

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian adalah suatu rangkaian atau tata cara pelaksanaan penelitian dalam rangka mencari jawaban atas suatu permasalahan yang diuraikan menurut suatu tahapan yang sistematis. Waktu dilaksanakan penelitian dimulai pada bulan Mei, pelaksanaannya selama 6 bulan. Pelaksanaan pengujian benda uji bertempat di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia, dan Laboratorium Struktur Universitas Gadjah Mada Jogjakarta.

4.2 Bahan dan Alat

4.2.1 Bahan

1. Semen

Dipakai semen portland jenis I merk Gresik. Dalam penelitian ini semen dipakai sebagai bahan perekat adukan beton. Pemilihan semen jenis ini dilakukan karena paling umum dipakai sebagai perekat adukan beton dan tidak memerlukan persyaratan khusus. Penilaian kualitas semen jenis ini hanya dilakukan secara visual, dilihat dari kemasan 50 kg, kehalusan butiran, serta tidak terjadi penggumpalan.

2. Air

Air yang digunakan adalah air yang diambil dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

3. Agregat

Dalam penelitian ini digunakan 2 macam agregat, yaitu:

a. Agregat halus (pasir)

Agregat halus yang digunakan adalah Pasir yang diambil dari Kali Boyong, Sleman, Yogyakarta yang berdiameter lolos saringan 4,80 mm. Pasir sebelum digunakan terlebih dahulu harus dicuci. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran yang terkandung di dalam butiran-butiran pasir tersebut. Selain itu dilakukan pula penyelidikan pasir yang bertujuan untuk memperoleh distribusi ukuran butir (gradasi) dan berat volume dalam keadaan jenuh kering muka (SSD).

b. Agregat Kasar (kerikil)

Agregat kasar yang digunakan adalah batuan pecah dari daerah Celereng, Kulon Progo, Jogjakarta. Batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm. Agregat kasar yang digunakan adalah batuan pecah dari daerah Celereng, Kulon Progo, Yogyakarta. Memperhatikan ukuran penampang model balok dan jarak bukaan strimin dipilih batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm. Penyelidikan batu pecah bertujuan memperoleh data tentang berat jenis dan berat volume dalam keadaan SSD. Batu pecah sebelum digunakan dicuci dahulu untuk menghilangkan kotoran yang terkandung di dalam butiran-butiran kerikil tersebut

4. Besi (baja tulangan)

Dalam pembuatan benda uji penelitian digunakan baja tulangan polos (BJTP) diameter 6 mm sebagai tulangan memanjang atas (tulangan tekan), diameter 16 mm sebagai tulangan memanjang bawah (tulangan tarik), dan diameter 6 mm untuk tulangan sengkang, sedangkan jarak sengkang yang dipakai adalah 95 mm untuk daerah tumpuan/geser dan 140 mm untuk

daerah lapangan/lentur sesuai dengan hasil hitungan (lihat lampiran). Pengujian tarik baja dilakukan untuk mengetahui kuat leleh dan kuat tarik baja tulangan yang terpasang pada benda uji.

5. Kawat Bendrat

Kawat bendrat diameter 0,8 mm digunakan mengikat tulangan pokok dan tulangan sengkang, sehingga terbentuk rangka balok.

6. kawat strimin

Pada penelitian ini menggunakan bahan tambah berupa kawat strimin yang berbentuk diagonal segi empat diameter 1,52 mm, yang umum disebut kawat harmonika.

7. Multiplek

Digunakan untuk membuat bekisting balok. Dalam pembuatan sampel agar didapat ukuran yang tepat dan permukaan yang rata sesuai dengan apa yang telah direncanakan menggunakan cetakan dari multiplek dengan ketebalan 12 mm.

4.2.2 Alat

1. *Data Logger*

Alat yang digunakan untuk membaca besarnya lendutan yang terjadi dari *LVDT* dan besarnya beban yang diberikan pada balok dari *Load cell*.

2. *Load cell*

Alat ini berfungsi sebagai penerima beban pada balok, untuk mengetahui besar beban yang bekerja dan dihubungkan ke *Data Logger*, dengan kapasitas 60 ton.

3. LVDT (Longitudinal Vertikal Displacement Transducer)

Alat yang digunakan untuk mengukur besar lendutan yang terjadi dan dihubungkan ke *Data Logger*.

4. Hydraulic Jack

Alat ini digunakan sebagai alat untuk memberikan beban pada balok, dengan kapasitas 60 ton.

5. Mesin uji kuat desak

Mesin uji desak beton merk "Controlls" digunakan untuk menguji kuat desak beton dengan beban yang dapat dibaca pada skala pembebanan. Kapasitas mesin ini adalah 2000 kN.

6. Mesin uji kuat tarik

Digunakan untuk mengetahui kuat tarik dan kuat leleh tulangan baja. Di dalam penelitian ini digunakan *Universal Testing Machine* (UTM) merk *Shimatsu* type UMH 30 dengan kapasitas 30 ton.

7. Mesin Uji Lentur Beton

Mesin uji lentur beton ini merupakan mesin untuk menguji lentur beton yang dilengkapi dengan alat untuk pembebanan titik pada beton yang diletakkan di atas dua tumpuan. Beban yang telah bekerja dapat dibaca pada skala pembebanan.

8. Hydraulic Jack

Alat ini digunakan sebagai alat untuk memberikan beban pada balok, dengan kapasitas 60 ton.

9. Saringan

Saringan ini digunakan untuk menyaring pasir dan kerikil agar diperoleh diameter yang dibutuhkan.

10. Timbangan

Timbangan dipakai untuk mengukur berat bahan penyusun beton yaitu semen, kerikil, pasir, tulangan dan benda uji. Timbangan yang digunakan :

- a. timbangan merk "OHAUS" dengan kapasitas 20 kg,
- b. timbangan dengan kapasitas 100 kg.

11. Mistar dan Kaliper

Mistar digunakan untuk mengukur dimensi benda uji dan nilai *slump*, sedangkan kaliper untuk mengukur diameter tulangan benda uji.

12. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk menakar jumlah air yang diperlukan dalam pembuatan adukan beton atau pasta semen. Kapasitas gelas ukur yang dipakai adalah 1000 cc.

13. Kerucut Abrams

Kerucut ini digunakan untuk mengukur kelecakan pada percobaan *slump*. Kerucut ini mempunyai dua lubang pada ujungnya, dengan diameter atas 100 mm dan diameter bawah 200 mm, dan tinggi 300 mm. Alat ini dilengkapi tongkat pemadat dari baja dengan panjang 600 mm dan berdiameter 16 mm, yang ujungnya berbentuk bulat.

14. Cetok, talam baja dan ember

Cetok digunakan sebagai alat untuk memasukkan benda uji ke dalam kerucut Abrams dan cetakan benda uji. Talam di gunakan sebagai alas pengujian *slump* dan menampung adukan beton dari mesin pengaduk (molen). Ember digunakan sebagai wadah pengambilan dan penimbangan bahan-bahan adukan beton.

15. Cetakan benda uji

Cetakan benda uji terbuat dari pelat baja. Cetakan yang digunakan untuk uji desak dan tarik belah berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, untuk uji lentur berbentuk persegi dengan ukuran panjang 40 cm, lebar 10 cm, tinggi 10 cm dan uji geser dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 10 cm, tinggi 10 cm. Semua cetakan benda uji yang digunakan mempunyai baut pada sisi luarnya, sehingga memudahkan pelepasannya.

16. Molen/pengaduk beton

Mesin ini berfungsi untuk mengaduk bahan penyusun beton sehingga menjadi adukan beton yang homogen. Mesin ini digerakkan dengan generator listrik.

17. Dukungan Rol dan Sendi

Dukungan rol dipasang pada salah satu ujung model balok, sedangkan pada ujung yang lain dipasang dukungan sendi sehingga model balok mendekati balok sederhana (*simple beam*).

18. Loading Frame

Untuk keperluan penelitian ini digunakan *loading frame* dari bahan baja profil WF 450 x 200 x 9 x 14. Bentuk dasar *loading frame* berupa portal segi empat, berdiri di atas lantai beton dengan tebal 600 mm. Untuk

menjamin agar *loading frame* tetap stabil, pelat dasar dibuat ke lantai beton dan kedua kolomnya dihubungkan oleh balok WF 450 x 200 x 9 x 14.

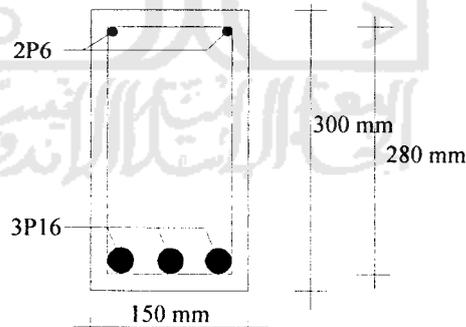
Diantara dua kolom portal, arah melintang terdapat dua balok profil WF450 x 200 x 9 x 14 dengan panjang 6 meter dan langsung dibaut ke lantai beton sehingga memperkuat kedudukan *loading frame*. Fungsi utama kedua balok ini yaitu untuk menempatkan model yang akan diuji.

4.3 Perencanaan benda uji

Perencanaan benda uji dibagi menjadi tiga kegiatan, sebaagai berikut :

1. Dimensi Penampang

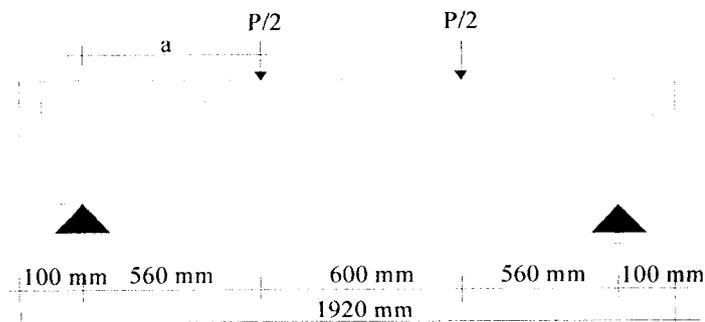
Dalam perencanaan balok ini dikehendaki gagal dalam geser. Jika ditentukan jarak titik beban terhadap dukungan, a sebesar 560 mm dan $\frac{a}{d} = 2$ dengan $d =$ tinggi balok, maka $d = \frac{560}{2} = 280$ mm seperti terlihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Penampang melintang balok uji

2. Panjang Bentang

Dalam perencanaan bentang balok dikehendaki gagal dalam lentur dan geser, dengan $a/d = 2$. Jika ditentukan jarak antara titik beban terhadap dukungan, a sebesar 560 mm, d sebesar 280 mm dan jarak antar beban titik sebesar 600 mm maka didapatkan panjang bentang adalah 1920 mm seperti terlihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Penampang memanjang balok uji

3. Jumlah Tulangan

Dalam perencanaan balok menggunakan BJTP yang terdiri dari :

- a. Tulangan memanjang atas (tulangan tekan) memakai 2 BJTP 24 dengan diameter 6 mm.
- b. Tulangan memanjang bawah (tulangan tarik) memakai 3 BJTP 35 dengan diameter 16 mm.
- c. Tulangan sengkang P 6, dengan jarak sengkang antara dukungan dengan titik beban sebesar 95 mm sedangkan jarak sengkang antar titik beban memakai jarak 140 mm.

4. Kapasitas Momen

Dalam perencanaan balok menggunakan persamaan pada analisis lentur dan geser sebagai dasar perhitungan beban balok sehingga hasil/data kapasitas momen dihitung dengan persamaan 3.14, dan kapasitas geser dihitung dengan persamaan 3.22 yang kemudian diperoleh sebagai berikut :

$$M_n = 54.955 \text{ kNm}$$

$$P = 196,268 \text{ kN}$$

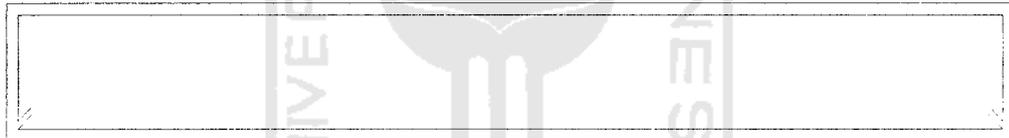
4.4 Pemodelan dan Prosedur Penelitian

4.4.1. Pemodelan

Pada percobaan penelitian ini akan menggunakan tujuh model benda uji, yaitu:

1. Balok beton bertulang tanpa menggunakan sengkang (TSK)

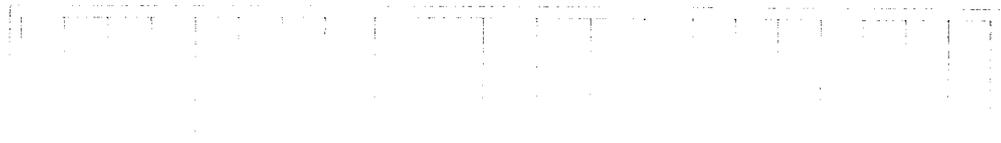
Variasi benda uji yang pertama dimaksudkan untuk mengetahui besarnya kekuatan lentur dan geser yang dapat ditahan oleh balok tulangan rangkap. Pertimbangan pengujian benda uji ini adalah sebagai kontrol terhadap benda uji lain yang menggunakan variasi tulangan geser, seperti terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Balok tanpa menggunakan sengkang

2. Balok beton bertulang dengan menggunakan sengkang (BN)

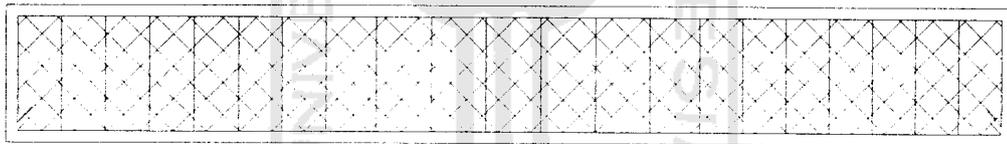
Benda uji ini bertujuan untuk mengetahui besarnya tegangan geser yang mampu ditahan oleh balok tersebut, selain itu juga menambah kekuatan balok, menahan kuat lentur dan menghambat proses peretakan, seperti terlihat pada Gambar 4.4. Benda uji ini juga berfungsi sebagai kontrol terhadap benda uji yang menggunakan dua lapis kawat strimin (jaringan kawat) yang dikombinasikan dengan sengkang.



Gambar 4.4 Balok dengan menggunakan sengkang

3. Balok beton bertulang menggunakan kawat strimin 2 lapis dan sengkang (MSK2P)

Tujuan dan alasan dari pengujian ini seperti pada Gambar 4.5 adalah untuk mengetahui besarnya beban yang masih dapat ditahan oleh balok, dan memperbaiki kelakuan/kekuatan balok dan meningkatkan tegangan geser yang terjadi setelah diberi kawat strimin.



Gambar 4.5. Balok dengan menggunakan *wire mesh* dan sengkang

4. Balok beton bertulang menggunakan kawat strimin 2 lapis dan sengkang pada daerah geser (MSK2G)

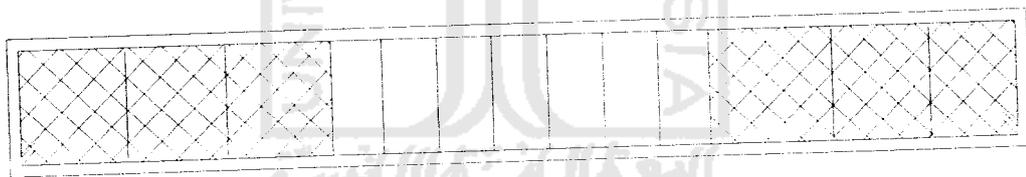
Tujuan dan alasan dilakukannya pengujian ini adalah penggunaan kawat strimin untuk menahan gaya geser pada daerah geser saja dan pada daerah lentur, tegangan lentur yang terjadi dapat ditahan tulangan rangkap balok. Penempatan kawat strimin pada daerah geser seperti Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Balok dengan menggunakan kawat strimin pada daerah geser

5. Balok beton bertulang menggunakan kawat strimin 2 lapis dan sengkang 50 % daerah geser (MS50K2G)

Tujuan dan alasan dari pengujian ini seperti pada Gambar 4.7 adalah untuk menahan gaya geser pada daerah geser dengan pemakaian kawat strimin geser dan mengurangi pemakaian sengkang sebanyak 50% pada daerah.



Gambar 4.7 Balok dengan menggunakan kawat strimin dan sengkang

6. Balok beton bertulang dengan menggunakan kawat strimin 2 lapis sebagai pengganti sengkang (MK2TS)

Benda uji ini menggunakan dua lapis kawat strimin sebagai pengganti sengkang, fungsi kawat strimin disini untuk menahan gaya geser dan lentur. Tujuan dan alasan dilakukannya pengujian ini diharapkan dapat memperbaiki kelakuan dan kekuatan balok, seperti terlihat pada Gambar 4.8. Di samping itu, kawat strimin membatasi proses keretakan, memperlambat kegagalan balok sampai pembebanan yang lebih besar.



Gambar 4.8 Balok dengan menggunakan kawat strimin

7. Balok beton bertulang menggunakan kawat strimin 2 lapis pada daerah geser (MK2GTS)

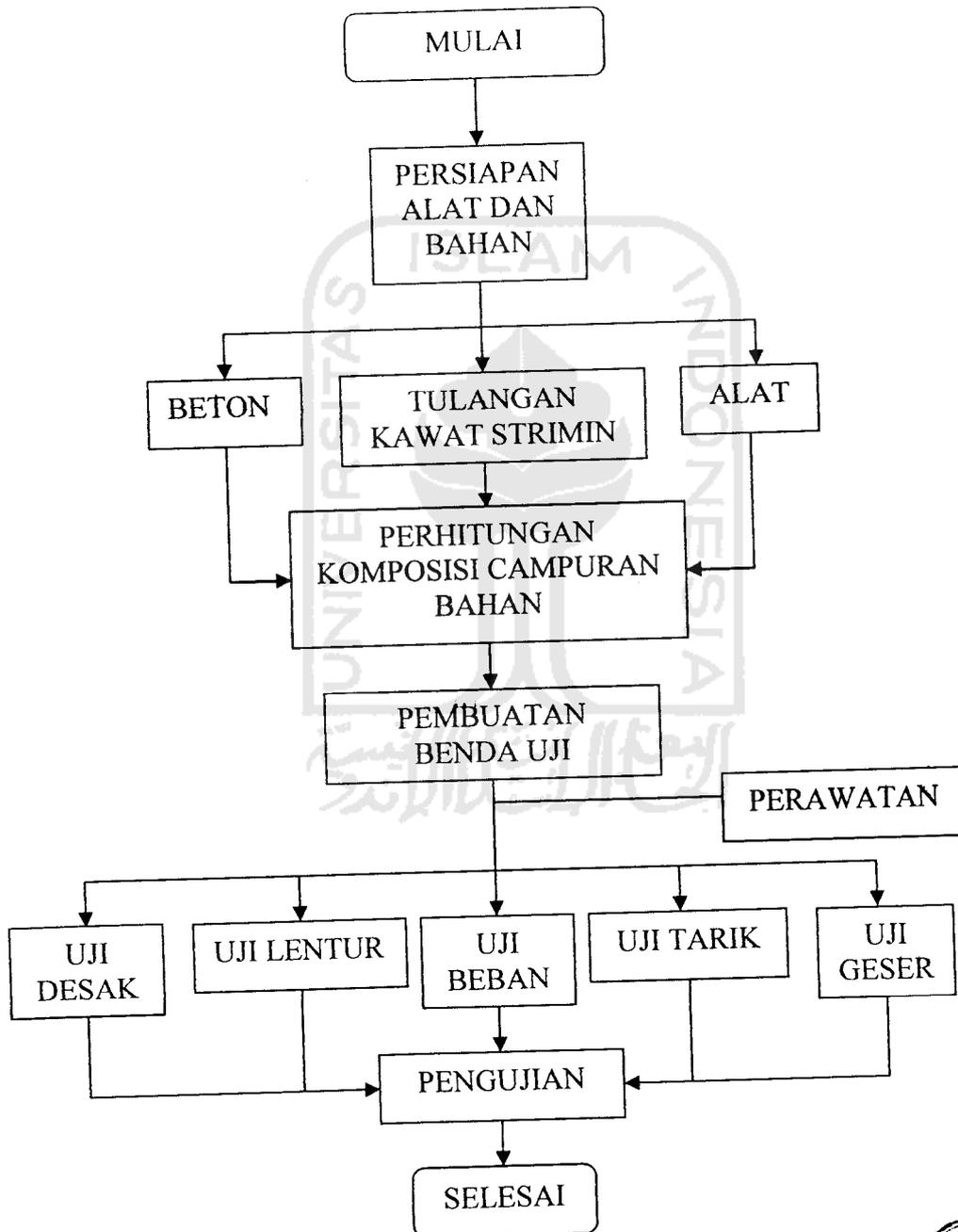
Tujuan dan alasan dari pengujian ini seperti pada Gambar 4.9 adalah untuk menahan gaya geser pada daerah geser, memperbaiki kelakuan/kekuatan balok dan meningkatkan gaya geser setelah diberi kawat strimin.



Gambar 4.9 Balok menggunakan sengkang dan kawat strimin pada daerah geser

4.4.2. Prosedur Penelitian

Untuk prosedur percobaan/kajian disajikan dalam bentuk bagan alir (*flow chart*).



Gambar 4.10. Flow Chart



4.5 Pelaksanaan Penelitian

4.5.1 Persiapan Bahan dan Alat

Material yang digunakan untuk pembuatan benda uji ini merupakan material lokal kecuali tulangan baja dan semen. Pembuatan benda uji, pengujian desak dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia, sedangkan pengujian balok dilakukan di Laboratorium Struktur, Universitas Gadjah Mada.

4.5.2 Pembuatan Benda Uji.

Langkah-langkah pembuatan benda uji :

- 1) Pembuatan bekisting untuk benda uji balok,
- 2) Mempersiapkan alat timbangan, mistar, cetok, molen, kerucut Abrams, ember, talam baja, serta cetakan-cetakan silinder dan persegi yang akan dipakai untuk mencetak benda uji dengan terlebih dahulu diolesi dengan oli.
- 3) Melakukan penimbangan bahan-bahan, seperti : semen, pasir, kerikil. Pada saat penimbangan, kondisi pasir dan kerikil adalah jenuh kering permukaan (SSD).
- 4) Memasukkan semen, pasir, kerikil, air sedikit demi sedikit ke dalam molen, dilanjutkan dengan menghidupkan molen.
- 5) Pada saat molen mulai berputar diusahakan selalu dalam keadaan miring sekitar 45° , agar terjadi adukan beton yang merata.
- 6) Setelah adukan beton terlihat merata, kemudian dituang secukupnya dan dilakukan pengujian nilai *slump* dengan menggunakan kerucut Abrams dengan diameter atas 100 mm, diameter bawah 200 mm, dan tinggi 300 mm, yang dilengkapi tongkat penumbuk dari baja diameter 16 mm. Pelaksanaan percobaan *slump* dilakukan dengan cara kerucut di tekan/ditahan pada penyokong-penyokong kakinya agar tidak terangkat sambil diisi adukan beton, dibuat tiga lapis adukan, dan tiap lapis

ditumbuk sebanyak ± 25 kali. Bagian atas kerucut adukan diratakan dan didiamkan ± 30 detik, kemudian kerucut Abrams diangkat perlahan-lahan secara tegak lurus dan di letakkan di samping adukan tersebut, permukaan beton akan runtuh sedikit sehingga terdapat selisih tinggi antara tinggi kerucut Abrams dengan beton atau disebut *Slump*.

- 7) Mengeluarkan adukan beton dari molen, dan ditampung pada talam baja.
- 8) Memasukkan adukan beton ke dalam cetakan dengan memakai cetok, dilakukan sedikit demi sedikit sambil ditusuk-tusuk supaya tidak keropos.
- 9) Adukan yang telah dicetak diletakkan di tempat yang terlindung dari sinar matahari dan hujan,
- 10) Untuk benda uji silinder dan persegi cetakan dibuka setelah didiamkan selama 24 jam dengan membubuhkan kode atau keterangan pada beton.
- 11) Untuk balok cetakan dibuka setelah pengerasan berlangsung, yaitu setelah 1 hari,
- 12) Kemudian dilakukan perawatan beton.

4.5.3 Perawatan Benda Uji

Kekuatan akhir beton sangat tergantung pada kondisi kelembaban temperature selama periode kurang lebih 28 hari, pada masa tersebut apabila kelembabannya tidak terus menerus dipertahankan, beton dapat mengalami pembekuan yang bisa mengurangi kekuatan beton sampai 50% (Winter dan Nilson).

Oleh karena itu direncanakan suatu perawatan untuk mempertahankan beton supaya terus menerus berada dalam keadaan basah selama periode beberapa hari dan bahkan beberapa minggu (Murdock dan Brook, 1986).

Pada penelitian ini, perawatan beton dilakukan dengan cara merendam dalam bak air dan menyelimuti balok dengan karung yang selalu dibasahi sampai sehari sebelum benda uji tersebut dilakukan pengujian. Rawatan yang baik dapat

mempertahankan kualitas beton, seperti kekuatan, ketahanan terhadap cuaca dan juga lebih kedap air.

4.6 Proses Pengujian

Pengujian desak, pengujian lentur dan pengujian geser dilakukan pada umur beton 28 hari.

4.6.1 Pengujian Kuat Tarik Kawat Strimin

Adapun tahapan-tahapan pengujian kuat tarik Kawat Strimin adalah sebagai berikut :

- a. Kawat Strimin diambil satu batang, kemudian diameter Kawat Strimin di ukur dengan menggunakan jangka sorong (kaliper).
- b. Kawat Strimin dijepitkan kedua ujungnya pada mesin penguji.
- c. Mesin penguji dijalankan, kemudian Kawat Strimin ditarik dengan penambahan beban secara berangsur-angsur sampai Kawat Strimin putus.

4.6.2 Pengujian Kuat Tarik Baja Tulangan

Pengujian kuat tarik tulangan baja ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta. Langkah-langkah :

- a. Mengukur diameter tulangan,
- b. Tulangan dipotong dengan panjang 60 cm, lalu untuk tulangan diameter 16 dibubut sampai ukuran 11,4 cm,
- c. Diletakkan di alat uji, masing-masing ujung tulangan dijepit,
- d. Baja tulangan ditarik sampai leleh, kuat tarik pada saat leleh pertama dicatat.

4.6.3 Pengujian Sifat Mekanis Beton

Langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- a. Mencatat dimensi benda uji yaitu diameter dan tingginya untuk benda uji berbentuk silinder dan panjang, lebar, tinggi untuk benda uji balok.
- b. Menimbang benda uji.
- c. Meletakkan benda uji di atas mesin uji, dan dilakukan pembebanan secara berangsur-angsur.
- d. Mencatat beban maksimum yang terjadi, dimana benda uji mulai mengalami kehancuran.

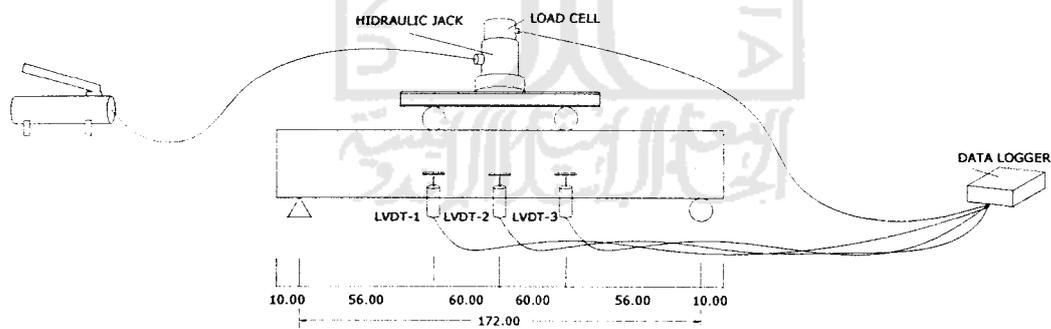
4.6.4 Pengujian Balok

Pelaksanaan pengujian balok dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Setelah balok mencapai umur 28 hari,
2. Balok dicat dengan kapur, digaris kotak-kotak 5 cm x 5 cm dengan menggunakan spidol untuk mengetahui penambahan retak dan lebar retak yang terjadi.
3. Kemudian diangkat dan diletakkan di atas alat uji dengan letak tumpuan dari ujung balok adalah 100 mm baik dari kiri ataupun kanan,
4. Jumlah titik pembebanan ada dua dengan jarak beban yang membebani dari tepi kiri dan tepi kanan adalah 560 mm dan jarak antar titik pembebanan 600 mm,
5. Pada tengah-tengah bentang dan di bawah titik beban pasang LVDT dan dihubungkan dengan *Data Logger*,
6. Memasang *Load cell* dan menghubungkan kabel ke *Data Logger*,
7. Memasang *Hidraulic jack*, lalu mengesetnya,
8. Mengeset *Data Logger*, dimana satuan pembebanan menggunakan kN, penurunan balok menggunakan mm,

9. Mulai melakukan pembebanan secara bertahap setiap 5 kN, beban konstan dan dinaikkan secara berangsur-angsur,
10. Setiap 5 kN pembebanan di cetak melalui *Data Logger*, dan lebar retak diamati setiap 10 kN,
11. Saat retak pertama (*first crack*) terjadi, mulai diamati lebar retak menggunakan teropong, dan ditandai dengan menggambar atau menggaris retak menggunakan spidol, tiap 10 kN retak pada balok ditulis besar beban yang bekerja, begitu seterusnya,
12. Sampai batas kekuatan tertentu sampai dengan maksimum, benda uji akan mengalami runtuh, dan pengujian dihentikan.

4.6.5 Penyetelan Pembebanan pada Balok



Gambar 411. Penyetelan pembebanan balok

4.7 Pengamatan

4.7.1 Pembebanan

Pada pelaksanaan pembebanan perlu diperhatikan perletakan pada alat uji, sehingga kemungkinan-kemungkinan balok menggeser atau terguling dapat dihindari. Perencanaan besar beban yang diberikan disesuaikan dengan dimensi balok atau disesuaikan dengan perencanaan pembebanan awal. Karena setiap komponen struktur harus memiliki cukup kekuatan struktural untuk mendukung beban yang bekerja pada balok. Beban diberikan setiap 5 kN yang berangsur-angsur sampai beban yang menyebabkan balok runtuh akan menjadi perhatian dalam pembebanan.

4.7.2 Lendutan (Defleksi)

Balok yang telah diberi beban akan diperiksa lendutannya berdasarkan alat uji dengan melihat pada seberapa kuat balok menahan beban. Beban diberikan setiap 5 kN kemudian berhenti untuk membaca lendutan, untuk beban berikutnya diberikan secara berangsur-angsur sampai balok runtuh.

4.7.3 Retak

Beton mempunyai kekuatan baik dalam menahan tekanan akan tetapi kurang kuat menahan gaya tarik. Sehingga komponen struktur beton bertulang cenderung mengalami retak yang tidak bisa dihindari di tempat-tempat mengalami gaya tarik. Oleh karena itu perilaku retak dan pengendalian lebar retak, khususnya retak geser. Di dalam memperhatikan retak beton, perhatian lebih diutamakan pada lebar celah retak dan panjang retak. Beban diberikan setiap 5 kN secara berangsur-angsur sampai balok runtuh, arah retaknya dilukis dengan spidol dan lebar retaknya dibaca dengan alat pembaca retak.