

3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan menjadi beberapa tahap, diawali dengan studi pustaka, persiapan bahan, pembuatan dan perawatan benda uji, selanjutnya dilakukan pengujian di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Siliwangi yang ditandai dengan warna merah.



Gambar 3.1 Lokasi Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Siliwangi

3.2 Teknik Pengambilan Data

Teknik pengumpulan data bertujuan agar mengetahui metode yang digunakan oleh peneliti untuk memperoleh informasi dan keterangan yang dibutuhkan dalam penelitian. Metode penelitian yang dilakukan dengan metode eksperimen di laboratorium. Penelitian ini dibutuhkan dua jenis data yang dianalisis yaitu data primer dan data sekunder.

3.2.1 Data Primer

Data primer pada penelitian ini didapatkan dari pengujian benda uji di laboratorium. Pengujian yang dilaksanakan yaitu: pembuatan *mix design*, pembuatan benda uji beton, perawatan beton serta pengujian kuat lentur beton.

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian ini didapatkan dan sudah dipublikasikan oleh pihak lain sebelumnya, lalu digunakan kembali oleh peneliti untuk analisis lebih lanjut, peraturan-peraturan yang berlaku seperti SNI (Standar Nasional Indonesia).

3.3 Rancangan Penelitian

Beton yang akan dibuat pada penelitian ini benda uji balok $60 \times 15 \times 15$ cm. Desain campuran beton menggunakan SNI 7656:2012. Pengujian kuat lentur beton dilakukan setelah beton mencapai umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pengujian kuat tekan maupun kuat lentur beton biasanya dilakukan pada umur 7 hari untuk mengetahui perkembangan awal kekuatan beton dan pada umur 28 hari untuk mengetahui kekuatan rencana atau kekuatan maksimumnya. Hal ini karena peningkatan kekuatan beton antara umur 14 hari hingga 28 hari cenderung berjalan lebih lambat, sehingga pengujian pada umur 21 hari tidak memberikan informasi tambahan yang signifikan.

Tabel 3.1 Jumlah Sampel Benda Uji

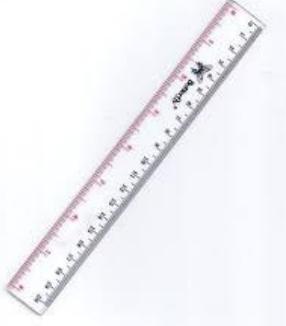
No.	Jenis Beton	Umur Beton (Hari)	Benda Uji	Jumlah
1.	Beton dengan tambahan limbah plastik 0%	7	2	6
		14	2	
		28	2	
2.	Beton dengan tambahan limbah plastik 1%	7	2	6
		14	2	
		28	2	
3.	Beton dengan tambahan limbah plastik 2%	7	2	6
		14	2	
		28	2	
4.	Beton dengan tambahan limbah plastik 3%	7	2	6
		14	2	
		28	2	
5.	Beton dengan tambahan limbah plastik 4%	7	2	6
		14	2	
		28	2	
Total Benda Uji				30

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Tabel 3.2 Alat Penelitian

No.	Alat yang digunakan	Gambar	Fungsi
1.	Timbangan	 A digital electronic scale with a rectangular platform and a vertical column holding a digital display.	Menimbang material dan benda uji.
2.	Saringan agregat halus	 A stack of several circular sieves with fine mesh patterns.	Mengayak agregat halus.
3.	Saringan agregat kasar	 A stack of several circular sieves with larger mesh patterns.	Mengayak agregat kasar.
4.	Bolpoin	 A standard ballpoint pen with a blue barrel and a silver clip.	Sebagai alat bantu dalam penulisan rekapan data.

No.	Alat yang digunakan	Gambar	Fungsi
5.	Buku		Sebagai alat bantu dalam penulisan rekapan data.
6.	Penggaris		Mengukur tinggi dalam pengujian <i>slump test</i> .
7.	<i>Handphone</i>		Untuk mendokumentasikan kegiatan saat pengamatan berlangsung.
8.	Cetakan balok beton		Mencetak benda uji beton berbentuk balok.
9.	<i>Concrete mixer</i>		Mengaduk campuran beton.

No.	Alat yang digunakan	Gambar	Fungsi
10.	Kerucut abrams		Pengujian <i>slump test</i> .
11.	Palu karet		Memadatkan campuran beton pada cetakan.
12.	<i>Hydraulic concrete beam</i>		Mengetahui kekuatan lentur balok beton yang diberi beban terpusat.
13.	Sekop		Mengaduk dan memasukan campuran beton ke dalam cetakan.

No.	Alat yang digunakan	Gambar	Fungsi
14.	Sendok semen		Meratakan dan memasukan campuran beton ke dalam cetakan.

3.4.2 Bahan

Bahan yang diperlukan untuk sampel beton dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Semen



Gambar 3.2 Semen *Portland* Tipe 1

Semen berfungsi sebagai bahan pengikat dan pengisi campuran beton.

Penelitian ini digunakan semen *portland* tipe I.

2. Agregat Kasar



Gambar 3.3 Agregat Kasar

Menurut SNI 03-2834-2000 agregat kasar yaitu kerikil dari hasil desintegrasi alami dari batu atau batu pecah dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm – 40 mm. Pada penelitian ini digunakan ukuran butir 10 mm.

3. Agregat Halus



Gambar 3.4 Agregat Halus

Menurut SNI 03-2834-2000 agregat halus yaitu pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami yang ukuran butir terbesarnya 5,0 mm.

4. Air



Gambar 3.5 Air Bersih

Air bersih yang digunakan berasal dari Laboratorium

5. Limbah Plastik Jenis *Polyethylene Terephthalate (PET)*



Gambar 3.6 Cacahan Limbah Plastik Jenis PET

Limbah plastik jenis PET yang digunakan dalam penelitian ini yaitu botol bekas air mineral yang dicacah.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Analisis Pengujian Bahan Penyusun Beton

Analisis pengujian bahan penyusun beton memiliki tujuan untuk mengetahui karakteristik dan sifat bahan penyusun. Pengujian dilakukan berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia). Analisis berat jenis agregat kasar dan halus dapat dihitung melalui persamaan (2.14) sampai (2.15) sesuai dengan SNI 1969:2016 dan SNI 1970:2016, analisis berat isi dapat dihitung melalui persamaan (2.16) dan (2.17) untuk menghitung kadar rongga udara, analisis kadar air agregat dapat dihitung melalui persamaan (2.18) sesuai dengan SNI 03-1971-2011, dan untuk analisis kadar lumpur dapat dihitung melalui persamaan (2.19) sesuai dengan SNI 04-1989-F.

Tabel 3.3 Metode Pengujian Bahan Penyusun Beton

Pengujian	Metode Pengujian
Analisis saringan	ASTM C136-2012
Berat jenis dan Penyerapan air agregat kasar	SNI 1969:2016
Berat jenis dan Penyerapan air agregat halus	SNI 1970:2016

Pengujian	Metode Pengujian
Kadar air agregat	SNI 03-1971-2011
Kadar lumpur	SNI 04-1989-F
Keausan agregat dengan mesin abrasi	SNI 2417-2008
Los Angeles	

3.5.2 Analisis Desain Campuran Beton (*Mix Design*)

Analisis ini memiliki tujuan agar mendapatkan proporsi dari bahan penyusun beton. Hal ini dilaksanakan untuk mendapatkan proporsi campuran yang memenuhi syarat teknis dan ekonomis. Desain campuran beton yang digunakan pada penelitian ini adalah SNI 7656:2012.

Langkah awal penentuan pemilihan campuran beton normal:

1. Kuat tekan rencana 20 MPa.
2. Nilai tambah (margin) untuk kuat tekan 20 MPa adalah 7 MPa.
3. Kuat lentur rata-rata yang direncanakan adalah

$$f_s = 0,62 \times \sqrt{(20 + 7)} = 3,22 \text{ MPa}$$
4. Pemilihan *slump*: Rentang nilai *slump* dapat dilihat pada Tabel 2.3 Nilai *Slump* yang Dianjurkan untuk Berbagai Pekerjaan Konstruksi menggunakan tipe konstruksi balok dan dinding dengan nilai maksimum 100 dan nilai minimum 25 mm.
5. Pemilihan ukuran besar butir agregat maksimum: Ukuran butir agregat maksimum adalah 19 mm.
6. Perkiraan air pencampur dan kandungan udara: Untuk perkiraan air pencampur dan kandungan udara dapat dilihat pada Tabel 2.4 Perkiraan Air Campuran untuk Nilai *Slump* yang Berbeda dan Ukuran Maksimum Nominal Agregat, dengan data yang telah ditentukan air pencampur dibutuhkan sekitar 205 km/m³ dan kandungan udaranya 2%.
7. Pemilihan rasio air-semen: Untuk pemilihan rasio air-semen dapat dilihat pada Tabel 2.5 Hubungan antara Rasio Air-Semen dan Kekuatan Beton, dengan kekuatan beton 20 MPa dan beton tanpa tambahan udara dilakukan interpolasi yang hasilnya 0,54.

$$X_1 = 0,61, X_2 = 0,54, Y_1 = 25, Y_2 = 30, Y = 27.$$

$$x = \frac{0,54 - 0,16}{30 - 25} \times (27 - 25) + 0,61 = 0,54$$

8. Perhitungan kadar semen: Dihitung dengan perbandingan kadar air dan faktor air-semen didapatkan hasil $352,23 \text{ kg/m}^3$.

$$\text{berat semen} = \frac{205}{0,528} = 352,23$$

9. Perkiraan kadar agregat kasar: Dapat dilihat pada Tabel 2.6 Berat Isi Volume Agregat Kasar Per Satuan Volume Beton dan dilakukan interpolasi lalu hasil yang diperoleh dikalikan dengan berat isi agregat yang hasilnya adalah $913,68 \text{ kg/m}^3$.

$$X_1 = 0,66, X_2 = 0,64, Y_1 = 2,40, Y_2 = 2,60.$$

$$x = \frac{0,64 - 0,66}{2,60 - 2,40} \times (2,52 - 2,40) + 0,66 = 0,648$$

$$\text{Kadar agregat kasar} = 0,648 \times 1410 = 913,68 \text{ kg/m}^3.$$

10. Perkiraan kadar agregat halus dapat ditentukan berdasarkan berat atau volume absolut:

- a. Perkiraan kadar agregat halus berdasarkan berat: Didapatkan dari berat beton segar yang dapat dilihat pada Tabel 2.7 Perkiraan Awal Berat Beton Segar lalu dikurangi dengan kadar air, kadar semen, dan kadar agregat kasar yang hasilnya adalah $874,08 \text{ kg/m}^3$.

$$\text{Kadar agregat halus} = 2345 - 205 - 352,23 - 913,68 = 874,08 \text{ kg/m}^3.$$

- b. Perkiraan kadar agregat halus berdasarkan absolut: Perkiraan udara yang terperangkap adalah 2%, maka volume agregat halus 1 dikurangi total material (kecuali agregat halus) hasilnya $0,302327 \text{ m}^3$.

$$\text{Volume agregat halus} = 1 - (0,205 - 0,11182 - 0,35414 - 0,02) = 0,30904 \text{ m}^3.$$

$$\text{Kadar agregat halus yang dibutuhkan} = 0,30904 \times 2,50 \times 1000 = 794,23 \text{ kg/m}^3.$$

11. Kadar air pada agregat kasar sebesar 4,175% dan pada agregat halus sebesar 3%. Berat (massa) yang dianjurkan penyesuaian terhadap kelembapan yaitu:

$$\text{Agregat kasar (basah)} = 913,68 \times 1,04175 = 951,82 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat halus (basah)} = 874,08 \times 1,03 = 900,30 \text{ kg}$$

Air pada permukaan yang diberikan dari agregat kasar (4,175% - 2,80%) = 1,375% dan pada agregat halus (3% - 2,85%) = 0,15%. Kebutuhan perkiraan air yang ditambahkan yaitu:

$$205 - (913,68 \times 0,01375) - (900,30 \times 0,0015) = 190,56 \text{ kg m}^3.$$

Perkiraan berat campuran untuk 1 m³ beton yaitu:

$$\text{Air} = 190,56 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Semen} = 352,23 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregat kasar} = 951,82 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregat halus} = 900,30 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah} = 2394,93 \text{ kg/m}^3$$

12. Perhitungan volume balok untuk setiap varian persentase yaitu:

$$\text{Volume balok} = 0,60 \times 0,15 \times 0,15 = 0,0135 \text{ m}^3$$

Safety factor 120%

13. Kebutuhan material untuk 1 balok setiap m³:

$$\text{Air} = 190,56 \times 0,0135 \times 1,20 = 3,09 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Semen} = 352,23 \times 0,0135 \times 1,20 = 5,71 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregat kasar} = 951,82 \times 0,0135 \times 1,20 = 15,42 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregat halus} = 900,30 \times 0,135 \times 1,20 = 14,59 \text{ kg/m}^3$$

3.5.3 Analisis Pengujian *Slump*

Analisis pengujian *slump* merupakan cara untuk menentukan konsistensi atau tingkat kualitas campuran beton dengan cara melakukan pengujian *slump* menurut (BSN, 2008) sebagai berikut:

Peralatan yang digunakan yaitu:

1. Cetakan berbentuk kerucut terpancung dengan diameter dasar 203 mm, diameter atas 102 mm, tinggi 305 mm.
2. Tongkat pemedat berdiameter 16 mm dengan panjang 600 mm.
3. Pelat logam dengan permukaan yang kokoh, rata, serta kedap air.
4. Sendok semen.
5. Mistar.

3.5.4 Analisis Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Pembuatan benda uji beton di laboratorium sesuai dengan ketentuan dengan tujuan untuk mendapatkan benda uji di laboratorium yang memenuhi syarat.

Pembuatan dan perawatan benda uji beton menurut (SNI 2493:2011, 2011) sebagai berikut:

Peralatan yang digunakan:

1. Cetakan balok dengan ukuran $60 \times 15 \times 15$ cm
2. Batang penusuk
3. Palu karet
4. Alat penggetar
5. Alat pengambil beton
6. Wadah pengambilan adukan
7. Alat saringan
8. Alat uji untuk kadar udara
9. Timbangan
10. Pengaduk beton

Bahan material penyusun beton seperti agregat halus, agregat kasar, semen, dan air. Cara pembuatan beton yaitu:

1. Masukan agregat dan sebagian air ke dalam *mixer* terlebih dahulu sebelum pengadukan dimulai. Nyalakan mesin, lalu tambahkan agregat halus, semen, dan sisa air saat *mixer* berjalan. Jika tidak memungkinkan saat mesin menyala, matikan terlebih dahulu. Setelah semua bahan

masuk, aduk selama 3 menit, istirahat 3 menit, lalu aduk lagi selama 2 menit hingga merata. Untuk mencegah segregasi, tutup mixer saat berhenti dan bersihkan sisa adukan. Gunakan sekop untuk mengaduk kembali hingga merata.

2. Ambil bagian campuran beton yang akan digunakan sebagai sampel uji dengan proporsi yang mewakili kondisi sebenarnya. Jika tidak langsung digunakan, tutup kembali untuk mencegah penguapan.
3. Ukur nilai *slump* dari setiap campuran beton.
4. Jika nilai *slump* sesuai dengan standar, aduk kembali beton segar dalam wadah menggunakan sekop agar tidak terjadi segregasi.
5. Pemadatan bisa dilakukan dengan penusukan atau getaran dari dalam atau luar tergantung nilai *slump*: *slump* > 75 mm: cukup ditusuk, *slump* 25-75 mm: bisa ditusuk atau digetar, *slump* < 25 mm: harus digetar.
6. Tutup benda uji menggunakan material kedap air dan tidak menyerap seperti plastik kuat atau goni basah untuk mencegah penguapan air dari beton segar.
7. Lepaskan benda uji dari cetakan setelah 24 ± 8 jam.
8. Rendam benda uji setelah dilepaskan dari cetakan hingga pengujian kuat lentur dilakukan. Gunakan air bersuhu $23 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$. perawatan bisa dilakukan dengan merendam dalam air kapur jenuh atau menyimpan di ruangan lembab. Hindari tetesan air atau aliran air langsung mengenai benda uji.

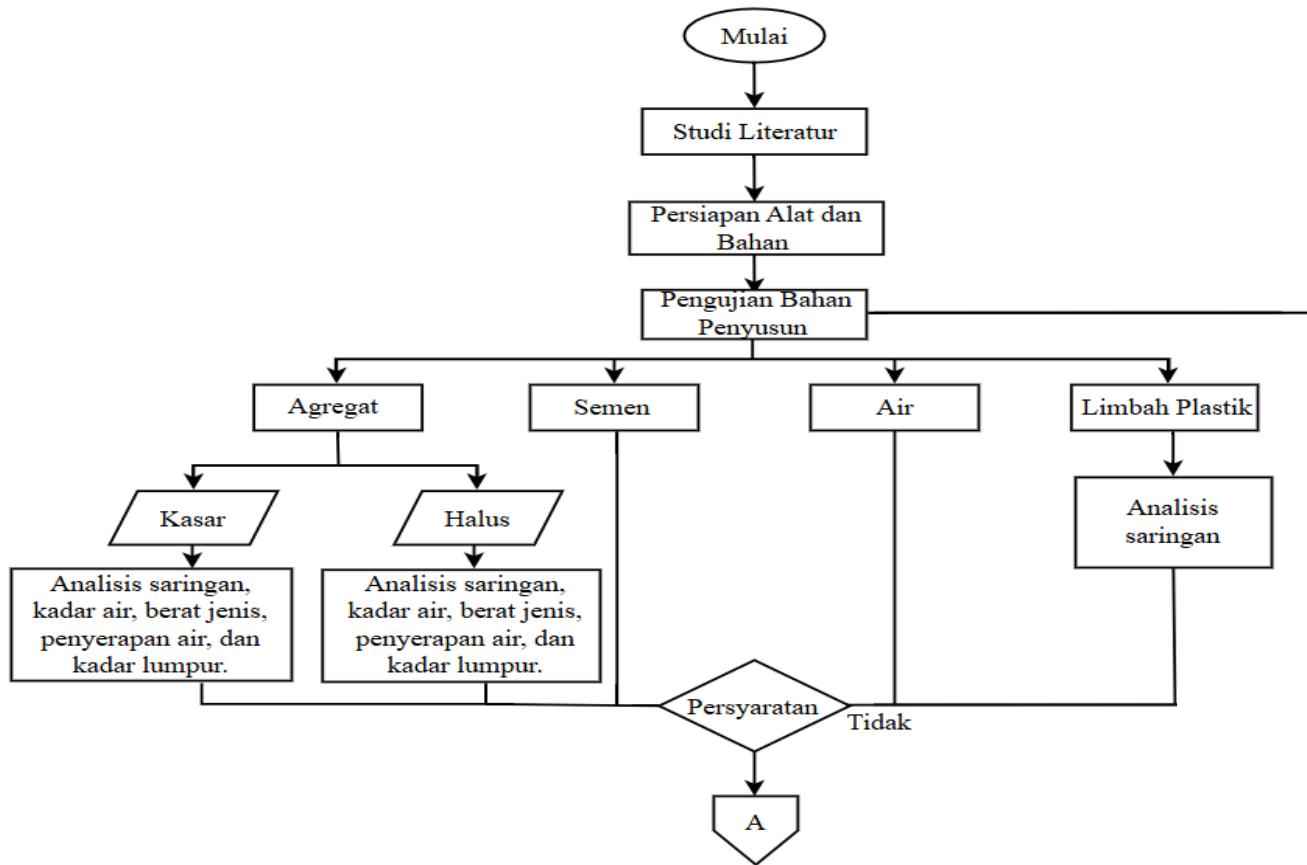
3.5.5 Analisis Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur beton dilaksanakan dengan dua titik pembebanan dan menggunakan Persamaan (2.20). Pengujian ini untuk mengukur kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan pada benda uji, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam (MPa) gaya tiap satuan luas.

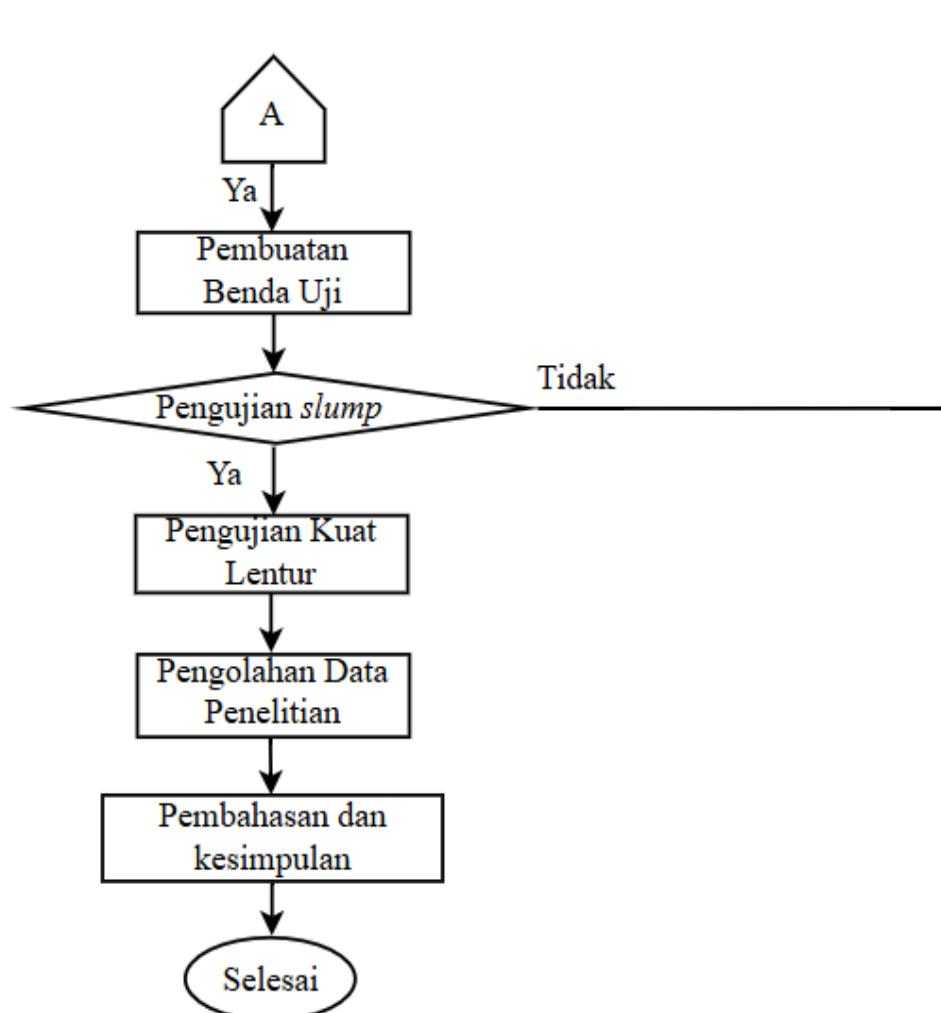
Langkah-langkah pengujian kuat lentur beton dengan dua titik pembebanan sesuai SNI 03-4431-2011 (BSN, 2011):

1. Ukur dan catat dimensi penampang (lebar dan tinggi).

2. Ukur dan catat panjang benda uji di keempat rusuknya.
3. Buat garis penanda untuk titik perletakan, titik pembebahan, dan titik 5% di luar perletakan (untuk identifikasi area patah).
4. Tempatkan benda uji pada tumpuan dengan posisi yang tepat.
5. Pasangkan perletakan dan pembebahan dengan jarak sesuai ketentuan (3 kali jarak titik pembebahan).
6. Tempatkan benda uji di atas tumpuan dengan tanda berada pada posisi tepat.
7. Atur kecepatan pembebahan sebesar $8-10 \text{ kg/cm}^2$ per menit.
8. Kurangi kecepatan saat mendekati pata untuk menghindari kejutan.
9. Hentikan pembebahan saat benda uji patah.
10. Catat beban maksimum saat benda uji patah.



Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian Lanjutan