

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian dimulai pada bulan Februari 2017 sampai selesai.

3.2 Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan beberapa bahan untuk mencapai tujuan penelitian, meliputi:

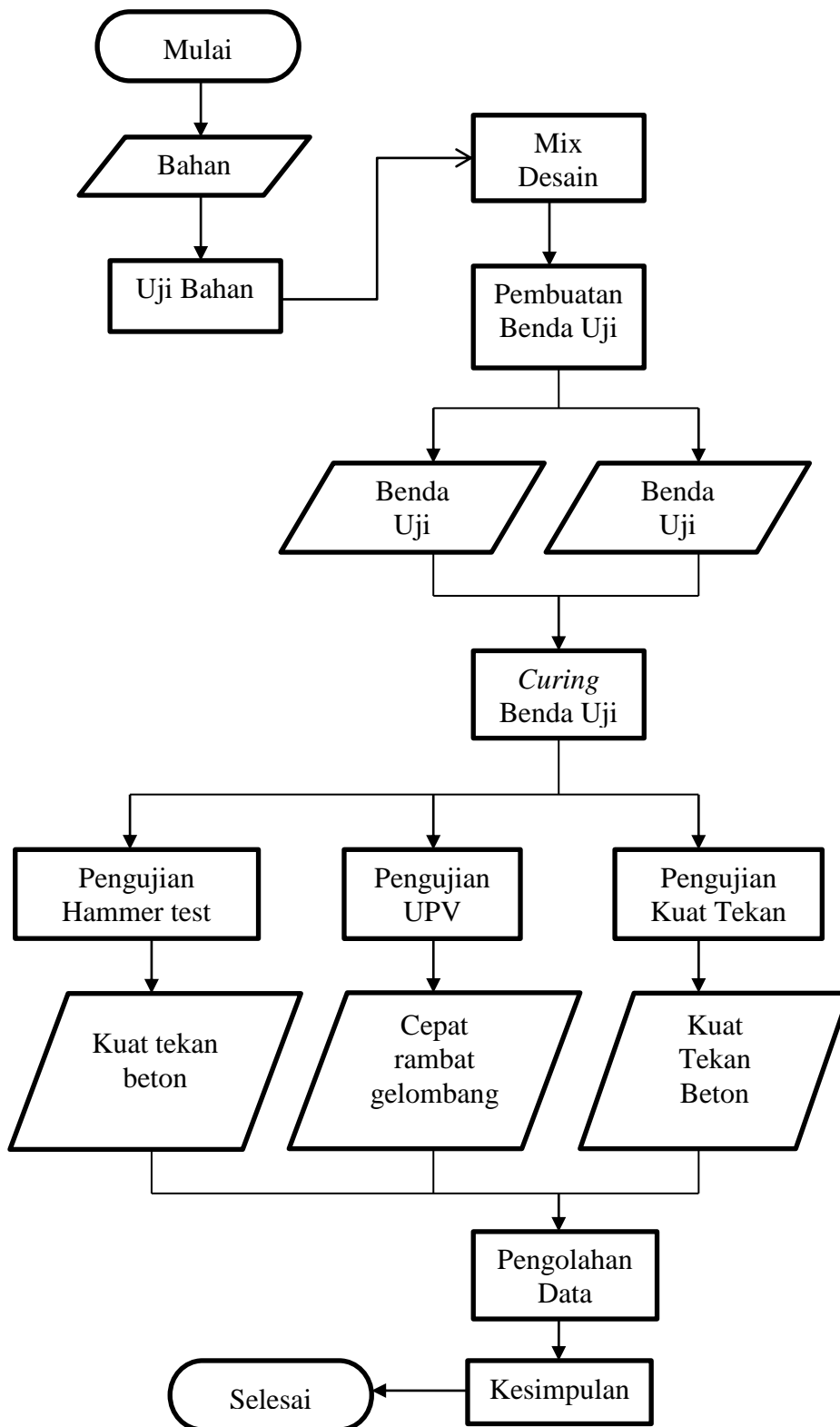
1. Pozzolan portland cement
2. Agregat kasar
3. Agregat halus
4. Air

3.3 Peralatan Penelitian

Dalam penelitian ini peralatan yang digunakan adalah:

1. Saringan
2. Timbangan
3. Mesin pengaduk beton
4. Cetakan benda uji
5. Alat *hammer test*
6. Alat *UPV test*
7. Alat uji tekan
8. Alat bantu lainnya

3.4 Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir tahapan penelitian

3.5 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini dibuat dua jenis benda uji yaitu benda uji silinder dan benda uji kubus. Benda uji silinder memiliki diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, sedangkan benda uji kubus berukuran 15 x 15 x 15 cm. Masing masing benda jenis benda uji diberikan variasi pada mutu kuat tekan betonnya. Benda uji ini digunakan untuk pengujian kuat tekan, pengujian UPV dan pengujian dengan *Hammer test*. Jumlah benda uji silinder adalah 36 buah dengan jumlah tiap variasi adalah 9 buah, serta benda uji kubus sejumlah 10 buah. Rincian adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1
Rancangan Penelitian Beton

Benda Uji	Variasi Kuat Tekan Beton			
	20 Mpa	25 Mpa	30 Mpa	35 Mpa
Silinder	9	9	9	9
Kubus	1	3	3	3

3.6 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini variabel yang diukur antara lain sebagai berikut.

1. Variabel bebas atau *independent variable*, merupakan variabel yang ditentukan oleh peneliti. Dalam penelitian ini, yang menjadi variabel bebas adalah variasi mutu beton dari benda uji.
2. Variabel terikat, yaitu variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas. Variabel terikat dari penelitian ini adalah cepat rambat gelombang dari hasil pengujian UPV dan kuat tekan beton dari hasil pengujian *hammer test*

3.7 Hipotesis Penelitian

Setelah mempelajari kajian pustaka, maka dapat ditarik beberapa hipotesis penelitian, yaitu:

1. Adanya perbedaan hasil pengukuran uji hammer dan UPV dibandingkan dengan uji kuat tekan beton.
2. Adanya nilai koefisien kuat tekan karakteristik beton yang akan diuji baik dengan menggunakan *non-destructive test* maupun *destructive test*.
3. Adanya hubungan (korelasi) antara gaya tekan ($f'c$) dengan koefisien kuat tekan karakteristik beton dengan pengujian menggunakan dua metode tersebut.

3.8 Prosedur Penelitian

3.8.1 Pengujian Bahan Dasar

Pengujian bahan dasar yang akan digunakan mengacu pada buku petunjuk praktikum teknologi beton dari Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Bahan dasar yang diuji adalah agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil). Unsur-unsur dalam pengujian karakteristik agregat halus dan kasar meliputi: Analisa butiran, pengujian berat jenis penyerapan, dan kadar air.

3.8.1.1 Pengujian Agregat Halus

1. Pengujian gradasi

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:

- a. Timbangan dan neraca yang memiliki ketelitian alat sebesar 0,2% terhadap benda uji.
- b. Satu set saringan: 4,75 mm (No.4); 2,36 mm (No.8); 1,18 mm (No.16); 0,6 mm (No.30); 0,3 mm (No.50); 0,15 mm (No.100); 0,075 mm (No. 200); pan.
- c. Talam besi untuk wadah bahan.

2. Pengujian berat jenis dan penyerapan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:

- a. Timbangan berkapasitas ≥ 1 kg dengan ketelitian alat sebesar 0,1 gram.
- b. Piknometer berkapasitas 500 gram.
- c. Kerucut terpancung dengan diameter atas (40 ± 3) mm, diameter bawah (90 ± 3) mm, dan tinggi (25 ± 3) mm.
- d. Saringan no. 200 (0,075 mm).
- e. Oven Pengatur suhu kapasitas $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.

3. Pengujian kadar air

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:

- a. Talam besi untuk wadah bahan.
- b. Oven Pengatur suhu kapasitas $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- c. Timbangan berkapasitas ≥ 1 kg dengan ketelitian alat 0,1 gram.

3.8.1.2 Pengujian Agregat Kasar

1. Pengujian gradasi

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:

- a. Timbangan serta neraca dengan memiliki ketelitian 0,2% terhadap benda uji.

- b. Satu set saringan: 25,4 mm (1"); 19,10 mm (3/4"); 12,70 mm (1/2"); 9,52 mm (3/8"); 4,75 mm (4"); pan.
 - c. Talam besi untuk wadah bahan.
2. Pengujian berat jenis dan penyerapan
- Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:
- a. Keranjang kawat berkapasitas ± 5 kg, yang berukuran 3,35 mm (No.6) atau 2,36 mm (No.8).
 - b. Tempat pemeriksaan air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan.
 - c. Timbangan dengan ketelitian 1% terhadap benda uji dan berkapasitas ± 5 kg yang dilengkapi alat penggantung keranjang.
 - d. Oven pengatur suhu kapasitas $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
 - e. Saringan no. 4 (4,75 mm).
3. Pengujian kadar air
- Alat yang digunakan adalah sebagai berikut:
- a. Talam besi untuk wadah bahan.
 - b. Oven Pengatur suhu kapasitas $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
 - c. Timbangan berkapasitas ≥ 1 kg dengan ketelitian alat sebesar 0,1 gram.

3.8.2 Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Bahan penyusun beton disiapkan dengan kuantitas sesuai mix desain.
2. Bahan-bahan tersebut dimasukkan ke dalam alat pengaduk kemudian diaduk selama kurang lebih 15 menit hingga campuran menjadi homogen.
3. Setelah pengadukan, diambil sebagian adonan beton untuk dilakukan pengujian *slump*.
4. Cetakan disiapkan dengan memberikan lapisan tipis dari oli.
5. Campuran beton dituang ke dalam cetakan silinder dan kubus.

3.8.3 Perawatan Benda Uji

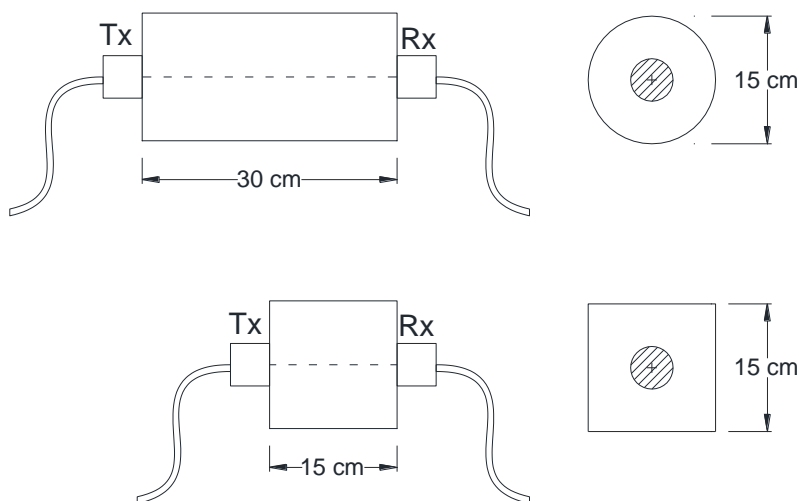
Setelah 24 jam cetakan benda uji silinder dan kubus dibuka dan dilakukan perawatan yang bertujuan agar semen terhidrasi dengan baik dan sempurna. Perawatan benda uji meliputi dua cara antara lain:

1. Benda uji akan direndam dalam bak berisi air dengan suhu $23^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$.
2. Benda uji diselimuti dengan karung goni basah dan tiap hari dibasahi terus menerus dengan air.

Waktu perawatan benda uji disamakan setiap variasi benda uji sesuai dengan waktu pengecorannya. Pada penelitian ini perawatan beton dihentikan 4 minggu (28 hari) setelah tanggal pengecoran.

3.8.4 Pengujian UPV

Pada penelitian ini pengujian UPV dilakukan dengan menggunakan alat Pundit PL-200. Pengujian dilakukan pada benda uji beton yang telah berumur 28 hari. Pengambilan data dilakukan dengan metode *direct* yaitu dengan menempatkan *transducer* pada titik tengah permukaan atas dan bawah dari benda uji silinder dan kubus seperti terlihat pada Gambar 3.2. Pada penelitian menggunakan *transducer* standar dengan frekuensi 54 kHz. Hasil yang didapatkan dari pengujian UPV berupa cepat rambat gelombang.



Gambar 3.2 Skema titik pengujian UPV pada benda uji: (a) silinder dan (b) kubus

Beberapa hal yang dilakukan dalam prosedur pengujian UPV antara lain:

1. Meratakan dan membersihkan permukaan beton.
2. Pada penelitian ini digunakan transduser standar dengan frekuensi 54 kHz.
3. Mengkalibrasi alat uji UPV dengan tujuan agar pembacaan waktu tempuh pada *transmitter* dan *receiver* sama, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3. Kedua transduser ditempatkan pada kedua sisi *calibration rod* yang telah disediakan dengan metode *direct*.



Gambar 3.3 Proses kalibrasi awal alat uji UPV

4. Menentukan jarak *transmitter* dan *receiver* pada layar Pundit PL-200.
5. Memberikan gel (*couplant*) pada permukaan kontak *transmitter* dan *receiver* setiap sebelum pengujian dimulai.
6. Pengujian dilakukan pada titik yang telah ditentukan sebelumnya di setiap benda uji seperti pada Gambar 3.3.
7. Pengujian UPV telah selesai dan didapatkan keluaran berupa bentuk gelombang ultrasonik beserta waktu transmisi dan cepat rambatnya.

3.8.5 Uji *Hammer Test Digital*

Setelah mendapat data-data dari pengujian UPV, kemudian dilakukan pengujian *hammer test*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan / mutu beton silinder dan kubus. Sebelum dilakukan pengujian, alat akan diatur sedemikian rupa agar mendapatkan nilai kuat tekan yang diinginkan. Berikut pengaturan alat yang digunakan pada pengujian *hammer test* pada penelitian ini:

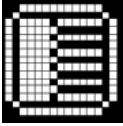
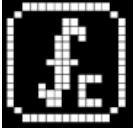
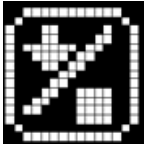
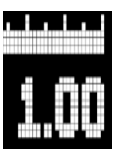
Tabel 3.2

Pengaturan Alat Pada Pengujian *Hammer Test*

No	<i>Silver Schmidt Display</i>	Penjelasan
1	<p>Statistics → ASTM C805</p>	<p>Pada <i>display statistics</i> dipilih ASTM C805, hal ini dikarenakan pada penelitian ini mengacu pada <i>Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete</i> (ASTM C805) yaitu metode pengujian angka pantul beton. Metode ASTM memiliki suatu standar deviasi dimana penyimpangan data yang diambil maksimal 2 dari 10 kali pengambilan data.</p>

Sumber: *Operating Instructions SilverSchmidt & Hammerlink Proceq*

Tabel 3.2
Pengaturan Alat Pada Pengujian *Hammer Test*

No	<i>Silver Schmidt Display</i>	Penjelasan
2	 Review List	<i>Display review list</i> berguna untuk menampilkan hasil pengujian setelah dilakukannya 10 kali penembakan pada benda uji.
3	 →  Conversion curve Low 10%	Pada <i>display conversion curve</i> dipilih ikon <i>low 10%</i> , konversi kurva ditujukan untuk memberikan batas keamanan untuk memperhitungkan berbagai faktor yang dapat mempengaruhi pengujian.
4	 →  Unit K (Kg/cm ²)	Pada <i>display unit</i> dipilih ikon K, hal ini dikarenakan pada penelitian ini hasil yang ingin didapatkan berupa satuan K (kg/cm ²).
5	 →  Form Factor Standard Cube	Pada <i>display form factor</i> dipilih ikon <i>Standard Cube</i> , hal ini dikarenakan pada penelitian ini akan menggunakan faktor bentuk berupa kubus..
6	 →  Carbonation correction Digunakan 1	Pada <i>display carbonation correction</i> digunakan 1, karbonasi akan membentuk lapisan yang mengeras di permukaan dan seiring dengan peningkatan lapisan ini, dapat menyebabkan estimasi yang berlebihan (mungkin setinggi 50%) dari kekuatan tekan beton.

Sumber: *Operating Instructions SilverSchmidt & Hammerlink Proceq*

Teknis pengujiannya adalah:

1. Sentuhlah ujung peluncur pada permukaan titik uji dengan posisi tegak lurus bidang uji.
2. Secara perlahan tekankan palu beton dengan arah tegak lurus bidang uji sampai terjadi pukulan pada titik uji.
3. Lakukan 10 kali pukulan pada satu lokasi bidang uji dengan jarak terdekat antara titik-titik pukulan 25 mm.
4. Catat nilai kuat tekan yang terbaca pada alat.

3.8.6 Pengujian Kuat Tekan

Setelah mendapat data-data dari pengujian UPV dan *hammer test*, kemudian dilakukan pengujian menggunakan uji kuat tekan beton. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tekan dari benda uji beton yang telah berumur 28 hari. Prosedur yang dilakukan dalam pengujian kuat tekan adalah:

1. Sebelum pengujian benda uji ditimbang terlebih dahulu yang bertujuan untuk mendapatkan berat benda uji dan kerapatan beton sebagai data tambahan.
2. Pada permukaan atas benda uji dilapisi (*caping*) dengan mortar belerang dengan tujuan agar tegangan yang diberikan mesin penguji dapat terdistribusi secara merata pada permukaan beton.
3. Letakkan benda uji pada alat uji kuat tekan beton secara sentris.
4. Alat uji tekan dijalankan dengan penambahan beban secara konstan hingga benda uji hancur.
5. Beban saat beton hancur dicatat untuk mendapatkan beban maksimum yang dapat diterima beton.

3.9 Metode Analisa

3.9.1 Pengumpulan Data

Dari pengujian-pengujian yang telah dilakukan diambil beberapa data-data yang diperlukan. Pengujian kuat tekan menghasilkan data-data beban maksimum yang kemudian dikonversikan menjadi kuat tekan dari setiap benda uji beton, pengujian UPV menghasilkan data-data berupa cepat rambat gelombang yang melalui setiap benda uji beton dan pengujian *hammer test* menghasilkan data-data berupa nilai mutu beton.

Tabel 3.3

Form Pengujian Kuat Tekan Beton Silinder dan Kubus

Kuat Tekan Rencana (Mpa)	Kode Benda uji	Dimensi benda uji silinder		Dimensi benda uji kubus	f'c (MPa)
		d (mm)	H (mm)	B (mm)	

Tabel 3.4
Form Pengujian *UPV Test* dan *Hammer Test*

Kuat Tekan Rencana (Mpa)	Kode Benda Uji	Hasil Pengujian		
		UPV	Hammer test	
		(m/s)	K	Mpa

3.9.2 Pengolahan Data

3.9.2.1 Kesalahan Relatif

Kesalahan relatif diperlukan untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan nilai kuat tekan beton yang terjadi antara pengujian menggunakan pengujian *compression test* dan *hammer test* terhadap kuat tekan beton yang direncanakan. Kesalahan relatif (KR) nilai kuat tekan beton dapat dinyatakan dengan persamaan (3-1).

$$KR = \left| \frac{X_1 - X_2}{X_1} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(3-1)$$

Dengan: X_1 = nilai kuat tekan beton yang direncanakan

X_2 = nilai kuat tekan beton yang dari pengujian

3.9.2.2 Analisa Regresi

Analisa regresi merupakan analisa yang digunakan untuk mengetahui hubungan fungsional antar variabel-variabel yang dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik. Analisa regresi dapat dibedakan menjadi 2 bagian yaitu:

1. Analisa regresi linier sederhana

Analisa yang digunakan untuk mengetahui hubungan fungsional antar 2 variabel yaitu variabel bebas tunggal (*independent*) dan tak bebas (*dependent*) yang dinyatakan dengan suatu persamaan matematik. Bentuk persamaan matematik yang akan didapatkan dengan menggunakan analisa regresi linier sederhana dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$Y = a + bx \dots\dots\dots(3-2)$$

Dimana: Y = Variabel tak bebas (*dependent*)

X = Variabel bebas tunggal (*independent*)

a = Konstanta regresi

b = Koefisien regresi

Pada persamaan regresi linier sederhana, nilai dari variabel bebas (*independent*) dan variabel tak bebas (*dependent*) saling mempengaruhi satu sama lain. Semakin besar nilai variabel bebas (*independent*) dan nilai koefisien regresi (nilai b) maka semakin besar nilai yang didapatkan dari variabel tak bebas (*dependent*) dengan acuan konstanta regresi (nilai a) tetap dan sebaliknya. Nilai positif ataupun negatif dari konstanta dan koefisien regresi juga dapat mempengaruhi nilai dari variabel tak bebas (*dependent*).

2. Analisa regresi linier berganda

Analisa regresi linier berganda digunakan untuk memperkirakan perubahan nilai variabel tertentu apabila variabel lain berubah. Dikatakan regresi berganda, karena jumlah variabel bebas (*independent*) sebagai prediktor lebih dari satu, maka digunakan persamaan regresi linier berganda dengan rumus, sebagai berikut :

$$\hat{y} = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \dots + \alpha_k x_k \dots\dots\dots (3-3)$$

Dimana:

\hat{y} = variabel tidak bebas (*dependent*)

$\alpha_0, \dots, \alpha_k$ = koefisien regresi

x_1, \dots, x_k = variabel bebas (*independent*)

Perhitungan nilai dari koefisien $\alpha_0, \dots, \alpha_k$ ini didapatkan dengan persamaan:

$$\sum y_i = \alpha_0 n + \alpha_1 \sum x_{1i} + \alpha_2 \sum x_{2i} + \dots + \alpha_k \sum x_{ki} \dots\dots\dots (3-4)$$

$$\sum x_{1i} y_i = \alpha_0 \sum x_{1i} + \alpha_1 (\sum x_{1i})^2 + \alpha_2 \sum x_{1i} x_{2i} + \dots + \alpha_k \sum x_{1i} x_{ki} \dots\dots\dots (3-5)$$

$$\sum x_{2i} y_i = \alpha_0 \sum x_{2i} + \alpha_1 \sum x_{1i} x_{2i} + \alpha_2 (\sum x_{2i})^2 + \dots + \alpha_k \sum x_{2i} x_{ki} \dots\dots\dots (3-6)$$

$$\sum x_{ki} y_i = \alpha_0 \sum x_{ki} + \alpha_1 \sum x_{1i} x_{ki} + \alpha_2 \sum x_{2i} x_{ki} + \dots + \alpha_k \sum (x_{ki}) \dots\dots\dots (3-7)$$

Beberapa syarat yang harus dipenuhi dalam regresi ganda adalah (Sufren, 2014):

- Tidak mengalami multikolinearitas, Multikolinearitas adalah kondisi terdapatnya hubungan linier atau korelasi yang tinggi antara masing-masing variabel independen.
- Tidak mengalami autokorelasi, autokorelasi yaitu korelasi yang terjadi antara residual pada satu pengamatan dengan pengamatan lain pada model regresi.
- Tidak mengalami heteroskedastisitas, heteroskedastisitas adalah adanya ketidaksamaan varian dari residual untuk semua pengamatan pada model regresi
- Antara variabel bebas dengan variabel terikat mempunyai hubungan secara teoritis, dan melalui perhitungan korelasi sederhana dapat diuji signifikansi hubungan tertentu. Jika ternyata antara variabel bebas dengan variabel terikat

tidak mempunyai hubungan sederhana yang signifikan maka korelasi ganda pun tidak akan signifikan.

- e. Persamaan regresi harus linier. Mengingat pengujian linieritas untuk regresi ganda sukar dilakukan maka sejauh ini linieritas untuk regresi ganda hanya diasumsikan. Oleh karena itu, perlu tindakan hati-hati dalam melakukan deskripsi atas hasil analisisnya karena semua perhitungan didasarkan pada asumsi, dan tidak dilakukan pengujian tentang linieritas.

3.9.2.3 Analisa korelasi berganda

Pada penelitian ini digunakan analisa korelasi berganda, hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat hubungan atau keterkaitan antara variabel X (*hammer test dan UPV test*) dengan variabel Y (uji kuat tekan) yang dinyatakan dalam bentuk persentase. Nilai korelasi dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut.

$$R^2 = \frac{JK_{(reg)}}{\sum Y^2} \dots\dots\dots (3-8)$$

Dimana:

R^2 = Koefisien korelasi ganda

$JK_{(reg)}$ = Jumlah kuadrat regresi dalam bentuk deviasi

$\sum Y^2$ = Jumlah kuadrat total korelasi dalam bentuk deviasi

Koefisien korelasi (R) yang dihasilkan dari persamaan di atas akan memiliki nilai diantara $-1 \leq R \leq 1$ dengan maksud sebagai berikut.

1. Bila $R = 1$ maka hubungan antar variabel dikatakan positif sempurna.
2. Bila $R = -1$ maka hubungan antar variabel dikatakan negatif sempurna.
3. Bila $R = 0$ maka tidak ada hubungan antar variabel.
4. Bila R bernilai diantara -1 dan 1 , maka tanda negatif (-) untuk korelasi negatif (tak langsung) dan tanda positif (+) untuk korelasi positif (langsung).

3.9.2.4 Analisa dengan Software

Pada penelitian kali ini digunakan 2 macam *software* yaitu aplikasi IBM SPSS (*Statistical Product and Service Solutions*) dan aplikasi MATLAB (*Matrix Laboratory*). IBM SPSS adalah aplikasi yang berguna untuk menganalisa nilai regresi, hal ini digunakan untuk mencari persamaan korelasi antara *hammer test*, *UPV test* dan *compressive test*. Sedangkan aplikasi MATLAB adalah program untuk menganalisa dan mengkomputasi data numerik, dengan memasukan data hasil pengujian pada aplikasi ini untuk menghasilkan grafik korelasi antara ketiga metode pengujian di atas.

Kedua aplikasi ini dipilih mengingat program ini sangat populer dan paling banyak digunakan dalam menganalisa data statistik maupun numerik untuk berbagai bidang seperti riset pasar, pengendalian dan perbaikan mutu, riset ilmu-ilmu sosial, riset ilmu-ilmu sains dan lain sebagainya.

Halaman ini sengaja dikosongkan