

## **BAB IV METODOLOGI PENELITIAN**

### **4.1 UMUM**

Metodologi penelitian adalah adalah suatu rangkaian pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban dari pokok permasalahan, dengan cara mengambil, menganalisis, dan mengidentifikasi variabel yang diteliti. Metodologi penelitian bertujuan untuk merencanakan langkah-langkah kerja suatu penelitian mulai dari penenalan masalah, pengumpulan data, pembuatan benda uji, pengujian, analisis data sampai sampai mendapatkan hasil dari analisis data serta kesimpulan dan saran.

### **4.2 BAHAN DAN BENDA UJI**

#### **4.2.1 Bahan**

Bahan-bahan yang perlu dipersiapkan untuk pembuatan benda uji penelitian adalah sebagai berikut.

1. Semen *Portland*

Bahan pengikat yang digunakan adalah semen Tiga Roda dalam kemasan 40 kg/sak. Pengamatan keadaan fisik berupa keutuhan kemasan semen dan kehalusan butir semen (butiran berwarna abu-abu, halus, dan tidak menggumpal)

2. Agregat

Agregat dibagi menjadi dua jenis yaitu agregat halus dan kasar. Agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Merapi. Agregat halus berupa pasir yang lolos saringan 4,8 mm dan agregat kasar berupa batu pecah dengan ukuran maksimum 40 mm.

3. Baja tulangan

Baja tulangan yang digunakan untuk pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah baja tulangan polos (BJTP). Diameter baja tulangan yang

digunakan untuk pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah diameter 8 mm, 10 mm dan 12 mm.

4. Air

Air yang digunakan dalam pembuatan benda uji untuk penelitian ini harus memiliki kriteria secara visual tampak jernih, tidak berbau, dan tidak berwarna. Air yang digunakan pada pembuatan benda uji ini diambil dari instalasi air yang ada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Program Studi Teknik Sipil FTSP UII.

5. Kawat ikat

Kawat ikat ini digunakan untuk mengikat batang-batang baja tulangan agar posisi dari batang-batang baja tulangan setelah pengecoran tetap seperti sebelum pengecoran.

6. *Glass Fibre Reinforced Polymer (GFRP)* tipe *Tyfo SEH-51A*

*Tyfo SEH-51A* terdiri dari serat material kaca berorientasi dalam arah  $0^\circ$  dengan penambahan serat kaca yang berwarna kuning yang berorientasi dalam arah  $90^\circ$  dan tegak lurus serat kaca. Kegunaan *Tyfo SEH-51A* dikombinasikan dengan bahan *epoxy* untuk meningkatkan kekuatan dan daktilitas dari jembatan, bangunan dan struktur lainnya.

Keuntungan *Tyfo SEH-51A* yaitu.

- a. memiliki masa pakai yang lama,
- b. gulungan *GFRP* dapat dipotong sesuai kebutuhan sebelum dikirimkan,
- c. 100% bebas bahan pelarut, dan
- d. ramah lingkungan.

Data *Tyfo SEH-51A* dapat dilihat pada Table 4.1, sedangkan data campuran *Tyfo SEH-51A* dan *Tyfo S* dapat dilihat pada Table 4.2.

Tabel 4.1 *Typical dry fiber properties*

TYPICAL DRY FIBER PROPERTIES	
Tensile Strength	470,000 psi (3.24 GPa)
Tensile Modulus	10.5 x 10 <sup>6</sup> psi (72.4 GPa)
Ultimate Elongation	4.5%
Density	0.092 lbs./in. <sup>3</sup> (2.55 g/cm <sup>3</sup> )
Minimum weight per sq. yd.	27 oz. (915 g/m <sup>2</sup> )

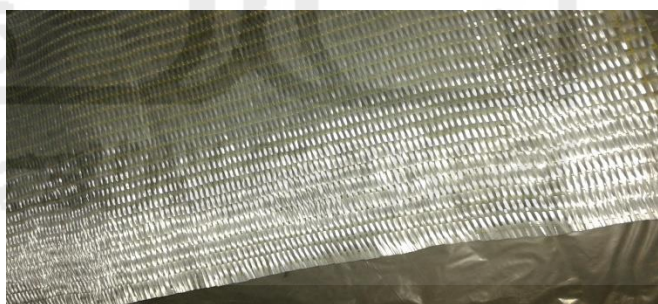
(Sumber : Fyfe Co.LLC, San Diego)

Tabel 4.2 *Composite gross laminate properties*

COMPOSITE GROSS LAMINATE PROPERTIES			
PROPERTY	ASTM METHOD	TYPICAL TEST VALUE	DESIGN VALUE*
Ultimate tensile strength in primary fiber direction, psi	D3039	83,400 psi (575 MPa) (4.17 kip/in. width)	66,720 psi (460 MPa) (3.3 kip/in. width)
Elongation at break	D3039	2.2%	1.76%
Tensile Modulus, psi	D3039	3.79 x 10 <sup>6</sup> psi (26.1 GPa)	3.03 x 10 <sup>6</sup> psi (20.9 GPa)
Ultimate tensile strength 90 degrees to primary fiber, psi	D3039	3,750 psi (25.8 MPa)	3,000 psi (20.7 MPa)
Nominal Laminate Thickness		0.05 in. (1.3mm)	0.05 in. (1.3mm)

\* Gross laminate design properties based on ACI 440 suggested guidelines will vary slightly. Contact Fyfe Co. LLC engineers to confirm project specification values and design methodology.

(Sumber : Fyfe Co.LLC, San Diego)

Gambar 4.1 *GFRP Tyfo SEH-51A*

## 7. Perekat *Epoxy Tyfo S*

*Epoxy* adalah perekat yang berfungsi merekatkan *GFRP* dengan bahan lain seperti beton, baja, pipa dan lain-lain. Jenis *epoxy* yang digunakan adalah *Tyfo S* untuk kondisi kering. *Tyfo S* ada 2 komponen yaitu komponen A (kental) dan komponen B (cair), perbandingan *Tyfo S* komponen A dan B

adalah 1000 ml untuk komponen A dan 420 ml untuk komponen B. Data *Tyfo S* dapat dilihat pada Table 4.3.

Tabel 4.3 *Epoxy material properties*

EPOXY MATERIAL PROPERTIES		
Curing Schedule 72 hours post cure at 140° F (60° C).		
PROPERTY	ASTM METHOD	TYPICAL TEST VALUE*
Tensile Strength <sup>1</sup> , psi	D638 Type 1	10,500 psi (72.4 MPa)
Tensile Modulus, psi	D638 Type 1	461,000 psi (3.18 GPa)
Elongation Percent	D638 Type 1	5.0%
Flexural Strength, psi	D790	17,900 psi (123.4 MPa)
Flexural Modulus, psi	D790	452,000 psi (3.12 GPa)
T <sub>g</sub>	D4065	180° F (82° C)

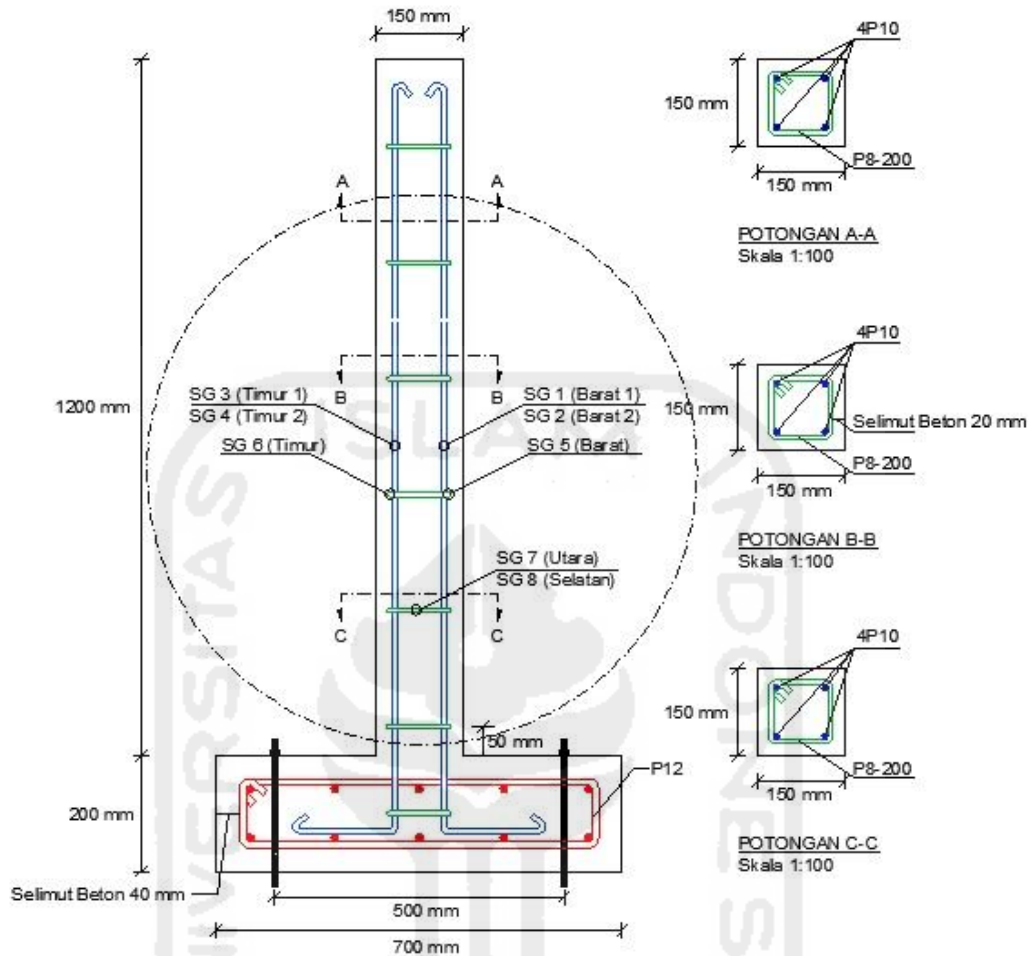
(Sumber : Fyfe Co.LLC, San Diego)



Gambar 4.2 *Epoxy Tyfo S*

#### 4.2.2 Benda Uji

Benda uji dalam penelitian ini adalah kolom beton bertulang dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 120 cm. Benda uji kolom diberi tulangan longitudinal 4P10 dan sengkang pada daerah tumpuan P8-200 dan pada daerah lapangan P8-200. Benda uji dibuat sebanyak 3 buah yaitu 1 kolom tidak diberi perkuatan *GFRP* sebagai kolom standar sedangkan 2 kolom diberi perkuatan *GFRP*.



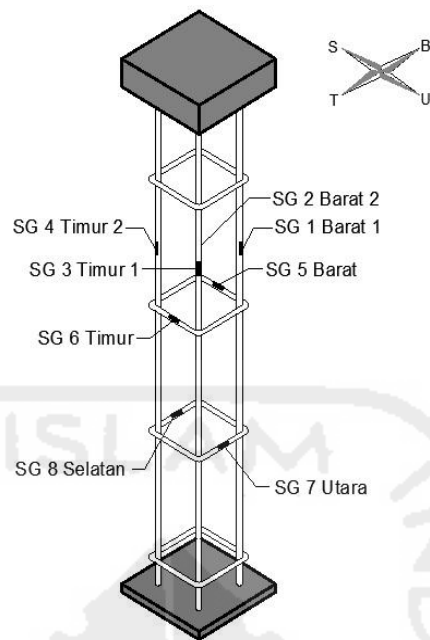
Gambar 4.3 Detail benda uji kolom beton bertulang dan posisi *strain gauge*

Benda uji dalam penelitian ini diberi nama KS (Kolom Standar) yaitu kolom yang belum diberi *GFRP* dan KG (Kolom *Glass*) yaitu kolom yang telah diberi *GFRP*.

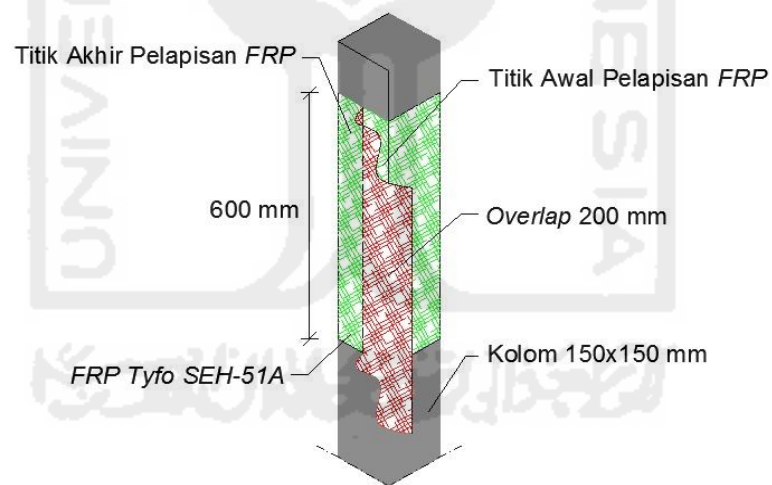
Tabel 4.4 Rekapitulasi benda uji

Nama Benda Uji	Ukuran (cm)	Jumlah Lapis <i>GFRP</i>
KS	15 cm x 15 cm x 120 cm	
KG 1	15 cm x 15 cm x 120 cm	1 lapis
KG 2	15 cm x 15 cm x 120 cm	1 lapis

Posisi perletakan *strain gauge* dan *GFRP* pada benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.4 sampai Gambar 4.5.



Gambar 4.4 Detail Pemasangan Posisi *Strain Gauge* Pada Baja Tulangan



Gambar 4.5 Detail Pelapisan *GFRP*

### 4.3 PERALATAN PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan sebagai sarana mencapai tujuan penelitian. Peralatan-peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mistar dan Kaliper

Mistar berfungsi untuk mengukur dimensi cetakan pada benda uji, dapat dilihat pada Gambar 4.6. Sedangkan kaliper berfungsi untuk pengukuran tulangan ataupun benda lainnya yang membutuhkan ketelitian lebih tinggi, dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Mistar



Gambar 4.7 Kaliper

## 2. Mesin pengaduk campuran beton

Mesin pengadukan campuran beton atau *mixer* atau biasa juga disebut dengan molen berfungsi untuk mencampur material penyusun beton, dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Mesin pengaduk campuran beton



3. Cetakan silinder beton

Cetakan silinder beton berfungsi untuk mencetak benda uji silinder beton, dengan tinggi 300 mm dan diameter 150 mm, dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Cetakan silinder beton

4. Cetakan kolom

Cetakan kolom berfungsi untuk mencetak kolom agar memiliki dimensi yang tepat dan sesuai dengan perencanaan dan mendapat permukaan yang rata. Cetakan kolom dapat dibuat dari kayu dan *multiplex* yang dirangkai sedemikian rupa agar mampu menampung beton segar dan memiliki permukaan yang rata.

5. Timbangan

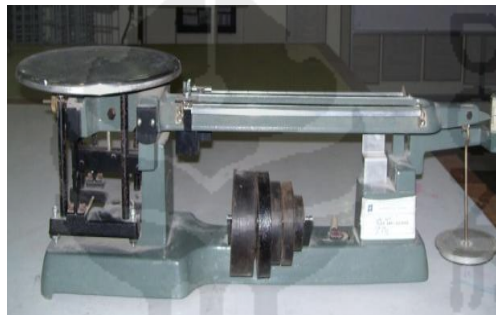
Timbangan berfungsi untuk mengukur berat material bahan penyusun beton, dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan 4.11. Dalam penelitian ini menggunakan dua jenis timbangan, yaitu sebagai berikut.

- a. Timbangan dengan merk “FAGANI” dengan kapasitas 100 kg.
- b. Timbangan dengan merk “OHAUS” dengan kapasitas 20 kg





Gambar 4.10 Timbangan kapasitas 100 kg



Gambar 4.11 Timbangan kapasitas 20 kg

6. Kerucut Abrams, tongkat baja, talam, dan cetok

Kerucut Abrams dengan diameter lubang atas 100 mm, diameter lubang bawah 200 mm, dan tingginya 300 mm. digunakan pada saat pengujian *slump*. Tongkat baja digunakan untuk memadatkan campuran adukan beton, dengan ujungnya dibulatkan, diameter dari tongkat baja adalah 16 mm dan panjangnya 600 mm. Talam baja adalah tempat adukan beton yang tidak menyerap air. Berfungsi sebagai tempat pengujian *slump* dan tempat untuk menampung adukan beton dari mesin adukan beton. Cetok berfungsi untuk memasukan benda uji kedalam kerucut Abrams dan cetakan benda uji. Semua alat-alat tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 *Slump test set*

7. Saringan

Saringan berfungsi untuk memisah material berdasarkan gradasinya. Saringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah saringan no 200 untuk pasir dan saringan 20 mm untuk kerikil atau batu pecah.

8. Mesin uji desak

Mesin uji desak yang digunakan dalam penelitian ini bertipe ADR 3000 dengan kapasitas 3000 kN, seperti yang terlihat pada Gambar 4.13. Mesin uji desak beton ini berfungsi untuk mengetahui kuat desak silinder beton yang telah dibuat.



Gambar 4.13 Mesin uji desak tipe ADR 3000

9. Mesin uji tarik baja tulangan

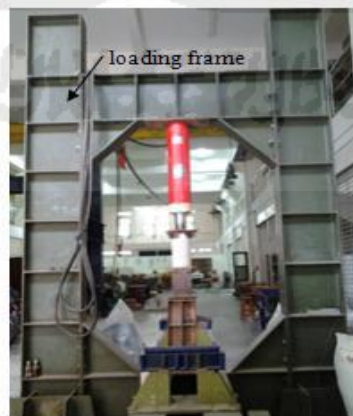
Mesin uji tarik baja tulangan yang digunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan merk Shimasu tipe UMH dengan kapasitas 30 ton, seperti yang terlihat pada Gambar 4.14. Mesin uji tarik baja tulangan ini berfungsi untuk menguji kekuatan leleh baja tulangan dan kuat tarik maksimum dari baja tulangan yang akan digunakan.



Gambar 4.14 Mesin uji tarik Shimasu tipe UMH 30

10. *Loading frame*

*Loading frame* berfungsi untuk menempatkan benda uji kolom pada saat akan diuji, seperti yang terlihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 *Loading frame*

### 11. *Hydraulic pump*

*Hydraulic pump* merupakan pompa hidrolik yang berfungsi untuk memberikan beban pada pengujian benda uji balok. *Hydraulic pump* memiliki kapasitas maksimum sebesar 100 ton. *Hydraulic pump* dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 *Hydraulic pump*

### 12. *Data logger*

*Data logger* adalah mesin pembaca yang sekaligus menampilkan data dari pengujian yang berlangsung, dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 *Data logger*

### 13. *Strain gauge*

*Strain Gauge* merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi regangan yang terjadi pada benda uji. Pada penelitian kali ini *strain gauge* dipasang pada daerah desak beton dan pada daerah tarik pada baja tulangan. Prinsip kerja dari *strain gauge* ini adalah dengan memanfaatkan regangan yang terjadi pada kawat *strain gauge*. *Strain gauge* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.18 dibawah ini.



Gambar 4.18 *Strain gauge*

### 14. *Linier Variabel Differential Transformer (LVDT)*

LVDT dapat dilihat pada Gambar 4.19, LVDT adalah sensor yang daya kerjanya mirip dengan *dial gauge*, namun sudah beroperasi lebih modern. Data yang dihasilkan langsung terbaca pada *data logger*.



Gambar 4.19 LVDT

15. *Load cell*

*Load cell* dapat membaca beban yang diberikan pada benda uji yang besarnya langsung terbaca pada *data logger*, seperti yang terlihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 *Load cell*

16. Komputer

Komputer berfungsi untuk mengolah data dan menyimpan data yang terbaca oleh *data logger*. Komputer yang digunakan harus memiliki spesifikasi yang baik demi kelancaran penelitian. Komputer yang digunakan seperti yang terlihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Komputer

## **4.4 PERSIAPAN BENDA UJI**

### **4.4.1 Pemeriksaan Material Yang Digunakan**

Pemeriksaan material perlu dilakukan untuk mengetahui material yang digunakan memenuhi persyaratan sesuai standar yang digunakan atau tidak. Apabila ada material yang tidak memenuhi persyaratan maka dilakukan penggantian material. Pemeriksaan yang dilakukan meliputi pengujian berat jenis agregat halus, analisa saringan pada agregat halus, pengujian kandungan lumpur pada agregat halus, dan pengujian berat volume agregat.

### **4.4.2 Perencanaan Campuran Beton**

Langkah-langkah perhitungan menurut metode SNI 03-2834-2000 adalah sebagai berikut.

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan  $f'_c$  pada umur tertentu.
2. Menghitung deviasi standar yang tergantung pada volume pembetonan yang akan dibuat dan mutu pekerjaan.
3. Menghitung nilai tambah.
4. Menghitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan.
5. Menentukan jenis semen.
6. Menentukan jenis agregat halus dan agregat kasar.
7. Menghitung faktor air semen
8. Menentukan faktor air semen maksimum.
9. Menentukan slump.
10. Menentukan ukuran agregat maksimum.
11. Menentukan nilai kadar air bebas. Sehingga jumlah air yang diperlukan dapat dihitung menggunakan rumus berikut :  $\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$ .
12. Menghitung jumlah semen yang besarnya adalah kadar air bebas dibagi faktor air semen.
13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
14. Menentukan jumlah semen semimumimum mungkin.



15. Menentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan, maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Menentukan susunan butir agregat halus.
17. Menentukan susunan agregat kasar.
18. Menentukan presentase pasir dengan perhitungan. Dengan diketahui ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10. Slump menurut butir 9, faktor air semen menurut butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah presentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik. Jumlah ini adalah jumlah seluruhnya dari pasir atau fraksi agregat yang lebih halus dari 5 mm.
19. Hitung berat jenis relatif agregat.
20. Menentukan berat isi beton.
21. Menghitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.
22. Menghitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21.
23. Menghitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi kadar agregat halus butir 22
24. Dari langkah-langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1 m<sup>3</sup> beton
25. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan
26. Menentukan volume campuran uji
27. Menambahkan proporsi campuran dengan angka penyusutan. Angka penyusutan campuran sekitar 10% - 20%.

#### **4.4.3 Pembuatan Benda Uji Silinder**

Pembuatan benda uji silinder dibuat setelah diperoleh hasil pengujian bahan material dan komposisi campuran beton. Adapun tahapan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut.

1. Kondisikan agregat halus/pasir dan agregat kasar/kerikil/split dalam keadaan SSD (*Saturated Surface Dry*).

2. Timbang setiap bahan sesuai perhitungan, serta tambahkan 10-20% setiap bahan untuk mengantisipasi kekurangan.
3. Campurkan bahan pembentuk beton sedikit demi sedikit, kemudian air dan seterusnya.
4. Setelah campuran homogen, tuang adukan ke talam dan segera uji slump.
5. Apabila nilai slump telah sesuai rencana, langsung masukkan adukan beton kedalam cetakan yang telah disiapkan. Setiap 1/3 bagian tinggi cetakan campuran beton ditusuk-tusuk 25 kali sampai penuh. Pemadatan dapat juga dilakukan dengan menggunakan vibrator. Pemadatan ini dimaksudkan agar beton menjadi padat, tanpa rongga-rongga baik didalam maupun diluar permukaan beton.
6. Ratakan permukaan beton dengan cetok atau alat perantara lain.
7. Timbang cetak beton + cetakan dalam kondisi basah.
8. Tunggu selama 1 jam awal, kemudian ambil air yang dikeluarkan dari beton (air yang tidak bereaksi dengan semen) dengan menggunakan pipet, peristiwa ini disebut bleeding.
9. catat dan sertakan dalam laporan jumlah air (milimeter/cc) yang keluar tersebut.
10. Setelah 24 jam, buka cetakan dan beri tanda/kode agar tidak tertukar.
11. Rawat benda uji dengan cara di rendam dalam air.
12. Keringkan benda uji, dengan cara 24 jam sebelum pengujian di keluarkan dari rendaman.

#### **4.4.4 Pengujian Kuat Tekan Silinder Beton**

Pengujian kuat tekan silinder beton dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, dengan umur silinder beton 7 hari.

#### 4.4.5 Pengujian Kuat Tarik Baja

Pengujian kuat tarik baja tulangan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Data yang digunakan adalah beban maksimum, beban patah dan beban leleh awal.

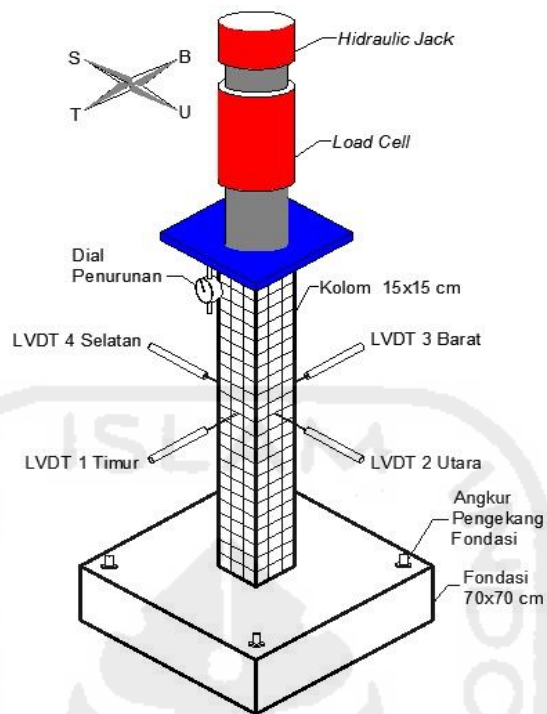
#### 4.4.6 Pembuatan Benda Uji Kolom

Pembuatan benda uji kolom beton bertulang dibuat setelah diperoleh hasil komposisi campuran beton dan hasil kuat tarik baja. Adapun tahapan pembuatan benda uji adalah:

1. buat bekisting dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 120 cm sebanyak 3 buah,
2. rakit tulangan sesuai dengan perencanaan kemudian memasang *strain gauge* pada tulangan, pemasangan *strain gauge* dilakukan pada tulangan longitudinal dan sengkang dengan perekat khusus untuk *strain gauge*,
3. masukkan campuran beton kedalam cetakan sampai penuh dan rata,
4. lakukan pemadatan dengan tongkat besi dan palu karet. Pemadatan ini dimaksudkan agar beton menjadi padat, tanpa rongga-rongga baik di dalam maupun dilur permukaan beton,
5. setelah 24 jam buka cetakan dengan hati-hati dan beri tanda/kode agar tidak tertukar dengan benda uji lain,
6. rawat benda uji dengan cara ditutup dengan kain basah atau dengan cara disiram air selama umur perawatan, dan
7. keringkan benda uji 24 jam sebelum pengujian.

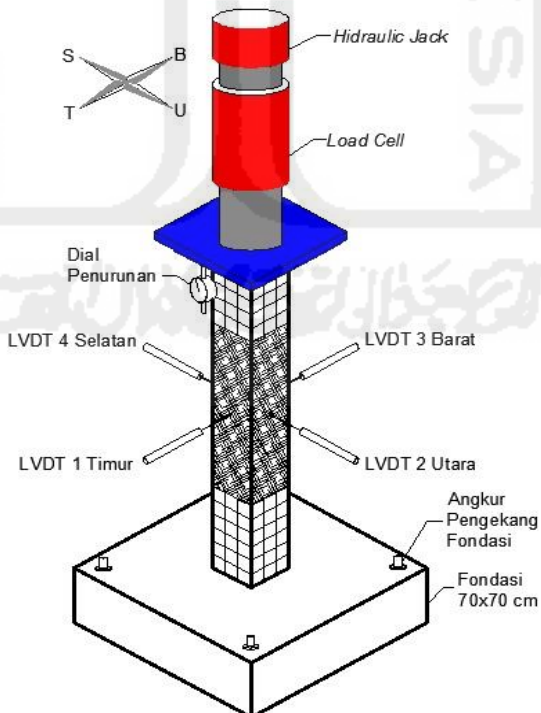
#### 4.4.7 Persiapan Benda Uji

Untuk pengujian kuat tekan masing-masing benda uji kolom dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 120 cm. Benda uji kolom diberi tulangan longitudinal 4P10 dan sengkang P8-200. Posisi benda uji adalah vertikal, instalasi dan kalibrasi sensor-sensor yang digunakan pada mesin pembaca *data logger*, letakan *load cell* dan *hydraulic pump* pada posisinya. Persiapan benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.22 dan Gambar 4.23.



Gambar 4.22 Persiapan benda uji dan pemasangan LVDT pada kolom tanpa

*GFRP*



Gambar 4.23 Persiapan benda uji dan pemasangan LVDT pada kolom dengan

*GFRP*

#### 4.4.8 Persiapan Program MG Assistant

Persiapan pengujian didampingi oleh tenaga ahli laboratorium dan pembimbing penelitian dengan sebelumnya menyelesaikan tahap akhir persiapan pengujian. Berikut ini adalah tahapan akhir persiapan pengujian.

1. Menjalankan program “MGC assistant” dengan bantuan PC, program berjalan di *operating system windows*.
2. Konektivitas *data logger* dengan program dijalankan dengan meng-aktifkan *USB ports* yang ada pada *data logger* dikoneksikan dengan *USB ports* yang ada dalam PC.
3. Mulai menjalankan program “MGC assistant”, secara otomatis program akan mendeteksi keberadaan sensor yang aktif pada *data logger*.
4. Instalasi dan kalibrasi sensor dalam program MGC assistant lebih mudah karena mengadopsi sistem dari *data logger* yang sudah dilaksanakan sebelum koneksi dilakukan.
5. Kalibrasi dapat dilakukan dalam program MGC Assistant dengan merubah besaran dalam kolom *calibration sheet*.
6. Mengatur banyaknya data output yang akan dibaca.
7. Mengatur interfal pembacaan, misal 1/100 detik .
8. Setelah kalibrasi selesai, meng-aktifkan tombol *play*.

#### 4.4.9 Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian didampingi oleh tenaga ahli laboratorium dan pembimbing penelitian. Berikut adalah tahapan pelaksanaan pengujian.

1. *Hydraulic pump* mulai dipompakan bersamaan dengan menjalankan program MGC Assistant.
2. Benda uji diberi pembebanan sampai mengalami keruntuhan (*failure condition*), kemudian pembebanan dihentikan dan direkam melalui program MGC Assistant.
3. Selama berlangsungnya pengujian, dilakukan pembacaan pengamatan serta penggambaran pola retak yang terjadi secara manual.

#### 4.5 DATA PENGUJIAN

Data yang diperoleh berupa hasil rekaman dari program MGC assistant berupa file dengan format DAT yang dapat dibaca menggunakan MS Excel. Data ini diperoleh dari sensor pada alat *data logger*, data pada file tersebut berupa nilai dari hasil perubahan yang terjadi pada benda uji akibat pembebanan yang diberikan. Data yang diperoleh dari hasil penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5 Data pengujian kolom beton bertulang

No	Sensor	Data	Satuan
MGC Assistant			
1	<i>Time</i>	Waktu	detik
2	<i>Load cell</i>	Beban	kN
3	LVDT	Lendutan	mm
4	<i>Strain gauge</i>	Regangan	$\mu\text{m/m}$
Manual			
5	<i>Dial gauge</i>	Lendutan	0,01 mm
6	Visual	Pola dan panjang keretakan	kN, mm

#### 4.6 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS

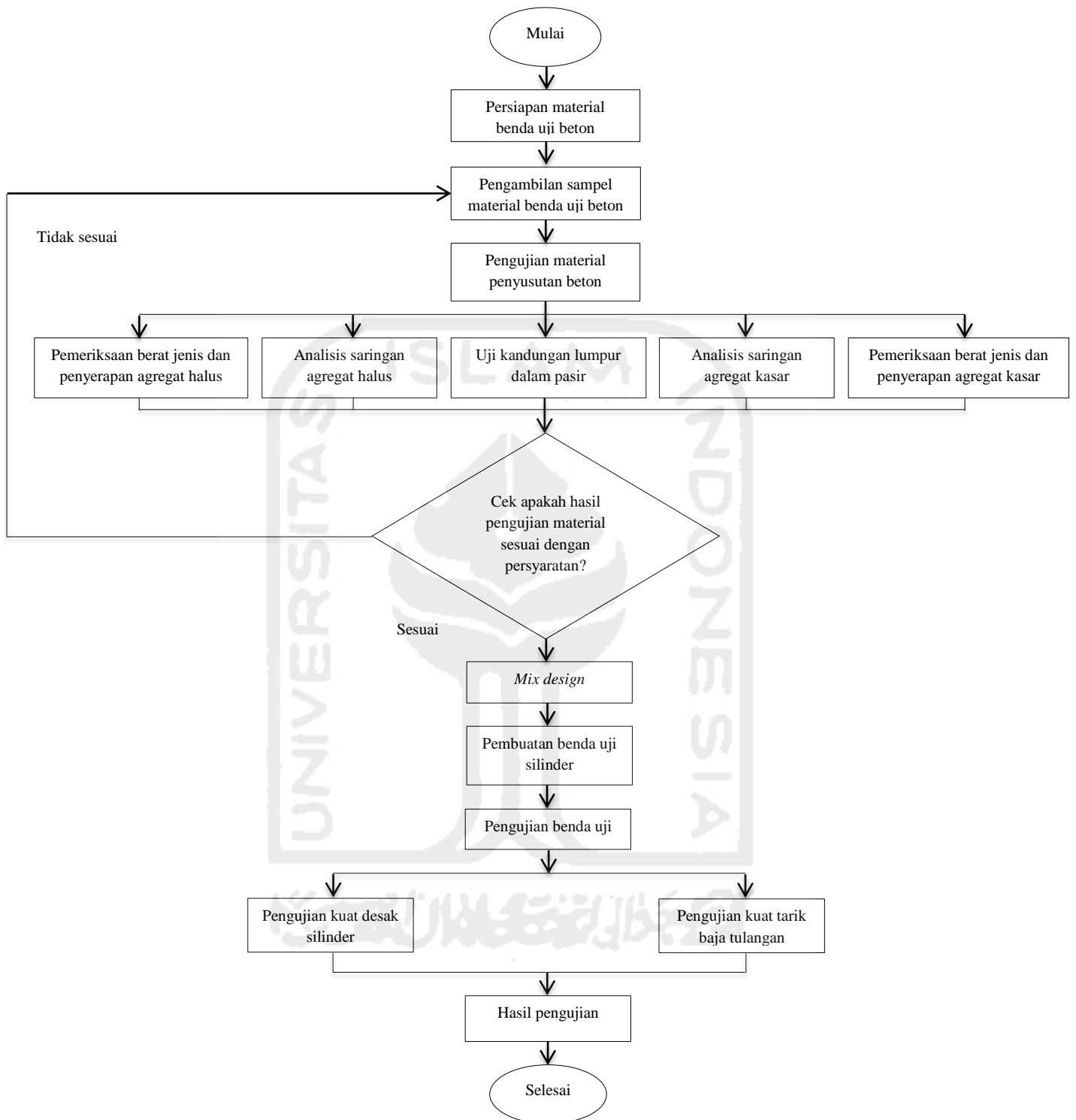
Data yang diperoleh dari hasil pengujian kolom beton bertulang dapat diolah menggunakan MS Excel. Data diolah dan dianalisis untuk mendapatkan hasil akhir dari penelitian. Pengolahan data ini diuraikan sebagai berikut.

1. Hubungan beban dan lendutan.
2. Hubungan tegangan regangan beton.
3. Hubungan tegangan regangan baja tulangan.
4. Pola keretakan dan kerusakan kolom beton bertulang.

Dari hasil pengolahan ini dapat dilakukan analisis pengujian, Pembahasan dan menarik kesimpulan.

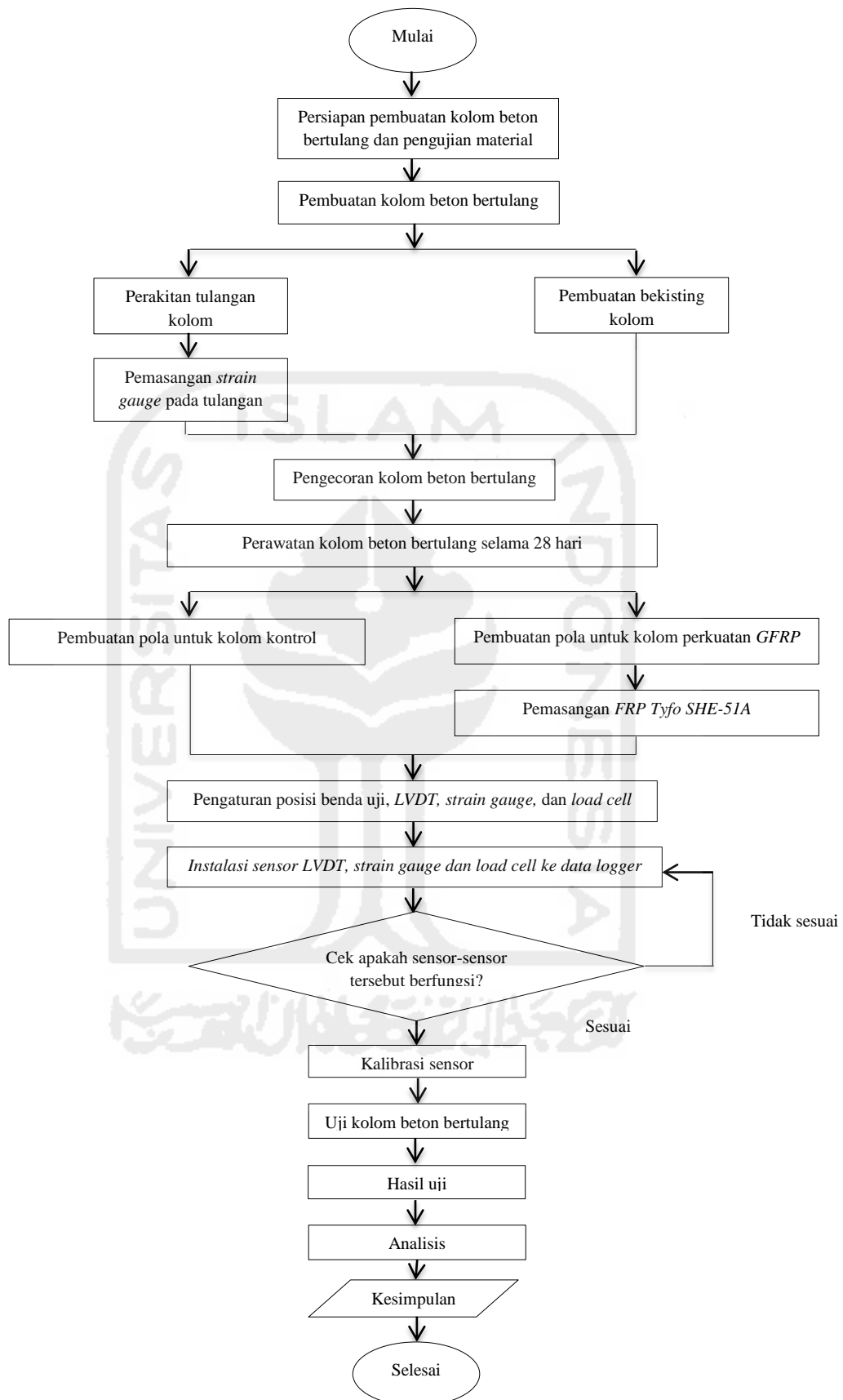
#### 4.7 BAGAN ALIR

Untuk lebih memudahkan memahami tahapan pengujian ini. Maka dapat dilihat pada bagan alir proses pengujian pada Gambar 4.24.

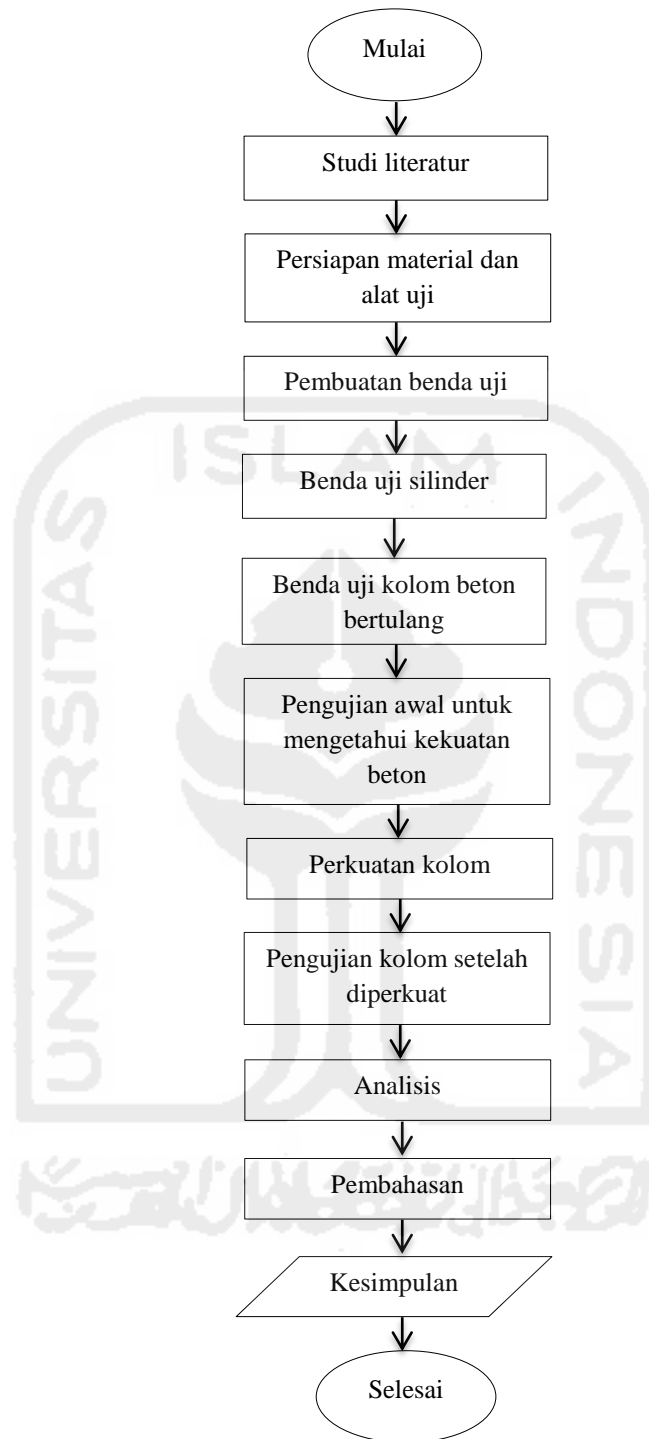


Gambar 4.24 Bagan alir pengujian material





Gambar 4.25 Bagan alir pembuatan dan pengujian kolom



Gambar 4.26 Bagan alir pengerjaan tugas akhir