

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 UMUM

Penelitian dan uji sampel dilakukan di Laboraturium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) serta di Laboratorium Struktur dan Mekanika Rekayasa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) Universitas Islam Indonesia.

4.2 BAHAN DAN MATERIAL PENELITIAN

Bahan dan material diperoleh di kawasan Yogyakarta. Berikut bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Semen Portland

Semen portland sebagai bahan pengikat digunakan merk Gresik dalam kemasan 40 kg/zak.

2. Air

Air yang digunakan dalam pembuatan model dan sample benda uji berasal dari laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Sipil UII.

3. Agregat Halus

Agregat halus berupa pasir yaitu lolos saringan ϕ 4,8 yang berasal dari Sungai Gendol.

4. Agregat Kasar

Agregat kasar berupa batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm yang berasal dari Clereng,

5. Baja Tulangan

Baja tulangan yang digunakan dalam membentuk rangka beton bertulangan pracetak adalah tulangan polos berdiameter 8 mm dan 6 mm. Tulangan diameter 8 mm sebagai tulangan utama kolom dan balok praktis serta sebagai tulangan diagonal. Tulangan berdiameter 6 mm sebagai tulangan geser, ankur dari dinding ke kolom dan digunakan sebagai variasi material dinding pengisi. Sebelum digunakan baja tulangan diuji

kuat tarik sesuai standar ASTM E 8M-86a di laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Teknik Sipil UII.

6. Batako

Dalam penelitian ini digunakan batako adalah produk dari BATAKO UII dengan ukuran batako 360 x 200 x 100 mm (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Detail batako

7. Bata Merah

Pada penelitian ini menggunakan bata merah pejal untuk pasangan dinding sesuai dengan SNI 15-2094-2000 (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Detail bata merah

4.3 PERALATAN PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa peralatan yang ada di laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, yaitu :

1. Mixer/pengaduk beton, berfungsi untuk mencampur dan membuat adonan beton. Mixer beton yang digunakan berkapasitas 0,6 m³ (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Mixer

2. Cetak silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Cetakan silinder beton digunakan untuk membuat benda uji kuat tekan beton (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Cetakan silinder beton

3. Kerucut *Abram* berfungsi sebagai cetakan adonan beton untuk mengetahui keenceran adonan beton dengan mengetahui nilai *slump* yang terjadi (Gambar 4.5).



Gambar 4.5 Kerucut *Abram*

4. *Vibrator* sebagai alat penggetar adukan beton yang telah dihamparkan ke cetakan agar beton yang dihasilkan padat dan mengurangi rongga udara didalam beton (Gambar 4.6).



Gambar 4.6 *Vibrator*

5. Timbangan dengan merk “OHAUS” dengan kapasitas 20 kg (Gambar 4.7).



Gambar 4.7 Timbangan OHAUS

6. Timbangan dengan merk “FAGANI” dengan kapasitas 100 kg (Gambar 4.8).



Gambar 4.8 Timbangan FAGANI

7. Ember, sekop, cetok, ayakan, palu, tang, catut, dan berbagai peralatan lainnya (Gambar 4.9).



Gambar 4.9 Peralatan penunjang penelitian

8. Kaliper digunakan untuk mengukur dimensi dari benda baik itu benda uji silinder beton maupun tulangan baja sebelum dilakukan pengujian kuat tekan beton dan uji tarik baja (Gambar 4.10).



Gambar 4.10 Kaliper

9. *Universal Testing Machine (UTM)*, *Shimatsu type UMH 30* dengan kapasitas 30 ton, digunakan untuk berbagai macam pengujian seperti kuat tekan batako, uji tarik baja, serta uji kuat tekan mortar (Gambar 4.11).



Gambar 4.11 Mesin *shimatshu* type *UMH 30*

10. *Compression Testing Machine* (CTM), tipe ADR 3000 dengan kapasitas 3000 kN. Alat ini khusus digunakan untuk pengujian tekan saja, seperti pengujian kuat tekan silinder beton (Gambar 4.12).



Gambar 4.12 Mesin uji desak type *ADR 3000*

11. *Hydraulic Jack*, alat ini dipakai untuk memberikan beban pada pengujian portal beton pracetak dengan kapasitas maksimum 35 ton (Gambar 4.13).



Gambar 4.13 *Hydraulic Jack*

12. *Linier Variable Differential Transformer (LVDT)*, LVDT adalah alat pembaca lendutan yang terjadi benda uji berupa dial jarum yang dipasangkan pada sisi benda uji yang berlawanan dari arah datangnya gaya, kemudian data yang dihasilkan terbaca melalui *data logger* (Gambar 4.14).



Gambar 4.14 LVDT

13. *Load cell* adalah instrumen alat uji yang berfungsi untuk mengukur beban yang dihasilkan oleh *hydraulic jack* dan dibaca melalui *data logger* (Gambar 4.15).



Gambar 4.15 *Load Cell*

14. *Data logger* digunakan untuk membaca data yang dihasilkan oleh *load cell* dan LVDT (Gambar 4.16).



Gambar 4.16 *Data Logger*

15. Komputer digunakan untuk menyimpan data yang telah dibaca oleh *data logger* dan mengolah data tersebut (Gambar 4.17).



Gambar 4.17 Komputer

16. *Rigid floor* berfungsi sebagai tempat menguncinya angkur dari benda uji.
17. *Rigid wall* berfungsi sebagai tempat menempelnya *hidarulic jack* untuk pembebanan benda uji.
18. *Crane* berfungsi sebagai alat mobilisasi benda uji (Gambar 4.18).



Gambar 4.18 *Crane*

4.4 PELAKSANAAN PENELITIAN

Pada tahap pelaksanaan ini dimulai dengan penyiapan pengadaan bahan/material, penyiapan alat-alat pengujian, pembuatan benda uji. Untuk kebutuhan bahan/material dan alat-alat yang diperlukan sudah dijelaskan dalam sub bab sebelumnya.

Tahapan Pengujian Kualitas material

Pengujian kualitas material dilakukan untuk mengetahui karakteristik material yang akan digunakan dalam membuat benda uji portal beton pracetak. Pengujian kualitas material dilakukan bersamaan dengan pembuatan benda uji portal beton pracetak, sehingga kualitas benda uji portal beton pracetak yang dibuat benar-benar dapat terpantau. Berikut ini pengujian kualitas setiap material meliputi :

1. Pengujian kuat tekan batako

Pengujian kuat tekan batako masing-masing diambil empat buah untuk mengontrol kekuatan batako yang dipesan dari pabrik.

$$\sigma_t = \frac{P}{A} \quad (4.1)$$

dengan :

σ_t : Kuat tekan batako, N/mm²

P : Beban tekan maksimum, N

A : Luas bidang tekan, mm²

2. Pengujian kuat tekan silinder beton

Pengujian kuat tekan silinder beton dilakukan dengan membuat silinder beton dengan diameter 150 mm dan tingal 300 mm. pengujian dilakukan setelah umur 7-14 hari karena ada penambahan zat aditiv berupa *Sika Cim*. Sebelum diuji dilakukan perawatan pada silinder beton dengan cara direndam. Mutu dan kuat tekan beton di hitung dengan persamaan:

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (4.2)$$

dengan :

f_c' : kuat tekan beton (MPa)

P : beban maksimum, N

A : luas tampang (mm^2)

Modulus elastisitas (E_c) menurut SNI 03-2847-2013 dihitung dengan persamaan:

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'} \quad (4.3)$$

3. Pengujian baja tulangan

Pada uji tarik tulangan di gunakan 3 buah benda tulangan $\varnothing 8$ dan $\varnothing 6$. Panjang masing-masing benda uji adalah 500 mm. pengujian dilakukan di laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Teknik Sipil UII. Kuat tarik baja tulangan di hitung dengan persamaan :

$$f_y = \frac{P}{A} \quad (4.4)$$

dengan :

f_y : tegangan leleh baja (MPa)

P : beban leleh (N)

A : luas penampang (mm^2)

4. Daktilitas struktur

Daktilitas struktur adalah kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca elastik yang besar berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa yang menyebabkan terjadinya leleh pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi diambang keruntuhan (SNI-1726-2002).

Peraturan gempa di Indonesia yang tercantum dalam SNI-1726-2002 terdapat parameter daktilitas terhadap suatu struktur gedung seperti dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Parameter daktilitas struktur gedung (SNI-1726-2002)

Taraf Kinerja Struktur Gedung	Daktilitas (μ)	Faktor Reduksi Gempa (R)
Elastisitas penuh	1.0	1.6
Daktil parsial	1.5	2.4
	2.0	3.2
	2.5	4.0
	3.0	4.8
	3.5	5.6
	4.0	6.4
	4.5	7.2
	5.0	8.0
Daktil penuh	5.5	8.5

Menurut SNI-1726-2002 daktilitas struktur (μ_s) diperoleh melalui perbandingan antara simpangan maksimum (Δ_u) dengan simpangan leleh pertama (Δ_{yield}) yang terjadi pada benda uji.

$$\mu_s = \frac{\Delta_u}{\Delta_{yield}} \quad (4.5)$$

dengan :

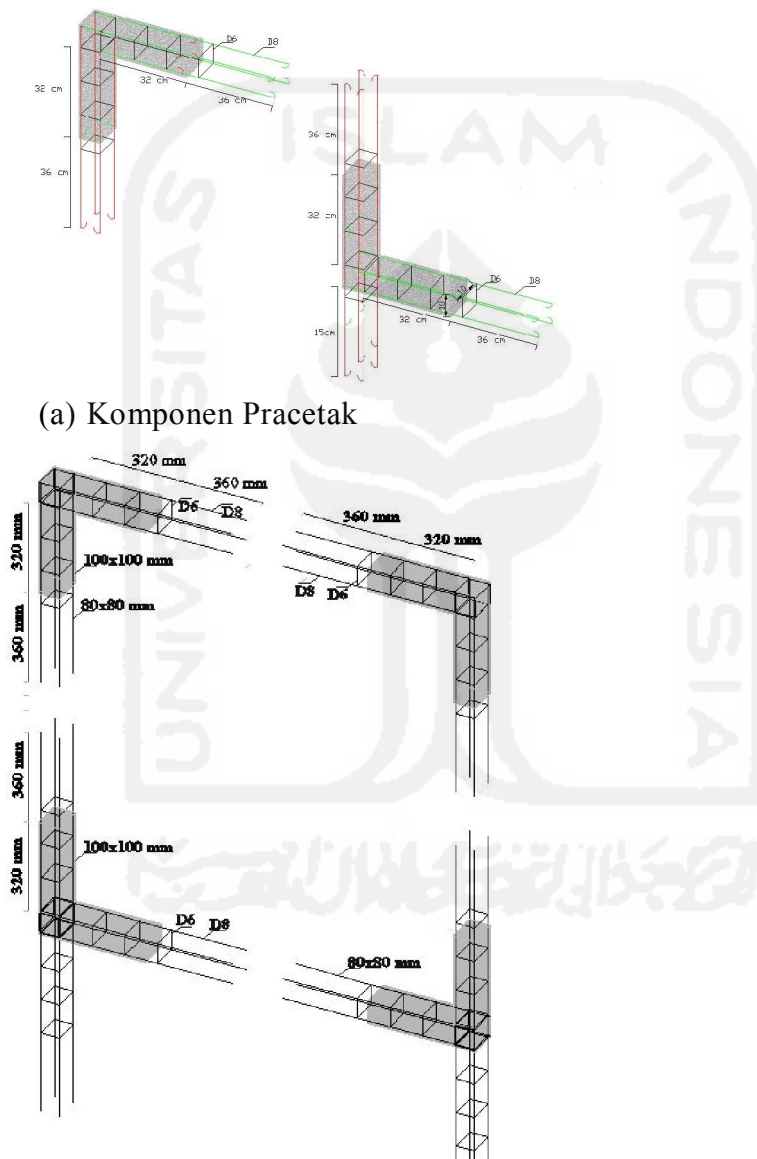
- μ_s : daktilitas struktur
- Δ_u : simpangan maksimum
- Δ_{yield} : simpangan leleh pertama

4.5 TAHAPAN PEMBUATAN DAN PENGUJIAN BENDA UJI

Pada tahap ini terdapat 4 tahapan yang dilakukan, yaitu tahapan pembuatan komponen pracetak, pembuatan benda uji, persiapan peralatan dan pelaksanaan pengujian benda uji yang akan dijelaskan pada sub bab dibawah ini.

4.5.1 Pembuatan Komponen Pracetak

Pembuatan komponen pracetak perlu membuat cetakan komponen dulu agar lebih presisi dan komponen pracetak dibuat sebanyak 12 komponen, hal ini disebabkan karena untuk membuat sebuah portal beton pracetak perlu merangkai 4 buah komponen pracetak yang kemudian disambungkan tiap besi tulangan penyaluran dan kemudian di cor beton atau bisa disebut dengan sambungan basah. Detail komponen dapat dilihat Gambar 4.19a dan b.



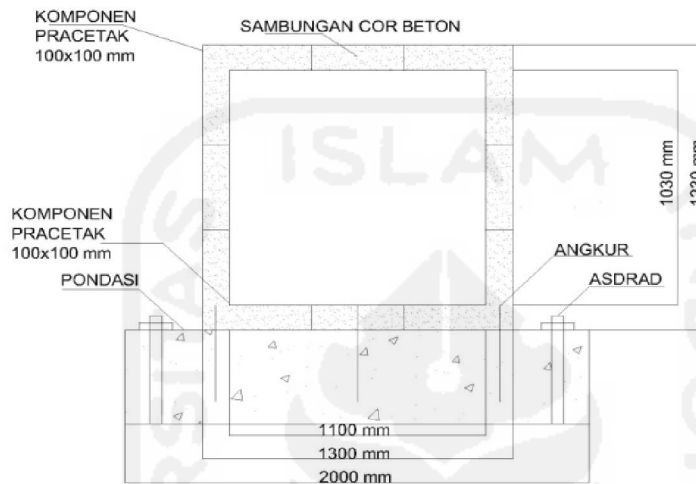
(a) Komponen Pracetak

(b) 4 komponen pracetak membentuk portal beton pracetak

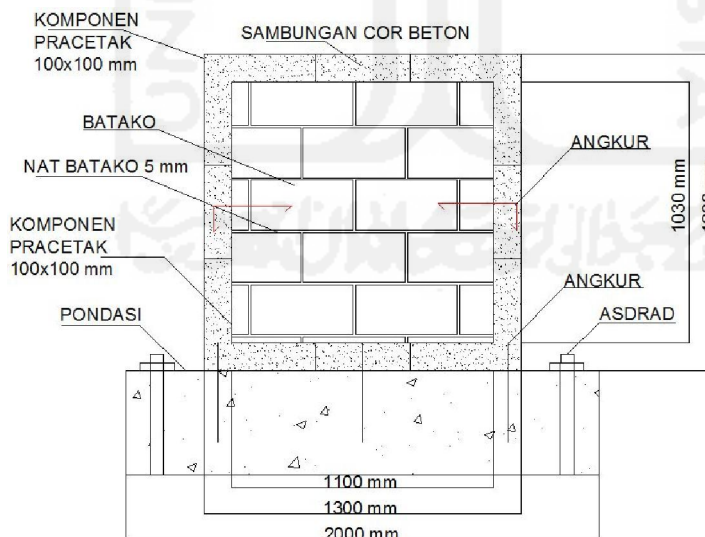
Gambar 4.19 Komponen-komponen pracetak yang akan dirangkai menjadi portal.

4.5.2 Pembuatan Benda uji

Benda uji yang dibuat sebanyak 3 buah yaitu 1 buah portal beton pracetak tanpa dinding (benda uji 1), 1 buah portal beton pracetak dinding batako UII (benda uji 2), 1 buah portal beton pracetak dinding bata merah (benda uji 3). Untuk detail benda uji dapat dilihat Gambar 4.20a, b, dan c.

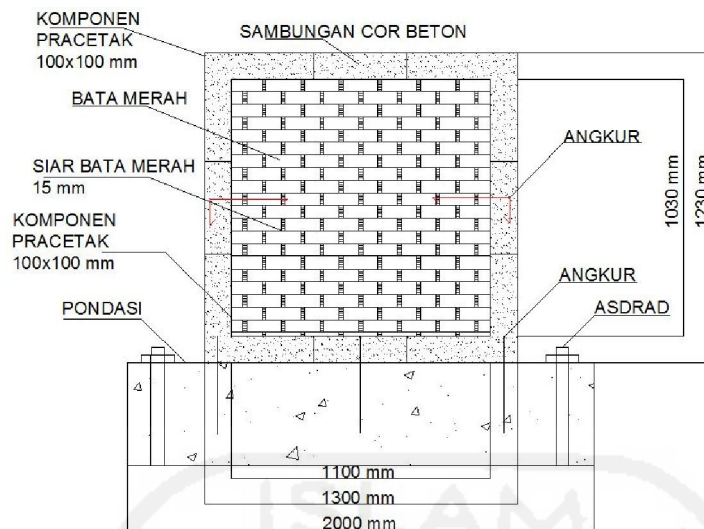


(a) Benda uji 1 portal beton pracetak tanpa dinding



(b) Benda uji 2 portal beton pracetak dinding batako UII

Gambar 4.20 Detail benda uji 1, benda uji 2, dan benda uji 3



(c) Benda uji 3 portal beton pracetak dinding bata merah

Gambar 4.20 Detail benda uji 1, benda uji 2, dan benda uji 3 (lanjutan)

Komponen pracetak dirangkai membentuk sebuah portal beton sebelum dilakukan pemasangan dinding batako dapat dilihat pada Gambar 4.21. Proses perangkainan komponen pracetak digunakan penyambungan besi tulangan penyaluran, kemudian dilakukan pengecoran pada tiap sambungan. Setelah portal pracetak selesai dirangkai tahap selanjutnya penyambungan portal ke pondasi. Proses pembuatan portal beton pracetak untuk benda uji 1, 2, dan 3 sama hanya berbeda pada pemasangan dinding pengisi.

Benda uji 1 berupa portal beton pracetak tanpa dinding, sehingga merupakan portal beton pracetak terbuka. Untuk benda uji 2 dan 3 pemasangan batako dan bata dilakukan setelah portal pracetak terangkai serta angkur telah dikelupas, pemasangan dinding batako atau bata merah dibagi menjadi 2 tahapan, yaitu pada ketinggian = 500 mm dan ketinggian 1000 mm dapat dilihat pada Gambar 4.22. Hal ini dilakukan guna mencegah pasangan dinding menjadi melengkung apabila dilakukan pemasangan yang terlalu tinggi sekaligus. Setelah pemasangan dinding selesai dilakukan perawatan dan pemeliharaan terhadap benda uji sampai benda uji tersebut mencukupi umur beton normal untuk kemudian dilakukan pengujian. Sebelum pengujian, benda uji dicat menggunakan cat warna putih agar dalam pengamatan pola retak lebih mudah dapat dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4.21 Perangkaian komponen portal beton pracetak



Gambar 4.22 Proses pemasangan Batako UII dan Bata merah

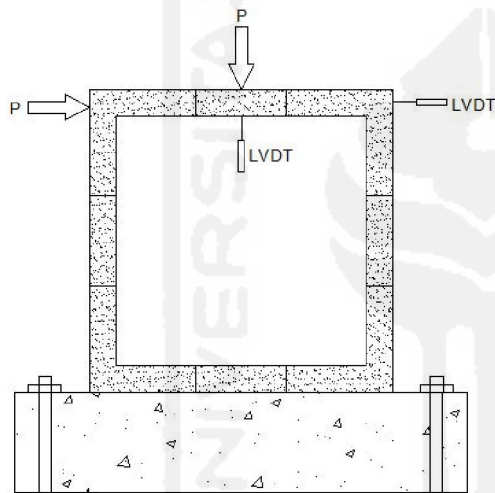


Gambar 4.23 Pengecatan benda uji

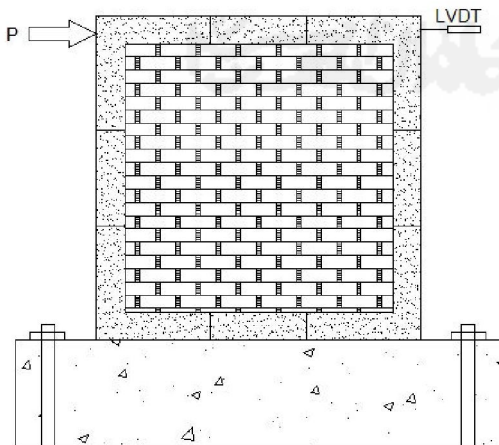
4.5.3 Persiapan Peralatan

Sebelum pengujian dilakukan, pondasi benda uji harus diangkur ke *rigid floor* agar posisi benda uji tidak berpindah ketika pembebanan dimulai. Setelah benda uji dipersiapkan, kemudian dilanjutkan pemasangan instrumen alat uji. Instrumen alat uji pembebanan berupa *hydraulic jack* yang diletakkan pada *rigid wall* untuk pembebanan lateral, sedangkan untuk beban vertikal *hydraulic jack* digantung pada lengan ayun yang dikaitkan pada as di tengah

pondasi. Pemasangan *hydraulic jack* diikuti dengan pemasangan *load cell* di ujungnya guna membaca besarnya beban yang diberikan kepada benda uji. Pada benda uji 1 diberi beban vertikal dan lateral sedangkan pada benda uji 2 dan 3 hanya diberi beban lateral. Kemudian pemasangan LVDT yang berfungsi untuk membaca lendutan yang terjadi pada benda uji seperti pada Gambar 4.24-4.25. LVDT diletakkan pada sisi benda uji yang berlawanan dengan arah datangnya gaya pembebanan baik gaya lateral maupun vertikal dan harus dipasangkan secara hati-hati karena tingkat kesensitifannya sangat tinggi. Selanjutnya instrumen-instrumen tersebut disambungkan pada *data logger* yang dikoneksikan ke komputer untuk distel guna memastikan alat berfungsi dengan baik.



Gambar 4.24 Perletakan beban serta perletakan LVDT pada benda uji 1



Gambar 4.25 Perletakan beban serta perletakan LVDT pada benda uji 2 dan 3

Setelah pemasangan semua instrumen alat uji selesai, kemudian perlu dilakukan persiapan program “MGC assistant” seperti berikut :

1. Program MGC assistant dioperasikan menggunakan bantuan PC yang menggunakan *operating system windows*.
2. *Data logger* kemudian dikoneksikan ke PC menggunakan kabel *USB*.
3. Jalankan program “MGC assistant”, kemudian secara otomatis program tersebut akan mendeteksi keberadaan instrumen alat uji yang aktif dan terkoneksi pada *data logger*.
4. Melalui program “MGC assistant” yang dijalankan pada PC lebih mudah dalam mengoperasikan serta mengkalibrasi instrumen alat-alat uji dibandingkan langsung dari *data logger*.
5. Kalibrasi dilakukan dengan merubah besaran di dalam kolom *calibration sheet*.
6. Kemudian mengatur banyaknya *data output* yang akan dibaca.
7. Pengaturan interfal pembacaan, misal 1/50 detik atau 1/100 detik.
8. Setelah proses kalibrasi selesai, aktifkan tombol play untuk menjalankan perekaman data pengujian.

4.5.4 Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian terdiri dari pelaksanaan pengujian material serta pengujian benda uji. Berikut ini adalah tahapan pelaksanaan pengujian material.

1. Pengujian Modulus Halus Butir (MHB), pengujian ini dimaksudkan untuk mencari tingkat keragaman gradasi ukuran butir pada agregat yang akan digunakan.
2. Pemeriksaan berat jenis dan kadar air, pengujian ini dimaksudkan untuk mencari karakteristik material yang akan digunakan sebagai acuan untuk *mix design* adukan beton.
3. Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat dimaksudkan untuk mengetahui kandungan lumpur yang ada pada agregat, sehingga mengetahui kelayakan agregat tersebut untuk digunakan.

Setelah dilakukan pengujian material kemudian dilanjutkan dengan *mix design* adukan beton sesuai SNI 03-2834-2002 untuk pembuatan benda uji. Berikut adalah pelaksanaan pengujian benda uji.

1. Menjalankan program MGC *assistant* kemudian mulai pembebanan pada benda uji.
2. Pembebanan menitikberatkan pada pembebanan lateral sebagai representasi beban akibat gempa. Sedangkan beban vertikal untuk merepresentasikan beban dinding diatas struktur yang relatif kecil bebannya.
3. Untuk benda uji 1 beban dimulai dari beban vertikal dijalankan sampai batas beban dinding diatas struktur, kemudian dilanjutkan pembebanan lateral sampai ultimit sebagai representasi beban gempa.
4. Untuk benda uji 2 dan 3 pembebanan hanya diberikan pembebanan lateral sebagai representasi beban gempa.
5. Selama pembebanan data direkam melalui program MGC *assistant*, dan pembebanan diberikan kepada benda uji sampai mengalami keruntuhan (*failure condition*).
6. Selama pengujian juga dilakukan pembacaan beban, pengamatan benda uji, serta penggambaran pola retak pada benda uji.

4.6 DATA PENGUJIAN

Data pengujian yang diperoleh dari program MGC *assistant* adalah sebagai berikut.

1. *File* yang tersimpan dalam format DAT.
2. File tersebut dapat dibuka dengan program *Microsoft Excel*.
3. Data DAT berupa hasil perekaman berupa deretan angka yang tersusun rapi didalam kolom *Microsoft Excel* yang berurutan sesuai urutan alat instrumen yang dipasang.
4. Data yang didapat dalam *file* tersebut merupakan data asli pembacaan dari program MGC *assistant* yang dihasilkan oleh alat-alat instrumen pengujian yang digunakan.

Selain data yang berasal dari MGC *assistant*, hasil pengamatan visual juga menghasilkan data sebagai berikut.

1. Nilai *first crack (Per)* pada benda uji.
2. Gambar pola retak yang terjadi pada benda uji.
3. Kinerja benda uji berdasarkan pola retak yang terjadi.

4.7 ANALISIS HASIL PENGUJIAN

Analisis yang dilakukan untuk data yang diperoleh dari MGC *assistant* adalah mendapatkan beban maksimum yang dapat ditumpu oleh benda uji, mendapatkan grafik hubungan beban-lendutan pada benda uji, memperoleh nilai daktilitas simpangan yang terjadi pada benda uji.

Kemudian analisis yang dilakukan untuk data dari hasil pengamatan adalah mengkategorikan kerusakan yang terjadi berdasarkan teori dari gambar pola retak yang terjadi pada benda uji dan menilai kinerja struktur portal pracetak tersebut.

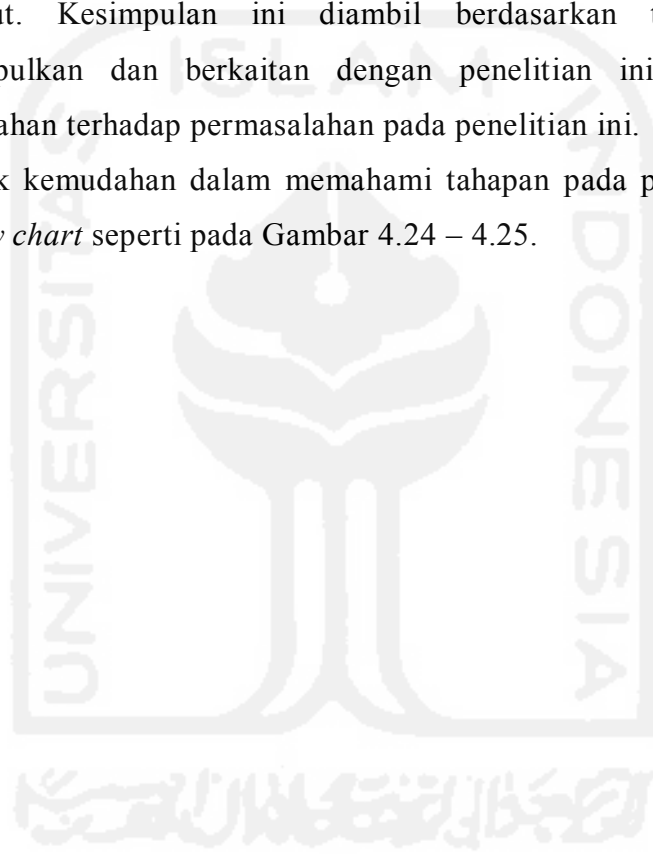
4.8 TAHAPAN PENELITIAN

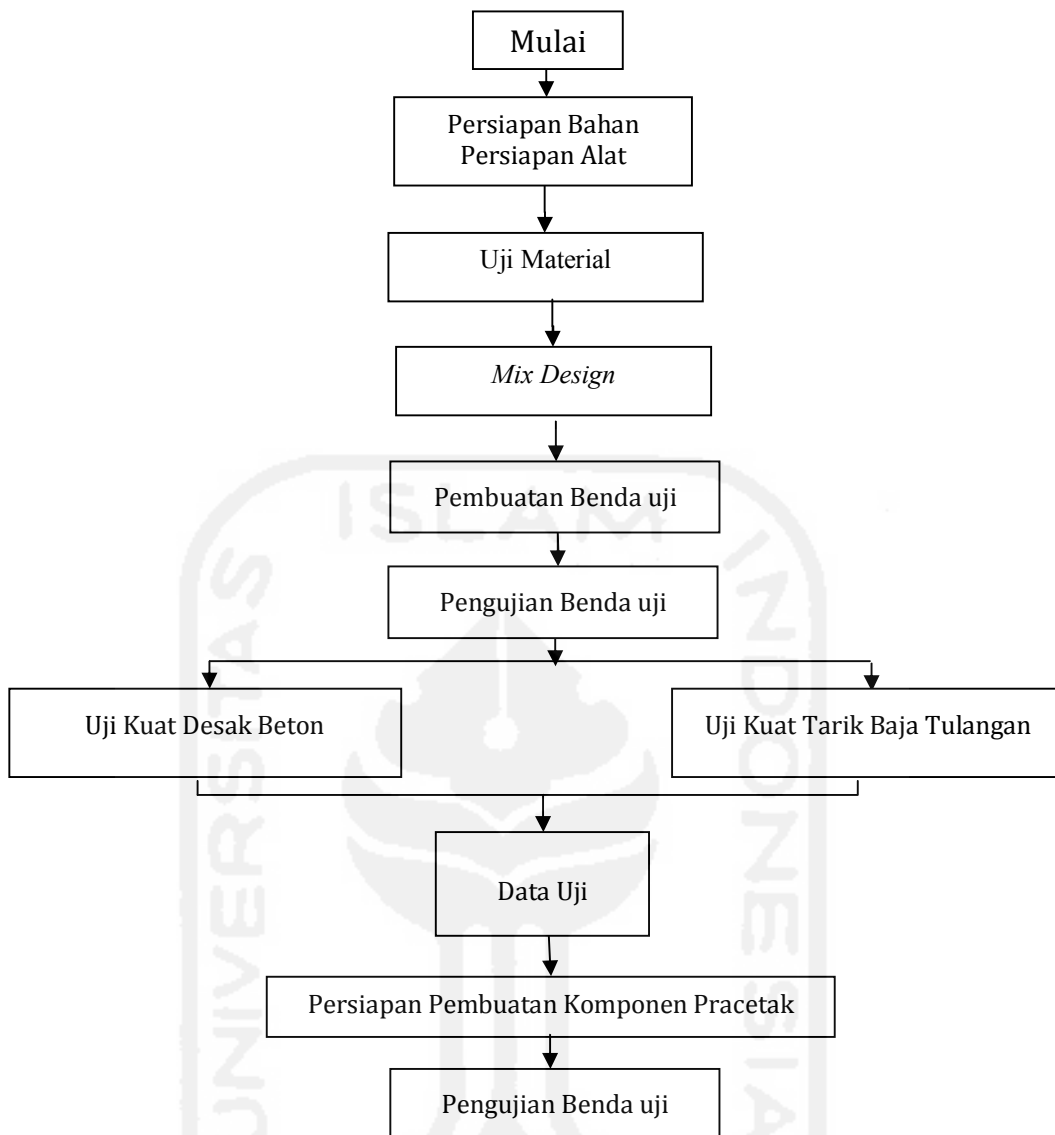
Proses penelitian ini memiliki beberapa tahapan diantaranya :

1. Tahap perumusan masalah, meliputi perumusan latar belakang topik penelitian, tujuan penelitian, serta manfaat penelitian
2. Tahap perumusan teori, tahapan yang mengkaji teori yang melandasi penelitian ini serta acuan-acuan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian, seperti daktilitas simpangan, beban gempa, pola retak, dll.
3. Tahap persiapan, meliputi pengadaan bahan/material yang digunakan pada penelitian ini sesuai standar atau peraturan yang berlaku,
4. Tahap pembuatan benda uji, pada tahap ini dimulai pembuatan komponen portal beton pracetak, perangkaian dan pembuatan portal beton pracetak sampai *finishing* pembuatan benda uji portal beton pracetak,
5. Tahap pengujian, pada tahap ini terdapat dua pengujian yaitu tahap pengujian kualitas material serta tahap pengujian model struktur yang berupa portal beton pracetak,

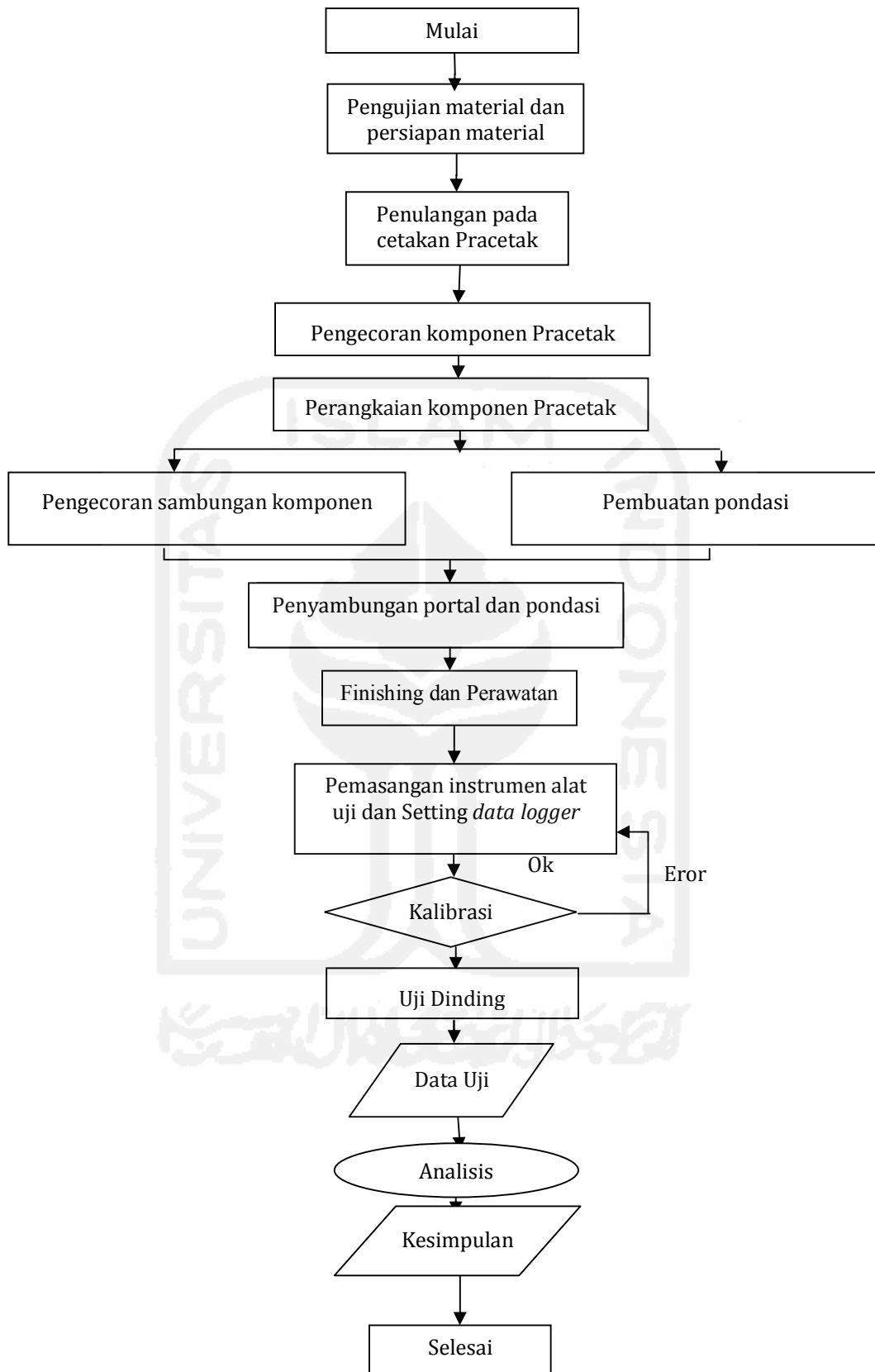
6. Tahap pengumpulan data, tahap ini pengumpulan data ini diambil pada saat pengujian benda uji,
7. Tahap analisa dan pengolahan data, pada tahap ini data yang telah diperoleh kemudian dianalisa dan diolah sesuai logika, teori, serta sandar peraturan yang digunakan,
8. Tahap penyusunan dan penarikan kesimpulan, tahap ini meliputi penyusunan laporan hasil penelitian sesuai aturan yang berlaku dan hasil pengolahan data, serta penarikan kesimpulan dari data yang telah diolah tersebut. Kesimpulan ini diambil berdasarkan teori yang telah dikumpulkan dan berkaitan dengan penelitian ini gun am menjawab pemecahan terhadap permasalahan pada penelitian ini.

Untuk kemudahan dalam memahami tahapan pada penelitian ini dapat dilihat *flow chart* seperti pada Gambar 4.24 – 4.25.





Gambar 4.26 *Flow chart* Pengujian Material



Gambar 4.27 *Flow chart* Pembuatan dan Pengujian Dinding