

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian adalah langkah-langkah umum atau metode yang dilakukan dalam penelitian suatu masalah, kasus, fenomena, atau yang lain secara ilmiah untuk memperoleh hasil yang rasional. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Objek utama penelitian ini adalah beton mutu tinggi yang menggunakan bahan tambah dengan terak tungku variasi 20%, 21,5%, 23%, 24,5% dan 26% serta bahan tambah lainnya adalah *sika viscocrete 1003* sebesar 0,6%.

4.2 Variasi Benda Uji

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Objek dalam penelitian ini adalah beton mutu tinggi yang menggunakan bahan tambah berupa abu terak tungku yang diperoleh dari PT. Madubaru (PG-PS Madukismo), Bantul, D.I.Y. Terak tungku yang akan digunakan dalam penelitian ini memiliki variasi 20%, 21,5%, 23% , 24,5% dan 26%, dan *sika viscocrete 1003* 0,6% dari berat semen. Jumlah keseluruhan benda uji yang dibuat dan diuji dalam penelitian ini sebanyak 70 sampel Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian kuat tekan beton dan pengujian kuat tarik beton. Dengan benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm , kemudian pengujian yang akan dilakukan dengan menggunakan umur rencana 28. Perincian benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4.1 Perbandingan Variasi Benda Uji

No	Kode Benda Uji	PCC	Terak Tungku	<i>Viscocrete 1003</i>	Jumlah Sampel
1	BN	100%	0%	0%	10
2	BSP	100%	0%	0,6%	10
2	BT20	100%	20%	0,6%	10
3	BT 21,5	100%	21,5%	0,6%	10
4	BT23	100%	23%	0,6%	10
5	BT24,5	100%	24,5%	0,6%	10
6	BT26	100%	26%	0,6%	10
Total Sampel					70 Buah

4.3 Bahan Uji

Bahan yang digunakan dalam proses pencampuran adalah:

1. Semen *portland* (PCC) merek Tiga Roda kemasan 40 kg,
2. Agregat halus (pasir) diambil dari Merapi,
3. Agregat kasar (kerikil atau batu split) diambil dari Kali Progo,
4. Air dari laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia,
5. Bahan tambah terak tungku dari PT. Madubaru (PG-PS Madukismo), Bantul, Yogyakarta,
6. *Superplasticizer* menggunakan *sika viscocrete 1003*.

4.4 Alat Uji

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Timbangan,
2. Satu set alat pemeriksaan agregat (piring, *piknometer*, oven, saringan agregat serta mesin *shieve shaker* untuk mengayak saringan),
3. Mesin aduk beton (molen),
4. Kerucut *Abrams*,

5. Cetakan silinder,
6. Tongkat penumbuk,
7. Mesin uji desak,
8. Meja getar,
9. Sekop besar,
10. Kaliper,
11. Penggaris,
12. Gelas ukur,
13. Ember,
14. Sendok semen (cetok),
15. Satu set peralatan kunci.

4.5 Pemeriksaan Material Yang Digunakan

4.5.1 Pemeriksaan kadar lumpur pasir dan kerikil

Pemeriksaan ini dilakukan mengetahui kandungan lumpur yang terdapat dalam agregat digunakan sebagai bahan adukan beton. Pada penelitian kandungan lumpur dalam agregat halus tidak boleh lebih dari 5% sedangkan pada agregat kasar tidak boleh lebih dari 1%.

4.5.2 Pemeriksaan berat volume

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat volume dalam kondisi “SSD” (*Saturated Surface Dry*). Berat volume atau disebut juga sebagai berat satuan agregat merupakan rasio antara berat agregat dan isi atau volume. Berat volume agregat diperlukan dalam perhitungan bahan campuran beton, apabila jumlah bahan ditakar dengan ukuran volume. Berat volume agregat ditinjau dalam dua keadaan, yaitu berat volume gembur dan berat volume padat. Berat volume gembur merupakan perbandingan berat agregat dengan volume literan, sedangkan berat volume padat adalah perbandingan berat agregat dalam keadaan padat dengan volume literan.

4.5.3 Pemeriksaan berat jenis

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis agregat yang akan digunakan. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis agregat kasar serta kemampuannya menyerap air. Besarnya berat jenis yang diperiksa adalah untuk agregat dalam keadaan kering, berat kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*), berat jenis semu (*Apparent*).

4.5.4 Analisis saringan dan modulus butiran halus

Analisis saringan bertujuan untuk mengetahui distribusi butiran (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan. Dari analisis saringan yang dilakukan diperoleh modulus halus butiran agregat halus. Modulus halus diperoleh dari jumlah persen kumulatif dari butiran agregat yang tertinggal di atas satu set ayakan dan kemudian dibagi seratus (1 set ayakan #40, #20, #10, #4,8, #2,4, #1,2, #0,60, #0,30 dan #0,15 mm). Semakin besar nilai mhb, semakin besar butiran agregatnya.

4.6 Perhitungan Campuran Beton (*Mix Design*)

Prosedur ini hanya berlaku untuk beton mutu tinggi yang diproduksi dengan menggunakan bahan dan metode produksi konvensional. Metode perhitungan yang digunakan adalah SNI 03-6468-2000 (Pd T-18-1999-03).

Dalam perhitungan ini, nilai-nilai yang perlu diketahui sebelum perhitungan yaitu: Kuat tekan yang disyaratkan $f'c = 42$ MPa pada umur 28 hari. Pasir yang digunakan pasir alam, dengan karakteristik sebagai berikut:

1. Modulus kehalusan = 2,72,
2. Berat jenis relatif (kering oven) = 2,67,
3. Kapasitas *absorpsi* = 2,6%,
4. Berat isi padat kering oven = 1840 kg/m³.

Agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah, ukuran maksimum agregat dibatasi 15 mm dengan karakteristik agregat kasar memenuhi daerah gradasi No. 7 pada ASTM C 33 sebagai berikut:

1. Berat jenis relative (kering oven) = 2,56,
2. Kapasitas absorpsi = 1,9%,

3. Berat isi padat kering oven = 1750 kg/m^3 .

Bahan tambah untuk mempermudah pengerjaan dipakai *superplasticizer* jenis *sika viscocrete 1003*, jumlah dosis yang digunakan semua sama untuk setiap variasi yaitu sebesar 0,6%. Semen yang dipakai semen Tiga Roda dengan berat jenis relatif = 3,15. Bahan tambah yang dipakai terak tungku berasal dari limbah PLTU sisa pembakaran ampas tebu dan kayu PT. Madubaru (PG-PS Madukismo), Bantul, Yogyakarta, terak tungku ini memiliki berat jenis relatif = 1,94.

4.6.1 Perhitungan proporsi campuran

1. Menentukan *slump* dan kuat tekan rata-rata yang ditargetkan

Slump awal sesudah penambahan pelambat pengikatan dan sebelum *superplasticizer*, direncanakan sebesar 25-50 mm. Proporsi campuran akan dibuat berdasarkan campuran coba laboratorium. Persamaan (3.8) digunakan untuk menentukan kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (f'_{cr}).

$$f'_{cr} = \frac{(f'_c + 9,66) \text{MPa}}{0,90} \times 100\% = 57,4 \text{ MPa pada umur 28 hari}$$

2. Menentukan ukuran agregat kasar maksimum

Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan $57,4 \text{ MPa} > 42 \text{ MPa}$, maka digunakan agregat kasar batu pecah dengan ukuran maksimum 15 mm.

3. Menentukan kadar agregat kasar optimum

Karena ukuran agregat kasar maksimum 15 mm, maka dari Tabel 3.11, didapat fraksi agregat kasar optimum = 0,68.

Kadar agregat kasar padat kering oven = $0,68 \times 1750 = 1190 \text{ kg/m}^3$.

4. Estimasi kadar air pencampuran dan kadar udara

Berdasarkan *slump* awal sebesar 25-50 mm dan ukuran agregat kasar maksimum 15 mm, dari Tabel 3.12 didapat estimasi pertama kebutuhan air = 175 liter/m^3 dan kadar udara untuk beton mutu tinggi dengan *superplasticizer* = 2,0%. Kadar rongga udara dihitung dengan Persamaan (3.12):

$$V = \left(1 - \left(\frac{1840}{2,67 \times 1000} \right) \right) \times 100\% = 31,086\%$$

Koreksi kadar air dihitung dengan Persamaan (3.10):

$$\text{Koreksi kadar air, liter/m}^3 = (31,086-35) \times 4,75 = -18,590 \text{ liter/m}^3$$

$$\text{Maka kebutuhan air total} = 175 + -18,590 = 156,4 \text{ liter/m}^3$$

Nilai ini belum termasuk air yang terkandung di dalam *superplasticizer* cair.

5. Penentuan rasio $W/(c+p)$

Lihat Tabel 3.14 untuk beton kekuatan tinggi dengan *superplasticizer* dan ukuran agregat maksimum 15 mm. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan untuk kondisi laboratorium pada umur 28 hari. $f'_{cr} = 57,4$ MPa, maka kekuatan lapangan $f'_{cr} = 0,90 \times 57,4 = 51,66$ MPa.

Setelah diinterpolasi, maka nilai Rasio $W/c = 0,43$.

6. Menghitung kadar Semen

$$\text{Kadar Semen: (C)} = 156,4 : 0,43 = 363,720 \text{ kg/m}^3 \text{ beton.}$$

Pada ketentuan tidak dipersyaratkan nilai kadar minimum, maka kadar bahan tambah yang digunakan $363,720 \text{ kg/m}^3$ beton.

7. Proporsi campuran dasar dengan semen *portland* saja

Volume semua bahan kecuali pasir per m^3 campuran beton adalah sebagai berikut:

$$\text{Semen Portland} = 363,720 : 3,15 = 115,467 \text{ liter}$$

$$\text{Agregat Kasar} = 1190 : 2,56 = 464,844 \text{ liter}$$

$$\text{Air} = 156,4 = 156,4 \text{ liter}$$

$$\text{Kadar Udara} = 0,020 \times 1000 = 20 \text{ liter}$$

$$\text{Sub Total} = 756,711 \text{ liter}$$

$$\text{Maka kebutuhan volume pasir per } \text{m}^3 \text{ beton} = 1000 - 756,711 = 243,289 \text{ liter.}$$

$$\text{Dikonversi menjadi berat pasir kering oven} = 0,2432 \times 2,67 \times 1000 = 649,582$$

kg. Proporsi Campuran dasar:

$$\text{Air} = 156,4 \text{ kg}$$

$$\text{Semen Portland} = 363,720 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat Kasar} = 1190 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 649,582 \text{ kg}$$

8. Proporsi varian campuran dengan terak tungku
- Terak tungku yang digunakan sesuai dengan pd M-09-1997-03 yang terkait, memiliki berat jenis relatif 1,29.
 - Persentase bahan tambah kadar semen *portland* dengan terak tungku dibuat 5 (lima) varian campuran coba dengan kadar terak tungku 20%, 21,5%, 23%, 24,5%, dan 26% dari kadar semen *portland* pada campuran dasar.
 - Bahan semen dan terak tungku untuk kelima macam varian campuran:
 Campuran # 1: 363,720 kg pc + 72,744 kg terak tungku = 436,465 kg
 Campuran # 2: 363,720 kg pc + 78,200 kg terak tungku = 441,920 kg
 Campuran # 3: 363,720 kg pc + 83,656 kg terak tungku = 447,377 kg
 Campuran # 4: 363,720 kg pc + 89,112 kg terak tungku = 452,833 kg
 Campuran # 5: 363,720 kg pc + 94,567 kg terak tungku = 458,288 kg
 - Untuk semua varian campuran per m³, volume air, agregat kasar, agregat halus dan udara tetap sama dengan campuran dasar. Variasi campuran dijelaskan pada Tabel 4.2 di bawah ini:

Tabel 4.2 Proporsi Per m³ Campuran (SSD):

Tipe Campuran (kg)	Camp Dasar	Camp SP	Camp #1	Camp #2	Camp #3	Camp #4	Camp #5
Air	156,40	156,40	156,40	156,40	156,40	156,40	156,40
Semen <i>Portland</i>	363,72	363,72	363,72	363,72	363,72	363,72	363,72
Terak Tungku	0	0	72,74	78,20	83,66	89,11	94,57
<i>superplasticizer</i>	0	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18
Agregat Kasar	1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190
Pasir	649,58	649,58	649,58	649,58	649,58	649,58	649,58

Banyaknya pengalaman dalam menggunakan bahan campuran tambahan akan membantu koreksi jumlah bahan tambahan yang dapat digunakan agar biaya produksi beton lebih ekonomis.

9. Campuran coba

Dibuat 5 macam campuran coba sesuai proporsi campuran dasar dan 5 varian campuran, yang harus disesuaikan dengan kondisi kebasahan agregat saat perencanaan campuran. Pada saat perencanaan campuran kadar air pasir 2,6%

dan kadar air agregat kasar 1,9%, diukur terhadap berat kering oven. Untuk campuran dasar (keadaan SSD):

$$\text{Agregat Kasar} = 1190 \times (1 + 0,019) = 1212,61 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 649,58 \times (1 + 0,026) = 666,470 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 175 - \left(\frac{1212,61}{1+0,019} \times 0,019 \right) - \left(\frac{669,470}{1+0,026} \times 0,026 \right) = 116,90$$

Dengan cara yang sama, proporsi varian campuran # 1, # 2, # 3, # 4 dan # 5 dikoreksi.

Tabel 4.3 Proporsi Per m³ Campuran (Sesuai kondisi Kebasahan Agregat)

Type Campuran (kg)	Camp Dasar	Camp SP	Camp #1	Camp #2	Camp #3	Camp #4	Camp #5
Air	116,90	116,90	116,90	116,90	116,90	116,90	116,90
Semen <i>Portland</i>	363,72	363,72	363,72	363,72	363,72	363,72	363,72
Terak Tungku	0	0	72,74	78,20	83,11	89,11	94,57
<i>superplasticizer</i>	0	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18
Agregat Kasar	1212,6	1212,6	1212,6	1212,6	1212,6	1212,6	1212,6
Pasir	666,47	666,47	666,47	666,47	666,47	666,47	666,47
Total	2359,7	2361,8	2434,6	2440,09	2445,54	2451,00	2456,45

Tabel 4.4 Proporsi Untuk Persatu Silinder Campuran Coba (0.03048 m³)

Type Campuran (kg)	Camp Dasar	Camp SP	Camp #1	Camp #2	Camp #3	Camp #4	Camp #5
Air	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56
Semen <i>Portland</i>	11,09	11,09	11,09	11,09	11,09	11,09	11,09
Terak Tungku	0	0	2,22	2,38	2,55	2,72	2,88
<i>superplasticizer</i>	0	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Agregat Kasar	36,96	36,96	36,96	36,96	36,96	36,96	36,96
Pasir	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32
Total	71,93	72	74,22	74,38	74,55	74,71	74,88

Maka didapatkan perbandingan antara semen; pasir; kerikil; air; terak tungku sebagai berikut pada Tabel 4.5 di bawah ini:

Tabel 4.5 Perbandingan Campuran Beton

Jenis	Semen	Pasir	Kerikil	Air	Terak Tungku
Campuran Dasar	1	1,83	3,33	0,32	0
Variasi I	1	1,83	3,33	0,32	0,20
Variasi II	1	1,83	3,33	0,32	0,215
Variasi III	1	1,83	3,33	0,32	0,23
Variasi IV	1	1,83	3,33	0,32	0,245
Variasi V	1	1,83	3,33	0,32	0,26

4.7 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan dan perawatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Bahan dan alat-alat yang akan digunakan untuk pembuatan beton (benda uji) telah dipersiapkan terlebih dahulu,
2. Dilakukan pemeriksaan laboratorium terhadap material yang akan digunakan agar mutu beton yang direncanakan mencapai kekuatan maksimal sesuai dengan perhitungan, yaitu pemeriksaan agregat yang meliputi gradasi agregat (Modulus Halus Butiran), pemeriksaan berat jenis, pemeriksaan berat volume agregat,
3. Merencanakan campuran beton (*mix design*). Setiap ingin melakukan pengadukan maka kadar air material seperti agregat kasar dan pasir diperiksa lagi, agar kebutuhan air yang dipakai dihitung lagi,
4. Menimbang bahan yang dibutuhkan sesuai dengan yang telah ditentukan dalam perencanaan,
5. Pengadukan bahan didahului dengan memasukkan pasir dan semen *portland* kemudian diaduk, masukkan kerikil, air dan bahan tambah (jika menggunakannya) secara bergantian sampai semua bahan habis,
6. Setelah adukan *homogen*, tuang adukan ke alas campuran beton,

7. Diukur nilai *slump* dari adukan tersebut, jika belum sesuai dengan nilai *slump* yang direncanakan masukkan kembali ke dalam bak pengadukan untuk dilakukan penyesuaian dengan penambahan air,
8. Setelah *slump* yang didapat sesuai dengan rencana, kemudian adukan beton dimasukkan kedalam cetakan silinder. Pengisian adukan dilakukan tiga tahap, masing-masing 1/3 dari tinggi cetakan. Setiap tahap dipadatkan dengan tongkat baja (dengan ukuran diameter 16 mm dan panjang 60 cm yang ujungnya dibulatkan) sebanyak 25 kali,
9. Setelah padat dan cetakan penuh, kemudian permukaannya diratakan,
10. Setelah itu simpan cetakan ditempat yang sejuk, diletakan ditempat yang rata dan bebas dari getaran dan gangguan lain dan dibiarkan 24 jam. Setelah 24 jam benda uji dikeluarkan dari cetakan. Diukur tinggi, diameter dan beratnya serta beri tanda seperlunya. Perawatan dilakukan dengan merendam benda uji di dalam kolam perendaman selama 28 hari,
11. Pengujian dilakukan dengan mesin desak beton sesuai dengan umur yang telah ditentukan.

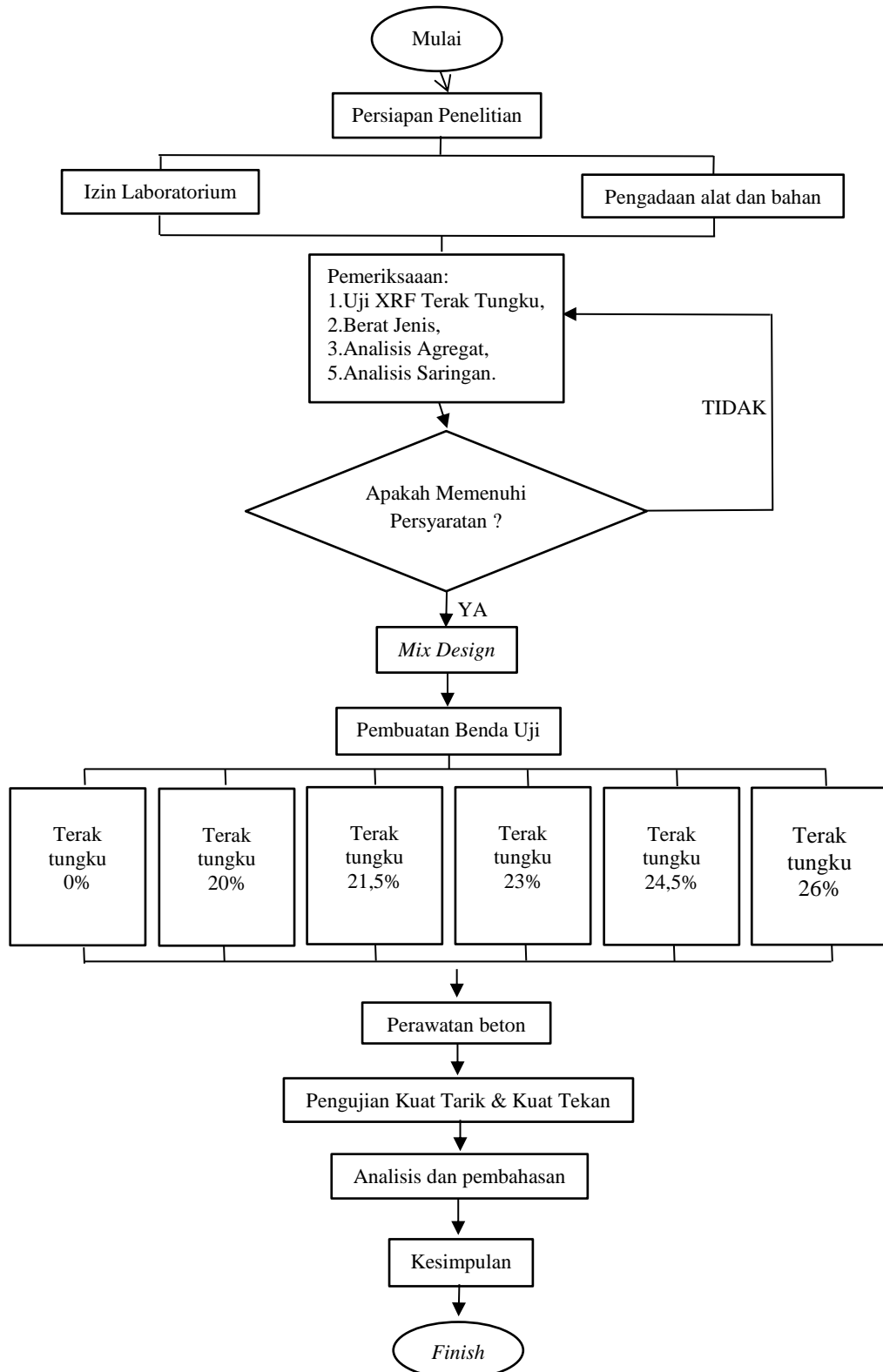
4.8 Pengujian benda uji

Untuk melaksanakan pengujian kuat tekan beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Alat-alat dan benda uji yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu,
2. Benda uji diuji dengan mesin desak. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris (tepat di tengah) lalu diberikan beban tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara $2 - 4 \text{ kg/cm}^2$ per detik,
3. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji,
4. Catatlah keadaan benda uji.

Setelah bahan uji dan alat uji telah dipersiapkan, serta sampel uji juga telah dibuat, maka dimulai pengujian sesuai prosedur penelitian. Hasil dari pengujian berupa data-data kasar yang masih perlu diolah lebih lanjut untuk mengetahui hubungan atau korelasi antara satu pengujian dengan pengujian lainnya.

Flochart Tahap Penelitian



Gambar 4.1 *Flowchart* Tahapan Penelitian