agregat (*halus dan kasar*). Nilai ini digunakan untuk menentukan berat agregat pada perencanaan proporsi campuran beton.

#### 4. Pemeriksaan Berat Isi Padat Satuan agregat

Berat Isi Padat Satuan agregat ialah berat agregat dalam satu satuan volume. Pemeriksaan berat isi padat satuan dilakukan untuk mengetahui nilai Berat Isi Padat Satuan agregat. Nilai ini digunakan untuk menentukan berat agregat kasar pada perencanaan proporsi campuran beton.

#### 5. Kandungan Kimia *Slag*

Pemeriksaan kandungan kimia pada slag dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur kimia yang terdapat pada slag. Hasil pemeriksaan unsur kimia pasir *Slag* diperoleh dari Laboratorium Process Technologies PT,INCO,Tbk Sorowako (*data terlampir*).

### 4.3.3 Tahap Pembuatan Benda Uji

#### a. Perencanaan Campuran

Untuk mendapatkan mutu beton yang sesuai dengan perencanaan yang telah disyaratkan, terlebih dahulu dilakukan perencanaan campuran adukan beton sedemikian rupa sehingga diperoleh jumlah komposisi yang tepat antara semen, agregat halus, agregat kasar dan air agar tercapai hal-hal berikut :

1. Kuat desak sesuai rencana pada umur 28 hari,
2. Workabilitas (*sifat mudah dikerjakan*),
3. Keawetan (*durabilitas*),
4. Ekonomis

Metode yang digunakan dalam merencanakan campuran beton pada penelitian ini adalah menggunakan metode ACI (*American Concrete Institute*) yang dijabarkan sebagai berikut.

### Perhitungan Rencana Proporsi Campuran Beton

1. Kuat desak rencana :  $f'_{cr} = 34.5 \text{ MPa}$
2. Diameter butir maksimum : 20 mm
3. MHB pasir : 2,93
4. Berat isi padat Pasir :  $1,672 \text{ gr/cm}^3$
5. BJ (SSD) Pasir : 2,647
6. Berat isi padat Split :  $1,525 \text{ gr/cm}^3$
7. BJ (SSD) split : 2,545
8. Berat isi padat Slag :  $1,862 \text{ gr/cm}^3$
9. BJ (SSD) Slag : 2,857
10. BJ Semen : 3,15

Langkah-langkah perencanaan proporsi campuran beton :

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

Nilai Standar deviasi ditentukan menurut tabel 3.1 hal 21 adalah 6, untuk mutu pekerjaan baik dan volume pekerjaan  $< 1000 \text{ m}^3$

$$f_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f'_{cr} = f_c + (1,64 \cdot S_d)$$

$$f'_{cr} = 25 + (1,64 \cdot 6) = 34,84 \text{ MPa}$$

untuk perencanaan digunakan nilai  $f'_{cr}$  34,5 MPa

2. Menentukan nilai Faktor Air-Semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur yang dikehendaki (tabel 3.2 hal 21) dan keawetannya (berdasarkan jenis struktur dan kondisi lingkungan ; tabel 3.3 hal. 22), yaitu 0,48 dan maksimum 0,6. Digunakan nilai FAS terkecil yaitu 0,48.

3. Menentukan nilai slump dan ukuran butir agregat maksimum berdasarkan jenis strukturnya, (tabel 3.4 dan tabel 3.5 hal. 23), yaitu nilai slump sebesar 25,4mm – 101,6mm dan ukuran butir maksimum 20mm untuk jenis struktur Pelat, balok, kolom dan dinding beton.

4. Menetapkan jumlah air yang diperlukan, berdasarkan ukuran butir maksimum agregat dan nilai slump yang diinginkan (tabel 3.6 hal 24). Berdasarkan tabel 3.6 pada halaman 24 untuk butir maks 20mm dan nilai slump 25,4mm – 101,6mm diperoleh kebutuhan air sebesar 204 lt dan udara terperangkap 2 % atau 0,02 m<sup>3</sup>

5. Menghitung Kebutuhan semen

$$\text{Berat semen} = 204 / 0,48 = 425 \text{ kg}$$

$$\text{Volume semen} = 425 / (3,15 \times 1000) = 0,1349 \text{ m}^3$$

6. Menentukan Agregat Kasar per satuan volume

$$\text{MHB pasir} = 2,93$$

$$\text{Ukuran maksimum split} = 20 \text{ mm}$$

Dari tabel 3.7 (hal 25) diperoleh volume per m<sup>3</sup> agregat kasar sejumlah

0,607m<sup>3</sup> (interpolasi)

$$\text{Berat split} = 0,607 \times 1,525 = 0,926 \text{ T/m}^3 = 926 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume padat split} = 0,926 / 2,545 = 0,3638 \text{ m}^3$$



## 7. Menghitung volume agregat halus

$$\begin{aligned} \text{Volume tanpa pasir} &= \text{vol air} + \text{vol semen} + \text{vol split} + \text{vol udara terperangkap} \\ &= 0,204 + 0,1349 + 0,3638 + 0,02 = 0,7227 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume padat pasir} = 1 - 0,7227 = 0,2773 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pasir} &= \text{vol padat pasir} \times \text{berat jenis pasir} \\ &= 0,2773 \times 2,647 \times 1000 = 734,01 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{berat Slag} = 0,2773 \times 2,857 \times 1000 = 792,25 \text{ kg}$$

## Proporsi campuran

1) Semen	=	425 kg
2) Batu Pecah	=	926 kg
3) Pasir	=	734 kg
4) Slag	=	792,3 kg
5) Air	=	204 liter

Perbandingan adukan beton per 1 m<sup>3</sup>

$$\text{Pc} : \text{Ps} : \text{Split} : \text{Air} = 425 : 734 : 926 : 204$$

$$\text{volume 1 bh silinder} = 0,005301 \text{ m}^3$$

kehilangan proses campuran diasumsikan sebesar 20 %, jadi kebutuhan campuran

beton untuk 1 silinder adalah :

- Semen : 425 x (0,005301+0,00106) = 2,7034 kg
- Pasir : 734 x (0,005301+0,00106) = 4,6690 kg
- Split : 926 x (0,005301+0,00106) = 5,8903 kg
- Air : 204 x (0,005301+0,00106) = 1,2976 kg



### **b. Persiapan Cetakan**

Cetakan yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari besi dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm. Cetakan yang akan digunakan harus terlebih dahulu dibersihkan dari sisa adukan beton yang masih melekat, kemudian bagian dalam dari cetakan diolesi minyak pelumas agar adukan beton tidak melekat dan dapat dengan mudah dilepas dari cetakan setelah adukan beton tersebut mengeras. Pelepasan cetakan dilakukan setelah beton mengeras yaitu ketika beton telah didiamkan selama kurang lebih 24 jam.

### **c. Pembuatan Adukan Beton**

Langkah-langkah pembuatan adukan beton yaitu sebagai berikut :

#### **Tahap I**

1. Menyiapkan bahan-bahan campuran beton.
2. Menimbang berat masing-masing bahan sesuai dengan rencana.
3. Menyiapkan pengaduk (mixer), seperangkat alat uji slump dan cetakan.

#### **Tahap II**

1. Masukkan pasir dan semen terlebih dahulu tanpa air, sehingga didapat campuran yang rata.
2. Tambahkan kerikil dan diaduk tanpa air terlebih dahulu sampai distribusi agregat kasar rata dan sempurna.
3. Tuangkan air yang dibutuhkan sedikit demi sedikit dan diaduk sampai didapat adukan beton yang homogen dengan kekentalan sesuai dengan yang direncanakan.

#### **d. Pengujian Kekentalan Adukan (*Slump Test*)**

Pengujian kekentalan adukan dilakukan untuk mendapatkan nilai kekentalan dari adukan beton segar. Pengujian ini menggunakan alat uji bernama kerucut Abrams yang berbentuk kerucut dengan sisi atas dan bawahnya terbuka berdiameter masing-masing 10cm dan 20cm serta tinggi 30cm. Alat bantu pemadatan untuk pengujian ini menggunakan tongkat penumbuk dari besi berdiameter 16mm dan panjang 60cm.

Pengujian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Kerucut Abrams dibersihkan dan dibasahi sebelum dipakai.
2. Kerucut diletakkan diatas permukaan yang datar (*plat baja*) dengan posisi rata.
3. Beton segar dituang kedalam kerucut setinggi kira-kira  $\frac{1}{3}$  dari tinggi kerucut lalu ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, kemudian dituang lagi hingga setinggi  $\frac{2}{3}$  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  $\pm 30$  detik.
4. 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.

#### **e. Pencoran Adukan Beton**

Langkah-langkah pencoran adukan beton, yaitu :

1. Penempatan Cetakan



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

## 2. 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 segregasi (*pemisahan butiran*) selama pencetakan benda uji. Adukan beton dimasukkan kedalam cetakan dalam 3 lapis, dan tiap lapis dipadatkan menggunakan tongkat penumbuk 25 kali tusukan secara merata. Setelah cetakan terisi penuh, permukaan diratakan.

### 4.3.4 Tahap Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dengan merendamnya dalam air. Hal ini dilakukan untuk menjaga kelembaban permukaan beton sehingga proses hidrasi semen berlangsung sempurna. Lamanya perendaman hingga beton berusia 28 hari.

### 4.3.5 Tahap Pengujian Kuat Tekan Beton

Sebelum diuji kekuatannya, setiap benda uji dikeringkan dengan cara diangin-anginkan terlebih dahulu.

Peralatan yang digunakan :

- a. Mesin Desak Hidrolik merk Control. (*menggunakan satuan KN*)
- b. Timbangan
- c. Kaliper (*jangka sorong*)

Langkah-langkah pengujian :

1. Umur benda uji sesuai dengan umur rencana.
2. Benda uji ditimbang dan diukur dimensinya dengan kaliper untuk mengetahui volume dan luas permukaan bidang tekannya.
3. Benda uji diletakkan pada ruang tekan mesin desak dengan sisi atas dan sisi bawah harus rata dan posisinya simetris tepat dibawah piston tekan mesin uji desak.
4. Mesin desak dijalankan secara elektrik dengan penambahan beban yang konstan.
5. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur kemudian dicatat besar beban maksimumnya.
6. Setelah benda uji hancur, kekuatan desak dikurangi dan penutup tekanan dibuka sehingga piston terangkat naik. Lantai uji kemudian dibersihkan dari sisa pecahan beton benda uji yang hancur sebelumnya.

Untuk mendapatkan besarnya tegangan maksimum dari masing-masing benda uji kemudian dilakukan penghitungan sebagai berikut :

$$f'_{ci} = P / A$$

keterangan :

$P$  = Gaya Tekan Maksimum (N) → Mesin uji menggunakan satuan KN

$A$  = Luas bidang tekan benda uji ( $\text{mm}^2$ )

$f'_{ci}$  = Kuat desak dari masing-masing benda uji (MPa)

### 4.3.6 Tahap Analisis Data dan Pembahasan

#### a. Analisis Kuat Desak Beton

Dari hasil pengujian kuat desak beton benda uji diperoleh data kekuatan beton yang direfleksikan melalui tegangan maksimum dari masing-masing benda uji yang kemudian dianalisis terhadap kuat desak karakteristiknya menggunakan rumus sebagai berikut :

$$f_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ci}}{n}$$

$$f_c = f_{cr} - 1,64 \cdot S_d$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (f_{ci} - f_{cr})^2}{n - 1}}$$

keterangan :

$f_{cr}$	=	Kuat desak beton rata-rata (MPa)
$f_c$	=	Kuat desak karakteristik beton (MPa)
$f_{ci}$	=	Kuat desak masing-masing benda uji (MPa)
$n$	=	Jumlah benda uji
$S_d$	=	Standar deviasi

#### b. Analisis data menggunakan metode statistik

Persamaan regresi linear menggunakan rumus :

$$y = a + bx$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Persamaan regresi *polinomial* orde dua menggunakan rumus :

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$$

$$\begin{pmatrix} n & \sum x_i & \sum x_i^2 \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i \cdot y_i \\ \sum x_i^2 \cdot y_i \end{pmatrix}$$

Untuk mengetahui derajat kesesuaian persamaan regresi yang diperoleh, dihitung nilai koefisien korelasi ( $r$ ) menggunakan rumus :

$$r = \sqrt{\frac{Dt^2 - D^2}{Dt^2}}$$

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

$$D^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx)^2 \rightarrow \text{linear}$$

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

untuk perkiraan yang sempurna nilai  $r = 1$ , apabila  $r = 0$  perkiraan suatu fungsi sangat jelek.