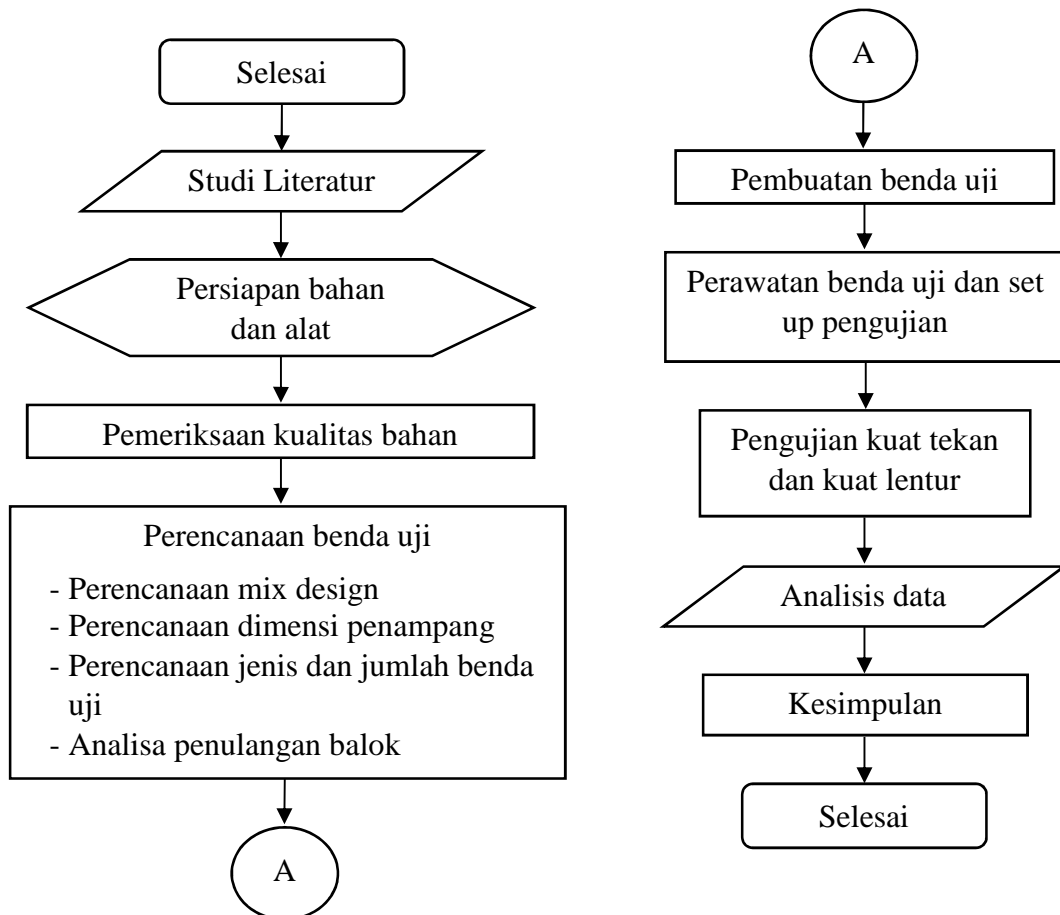


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan metode analisis dan eksperimen dalam melaksanakan penelitian. Metode ini digunakan untuk membandingkan balok variasi jarak sengkang miring 45° dan vertikal dengan balok sengkang vertikal. Data yang ditinjau adalah kuat tekan, kuat geser, lendutan dan pola retak yang terjadi.

3.2 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Lokasi dan Sampel Penelitian

Lokasi penelitian ini bertempat di laboratorium Struktur dan Material Bahan di Departemen Pendidikan Teknik Sipil, FPTK UPI. Sampel dari mix design penelitian ini berupa silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm dengan kekuatan rencana 20 Mpa. Dan untuk sampel benda uji penelitian selanjutnya berbentuk balok berdimensi 120 mm x 160 mm x 3000 mm. benda uji balok terdiri dari 3 kombinasi sengkang miring dan vertikal dengan 1 balok sengkang vertikal sebagai benda uji kontrol. Sudut sengkang miring yang digunakan yaitu 45° . Dan masing-masing dibuat 3 benda uji dan total keseluruhan 12 benda uji.

3.4 Data dan Sumber Data

3.4.1 Data

Data adalah hasil pencatatan peneliti, baik berupa fakta maupun angka. Data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah data hasil pengamatan dari sampel uji yang berupa balok beton bertulang dengan tulangan miring dan vertikal yang terbebani beban terpusat.

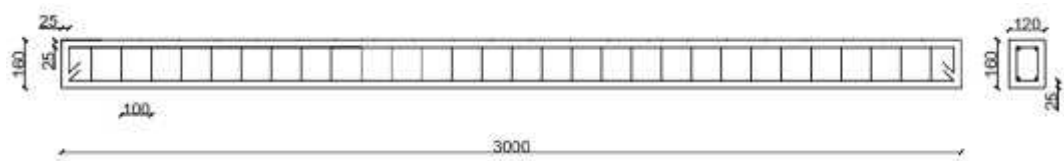
Berdasarkan penjelasan di atas, maka data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1. Data pola retak yang terjadi pada balok beton bertulang.
2. Data beban ultimate yang terjadi pada balok beton bertulang.
3. Data lendutan (defleksi) yang terjadi pada balok beton bertulang.
4. Data gaya geser rencana terjadi pada balok beton bertulang.

3.4.2 Sumber Data

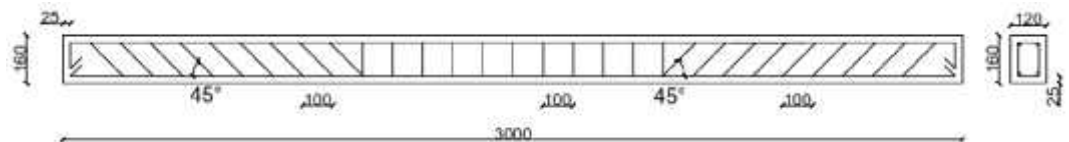
Sumber data penelitian diperoleh sebagai berikut.

1. Tiga buah balok beton bertulang dengan sengkang vertikal (BSV) dengan jarak sengkang 100 mm kode BSV1, BSV2 dan BSV3.



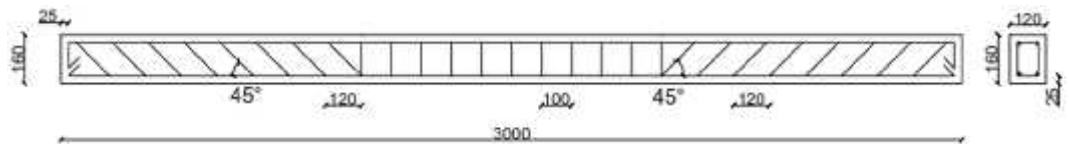
Gambar 3.2 Balok beton bertulang tipe BSV

2. Tiga buah balok beton bertulang dengan sengkang miring dan vertikal (BSMV) bersudut 45° dengan jarak sengkang miring 100 mm dan vertikal 100 mm kode BSMV1A, BSMV1B dan BSMV1C.



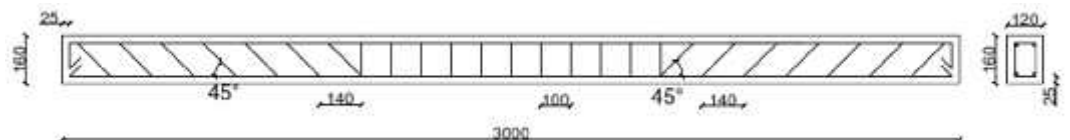
Gambar 3.3 Balok beton bertulang tipe BSMV1

3. Tiga buah balok beton bertulang dengan sengkang miring dan vertikal (BSMV) bersudut 45° dengan jarak sengkang miring 120 mm dan vertikal 100 mm dengan kode BSMV2A, BSMV2B dan BSMV2C.



Gambar 3.4 Balok beton bertulang tipe BSMV2

4. Tiga buah balok beton bertulang dengan sengkang miring dan vertikal (BSMV) bersudut 45° dengan jarak sengkang miring 140 mm dan vertikal 100 mm dengan kode BSMV3A, BSMV3B dan BSMV3C.



Gambar 3.5 Balok beton bertulang tipe BSMV3

Adapun spesifikasi benda uji balok tipe BSV dan BSMV adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1
Data-data rencana benda uji

No	Nama Benda Uji	Jumlah	Kuat Tekan	Kuat Tarik	Dimensi (mm)			Tulangan		Jarak Senggang (mm)		Selimut Beton (mm)
			MPa	MPa	b	h	l	Tul. Pokok	Tul. Senggang	90°	45°	
1	BSV	3	20	240	120	160	3000	2Ø10	Ø6	100	-	25
2	BSMV1	3	20	240	120	160	3000	2Ø10	Ø6	100	100	25
3	BSMV2	3	20	240	120	160	3000	2Ø10	Ø6	100	120	25
4	BSMV3	3	20	240	120	160	3000	2Ø10	Ø6	100	140	25

3.5 Bahan Baku dan Peralatan

3.5.1 Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan sampel balok beton bertulang pada penelitian ini, antara lain:

1. Semen

Semen bertujuan sebagai bahan pengisi dan pengikat pada campuran beton. Pada penelitian ini, semen yang digunakan adalah Semen Tiga Roda kemasan 50 kg.

2. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat kasar dengan ukuran maksimum 20 mm.

3. Agregat Halus

Agregat pasir yang digunakan adalah pasir beton cimilaka dan sebelum melakukan pembuatan beton dilakukan penyaringan dan pencucian terlebih dahulu untuk menentukan zona pasir dan kandungan lumpurnya.

4. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Struktur dan Bahan DPTS FPTK UPI. Secara visual air tampak jernih, tidak berwarna dan tidak berbau.

5. Paku

Berfungsi untuk merekatkan papan triplek dengan kayu balok dalam pembuatan bekisting. Ukuran yang digunakan 2 cm dan 5 cm.

6. Multiplek

Multiplek yang digunakan dengan tebal 8 mm yang berfungsi untuk pembuatan bekisting sampel balok beton.

7. Kayu

Kayu yang digunakan berjenis albasia berdimensi 5x5 cm untuk tulangan bekisting agar kuat dan kaku.

8. Kawat Pengikat

Kawat pengikat berukuran 1 mm untuk mengikat baja tulangan pokok dengan baja tulangan sengkang.

9. Baja Tulangan

Baja tulangan untuk tulangan balok yang berfungsi sebagai penambah kuat Tarik terhadap balok beton.

3.5.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

1. Palu.
2. Gergaji.
3. Saringan Pasir.
4. Saringan kerikil
5. *Electromechanical Universal Testing Machine*.
6. Mesin Gerinda
7. Alat Pembengkok Manual
8. Molen
9. *Frame test machine*.
10. *Digital compression machine* 3000 kN
11. Silinder 15 cm x 30 cm
12. Kerucut abram
13. Batang penusuk

3.6 Tahapan Pembuatan Benda Uji

3.6.1 Rencana Campuran Benda Uji

Dalam pembuatan beton diperlukan suatu pekerjaan yang sangat penting dimana dalam pekerjaan itu kita dapat merencanakan berapa mutu karakteristik yang akan kita buat, pekerjaan ini dikenal dengan nama perencanaan campuran (*mix design*), pekerjaan ini bermaksud untuk mencari berapa komposisi dari faktor air semen, semen, agregat halus dan agregat kasar, untuk mutu karakteristik beton yang telah direncanakan, dalam penelitian ini *mix design* digunakan untuk memenuhi persyaratan.

Sesuai dengan yang telah di jelaskan bahwa dalam penelitian ini diharapkan kuat beton tekan beton yang di hasilkan sekitar 20 Mpa, dalam umur 28 hari, maka untuk mendapatkan beton dengan kuat tekan seperti itu perlu direncanakan terlebih dahulu material pembentuknya (campurannya), adapun langkah perencanaan campuran adalah sebagai berikut:

1. Tentukan kuat tekan $f'c$ 20 MPa, umur 28 hari.
2. Deviasi standars 3,45.
3. faktor koreksi
4. Nilai standar deviasi dapat di peroleh dengan cara melakukan pengujian terhadap sampel dengan menggunakan benda uji sebesar 30, namun jika lebih kecil dari 30 maka dilakukan koreksi dengan menggunakan tabel sebagai berikut:

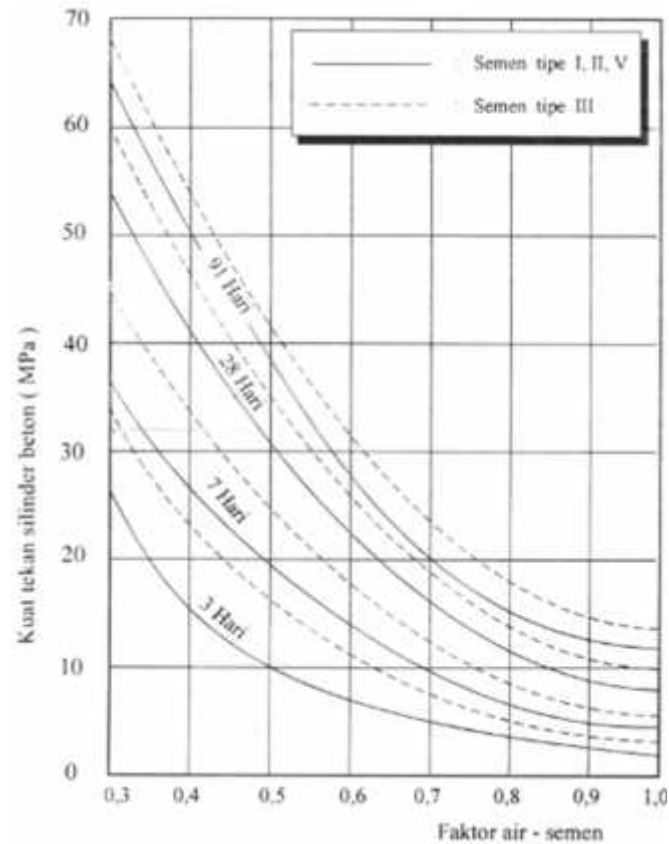
Tabel 3.2
Faktor modifikasi untuk deviasi standar benda uji jika jumlah pengujian kurang dari 30

Jumlah Pengujian	Faktor Modifikasi untuk Deviasi Standar benda uji
<15	Lihat butir 5.3.2.2
15	1,61
20	1,08

25	1,03
$30 \leq$	1

Sumber: SNI 2834-2013

1. Dari tabel 3.1 di dapat faktor koreksi dengan jumlah pengujian 30 buah = 1.
2. Nilai tambah atau margin dihitung menurut $m = k \times s$, dimana m adalah tambah, k adalah tetapan statistik yang nilainya tergantung pada proses hasil uji yang lebih rendah dari $f'c$ (dalam hal ini diambil 1,64) dan s adalah standar deviasi jadi bila di rumuskan maka akan menjadi, $m = 1,64 \cdot s \cdot k = 1,64 \cdot 3,1 = 4,92$ Mpa
3. Hitung kuat tekan rata-rata yang ditargetkan ($f'cr$) dimana $f'cr = f'c + tm = 20 + 4,92 = 24,92 \rightarrow 25$ MPa
4. Tentukan semen yang digunakan (tipe I).
5. Tentukan jenis agregat yang digunakan, baik agregat halus maupun agregat kasar.
6. Tentukan FAS, untuk kuat tekan 25 Mpa pada usia 28 hari, dengan menggunakan grafik didapat FAS 0,57



Gambar 3.6 Faktor air semen dan kuat tekan rata-rata silinder

7. Tetapkan nilai slump sebesar $10 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$.
8. Tetapkan ukuran butir nominal agregat kasar maksimum, 20 mm.
9. Mencari nilai SSD Agregat halus dengan melakukan praktik di laboratorium didapat 2,37 dan SSD Agregat kasar didapat 2,63.
10. Tentukan nilai kadar air bebas yaitu 205 kg/m^3 dengan banyaknya udara dalam beton 2%.

Tabel 3.3
Perkiraan Kadar Air Bebas (Kg/m^3) yang Dibutuhkan untuk Beberapa
Tingkat Kemudahan Pekerjaan Adukan

Air (kg/m^3) untuk ukuran nominal agregat maksimum batu pecah								
Slump (mm)	9,5 mm*	12,7 mm*	19 mm*	25 mm*	37,5 mm*	50 mm ¹⁾ *	75 mm ¹²⁾	150 mm ¹²⁾
Beton tanpa tambahan udara								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
banyaknya udara dalam beton (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2

Beton dengan tambahan udara								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
> 175*	-	-	-	-	-	-	-	-
Jumlah kadar udara yang disarankan untuk tingkat pemaparan sebagai berikut : ringan (%)								
	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5** ¹¹⁾	1,0** ¹¹⁾
sedang (%)	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5** ¹¹⁾	3,0** ¹¹⁾
berat ¹¹⁾ (%)	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5** ¹¹⁾	4,0** ¹¹⁾

Sumber : SNI 7656-2012

11. Hitung jumlah semen, yaitu $205/0,57 = 366,07$ kg
12. Tentukan jumlah susunan butir agregat halus, sesuai dengan syarat yang dikenal masuk dalam zona I dengan modulus kehalusan 2,8 %.
13. Tentukan volume agregat kasar per satuan volume beton dari tabel 3.7, didapat 0,62.

Tabel 3.4
Volume agregat kasar per satuan volume beton

Ukuran nominal agregat maksimum (mm)	Volume agregat kasar kering oven* per satuan volume beton untuk berbagai modulus kehalusan† dari agregat halus			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,60
25	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,80	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Sumber : SNI 7656-2012

14. Berat Isi agregat kasar yaitu 1534 kg/m^3 .
15. Berat agregat kasar perlu = $1534 / 0,62 = 951,08 \text{ kg/m}^3$.
16. Hitung volume semen = $0,001 \times 366,07 / 3,15 = 0,116 \text{ m}^3$.
17. Hitung volume air = $0,001 \times 205 = 0,205 \text{ m}^3$.
18. Hitung volume agregat kasar = $0,001 \times 951,08 / 2,63 = 0,362 \text{ m}^3$.
19. Volume udara = $2 / 100 = 0,02 \text{ m}^3$.
20. Maka volume agregat halus per m^3 beton = $1 - (0,116+0,205+0,362+0,02) = 0,297 \text{ m}^3$.

Proporsi campuran per m^3 beton segar secara teoritis :

-) Semen = $366,07 \text{ kg/m}^3$
-) Air = 205 kg/m^3
-) Agregat halus = $2,37 \times 0,297 \times 1000 = 704,27 \text{ kg}$
-) Agregat kasar = $951,08 \text{ kg}$

21. Koreksi campuran dilakukan terhadap jumlah air yang terhadap dalam agregat, untuk pelaksanaan di laboratorium adalah sebagai berikut :

Tabel 3.5
Komposisi Campuran Koreksi

KOMPOSISI BERAT UNSUR ADUKAN / M3 BETON			
23	Semen	366,071	kg/m ³
24	Air	205,000	kg/m ³
25	Agregat halus kondisi SSD	704,268	kg/m ³
26	Agregat kasar kondisi SSD	951,080	kg/m ³
KOREKSI UKURAN AIR DAN BERAT UNSUR UNTUK PERENCANAAN ADUKAN BETON			
28	Presentase kadar lembab agregat kasar : mk	0,019	%
29	Absorpsi agregat kasar : (ak)	0,021	%
30	Kadar air agregat halus : (mh)	0,034	%
31	Absorpsi agregat halus : (ah)	0,038	%
32	Tambahan air adukan dari kondisi agregat kasar ((25) x [(ak - mk) / (1 - mk)])	1,939	kg/m ³
33	Tambahan agregat kasar untuk kondisi lapangan ((25) x [(mk - ak) / (1 - mk)])	-1,939	kg/m ³
34	Tambahan air adukan dari kondisi agregat halus ((24) x [(ah - mh) / (1 - mh)])	2,916	kg/m ³
35	Tambahan agregat halus untuk kondisi lapangan ((24) x [(mh - ah) / (1 - mh)])	-2,916	kg/m ³

22. Komposisi hasil koreksi untuk 1 m³ beton f'c 20 adalah sebagai berikut :

Tabel 3.6
Komposisi Hasil Koreksi

KOMPOSISI AKHIR UNSUR UNTUK PERENCANAAN LAPANGAN/M3 BETON			
36	Semen (14)	366,071	kg/m ³
37	Air (23) + (31) + (33)	209,855	kg/m ³
38	Agregat halus kondisi lapangan (24) + (34)	707,184	kg/m ³
39	Agregat kasar kondisi lapangan (25) + (32)	953,019	kg/m ³

Komposisi untuk 0,7 m³ beton f'c 20 Mpa adalah sebagai berikut :

Tabel 3.7
Komposisi Campuran yang dibutuhkan

Material	SAT	Jumlah
Semen	Kg	256,3
Air	Ltr	146,9
Agregat Halus	Kg	495
Agregat Kasar	Kg	667,1

3.6.2 Pembuatan Benda Uji

A. Ruang lingkup pekerjaan

Adapun ruang lingkup dari pelaksanaan pekerjaan benda uji balok beton bertulang pada penelitian ini terdiri dari persiapan bahan, pekerjaan pemasangan bekisting, pekerjaan pembesian, pekerjaan pembersihan area. Pekerjaan penyiapan bahan dan pengawasan mutu bahan, pekerjaan pengecoran, perawatan beton segar, pekerjaan pembongkaran bekisting, dan pekerjaan perawatan beton.

B. Pelaksanaan Pekerjaan Balok Beton Bertulang

1. Pekerjaan Persiapan

Sebelum pekerjaan dimulai terlebih dahulu dipersiapkan perangkat-perangkat agar pekerjaan berjalan dengan lancar, adapun pekerjaan persiapan ini, meliputi:

a. Pekerjaan Persiapan Alat

Persiapan alat berarti mempersiapkan alat apa saja yang akan digunakan dalam pekerjaan tersebut, dimana pada pekerjaan pengecoran balok untuk benda uji ini alat-alat yang digunakan dimulai dari pekerjaan pemasangan bekisting hingga pembongkaran bekisting di akhir pekerjaan.

b. Pekerjaan Persiapan Bahan

Pada pekerjaan ini dipersiapkan bahan-bahan yang sesuai dengan yang ada di dalam spesifikasi bahan yang dibutuhkan seperti multiplek untuk bekisting balok semen, air, kerikil, pasir, split dalam penelitian ini digunakan perencanaan beton dengan menggunakan SNI 03-2847-2002.

2. Pekerjaan Bekisting dan Perancah

Dalam pembuatan benda uji ini pekerjaan pertama yang dilakukan adalah membuat cetakan (*formwork*), dengan ukuran 120 mm x 160 mm dan panjang 3000 mm dengan jumlah 12 buah. Bekisting dibuat dengan menggunakan material multiplek dengan tebal 8 mm dan menggunakan rangka dari reng 5 cm serta menggunakan score atau penguat dari reng 5 cm tiap 50 cm, seperti pada gambar di bawah ini.

3. Pekerjaan Pembesian

a. Pemotongan Tulangan

Pekerjaan pemotongan tulangan dilakukan dengan menggunakan mesin gerinda, tulangan dipotong sesuai dengan gambar yang telah direncanakan dengan panjang 300 cm sebanyak 48 buah, mengingat setiap balok memerlukan tulangan pokok 4 buah Ø10 mm dan sengkang tulangan dipotong sesuai dengan gambar baik sengkang miring, maupun sengkang vertikal.



Gambar 3.7 Pemotongan Tulangan

b. Penekukan Tulangan

Setelah proses pekerjaan pemotongan selesai dilakukan maka pekerjaan selanjutnya adalah pekerjaan penekukan tulangan, tulangan yang telah ada disimpan di atas balok kayu yang telah dirangkai sedemikian rupa seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.

Alat ini biasa disebut dengan nama bar bender, besi dimasukan ke dalam bar bender sehingga terhimpit, kemudian dengan bantuan kunci pas tarik ke arah samping sehingga membentuk tekukan, lakukan hingga pekerjaan selesai. Adapun beberapa cara yang dilakukan dalam proses pembengkokan yang dilakukan pada proses ini sebagai berikut.

- 1) Pembengkokan tulangan disesuaikan dengan gambar rencana dengan teloransi yang sudah ditetapkan.
- 2) Pembengkokan besi dilaksanakan dalam keadaan dingin.

- 3) Membengkokkan dan meluruskan tulangan dilakukan dengan hati-hati.
- 4) Batang tulangan yang telah tertanam dibiarkan tetap lurus.

c. Perangkaian Tulangan

Setelah pekerjaan penekukan selesai maka tulangan dirangkai sesuai dengan gambar kerja. Pada pemasangan tulangan pokok pada balok dilakukan dengan cara segmentasi pada segmen tumpuan dipasang tulangan yang sesuai pada bestek dengan jarak sekitar $1/3 L$ pada bagian atas dan pada bagian bawah lapangan di berikan kelebihan sejauh 4d.



Gambar 3.8 Tulangan Sengkang

Dalam pekerjaan ini ada dua jenis pekerjaan, pekerjaan pertama untuk balok dengan type BSV menggunakan tulangan pokok $4\text{Ø}10$ dan sengkang vertical $\text{Ø}6$ mm dengan jarak sengkang 100 mm sedangkan untuk type BSMV menggunakan tulangan pokok $4\text{Ø}10$ dan sengkang miring $\text{Ø}6$ mm dengan jarak sengkang 100 mm, 120 mm dan 140 mm.

Setelah tuangan selesai dirangkai maka tulangan dibawa dan dimasukkan ke dalam cetakan, tulangan dipasangkan sedemikian rupa dengan ketebalan selimut beton yang

sesuai dengan gambar rencana, tulangan harus kokoh dan tidak bergeser pada saat dicor, hal ini karena perubahan posisi dapat mengakibatkan perubahan tebal selimut beton, semakin tipis selimut beton dimana tulangan dapat berkarat. Untuk mencegah ini biasa digunakan beton tahu dengan ketebalan tertentu.



Gambar 3.9 Persiapan Tulangan sebelum dimasukkan ke bekisting

C. Pekerjaan Pengujian Bahan

Pekerjaan pengujian bahan dimaksudkan untuk mencari informasi apakah kutu baja dan campuran hasil *mix design* sudah sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian tarik baja dilakukan untuk mengetahui kuat tarik baja maks. Pada baja tulangan dan ini dilakukan pengujian slump untuk menguji kekentalan dari beton sedangkan pengujian kuat tekan beton guna mengetahui kuat karakteristik beton.

1. Pengujian Baja Tulangan

Sesuai dengan petunjuk SNI tentang pengujian kuat tarik baja, dimana dengan pengujian ini dapat diketahui berapa tegangan leleh dan tegangan proporsional yang terjadi pada baja tulangan yang digunakan dan dinyatakan dalam f_y (N/mm^2).

Peralatan yang digunakan:

- a) Universal Testing Machine
- b) Sampel Tulangan 3Ø10 mm

c) Seperangkat Komputer dan printer

d) Software Control S.S

Dalam melaksanakan pengujian kuat tarik baja prosedur pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut.

a) Siapkan tulangan Ø10 mm sebanyak 3 buah, dengan panjang 300 mm.

b) Nyalakan mesin universal testing machine, komputer, dan printer.

c) Naik turunkan gigi-gigi penarik hingga baja sampel uji terletak tepat di tengah-tengah kemudian beri jarak 5 mm untuk proses pemuaian.

d) Buka software control SS dan buat parameter sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

e) Atur pembebanan hingga menunjukkan angka nol kemudian lakukan penarikan dengan cara mengklik secara perlahan-lahan hingga baja tulangan putus.

f) Simpan file gambar kuat tarik baja.

g) Analisis berapa gaya tarik yang dimiliki oleh baja tulangan tersebut.

2. Pengujian Slump

Sesuai dengan petunjuk SNI 03-1972-2008, pengujian slump dilakukan guna mengetahui homogenitas, kadar kekentalan dari beton yang akan dipakai dan dinyatakan dengan nilai slump.

Peralatan yang digunakan, antara lain:

a) Cetakan Kerucut Abrams standar

b) Sekop kecil

c) Penggaris

d) Pelat baja tebal 1,5 mm

e) Baja penusuk Ø16 mm dan panjang ±600mm

Langkah Kerja Slump

1. Basahi cetakan dan letakkan di atas permukaan datar, lembab, tidak menyerap air dan kaku. (Cetakan harus ditahan secara kokoh di tempat selama pengisian)
2. Segera isi cetakan (kerucut abram) dengan satu contoh campuran beton segar dalam tiga lapis, setiap lapis sekira sepertiga dari volume cetakan. (1/3 dari volume cetakan slump diisi hingga ketebalan 67 mm, 2/3 dari volume diisi hingga ketebalan 155 mm).
3. Padatkan setiap lapisan dengan 25 tusukan menggunakan batang pemadat. Sebarkan penusukan secara merata di atas permukaan setiap lapisan. Untuk lapisan bawah akan ini akan membutuhkan penusukan secara miring dan membuat sekira setengah dari jumlah tusukan dekat ke batas pinggir cetakan, dan kemudian lanjutkan penusukan vertikal secara spiral pada seputar pusat permukaan. Padatkan lapisan bawah seluruhnya hingga kedalamannya. Hindari batang penusuk mengenai pelat dasar cetakan. Padatkan lapisan kedua dan lapisan atas seluruhnya hingga kedalamannya, sehingga penusukan menembus batas lapisan di bawahnya.



Gambar 3.10 Proses Pematatan pada beton segar lapis ke-1

4. Dalam pengisian dan pematatan lapisan atas, lebihkan adukan beton di atas cetakan sebelum pematatan dimulai. Bila pematatan menghasilkan beton turun dibawah ujung atas cetakan, tambahkan adukan beton untuk tetap menjaga adanya kelebihan beton pada bagian atas dari cetakan. Setelah lapisan atas selesai dipadatkan, ratakan permukaan beton pada bagian atas cetakan dengan cara menggelindingkan batang penusuk di atasnya. Lepaskan segera cetakan dari beton dengan cara mengangkat dalam arah vertikal secara-hati-hati. Angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan, dalam waktu tidak lebih dari $2 \frac{1}{2}$ menit.



Gambar 3.11 Perataan permukaan beton pada bagian atas

5. Setelah beton menunjukkan penurunan pada permukaan, ukur segera slump dengan menentukan perbedaan vertikal antara bagian atas cetakan dan bagian pusat permukaan atas beton. Bila terjadi keruntuhan atau keruntuhan geser beton pada satu sisi atau sebagian massa beton maka abaikan pengujian tersebut dan buat pengujian baru dengan porsi lain dari contoh. (Bila dua pengujian berturutan pada satu contoh beton menunjukkan keruntuhan geser beton pada satu sisi atau sebagian massa beton, kemungkinan adukan beton kurang plastis atau kurang kohesif untuk dilakukan pengujian slump).



Gambar 3.12 Pengukuran nilai slump

6. Catat nilai slump contoh uji dalam satuan milimeter hingga ketelitian 5 mm terdekat. Nilai Slump = Tinggi alat slump – tinggi beton setelah terjadi penurunan. Setelah diketahui bahwa beton segar telah memiliki kadar kekentalan yang sesuai dengan yang diharapkan maka pekerjaan selanjutnya adalah pengujian kuat tekan beton.

3. Kuat Tekan Beton

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan beton pada usia 28 hari, apakah sudah sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan. Peralatan yang digunakan untuk melaksanakan pengujian kuat tekan beton dapat menggunakan alat-alat sebagai berikut.

- a) Mesin tekan hidrolik.
- b) Cetakan silinder.
- c) *Digital compression machine* berkapasitas 3000 KN.
- d) Lembar pengujian kekuatan tekan beton.

Dalam melaksanakan pengujian kuat tekan beton sesuai dengan standar pengujian yang berlaku di Indonesia dapat menggunakan prosedur sebagai berikut.

- a) Persiapkan silinder yang akan digunakan, bersihkan dengan air.
- b) Masukkan beton segar secara acak ke dalam silinder dengan jalan memilih pada bagian yang berdekatan dengan lokasi pengecoran.
- c) Masukkan beton sekitar $1/3$ dari tinggi silinder kemudian tumbuk dengan menggunakan baja tulangan hingga ke dasar permukaan.
- d) Masukkan beton hingga sekitar $2/3$ dari tinggi silinder, kemudian tumbuk dengan baja tulangan hingga menyentuh lapisan pertama.
- e) Masukkan beton hingga kubus terisi penuh, kemudian tumbuk dengan baja tulangan hingga menyentuh lapisan kedua.
- f) Beri tutup kepala atau capping dari mortar dengan kekuatan tinggi hingga menutup seluruh permukaan atas.
- g) Simpan pada temperatur $16-27^{\circ}\text{C}$ untuk 24 jam pertama.
- h) Setelah dua hari dan beton mengeras, bukalah cetakan silinder dan rendam di dalam air dengan waktu yang disesuaikan dengan kebutuhan pengetesan.
- i) Bawalah ke laboratorium tempat pengetesan setelah 28 hari.
- j) Letakan beton pada meja penekanan, hingga sejajar dengan bagian atas.
- k) Naikkan atau turunkan jika beton belum tepat berada di antara penekan.
- l) Menghidupkan mesin *Digital Compression Machine*.
- m) Periksa gaya awal hingga benar-benar bernilai nol.

- n) Lakukan penekanan sedikit demi sedikit hingga beton mengalami kehancuran.
- o) Catat nilai akhir pada item *Forces* berapa kN kuat tekan yang terjadi pada sampel silinder pada formulir ukur.
- p) Analisis data dengan membagi beban maks tadi dengan luas penampang benda uji, sehingga didapat nilai kuat tekan karakteristik beton.

D. Tahapan Proses Pengecoran

Dalam proses pengecoran benda uji dilakukan beberapa tahapan proses pengerjaan dimana hal ini dimaksudkan untuk menentukan kualitas dari beton bertulang yang dihasilkan. Adapun tahapan-tahapan pengecoran meliputi: pekerjaan pembersihan lokasi pengecoran, persiapan, penakaran, pencampuran, pengangkutan, penuangan, pemadatan,. Finishing dan pengawasan, tahapan inilah yang sangat krusial dalam proses pengecoran sehingga seluruh tahapan pekerjaan ini harus dapat dilakukan dengan baik dan benar.

1. Pekerjaan Pembersihan Lokasi Pengecoran

Pekerjaan pembersihan area pengecoran merupakan pekerjaan yang sangat penting mengingat pada saat pekerjaan merangkai tulangan sambungan balok dan kolom sering terjadi pembuangan sisa kawat beton, serta kotoran-kotoran lain seperti kertas, debu, dll, yang dapat mengganggu kualitas permukaan beton yang dihasilkan.

Pekerjaan pembersihan ini dilakukan dengan menggunakan sapu dimana semua area pengecoran disapu sehingga daerah di sekitar area pengecoran akan bersih dari kotoran.



Gambar 3.13 Pembersihan di area bekisting

2. Pekerjaan Penyiapan Bahan dan Pengawasan Mutu Bahan
Dalam penelitian ini benda uji di desain dengan menggunakan material yang biasa digunakan untuk beton normal yang terdiri dari air, semen, agregat halus dan agregat kasar. Air yang digunakan sebagai bahan pencampur beton merupakan air yang berasal dari PDAM, sedangkan untuk perekat hidrolik digunakan Semen *Portland Cement* tipe I, sedangkan agregat halus digunakan pasir dengan persyaratan kurang dari 5,0 mm sesuai dengan yang dianjurkan oleh ASTM, Britis Standar, dan Standar Nasional Indonesia, sedangkan agregat kasar digunakan batu split 2/3 yang didatangkan dari gunung Galunggung Tasikmalaya.



Gambar 3.14 Pasir yang sudah disaring

3. Penakaran

Penakaran bahan-bahan penyusun beton yang dihasilkan dari perhitungan *mix design* dengan metode SNI 03-2847-2002, ada banyak ragam takaran berat dan peralatan penimbang (*weight batching plants*), yang digunakan untuk mendapatkan campuran (*batch*) dengan kelecakan yang sesuai, keseragaman, kekuatan, dan nilai ekonomi yang rendah.

4. Pencampuran

Setelah didapatkan komposisi yang telah ditakar, kemudian material pembentuk beton dicampur dalam proses basah, proses pencampuran dilakukan dengan menggunakan mesin *batching plant* yang terdapat di Laboratorium Struktur dan Material DPTS FPTK UPI. Waktu pengadukan untuk menjaga homogenitas dilakukan dalam waktu 10 menit.



Gambar 3.15 Pencampuran material

5. Pengangkutan

Setelah pengadukan selesai, campuran beton dibawa ketempat penuangan atau tempat dimana konstruksi dibuat, proses pengangkutan dilakukan dengan cara manual, yaitu menggunakan baskom.

6. Penuangan

Setelah pekerjaan *transporting* dilaksanakan maka pekerjaan selanjutnya adalah penuangan. Dalam melakukan *placing* dilakukan sesuai dengan petunjuk dari SNI-03-2847-2002 dengan tujuan untuk menghindari *bleeding* dan *segregation*. Pekerjaan *placing* dilakukan beberapa hal antara lain sebagai berikut.

- a) Campuran ditempatkan sedekat mungkin dengan cetakan akhir untuk mencegah segregasi karena penanganan kembali atau pengaliran adukan.
- b) Pempembetonan dilaksanakan dengan kecepatan penuangan yang diatur sedemikian rupa sehingga campuran beton selalu dalam keadaan plastis dan dapat mengalir dengan mudah ke dalam rongga di antara tulangan.

c) Setelah penuangan campuran dimulai, pelaksanaan harus dilakukan tanpa henti hingga selesai.

7. Pemasatan

Setelah beton dituangkan pada cetakan maka tahap selanjutnya adalah pemasatan, hal ini perlu dilakukan karena beton masih segar masih mengandung udara dalam bentuk rongga udara. Pemasatan dilakukan untuk menghindari *Initial setting time* dengan cara menusuk-nusuk beton dengan menggunakan baja tulangan sedalam $1/3$ tinggi bekisting, $2/3$ tinggi bekisting dan pada permukaan atas permukaan coran. Penusukan dilakukan pada bagian atas dan bagian samping dengan waktu sesuaidengan kebutuhan.

8. Finishing

Pekerjaan *finishing* dilakukan setelah permukaan cetakan yang akan di cor selesai dilaksanakan.

9. Pekerjaan perawatan Beton segar (*Curing*)

Beton segar yang baru di tuang memiliki sifat-sifat penting yang harus selalu diperhatikan, antara lain: *Workability*, *Segregation* dan *Bleeding* untuk itu dilakukan pekerjaan perawatan beton segar. Perawatan dengan Pembasahan dilakukan pada beton segar hasil pengecoran dengan cara melapisi permukaan atas hasil pengecoran dengan menggunakan karung yang telah diberi air, dalam pekerjaan ini dimaksudkan untuk menghindarkan beton dari:

- a) kehilangan air semen yang banyak pada saat-saat *Setting time concrete*,
- b) kehilangan air akibat penguapan pada hari-hari pertama, dan
- c) perbedaan suhu beton dengan lingkungan yang terlalu besar.

E. Pembongkaran Bekisting

Waktu dan cara pembukaan dan pemindahan cetakan dilakukan sesuai dengan petunjuk dari SNI 03-2847-2002. Pekerjaan ini dilakukan secara hati-hati untuk menghindarkan kerusakan pada struktur beton tersebut.

Dalam pelaksanaan pembongkaran bekisting dalam proyek ini, diperhatikan hal-hal berikut:

- a) cara pembongkaran dilakukan sesuai dengan peraturan pembongkaran bekisting,
- b) beton yang masih muda tidak di izinkan untuk dibebani langsung setelah bekisting dibuka, dan
- c) pembongkaran bekisting dapat dilakukan bila beton mencapai kekuatan cukup untuk mendukung berat sendiri dan beban yang bekerja di atasnya. Kegiatan pembongkaran ini dilakukan dengan cara manual dimana pekerja membongkar dengan menggunakan peralatan linggis dan palu.

3.7 Uji Kuat Lentur Balok Beton Bertulang dengan Dua Titik Pembebanan



Gambar 3.16 Uji kuat lentur balok dengan dua titik pembebanan

Keterangan Gambar 3.16

- a) Balok yang sudah dilukis dengan garis vertikal dan horizontal dengan jarak 4 cm.
- b) Dongkrak hidrolik
- c) Pembacaan digital
- d) *Dial gauge* atau potensiometer.

Pekerjaan pengujian kuat lentur dengan dua titik pembebanan yang dilakukan pada sampel atau benda uji, meliputi:

- a) Metode pengujian kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam melaksanakan pengujian kuat lentur beton di laboratorium.
- b) Tujuan metode ini adalah untuk memperoleh nilai kuat lentur beton normal guna keperluan perencanaan dan pelaksanaan.

Dalam melaksanakan pekerjaan ini menggunakan peralatan dan bahan yang sangat khusus antara lain:

- a) *Loading frame* kapasitas 20 ton.
- b) Dongkrak hidrolik merk *enerpac* kapasitas 25 ton.
- c) *Dial gauge* atau potensiometer.
- d) Lembar Pengujian lentur beton.
- e) Benda Uji tipe BSV dan tipe BSMV1, BSMV2, BSMV3.
- f) Dua buah perletakan benda uji berbentuk titik.

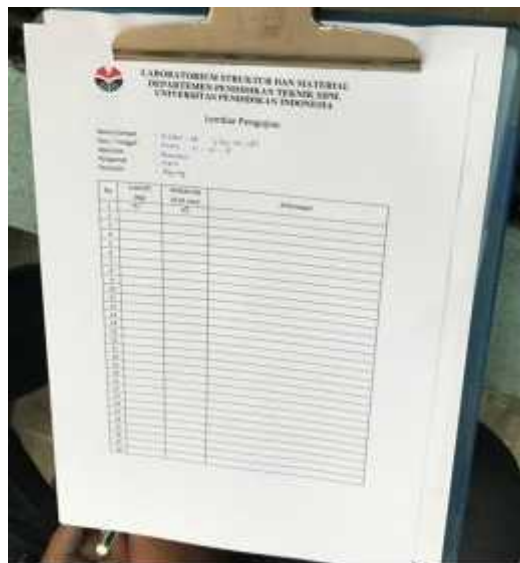
Prosedur Percobaan yang dilakukan, meliputi:

- a) Persiapkan benda uji tipe BSV dan tipe BSMV1, BSMV2, BSMV3.
- b) Ukur dan catat dimensi penampang di tiga tempat dengan jarak $1/3 L$.
- c) Lukis benda uji dengan garis vertikal pada bagian permukaan samping dengan jarak 4 cm.
- d) Lukis benda uji dengan garis borizontal pada bagian permukaan samping dengan jarak 4 cm.
- e) Buat garis melintang sebagai tanda petunjuk perletakan, titik beban.
- f) Tempatkan benda uji yang telah selesai diukur dan diberi tanda pada tumpuan pada tempat yang tepat dengan kedudukan sisi atas benda uji.



Gambar 3.17 Meletakkan Benda Uji Sesuai Posisinya

- g) Siapkan mesin tekan beton dengan baik.
- h) Pasang 2 buah perletakan dengan lebar bentang sebesar tiga kali titik pembebanan dan pasang alat pembebanan sehingga mesin tekan beton berfungsi menjadi alat uji lentur.
- i) Tempatkan benda uji yang sudah diberi tanda di atas dua perletakan sedemikian hingga tanda untuk tumpuan yang dibuat pada benda uji, tepat pada $1/3$ tumpuan dari alat uji dan alat penekan dapat menyentuh benda uji pada sepertiga panjang.
- j) Siapkan formulir uji dan isi sesuai data yang ada.



Gambar 3.18 Formulir Uji

- k) Hidupkan mesin uji yang telah dipersiapkan, tunggu kira-kira 30 detik.
- l) Atur pembebanan dan skala pembacaanya.
- m) Atur katup-katup pada kedudukan pembebanan dan kecepatan pembebanan pada kedudukan yang tepat sehingga jarum skala bergerak secara perlahan-lahan dengan interval 50 kg setiap penekanan. Kemudian catat pada formulir ukur lendutan yang terjadi pada saat penekanan pada interval yang telah ditetapkan.



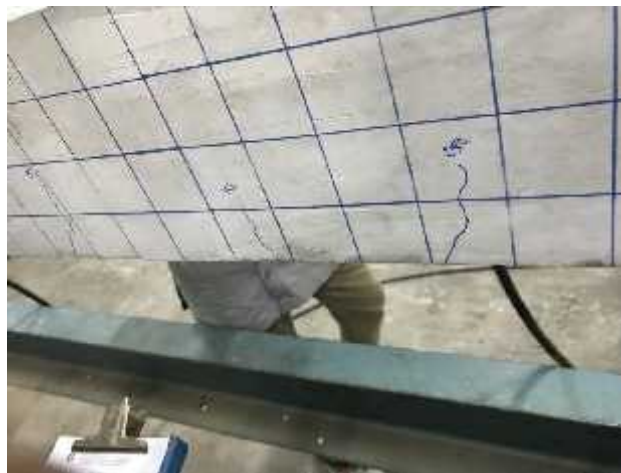
Gambar 3.19 Alat Pencatat Pembebanan

- n) Kurangi kecepatan pembebanan pada saat menjelang runtuh yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum skala beban agak lambat, sehingga tidak terjadi kejut pada *dial gauge*.



Gambar 3.20 Pembacaan *Dial Gauge*

- o) Ambil benda dan catat beban maksimum yang menyebabkan runtuhnya benda uji pada formulir uji sebagaimana lampiran formulir uji.



Gambar 3.21 Pola Retak Pada Benda Uji Akibat Pembebanan

- p) Catat nilai yang terdapat pada loading frame.
- q) Ambil benda uji yang telah selesai di pelat perletakan benda uji atau naikkan alat pembebanannya.

3.8 Teknik Analisis Data

3.8.1 Langkah-langkah Analisis Data

Pengolahan, analisis, proses penyusunan, pengaturan dan pengolahan data diperlukan untuk menguji hipotesis atau menjawab pertanyaan penelitian yang telah dirumuskan. Secara garis besar teknik analisis data meliputi langkah-langkah sebagai berikut:

A. Persiapan

1. Mengecek kelengkapan format pengujian
2. Menguji kuat lentur balok dengan dua titik pembeban

B. Kegiatan yang dilakukan

Mengecek data hasil pengujian pada format pengujian uji lentur balok beton bertulang dengan dua titik pembebanan.

3.8.2 Analisis data

1. Menghitung berapa beban ultimate yang dapat ditahan benda uji sehingga mengalami keruntuhan.
2. Menghitung lendutan yang terjadi dengan cara melihat nilai yang terdapat pada *dial gauge*.
3. Hitung kuat lentur balok dengan menggunakan rumus sesuai yang disyaratkan dalam formulir ukur.
4. Hitung berapa besar kuat geser yang terjadi secara manual dengan bantuan data-data yang telah didapat.
5. Menghitung nilai persamaan linear dengan bantuan *software Microsoft Office Exel 2013*.