

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian mengenai “Pengaruh Variasi Jarak Senggang dan Rasio Tulangan Longitudinal terhadap Mekanisme dan Pola Retak Kolom Bertulangan Ringan akibat Beban Siklik” ini termasuk dalam penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Pembuatan benda uji serta pengujian siklik dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi dan Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya, Malang pada bulan November 2015 sampai Maret 2016.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

##### 1. Peralatan

##### a. Alat Pemotong Tulangan

Digunakan untuk memotong baja tulangan polos dan ulir sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan.

##### b. Alat Pembengkok Tulangan

Digunakan untuk membengkokkan tulangan baja sesuai dengan detail yang dibutuhkan.

##### c. Alat Uji Tarik Baja

Digunakan untuk uji tarik baja tulangan.

##### d. Alat *Slump Test*

Digunakan untuk pengujian nilai *slump* dan adukan beton.

##### e. *Vibrator*

Digunakan untuk memadatkan beton setelah dituang kedalam kolom.

##### f. Timbangan

Digunakan untuk menimbang berat silinder sebelum dilakukan test uji tekan pada benda uji.

## g. Cetakan Baja

Merupakan cetakan silinder beton diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk mencetak sample uji tekan beton.

h. *Compression Testing Machine*

Digunakan untuk melakukan uji kuat tekan silinder beton.

i. *Strainmeter*

Merupakan alat pembaca data regangan.

j. *Loading Frame*

Digunakan untuk menopang benda uji kolom dan beban saat uji siklik dilakukan serta merupakan frame konstruksi baja WF dengan kapasitas beban 7 ton.

k. *Hydraulic Jack*

Digunakan untuk memberikan beban aksial dan lateral ke benda uji kolom beton bertulang.

l. *Load Cell*

Digunakan untuk membaca beban dari *hydraulic jack* sehingga hasil pembebanan dapat terbaca sesuai dengan tahap pembebanan yang direncanakan.

m. *Linear Variable Displacement Transducer (LVDT)*

Digunakan untuk mengukur *displacement* pada spesimen kolom dengan jumlah 9 buah.

n. *Dial Gauge*

Digunakan untuk mengukur besarnya deformasi yang terjadi pada kolom.

## o. Alat Tulis dan Mistar

Digunakan untuk membuat kotak-kotak di permukaan kolom beton bertulang dengan ukuran 5 cm x 5 cm untuk menandai retak yang terjadi, sehingga dapat terlihat pola retaknya.

## p. Kamera

Digunakan untuk mendokumentasikan kegiatan selama penelitian dan gambar-gambar yang diperlukan.

## q. Alat Pendukung Lain

Digunakan untuk membantu pelaksanaan penelitian seperti cetok, cangkul, dan ember.

## 2. Bahan

## a. Beton.

Beton yang digunakan dalam penelitian ini direncanakan dengan  $f'_c = 20$  MPa

b. Besi Tulangan.

Baja tulangan longitudinal adalah tulangan polos  $\varnothing 8$  dan  $\varnothing 10$  sebanyak 8 tulangan pokok untuk masing-masing benda uji kolom, sedangkan tulangan sengkang menggunakan tulangan polos  $\varnothing 6$ . Sebelum digunakan, dilakukan uji kuat tarik pada baja tulangan. Kawat bendrat digunakan sebagai pengikat antara tulangan dengan sengkang agar kedudukan tulangan tidak berubah.

c. Bekisting

Bekisting menggunakan papan multipleks 9 mm dan diperkuat dengan balok kayu.

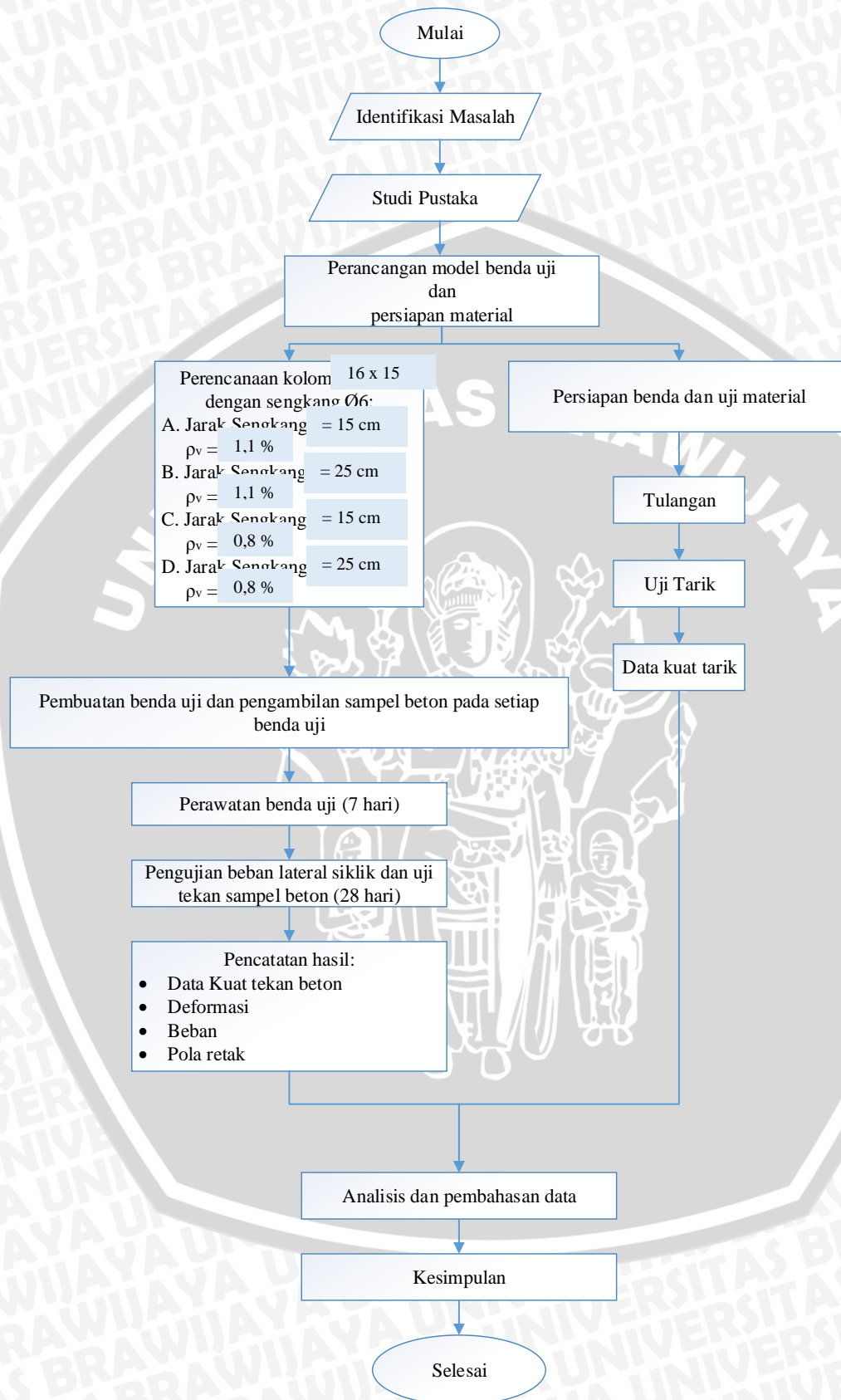
d. Cat Tembok Putih

Digunakan sebagai pelapis pada benda uji kolom untuk memudahkan dalam pengamatan pola retak yang akan terjadi setelah pengujian siklik dilakukan.





### 3.3 Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Sumber: Rancangan penelitian

### 3.4 Rancangan Penelitian

#### 3.4.1 Campuran Beton

Beton direncanakan dengan kuat tekan beton silinder rata-rata  $f'_c$  sebesar 20 MPa dengan rasio semen : air : agregat halus : agregat kasar yaitu 1 : 0.58 : 2.32 : 2.69.

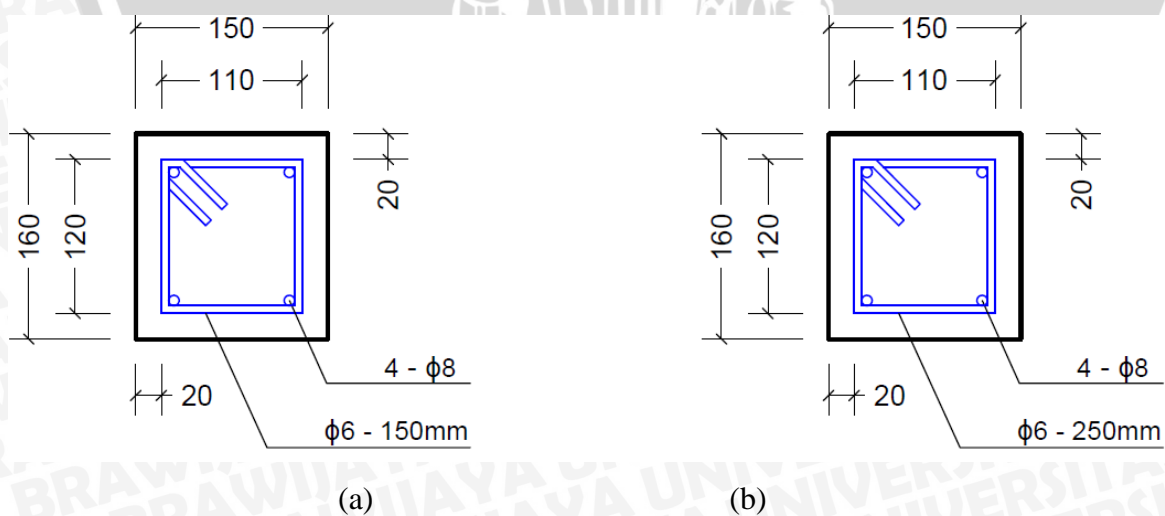
#### 3.4.2 Jumlah Benda Uji

Jumlah benda uji dalam penelitian ini adalah 4 (empat) buah yang terdiri dari :

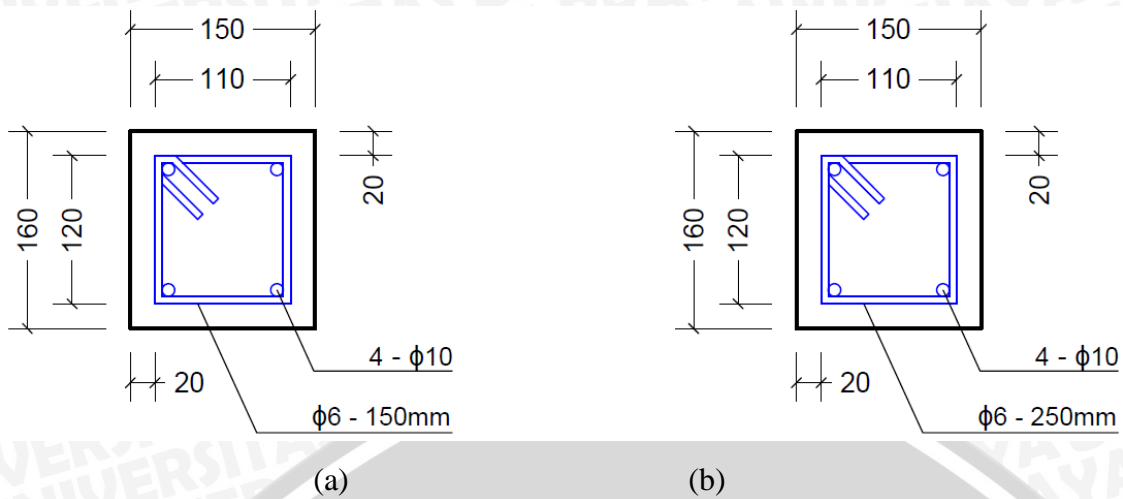
1. Kolom dengan dimensi 160 mm x 150 mm, tinggi 800 mm. Memakai tulangan longitudinal 4- $\phi$ 8 dan tulangan transversal  $\phi$ 6-150 mm.
2. Kolom dengan dimensi 160 mm x 150 mm, tinggi 800 mm. Memakai tulangan longitudinal 4- $\phi$ 8 dan tulangan transversal  $\phi$ 6-250 mm.
3. Kolom dengan dimensi 160 mm x 150 mm, tinggi 800 mm. Memakai tulangan longitudinal 4- $\phi$ 10 dan tulangan transversal  $\phi$ 6-150 mm.
4. Kolom dengan dimensi 160 mm x 150 mm, tinggi 800 mm. Memakai tulangan longitudinal 4- $\phi$ 10 dan tulangan transversal  $\phi$ 6-250 mm.

Tabel 3.1 Spesifikasi Benda Uji Kolom

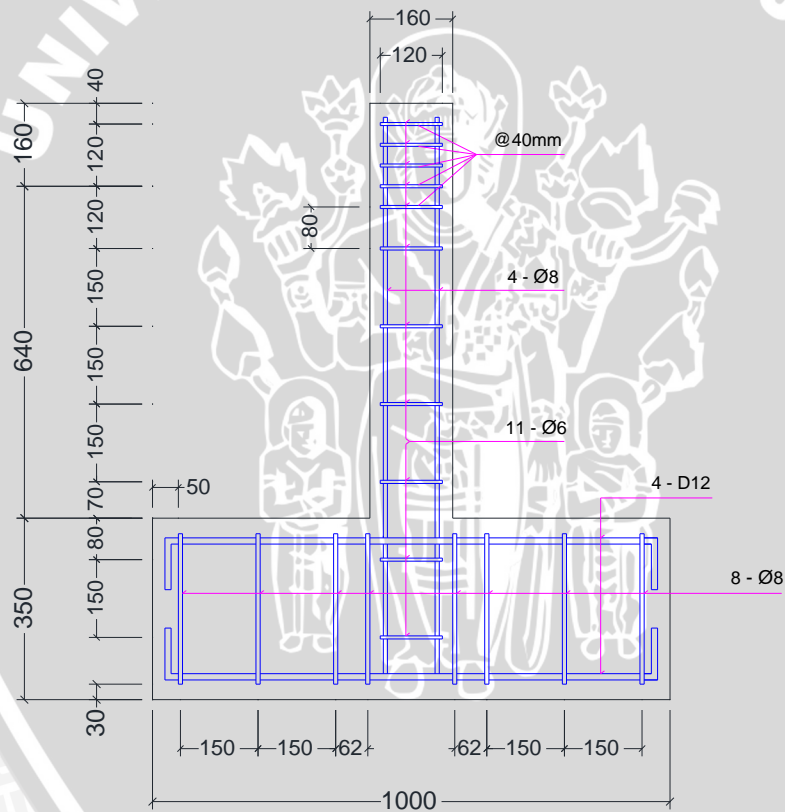
Nama Kolom	Dimensi Kolom (mm)	Tinggi Kolom (mm)	Aspek Rasio	$\rho_v$ (%)	Tulangan Longitudinal	$\rho_H$ Area	$\rho_H$ Volume	Tulangan Transversal	n	$f'_c$ (MPa)
L15C	150 x 160	640	4	0,84	4 $\phi$ - 8	0,12	0,21	6 $\phi$ - 150 mm	0,1	20
L25C	150 x 160	640	4	0,84	4 $\phi$ - 8	0,12	0,21	6 $\phi$ - 250 mm	0,1	20
M15C	150 x 160	640	4	1,1	4 $\phi$ - 10	0,12	0,21	6 $\phi$ - 150 mm	0,1	20
M25C	150 x 160	640	4	1,1	4 $\phi$ - 10	0,12	0,21	6 $\phi$ - 250 mm	0,1	20



Gambar 3.2 (a) Benda Uji L15C; (b) Benda Uji L25C

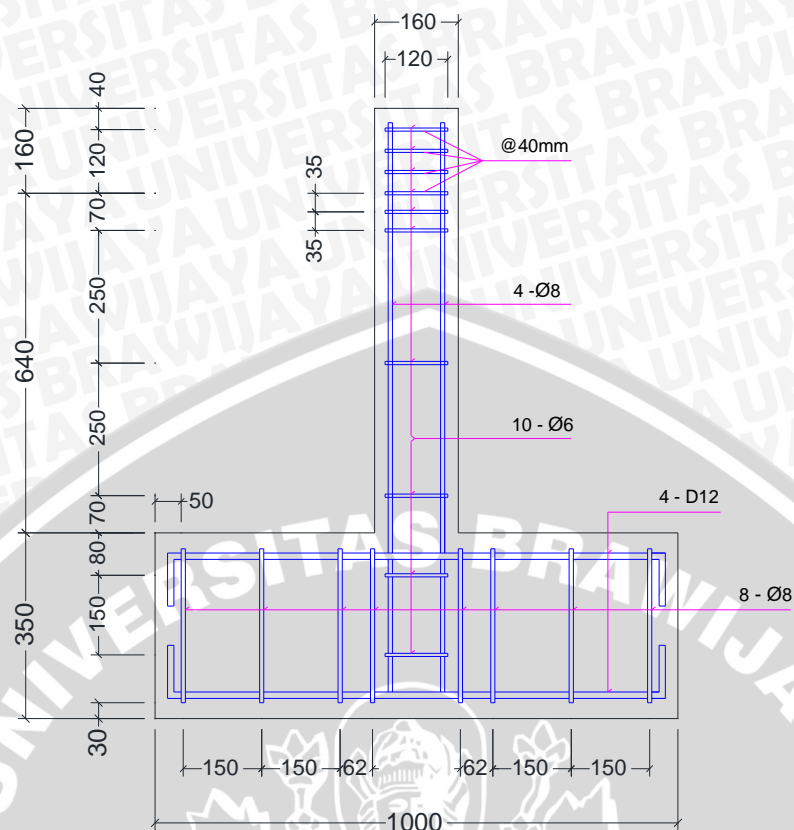


Gambar 3.3 (a) Benda Uji M15C; (b) Benda Uji M25C

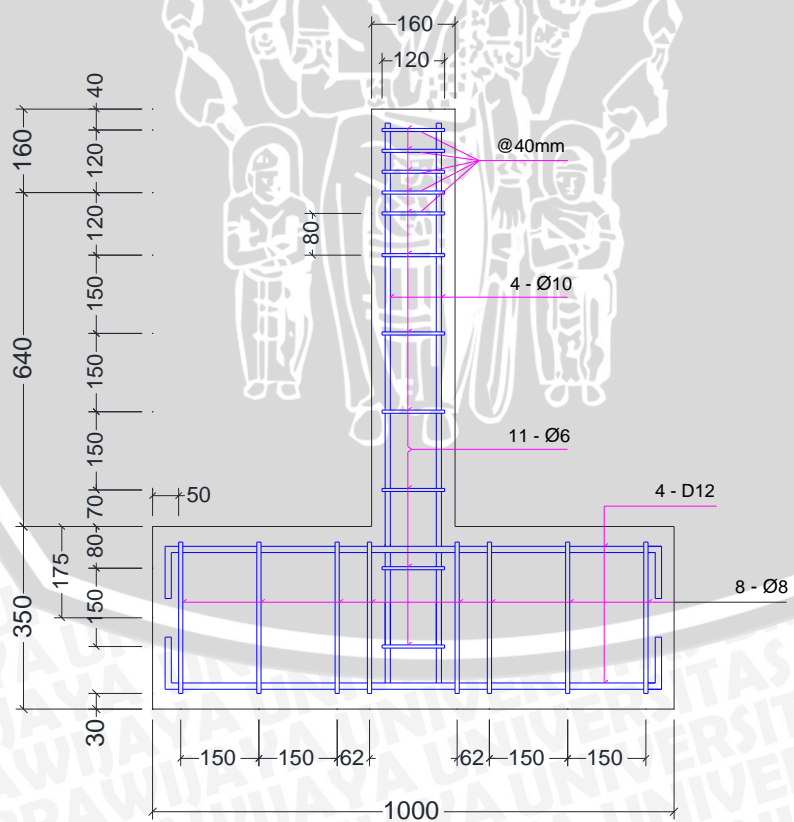


Gambar 3.4 Benda Uji L15C

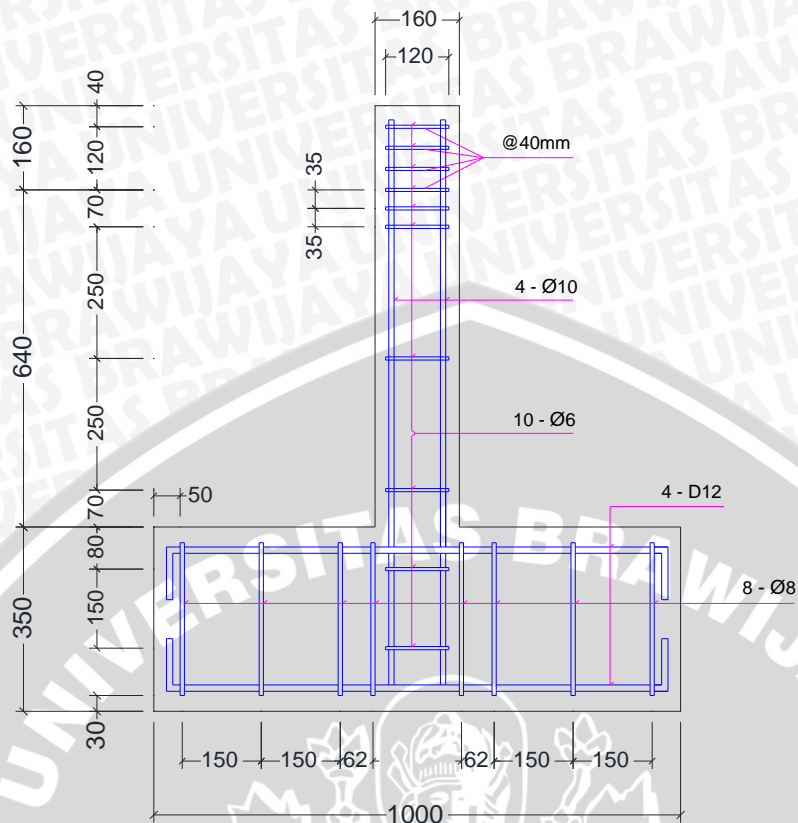




Gambar 3.5 Benda Uji L25C



Gambar 3.6 Benda uji M15C



Gambar 3.7 Benda uji M25C

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 3.5.1 Persiapan

Pekerjaan persiapan berupa pengadaan bahan-bahan yang diperlukan untuk pembuatan cetakan / bekisting, pengadaan tulangan, pengadaan beton dengan  $f'_c = 20$  MPa serta persiapan untuk *setting up* alat pengujian siklik. Persiapan dilanjutkan dengan pengujian tahap awal lainnya, yaitu pengujian tarik baja dan uji tekan silinder beton.

#### 3.5.2 Uji Tarik Baja Tulangan

Pengujian tarik dilakukan pada tulangan baja yang dipakai untuk tulangan longitudinal dan sengkang pada spesimen yang diambil secara acak sehingga diharapkan dapat mewakili tegangan tarik pada tulangan spesimen. Untuk tulangan longitudinal  $\varnothing 10$  dan  $\varnothing 8$  disiapkan 3 batang tulangan masing-masing sepanjang 38 cm. Selain itu, juga disiapkan 3 batang tulangan sengkang  $\varnothing 6$  sepanjang 20 cm. Nilai yang diperoleh merupakan rerata dari ketiga sampel tulangan yang diuji.



### 3.5.3 Uji Tekan Silinder Beton

Digunakan cetakan baja silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Untuk masing-masing benda uji diambil sampel sebanyak 2 silinder. Setelah berusia 1 hari dan telah kering, cetakan baja dibuka, kemudian silinder langsung direndam didalam air. Dan 3 hari sebelum uji tekan dilakukan, silinder diangkat dan dikeringkan, sehingga diharapkan pada saat uji tekan kondisi beton sudah benar-benar kering. Pengujian tekan dilakukan pada hari ke 7 dan hari saat spesimen diuji.

### 3.5.4 Pembuatan Model Kolom

#### 1. Penulangan

Untuk penulangan longitudinal kolom digunakan 4- $\emptyset$ 10 dan 4- $\emptyset$ 8 yang dipasang simetris pada keempat sisi kolom. Tulangan sengkang  $\emptyset$ 6-150 digunakan untuk mengikat tulangan longitudinal dan diikat dengan kawat bendrat.

#### 2. Uji Slump

Bersamaan dengan pengecoran, dilakukan juga pengujian kelecakan (*slump test*) yang bertujuan untuk mengetahui nilai *slump* beton. Uji *slump* dilakukan sebanyak 3 kali, masing-masing pada awal pengecoran, pertengahan pengecoran, dan akhir pengecoran, dengan tujuan untuk mendapatkan nilai *slump* yang diukur dari tinggi permukaan alat sampai tinggi permukaan beton jatuh.

#### 3. Pengecoran dan Masa *Curing*

Pengecoran dilakukan dalam ruangan. Bekisting dikondisikan tidak berubah posisi sampai beton benar-benar kering. Untuk pemadatan, digunakan *vibrator*. Selama masa *curing*, permukaan beton senantiasa ditutup karung basah untuk menjaga beton selalu dalam kondisi lembab. Karena kapasitas molen yang terbatas, setiap benda uji diisi dengan 2 adukan molen.

Untuk melihat pola retak, kolom beton diberi pewarna putih menggunakan cat tembok sehingga pola retak yang terjadi dapat dilihat dengan jelas serta dapat diberi tanda. Untuk memudahkan pengamatan, dibuat garis kotak-kotak di permukaan kolom bertulang dengan ukuran 5 cm x 5 cm untuk menandai retak yang terjadi sehingga dapat terlihat pola retaknya.

### 3.5.5 Setting Up

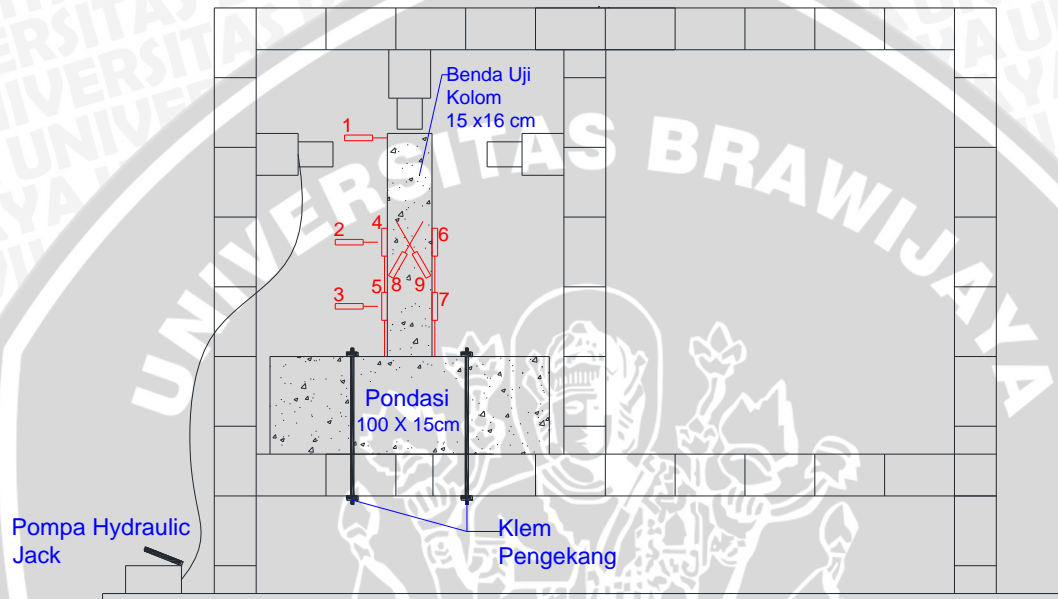
Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan menempatkan benda uji kolom berdiri tegak pada 2 buah rangka baja (*loading frame*)

Peralatan utama yang digunakan dalam pengujian adalah *load cell*, *hydraulic jack*, dan 9 buah LVDT. *Load cell* digunakan sebanyak 3 buah, dimana 2 buah diletakkan pada bagian

kanan dan kiri kepala kolom yang berfungsi sebagai pembaca beban lateral atau beban semi siklik, sedangkan 1 buah diletakkan di atas kepala kolom yang berfungsi sebagai pembaca beban aksial.

*Displacement* beton diperoleh dari 9 buah LVDT, yang digunakan untuk menghitung:

- Perpindahan lateral total (LVDT 1-3)
- Perpindahan lentur (LVDT 4-7)
- Perpindahan geser (LVDT 8-9)



Gambar 3.8 *Setting* alat pengujian

### 3.5.6 Beban Rencana

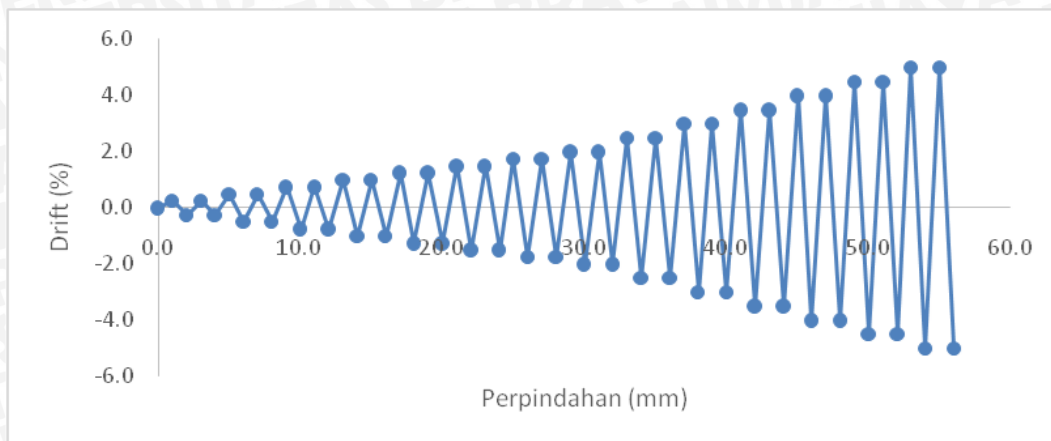
Beban aksial yang digunakan adalah 1% -2% dari beban aksial ultimit. Sedangkan beban lateral maksimum yang digunakan didapat dari nilai  $Mu/0.64$

### 3.5.7 Pelaksanaan Pengujian Siklik

Pengujian spesimen dilakukan setelah benda uji kolom beton berumur di atas 28 hari. Hal ini terkait dengan kesiapan alat pengujian yang akan digunakan. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji kolom diberi beban kecil untuk mengontrol bahwa *dial gauge* dan *load cell* yang akan digunakan berfungsi seperti yang direncanakan.

Pengujian dilakukan dengan memberikan beban aksial sebesar 1%-2% dari beban aksial ultimit yang bernilai tetap selama pengujian dilakukan dan beban lateral yang dikenakan sesuai dengan siklus lateral *drift* tanpa melebihi beban lateral maksimum yang diijinkan, yaitu  $Mu/0,64$ .





Gambar 3.9 Pelaksanaan pembebanan lateral berdasarkan kontrol *drift*

Pembacaan beban dan perpindahan dilakukan secara bertahap, mulai pembebanan nol sampai terjadi kegagalan kolom dengan asumsi keadaan ultimit dicapai ketika terjadi penurunan beban 20% dari beban lateral maksimum. Sedangkan besarnya tahap pembacaan beban pada tiap-tiap pembebanan (*loading step*) disesuaikan dengan akurasi dan jumlah data yang diinginkan, dimana dalam hal ini digunakan 4 titik untuk membentuk bunga siklik pada masing-masing siklusnya.

Selama pengujian, seluruh data dicatat dan direkam untuk dilakukan analisa. Termasuk di dalamnya adalah fenomena yang terjadi selama pengujian seperti retak awal, leleh tulangan longitudinal, perpanjangan retak, *spalling*, dan beban untuk setiap perpindahan.

### 3.6 Variabel Penelitian

Variabel yang dipakai dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel Bebas (*independent variable*), adalah variabel yang perubahannya bebas ditentukan peneliti. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah rasio tulangan longitudinal dan jarak antar sengkang.
2. Variabel Terikat (*dependent variable*), adalah variabel yang tergantung pada variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah perpindahan, pola retak, dan panjang retak.



### 3.7 Data Pengamatan

Pada penelitian ini dilakukan pembacaan data, yang meliputi pembacaan data kuat tarik baja, kuat tekan silinder beton, dan data beban *displacement* pada saat pengujian siklik benda uji kolom. Penelitian ini juga melakukan pengamatan perambatan retak, baik mengenai retak awal, lokasi, ukuran, dan juga *spalling* yang terjadi.

#### 1. Data Uji Tarik Baja

Pengujian tarik baja dilakukan untuk baja tulangan yang digunakan sebagai tulangan longitudinal dan tulangan transversal. Pengujian tarik baja tulangan memberikan data tegangan, regangan, dan modulus elastisitas bahan dari baja tulangan yang digunakan pada benda uji kolom.

#### 2. Data Kuat Tekan Beton

Data ini diperoleh dari pengujian kuat tekan silinder beton pada saat silinder beton setelah berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari sebagai kontrol.

#### 3. Data *Lateral Load-Displacement*

Pada saat pengujian benda uji kolom berlangsung, dilakukan pengamatan dan pembacaan beban lateral dan perpindahan yang terjadi. Data beban diperoleh dari *load cell*, sedangkan data perpindahan diperoleh dari LVDT.

#### 4. Data Pengamatan Retak

Data ini diperoleh dengan mencatat beban retak awal, lokasi, dan ukuran retak. Data pola retak digambarkan dengan cara membagi permukaan kolom menjadi grid dengan ukuran kotak 50 mm x 50 mm.

### 3.8 Analisis Hasil

Dalam penelitian ini akan dianalisis hasil yang meliputi :

#### 1. Kuat Tarik Baja Tulangan

Untuk mendapatkan tegangan leleh baja adalah dengan membagi beban saat leleh terhadap luas penampang aja tulangan, begitu juga untuk tegangan ultimit. Sedangkan untuk regangan baja diperoleh dengan membagi pertambahan panjang yang dihasilkan terhadap panjang awal tulangan baja. Modulus elastisitas diperoleh dengan membagi tegangan terhadap regangan yang terjadi.

#### 2. Kuat Tekan Beton

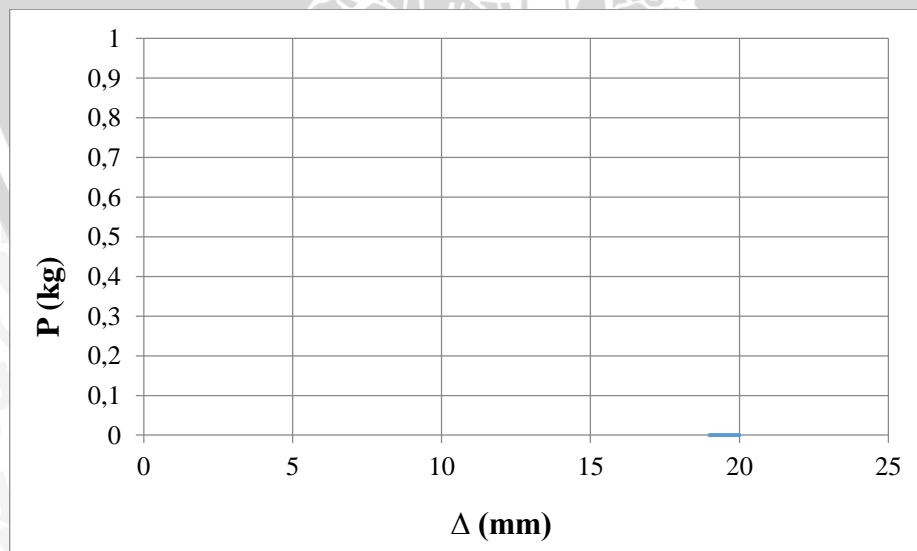
Untuk mendapatkan kuat tekan beton, diperoleh dengan membagi beban maksimum terhadap luas penampang silinder beton, serta ditentukan juga standar deviasi yang terjadi.

### 3. Beban lateral dan perpindahan

Pencatatan beban lateral dan perpindahan kolom saat pengujian diperlukan untuk dibuatkan grafik beban-perpindahan. Dari data dan grafik tersebut dapat dianalisis kekuatan, kekakuan, dan daktilitas perpindahan kolom.

Tabel 3.2 Form Data Hasil Pengujian Beban dengan Deformasi

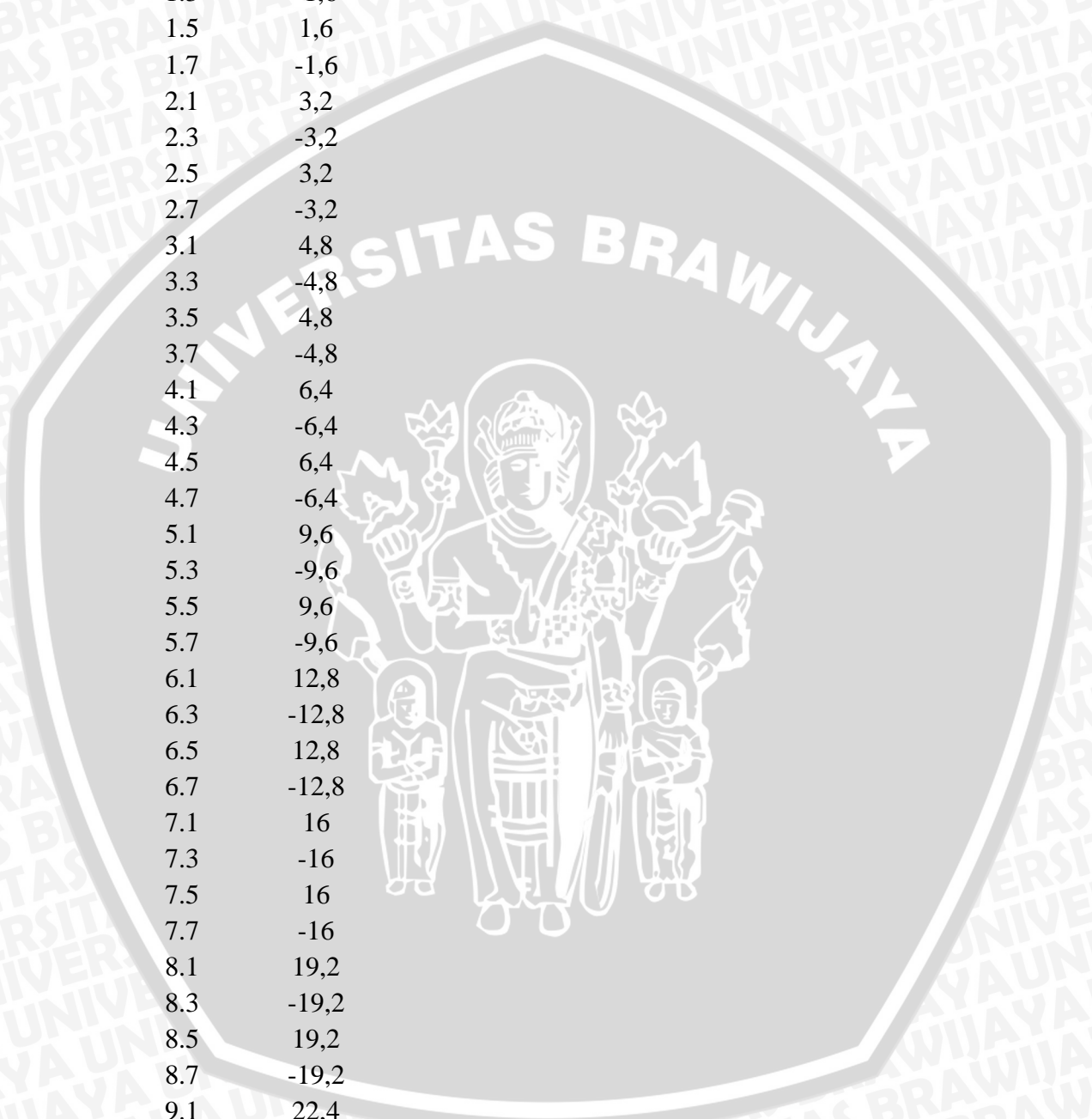
Drift (%)	$\Delta_{tot}$ mm	P kg	$\Delta_2$ mm	$\Delta_3$ mm	$\Delta_4$ mm	$\Delta_5$ mm	$\Delta_6$ mm	$\Delta_7$ mm	$\Delta_8$ mm	$\Delta_9$ mm
0	0									
0,2	1,28									
-0,2	1,28									
0,2	1,28									
-0,2	1,28									
0,4	2,56									
-0,4	2,56									
0,4	2,56									
-0,4	2,56									
0,6	3,84									
-0,6	3,84									
0,6	3,84									
-0,6	3,84									
0,8	5,12									
-0,8	5,12									
0,8	5,12									
-0,8	5,12									
.	.									
.	.									
.	.									



Gambar 3.10 Hubungan beban (P) dengan deformasi ( $\Delta$ )

Tabel 3.3 Form Data Hasil Pembacaan Panjang Retak

Nomor Siklus Retak	Simpangan mm	Beban kg	Depan Panjang Retak (cm)	Belakang Panjang Retak (cm)
1.1	1,6			
1.3	-1,6			
1.5	1,6			
1.7	-1,6			
2.1	3,2			
2.3	-3,2			
2.5	3,2			
2.7	-3,2			
3.1	4,8			
3.3	-4,8			
3.5	4,8			
3.7	-4,8			
4.1	6,4			
4.3	-6,4			
4.5	6,4			
4.7	-6,4			
5.1	9,6			
5.3	-9,6			
5.5	9,6			
5.7	-9,6			
6.1	12,8			
6.3	-12,8			
6.5	12,8			
6.7	-12,8			
7.1	16			
7.3	-16			
7.5	16			
7.7	-16			
8.1	19,2			
8.3	-19,2			
8.5	19,2			
8.7	-19,2			
9.1	22,4			
9.3	-22,4			
9.5	22,4			
9.7	-22,4			
...				





### 3.9 Hipotesa Penelitian

Hipotesa penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Diduga kolom beton bertulangan ringan dengan jarak pemasangan sengkang lebih rapat (15 cm) dan tulangan longitudinal 1,1% akan cenderung untuk menghasilkan mekanisme retak lebih lama dan dapat menghasilkan momen nominal lebih besar daripada kolom beton tulangan ringan dengan jarak pemasangan sengkang lebih renggang (25 cm) dan tulangan longitudinal 0,8%.
2. Diduga kolom dengan jarak sengkang lebih renggang (25 cm) dan rasio tulangan 0,8% akan memberikan pola retak yang lebih banyak dibanding dengan jarak sengkang yang lebih renggang (15 cm) dan rasio tulangan 1,1%.



