

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2017 – Juli 2018 dan dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

3.2. Bahan dan Material Penelitian

Bahan yang digunakan untuk membuat campuran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Agregat halus yang digunakan berasal dari Sungai Bantar Kulon Progo, agregat halus berfungsi sebagai salah satu bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Agregat halus

2. Agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerikil yang bersala dari Kulon Progo. Agregat kasar berfungsi sebagai bahan pengisi campuran beton serta sebagai komponen utama yang memberikan kekuatan pada beton. Agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Agregat kasar

3. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Portland* dan menggunakan merk semen Gresik. Fungsi dari semen adalah sebagai bahan pengikat atau perekat dari butir-butir agregat menjadi satu massa yang padat. Semen dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Semen Gresik

4. Air yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Air dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Air

5. Natrium silikat sebagai bahan tambah yang digunakan untuk perbaikan kerusakan pada beton. Natrium silikat dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Sodium Silikat

6. Air suling digunakan sebagai bahan untuk pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air pada agregat. Air suling dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Air Suling

7. Oli digunakan sebagai pelapis dinding bekisting. Oli dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Oli

8. Cat putih digunakan untuk mengecat permukaan balok. Cat putih dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Cat putih

9. Besi tulangan digunakan sebagai tulang di dalam balok beton, besi yang digunakan berukuran diameter 8 mm dan 6 mm. besi tulangan dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Besi tulangan

10. Kawat bendrat digunakan sebagai pengikat besi tulangan. Kawat bendrat dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Kawat bendrat

11. Tahu beton berfungsi sebagai pemberi jarak antar tulangan dan bekisting, tahu beton biasanya di buat dengan tebal 1 – 2 cm sesuai dengan selimut beton yang digunakan . Tahu beton dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Tahu beton

3.3. Alat – Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini mulai dari pengujian karakteristik material sampai dengan pengujian benda uji sebagai berikut ini.

1. Timbangan dengan merk *ohauss* dengan ketelitian 0.1 gram memiliki kapasitas 150 kg. Alat ini berfungsi untuk menakar berat masing-masing material yang digunakan dalam penyusun campuran beton. Timbangan dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Timbangan

2. Oven dengan temperatur 100°C - 110°C, sebagai alat untuk pengeringan material yang digunakan. Oven dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Oven

3. Mesin pengayak dan satu set saringan standar ASTM. Alat ini digunakan untuk memeriksa gradasi butiran halus dengan susunan saringan dengan ukuran 0.15 mm; 0.3 mm; 0.6 mm; 2.36 mm; 4.75 mm. Mesin pengayak dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Mesin pengayak

4. Piknometer/ *Erlenmeyer* dengan kapasitas 500 ml. Alat ini digunakan untuk pemeriksaan berat jenis agregat halus. Piknometer dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Piknometer/ *Erlenmeyer*

5. Gelas ukur dengan kapasitas 1000 ml digunakan untuk menakar volume air dan sebagainya. Gelas ukur dapat dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Gelas ukur 1000 ml

6. Gelas ukur dengan kapasitas 50 ml digunakan untuk menakar cairan sodium silikat. Gelas ukur dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Gelas ukur 50 ml

7. Nampan besi sebagai wadah bahan uji material yang digunakan. Nampan dapat dilihat pada Gambar 3.18



Gambar 3.18 Nampan

8. Kuas digunakan sebagai alat pengoles oli pada bekisting dan sebagainya . Kuas dapat dilihat pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19 Kuas

9. Cetok dan talem besi berukuran besar sebagai tempat menampung campuran beton yang dikeluarkan dari molen. Cetok dan talem besi dapat dilihat pada Gambar 3.20.



(a)



(b)

Gambar 3.20 (a) Cetok dan (b) talem besi

10. Penumbuk besi untuk menumbuk campuran beton yang sudah dimasukkan kedalam bekisting dan sebagai penumbuk pada uji *slump*. Penumbuk besi dapat dilihat pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21 Penumbuk besi

11. Kerucut *Abram* sebagai alat untuk mengetahui nilai *slump*. Kerucut *Abram* dapat dilihat pada Gambar 3.22.



Gambar 3.22 Kerucut *Abram*

12. Kaliper sebagai alat pengukur dalam pengujian. Kaliper dan mistar dapat dilihat pada Gambar 3.23.



Gambar 3.23 Kaliper

13. Cetakan balok beton dengan ukuran 15 x 15 x 60 cm. Cetakan balok dapat dilihat pada Gambar 3.24.



Gambar 3.24 Cetakan balok beton

14. Cetakan kubus beton dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm dan. Cetakan kubus dapat dilihat pada Gambar 3.25.



Gambar 3.25 Cetakan kubus beton

15. Timbangan Digital digunakan sebagai alat untuk mengukur berat material. Timbangan Digital dapat dilihat pada Gambar 3.26.



Gambar 3.26 Timbangan Digital

16. Suntikan digunakan sebagai alat untuk memasukkan bahan perbaikan ke balok beton. Suntikan dapat dilihat pada Gambar 3.27.



Gambar 3.27 Suntikan

17. Tulangan dengan diameter 6 mm dan 8 mm. tulangan dapat dilihat pada Gambar 3.28.



Gambar 3.28 (a) Tulangan 6 mm (b) tulangan 8 mm

18. *Mixer* dengan kapasitas 150 liter berfungsi sebagai alat pencampur adukan beton. *Mixer* dapat dilihat pada Gambar 3.29.



Gambar 3.29 *Mixer*

19. Mesin kuat tekan dengan kapasitas 150 MPa sebagai alat pengujian kuat tekan beton dan mengetahui nilai kuat tekan beton. Mesin kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 3.30.



Gambar 3.30 Mesin kuat tekan

20. Mesin kuat lentur sebagai alat pengujian kuat lentur balok. Mesin kuat lentur dapat dilihat pada Gambar 3.31.



Gambar 3.31 Mesin kuat lentur

21. *Dial Gauge* yaitu sebagai alat pengukur dan kontrol lebar retak saat pembebanan kuat lentur balok. *Dial Gauge* dapat dilihat pada Gambar 3.32.



Gambar 3.32 *Dial Gauge*

22. Mesin abrasi *Los Angeles* digunakan untuk menguji keausan agregat kasar. Mesin abrasi *Los Angeles* dapat dilihat pada Gambar 3.33.



Gambar 3.33 Mesin abrasi *Los Angeles*

23. Cetakan perbaikan beton kubus berukuran 16 x 16 x 16 cm terbuat dari kayu. Dapat dilihat pada Gambar 3.34.



Gambar 3.34 Cetakan perbaikan beton kubus

24. Tumpuan untuk pengujian kuat lentur. Dapat dilihat pada Gambar 3.35.



Gambar 3.35 Tumpuan

25. Alat pembebanan dua titik untuk mendapatkan lentur murni. Dapat dilihat pada Gambar 3.36.



Gambar 3.36 Alat pembebanan dua titik

26. Palu dan Betel sebagai alat untuk membuat permukaan beton menjadi kasar. Dapat dilihat pada Gambar 3.37.



Gambar 3.37 Palu dan betel

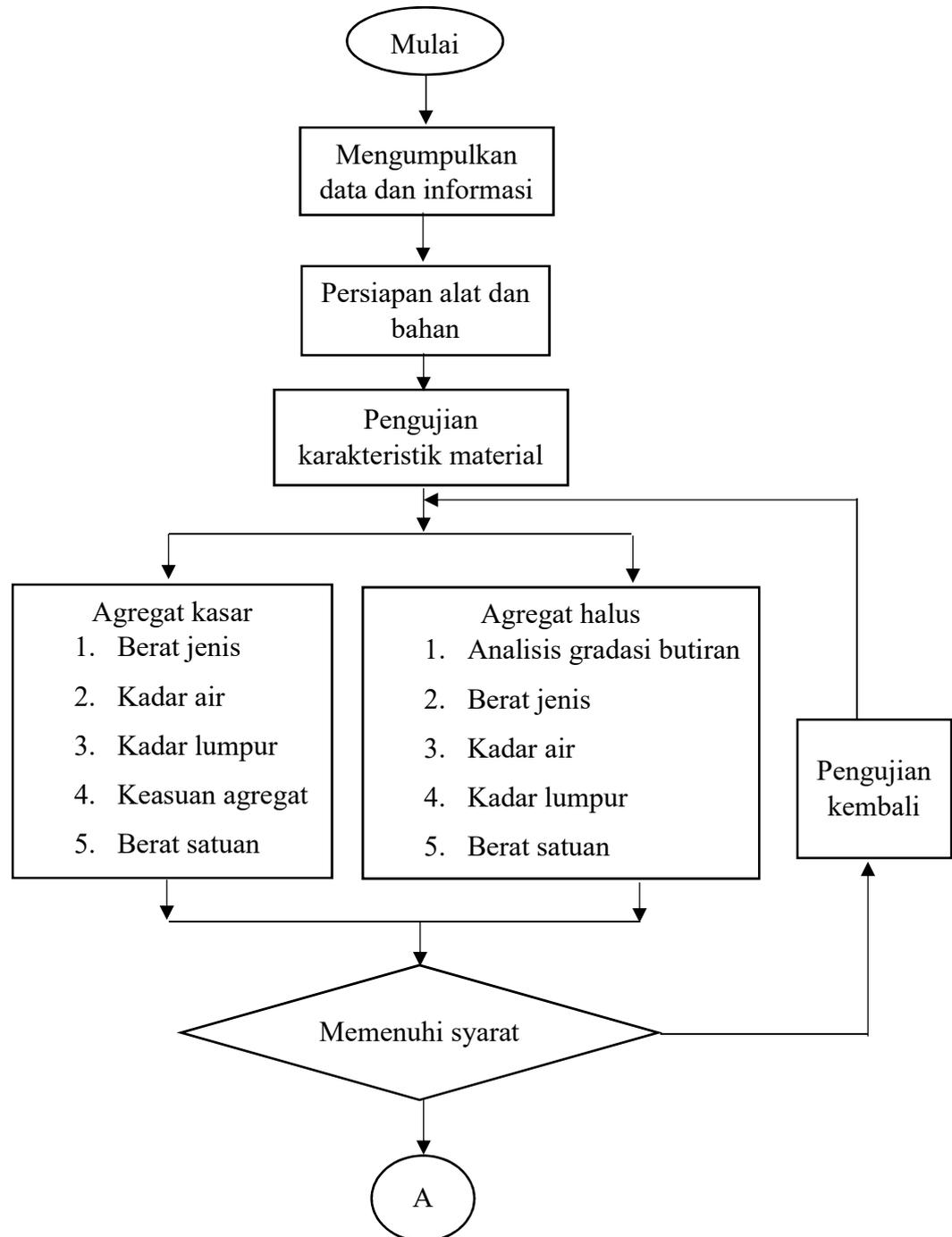
27. Timbangan dalam air digunakan untuk menimbang berat agregat kasar dalam pengujian berat jenis. Timbangan dalam air dapat dilihat pada Gambar 3.38.



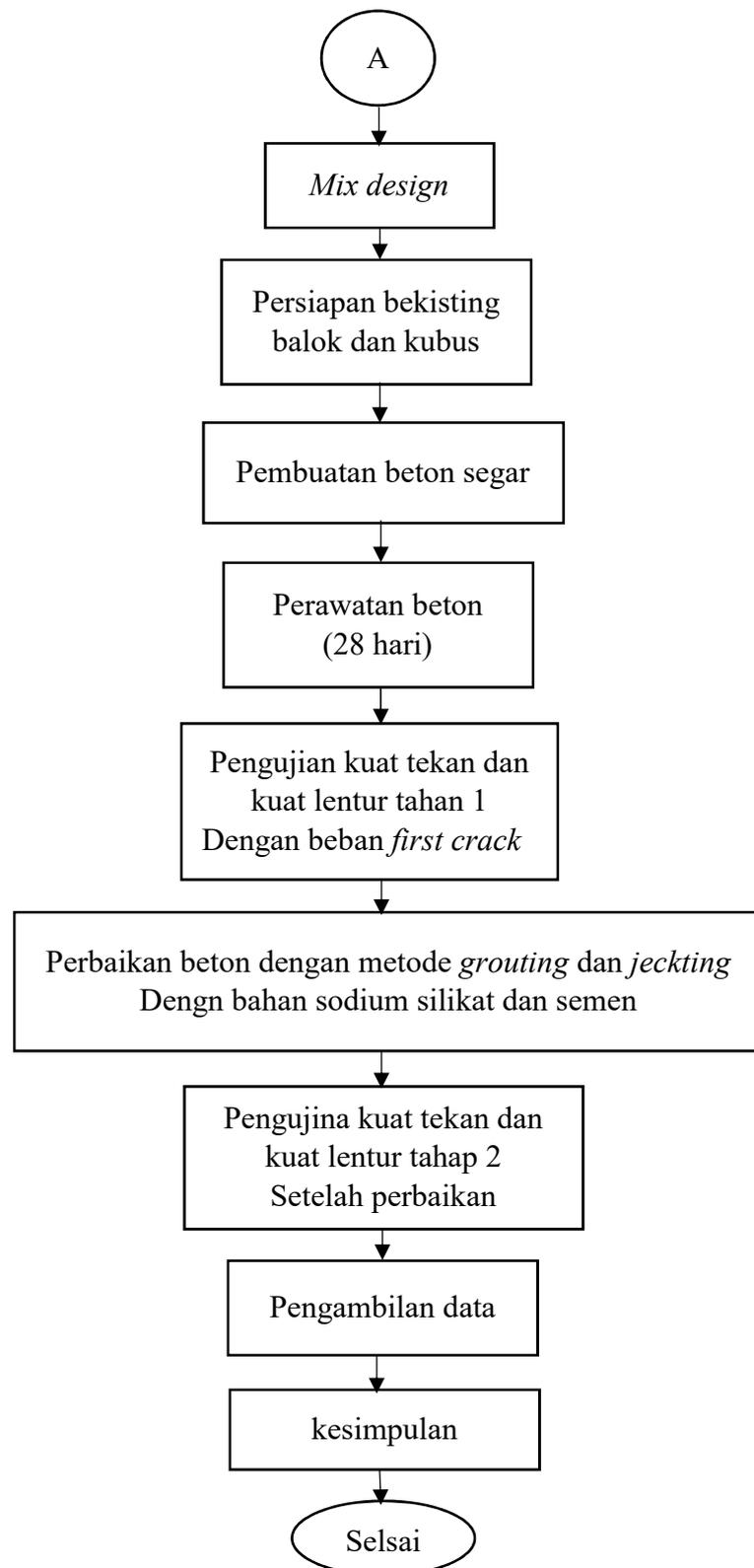
Gambar 3.38 Timbangan dalam air

3.4. Bagan Penelitian

Bagan penelitian dibuat sebagai proses dari penelitian yang dilakukan oleh penulis. Bagan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.39.



Gambar 3.39 Bagan alir



Gambar 3.40 Bagan alir (lanjutan)

3.5. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan material, pengujian karakteristik material, pembuatan benda uji, kemudian pengujian kuat tekan dan kuat lentur benda uji. Langkah-langkah dari penelitian ini akan diuraikan sebagai berikut ini.

1. Persiapan Alat dan Bahan

Tahap awal dari penelitian ini adalah persiapan alat dan bahan material yang akan digunakan dalam penelitian. Pada penelitian ini bahan yang disiapkan yaitu agregat halus, agregat kasar, semen, dan sodium silikat.

2. Pemeriksaan Agregat Halus

a. pemeriksaan analisis gradasi butiran agregat halus

analisis gradasi dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran pasir dengan menggunakan saringan. Pemeriksaan dilakukan dengan langkah-langkah berdasarkan SNI 03-1968-1990 (BSN, 1990c).

b. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui nilai berat jenis curah pasir, berat jenis jenuh kering muka pasir, nilai berat semu pasir, dan untuk mengetahui presentase penyerapan air oleh pasir berdasarkan SNI 1970-2008 (BSN, 2008b).

c. Pemeriksaan kandungan lumpur agregat halus

Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus. Pemeriksaan kadar lumpur dilakukan berdasarkan SNI 03-1750-1990 (BSN, 1990b).

d. Pemeriksaan kadar air agregat halus

Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada agregat halus. Pemeriksaan kadar air dilakukan berdasarkan SNI 03-1971-1990 (BSN, 1990a).

e. Pemeriksaan berat satuan agregat halus

Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui berat satuan agregat halus. Pemeriksaan berat satuan dilakukan berdasarkan SNI 03-4804-1998 (BSN, 1998).

3. Pemeriksaan Agregat Kasar

a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui berat jenis agregat kasar serta mengetahui besar presentase penyerapan air agregat kasar. Pemeriksaan ini dilakukan dengan berdasarkan SNI 1969-2008 (BSN, 2008a).

b. Pemeriksaan keausan agregat kasar

Pemeriksaan keausan agregat kasar dilakukan untuk mengetahui kekuatan dan ketahanan aus agregat kasar menggunakan mesin *Los Angeles*. Pemeriksaan ini berdasarkan SNI 2417-2008 (BSN, 2008d).

c. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar

Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur pada agregat kasar.

d. Pemeriksaan kadar air agregat kasar

Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui kandungan air pada agregat kasar. Pemeriksaan kadar air dilakukan berdasarkan SNI 03-1971-1990 (BSN, 1990a).

e. Berat satuan yaitu berat agregat dalam satuan volume. Pemeriksaan berat satuan agregat kasar dimaksudkan untuk mencari berat satuan agregat kasar yang dilakukan berdasarkan SNI 03-4804-1998 (BSN, 1998).

4. Rencana Campuran Beton (*Mix Design*)

Rencana campuran beton dilakukan berdasarkan SNI 03-2834-2000 (BSN, 2000).

a. Menggunakan cetakan kubus beton berukuran 150 mm x 150 mm x 150 mm.

b. Menggunakan cetakan balok beton dengan ukuran 150 mm x 150 mm x 600 mm.

c. Agregat kasar yang digunakan berukuran 20 mm dan agregat halus yang digunakan berada pada daerah 2.

d. Kuat tekan rencana yaitu $f'_c = 30$ MPa

e. FAS yang digunakan bernilai 0,48.

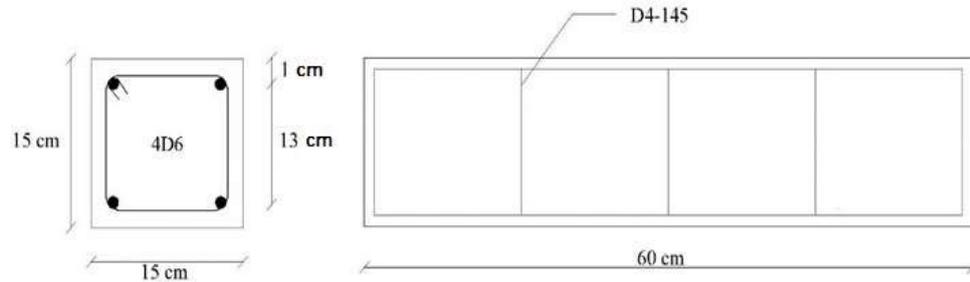
f. Nilai slump minimum 75 mm dan maksimum 150 mm.

5. Pengujian *slump* beton

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kecekan beton segar dan sebagai tolak ukur kemudahan dalam pengerjaan beton. Pengujian didasarkan SNI 1972:2008 (BSN, 2008c) tentang cara pengujian *slump*.

6. Pembuatan Benda Uji

Sebelum melakukan proses pembuatan campuran beton maka mempersiapkan cetakan kubus dan balok beton terlebih dahulu, cetakan kubus berukuran 150 x 150 x 150 mm dan cetakan balok berukuran 150 x 150 x 600 mm. benda uji balok menggunakan tulangan berdiameter 6 mm dan 8 mm dengan ketebalan selimut beton 20 mm. sebelumnya cetakan dioleskan dengan oli. Kemudian bahan dipersiapkan sesuai rencana *Mix Design*. Bahan penyusun beton seperti pasir, kerikil, semen, dan air dimasukkan kedalam *mixer*. Setelah tercampur kemudian dituangkan kedalam cetakan beton yang digunakan dan ditumbuk agar beton memadat dengan sempurna tidak ada celah atau rongga di dalam bekisting. Setelah beton berumur 1- 3 hari bekisting dilepas dan dilakukan perawatan terhadap beton. Potongan metintang dan memanjang balok dapat dilihat pada Gambar 3.40.



Gambar 3.41 Potongan melintang balok dan potongan memanjang balok

7. Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Perawatan benda uji kubus beton dan balok adalah sebagai berikut ini.

- a. Setelah benda uji dilepas dari bekisting yang berumur 1-3 hari, benda uji kubus beton direndam selama 28 hari, sedangkan untuk benda uji balok beton dilapisi karung goni pada bagian permukaan benda uji. Perawatan benda uji kubus beton dan balok beton dapat dilihat pada Gambar 3.41.
- b. Pada balok beton dilakukan penyiraman setiap hari selama 28 hari.

- c. Setelah memenuhi umur rencana karung goni dilepas dan benda uji di diamkan di dalam suhu ruangan dan kemudian diuji kuat tekan dan kuat lentur.



Gambar 3.42 (a) perawatan kubus beton (b) perawatan balok beton

8. Pengujian Tarik Baja Tulangan

Tulangan baja dengan diameter 6 mm dan 8 mm diuji kuat tariknya. Pengujian dilakukan dengan mesin kuat tarik dengan kapasitas 45 MPa untuk mengetahui beban *ultimate* maksimum yang dapat diterima oleh baja tersebut. Pengujian dilakukan berdasarkan SNI 07-2052-2002 (BSN, 2002). Pengujian kuat tarik dapat dilihat pada Gambar 3.42.



Gambar 3.43 Pengujian Kuat tarik baja

9. Pengujian Kuat Tekan Kubus Beton Tahap 1

Kubus beton dengan ukuran 150 x 150 x 150 mm setelah direndam selama 28 hari kemudian diuji tekan, dengan maksud sebagai acuan bahwa beton telah rusak. Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin kuat tekan dengan kapasitas 150 MPa. Pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 3.43.



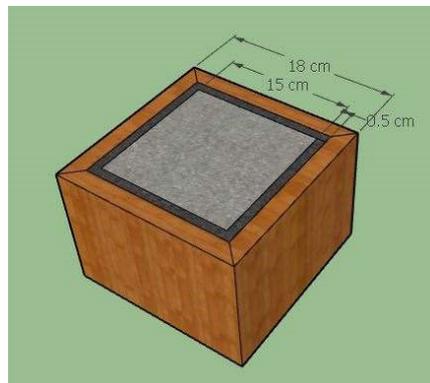
Gambar 3.44 Pengujian kuat tekan tahap 1

10. Perbaikan kubus beton

Setelah dilakukan pengujian tahap satu, kemudian kubus beton diperbaiki dengan metode *jacketing*. Dengan cara memperbesar penampang kubus beton dari ukuran awal 150 x 150 x 150 mm diperbesar menjadi 160 x 160 x 160 mm. Bahan perbaikan yang digunakan adalah sodium silikat dan semen. Metode *jacketing* dapat dilihat pada Gambar 3.44 dan Gambar 3.45.



Gambar 3.45 Perbaikan kubus beton metode *jacketing*



Gambar 3. 46 Ilustrasi perbaikan *jacketing*

11. Pengujian Kuat Tekan Kubus Beton Tahap 2

Setelah dilakukan perbaikan pada kubus beton dengan metode *jacketing* menggunakan bahan tambah sodium silikat dan semen. Selanjutnya kubus beton diuji tekan tahap kedua dengan umur 28 hari. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan nilai kuat tekan kubus beton sebelum dan setelah diperbaiki dengan bahan perbaikan tersebut. Pengujian kuat tekan tahap kedua dapat dilihat pada Gambar 3.45.



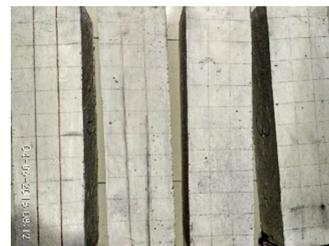
Gambar 3.47 Pengujian kuat tekan tahap 2

12. Pengecatan Balok dan Pembuatan *Grid*

Sebelum pengujian kuat lentur balok yang telah berumur 28 hari, balok dicat dengan cat air berwarna putih kemudian permukaan balok diberi *grid* dengan ukuran 5 x 5 cm untuk mengetahui titik keretakan akibat beban lentur yang diberikan. Pengecatan balok dan pembuatan *grid* dapat dilihat pada Gambar 3.46.



(a)



(b)

Gambar 3.48 (a) Pengecatan balok (b) pembuatan *grid*

13. Pengujian Kuat Lentur Balok Tahap 1

Pengujian kuat lentur balok dilakukan dengan memberikan pembebanan pada dua titik hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai lentur murni. Pada penelitian

ini perawatan beton dilakukan selama 28 hari dan menggunakan 4 benda uji berbentuk balok, satu buah balok diuji dengan beban maksimum sebagai kontrol beban dan tiga buah balok lainnya diuji dengan beban *first crack* sebesar 2500 KN. Pengujian kuat lentur balok dilakukan berdasarkan SNI 4431-2011(BSN, 2011b). Sebelum balok diuji dilakukan *setting up* alat terlebih dahulu. *Setting up* dapat dilihat pada Gambar 3.47.



Gambar 3.49 *Setting up* alat uji kuat lentur balok

14. Perbaikan balok beton metode *grouting*

Setelah dilakukan pengujian kuat lentur tahap satu balok beton diperbaiki. Dalam penelitian ini perawatan dilakukan selama 28 hari dan menggunakan 4 benda uji, satu buah benda uji digunakan sebagai kontrol beban dan tiga benda uji lainnya diperbaiki dengan metode *grouting* setelah mendapatkan beban *first crack* pada pengujian kuat lentur tahap satu. Perbaikan yang dilakukan yaitu dengan memperbesar retakan yang ada, kemudian disuntikan bahan perbaikan yaitu sodium silikat dan semen. Perbaikan beton metode *grouting* dapat dilihat pada Gambar 3.48.



(a)

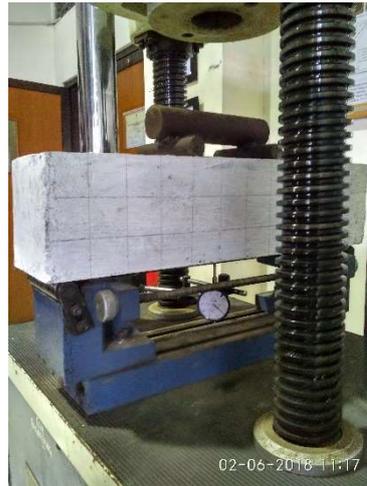


(b)

Gambar 3.50 (a) Memperbesar retakan (b) perbaikan balok

15. Pengujian Kuat Lentur Tahap 2

Setelah dilakukan perbaikan retakan pada permukaan balok menggunakan bahan perbaikan sodium silikat dan semen dengan perbandingan 3:4 maka balok diuji lentur tahap kedua pada umur 28 hari. Pengujian kuat lentur tahap dua ini dilakukan untuk membandingkan nilai kuat lentur balok kontrol dengan balok setelah diperbaiki. Pengujian kuat lentur tahap dua dapat dilihat pada Gambar 3.49.



Gambar 3.51 Pengujian kuat lentur tahap 2