

## **BAB V**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Umum**

Pada bab ini akan dibahas mengenai perencanaan teoritis dalam memprediksi kekuatan total balok beton setelah diperkuat dengan pelat baja stripplat. Kemudian akan dibandingkan dengan analisis kekuatan hasil pengamatan sampel balok beton yang telah diuji di laboratorium. Dalam menghitung kekuatan lentur total balok beton harus melalui beberapa tahap hitungan. Untuk prediksi kekuatan balok kontrol dihitung berdasarkan kuat lentur nominal yang disumbangkan oleh beton dan momen nominal dari besi tulangan. Sedangkan prediksi kekuatan balok yang diperkuat dengan pelat baja yaitu jumlah kuat lentur nominal balok kontrol ditambah dengan kuat lentur nominal yang disumbangkan oleh pelat baja.

#### **5.2 Kekuatan Tekan Silinder Beton**

Umumnya kekuatan tekan beton diukur pada umur 28 hari. Kuat tekan adalah sifat kemampuan menahan atau memikul suatu beban tekan pada daerah luas penampang. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton antara lain kualitas semen, kualitas air, kualitas agregat, ukuran maksimum agregat, faktor air semen (FAS), kekuatan pengikatan agregat dan pasta semen, penggunaan bahan tambahan lain serta proses perawatan benda uji.

Dari data hasil pengujian kuat tekan beton kubus pada umur 28 hari diperoleh rata-rata kuat tekan beton dari 4 buah benda uji sebesar 356,7 kg/cm<sup>2</sup> seperti yang terlihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Pengujian Kuat Tekan Silinder

Benda Uji	Berat (kg)	Beban Tekan P (kN)	Luas A (cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (MPa)
1	14,4	539,4	183,37	30,59
2	13	596,4	178,60	33,74
3	13,7	616,4	180,98	34,88
4	12,8	596,8	174,37	33,77
Kuat Tekan Rata-rata				33,254

Dari Tabel 5.1 terlihat penambahan kuat tekan menjadi 33,3 MPa dari kuat tekan silinder yang direncanakan 20 MPa. Dan untuk perhitungan selanjutnya digunakan kuat tekan beton rencana sebesar:

$$f'c = 33,3 \text{ MPa}$$

### 5.3 Kuat Tarik Baja

Pengujian kuat tarik baja dilakukan dengan maksud untuk mengetahui kualitas dari baja tulangan dan perkuatan yang akan digunakan untuk balok. Baja tulangan yang digunakan adalah diameter P10 untuk tulangan pokok dan P8 untuk tulangan begel untuk pelat baja yang digunakan adalah jenis pelat baja “*stripplat*” yang memiliki ketebalan 12 mm dan lebar 50 mm. Dari hasil pengujian dan perhitungan didapatkan mutu baja sebesar:

Baja Tulangan

$$\text{P10} = 321 \text{ Mpa}$$

$$\text{P8} = 251 \text{ Mpa}$$

Pelat Baja *stripplat*

$$\text{Pelat Baja 12 mm} = 290 \text{ Mpa}$$

### 5.4 Perhitungan Kuat Lentur Rencana

#### 5.4.1 Prediksi Kuat Lentur Balok Kontrol

Adapun perhitungan – perhitungan untuk mencari kuat lentur nominal khususnya pada balok kontrol adalah sebagai berikut :

Analisis teknik pembebanan meliputi :

Dimensi Benda Uji :

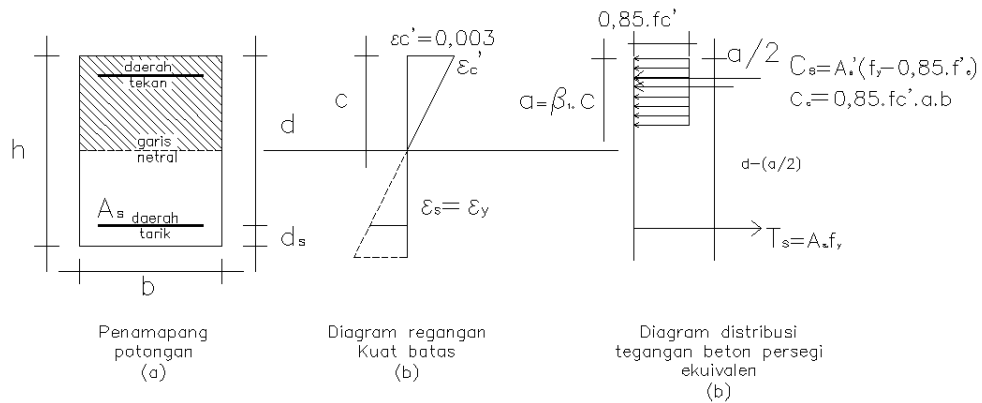
$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 1000 \text{ mm} = 1,0 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 200 \text{ mm} = 0,15 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 150 \text{ mm} = 0,1 \text{ m} \\
 \text{Berat Jenis Beton} &= 2400 \text{ (kg/m}^3\text{)} \\
 \text{Berat Balok Uji} &= \text{Volume benda uji x berat jenis beton} \\
 &= (1 \times 0,15 \times 0,1) \times 2400 \\
 &= 36 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Sifat material benda uji :

$$\begin{aligned}
 f'c &= 33,3 \text{ MPa} \\
 f_y &= 321,00 \text{ MPa} \\
 E_s &= 200.000 \text{ MPa} \\
 H &= 200 \text{ mm} \\
 B &= 150 \text{ mm} \\
 d_s &= 28 \text{ mm} \\
 d &= H - (\rho + \text{Øtul.senggang} + \frac{1}{2} \text{Øtul.utama}) = 200 - (10 + 8 + \frac{1}{2} \cdot 10) \\
 &= 177 \text{ mm} \\
 \beta_1 &= 0,83 \text{ (faktor pembentuk tegangan beton tekan persegi ekuivalen,} \\
 &\text{ yang bergantung pada mutu beton (f'c) sebagai berikut (Pasal} \\
 &\text{ 12.2.7.3 SNI 032847-2002) untuk } f'c > 30 \text{ MPa, maka } \beta_1 = \\
 &0,85 - \frac{0,05 \times (f'c - 30)}{7} \text{ )}
 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Tulangan Tekan (As')} &= 2D10 = 157,08 \text{ mm}^2 \\
 \text{Jumlah Tulangan Tarik (As)} &= 2D10 = 157,08 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 5.1 Distribusi Regangan dan Tegangan pada Balok Tulangan Rangkap

a. Keadaan Balanced

$$\frac{C_b}{\varepsilon_c} = \frac{d}{\varepsilon_c + \left[ \frac{f_y}{\varepsilon_s} \right]}$$

$$\frac{C_b}{0,003} = \frac{d}{0,003 + \left[ \frac{321}{200.000} \right]}$$

$$C_b = \frac{600d}{600 + f_y} = \frac{600(167)}{600 + 321} = 108,7947 \text{ mm}$$

$$a = 0,85C_b = 0,85 \cdot 108,7947 = 92,4755 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \frac{108,794 - 29}{108,794} \times 0,003 = 0,0022 > \varepsilon_y = \frac{321}{200.000} = 0,0016$$

Karena :  $\varepsilon_s \geq \varepsilon_y$  , kriteria untuk melelehnya baja tulangan tekan telah terpenuhi

b. Keadaan Sebenarnya

- Anggap baja tulangan leleh, maka  $f_y = f_s$ .

$$C_c = 0,85 \times f'c \times a \times B = 0,85 \times 33,3 \times a \times 150 = 4245,75 a$$

$$C_s = A_s' f_{kap} - 0,85 f'c = 157,08 \cdot 321 - 0,85 \times 33,3$$

$$= 45976,423 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \times f_{kap} = 157,08 \times 321 = 50422,5621 \text{ N}$$

$$T_s = C_c + C_s$$

$$50422,5621 = 4245,75 a + 45976,423$$

$$4245,75 a = 50422,5621 - 45976,423$$

$$a = \frac{4446,1391}{4245,75}$$

Maka didapat nilai  $a = 1,047 \text{ mm}$

$$C_u = \frac{a}{\beta} = \frac{1,047}{0,83} = 1,267 \text{ mm}$$

Cek baja tulangan :

$$\varepsilon_s \geq \varepsilon_y$$

$$\varepsilon_s = \frac{C_u - d'}{C_u} \varepsilon_c = \frac{1,267 - 23}{1,267} 0,003 = -0,0515 < \varepsilon_y = 0,0016$$

Ternyata anggapan baja tulangan tekan meleleh tidak terpenuhi. Anggaplah letak garis netral sebagai bilangan  $x$ . Dengan menyamakan  $(CC + CS)$  dengan  $T$ , menjadi suatu persamaan kuadrat.

Di mana :

$$\varepsilon_s' = \frac{a - d'}{a} \varepsilon_c$$

$$f_s' = \varepsilon_s' \times E_s$$

$$C_s = (f_s' - 0,85 f_c') A_s'$$

Sehingga :

$$0,85 f_c' \times a \times B + f_s' - 0,85 f_c' A_s' = f_y \times A_s$$

$$0,85 f_c' \times a \times B + \varepsilon_s' \times E_s - 0,85 f_c' A_s' = f_y \times A_s$$

$$0,85 f_c' \times a \times B + \frac{a-d'}{a} 0,003 \times 200.000 - 0,85 f_c' A_s' = f_y \times A_s$$

$$0,85 \times 33,3 \times a \times 150 + \frac{a-29}{a} 600 - 0,85 \times 33,3 157,0 = 321 \times 157,08$$

Maka didapat nilai

$$a = 21,155 \text{ mm}$$

$$C_u = \frac{a}{\beta} = \frac{21,155}{0,83} = 24,888 \text{ N}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times a \times B = 0,85 \times 33,3 \times 24,888 \times 150$$

$$= 89818,9114 \text{ N}$$

$$C_s = f'_s - 0,85 f'_c A'_s = \frac{21,155 - 29}{21,155} 600 - 0,85 \times 33,3 \times 157,08$$

$$= -39396,34926 \text{ N}$$

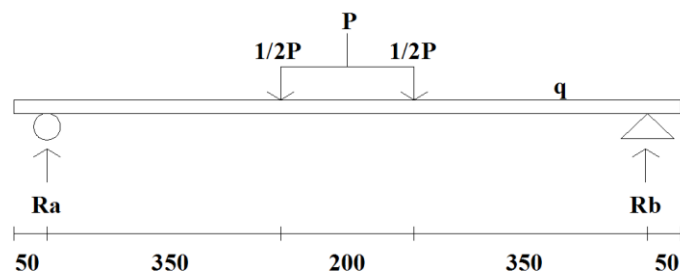
Momen Nominal (Mkap) :

$$M_{kap} = C_c d - \frac{a}{2} + C_s d - d' \times \phi$$

$$= 89818,9114 \times 177 - \frac{21,155}{2} + -39396,3493 \times 167 - 29 \times 1,25$$

$$= 11060674,58 \text{ Nmm} = 11,0607 \text{ KNm}$$

Menghitung Reaksi :



Gambar 5.2 Reaksi momen

$$R_a l - \frac{1}{2} P \times 0,55 - \frac{1}{2} P \times 350 - \frac{1}{8} q l^2 = 0$$

$$R_a \times 0,9 = P \times 0,275 - P \times 0,175 - 0,0729$$

$$R_a \times 0,9 = 0,45 P - 0,729$$

$$R_a = \frac{0,45 P - 0,729}{0,9}$$

$$Ra = 0,5 P - 0,81$$

$$\begin{aligned} M_{kap} &= Ra \frac{1}{2} l - \frac{1}{8} q l^2 - \frac{1}{2} P 0,1 \\ &= 0,5 P - 0,81 \times \frac{1}{2} 0,9 - \frac{1}{8} 0,72 0,9^2 - \frac{1}{2} P 0,1 \\ &= 0,225 P - 0,3645 - 0,0729 - 0,05 P \end{aligned}$$

$$M_{kap} = 0,175 P - 0,4374$$

$$P = \frac{M_{kap} + 0,437}{0,388} = \frac{11,0607 + 0,437}{0,175}$$

$$= 65,7034 \text{ KNm}$$

#### 5.4.2 Prediksi Kuat Lentur Balok Menggunakan Pelat Baja

Perhitungan untuk mencari besarnya kontribusi Pelat Baja “Stripplat” terhadap Lentur berdasarkan formula yang diperoleh dari hasil penelitian sejenis oleh beberapa ahli terdahulu (sesuai dengan literatur yang telah dipaparkan).

Diketahui:

Lebar balok = 150 mm

Lebar *Strippelat* = 50 mm

Panjang *Strippelat* = 1000 mm

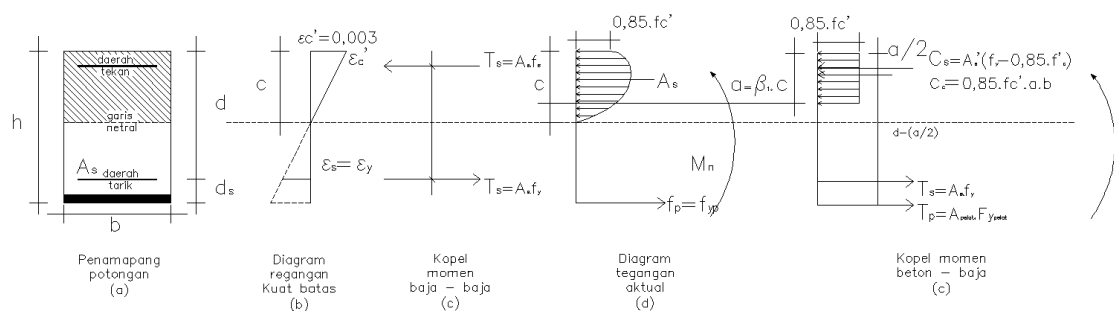
Tebal *Strippelat* = 12 mm

Kuat tarik *Strippelat* = 290 Mpa

$A_{pelat} = n \times \text{Lebar } \textit{Strippelat} \times \text{Tebal } \textit{Strippelat}$

$$= 3 \times 50 \times 12$$

$$= 1800 \text{ mm}^2$$



Gambar 5.3 Distribusi Regangan dan Tegangan pada Balok Perkuatan

## a. Keadaan Balanced

$$\frac{C_b}{\varepsilon_c} = \frac{d}{\varepsilon_c + \left[ \frac{f_y}{\varepsilon_s} \right]}$$

$$\frac{C_b}{0,003} = \frac{d}{0,003 + \left[ \frac{240}{200.000} \right]}$$

$$C_b = \frac{600d}{600 + f_y} = \frac{600(179)}{600 + 321} = 116,6123 \text{ mm}$$

$$a = 0,85C_b = 0,85 \cdot 116,6123 = 99,1205 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \frac{116,612 - 29}{116,613} \times 0,003 = 0,0023 > \varepsilon_y = \frac{321}{200.000} = 0,0016$$

Karena :  $\varepsilon_s \geq \varepsilon_y$  , kriteria untuk melelehnya baja tulangan tekan telah terpenuhi

## b. Keadaan Sebenarnya

- Anggap baja tulangan leleh, maka  $f_y = f_s$ .

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times a \times B = 0,85 \times 33,3 \times a \times 100 = 4245,75 a$$

$$C_s = A_s' f_y - 0,85 f'_c = 157,08 \cdot 321 - 0,85 \times 33,3 = 45976,423 N$$

$$T_s = A_s \times f_{kap} + A_p \times f_{kap \text{ plat}}$$

$$= 157,08 \times 321 + 1800 \times 290 = 572422,5621 N$$

$$T_s = C_c + C_s$$

$$572422,5621 = 4245,75 a + 45976,423 N$$

$$4245,75 a = 572422,5621 - 45976,423 N$$

$$a = \frac{526446,1391}{4245,75}$$

Maka didapat nilai  $a = 123,9937 \text{ mm}$

$$C_u = \frac{a}{\beta} = \frac{123,9937}{0,83} = 145,8749 \text{ mm}$$



Cek baja tulangan :

$$\varepsilon_s \geq \varepsilon_y$$

$$\varepsilon_s = \frac{C_u - d'}{C_u} \varepsilon_c = \frac{145,8749 - 29}{145,8749} 0,003 = 0,0024 > \varepsilon_y = 0,0016$$

Karena :  $\varepsilon_s \geq \varepsilon_y$  ,kriteria untuk melelehnya baja tulangan tekan telah terpenuhi

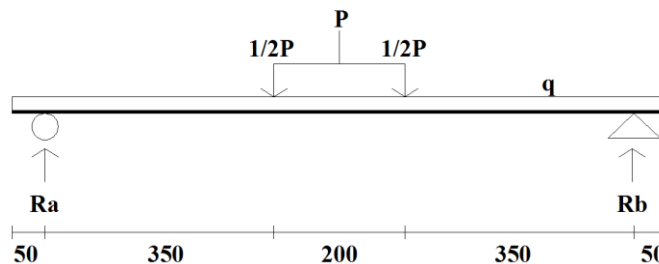
$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f'_c \times a \times B = 0,85 \times 33,3 \times 123,9937 \times 150 \\ &= 526446,139 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= f'_s - 0,85f'_c A'_s = \frac{123,9937-29}{123,9937} 600 - 0,85 \times 33,3 \times 157,08 \\ &= 67758,69653 \text{ N} \end{aligned}$$

Momen Kapasitas (Mkap) :

$$\begin{aligned} M_{kap} &= C_c d - \frac{a}{2} + C_s d - d' \times \phi \\ &= 526446,139 \times 177 - \frac{123,9937}{2} + 67758,69653 \times 189 - 23 \times 1,25 \\ &= 89699585,05 \text{ Nmm} = 89,6995 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Menghitung Reaksi :



Gambar 5.4 Reaksi momen

$$R_a l - \frac{1}{2} P 0,55 - \frac{1}{2} P 350 - \frac{1}{8} q l^2$$

$$\begin{aligned}
Ra_{0,9} &= P_{0,275} - P_{0,175} - 0,086 \\
Ra_{0,9} &= 0,45 P - 0,086 \\
Ra &= \frac{0,45 P - 0,086}{0,9} \\
Ra &= 0,5 P - 0,096 \\
M_{kap} &= Ra \frac{1}{2} l - \frac{1}{8} q l^2 - \frac{1}{2} P_{0,1} \\
&= 0,5 P - 0,081 \times \frac{1}{2} 0,9 - \frac{1}{8} 0,85 0,9^2 - \frac{1}{2} P_{0,1} \\
&= 0,225 P - 0,3645 - 0,0861 - 0,05 P \\
M_{kap} &= 0,175 P - 0,4506 \\
P &= \frac{M_{kap} + 0,4506}{0,175} = \frac{89,6995 + 0,4506}{0,175} \\
&= 515,1434 \text{ KNm}
\end{aligned}$$

Nilai prediksi kuat lentur balok kontrol yang didapat  $P_{BK} = 65,7034 \text{ KN}$ . Sedangkan berdasarkan Perhitungan kuat lentur balok menggunakan pelat baja didapat  $P_{BP} = 515,1434 \text{ KN}$ . Dari kedua nilai kuat lentur nominal tersebut dapat dilihat besar kontribusi pelat baja “*stripplat*” di atas.

$$\begin{aligned}
\text{Peningkatan kapasitas lentur} &= \frac{P_{perkuatan} - P_{normal}}{P_{normal}} \times 100\% \\
&= \frac{515,1434 - 65,7034}{65,7034} \times 100\% \\
&= 684,0437 \%
\end{aligned}$$

Dari hasil analisa kapasitas lentur dengan perkuatan pelat baja “*stripplat*”, terjadi peningkatan kapasitas lentur sebesar 684,0437 %

## 5.5 Pengujian Balok Kontrol dan Balok Uji

Pembebanan yang berangsur-angsur bertambah akan menyebabkan beton uji mengalami retakan. Berkembangnya retak dimulai dari bagian bawah / daerah tarik dan makin ke atas seiring dengan peningkatan beban pikul. Selain itu, beton uji juga mengalami lendutan dan regangan.

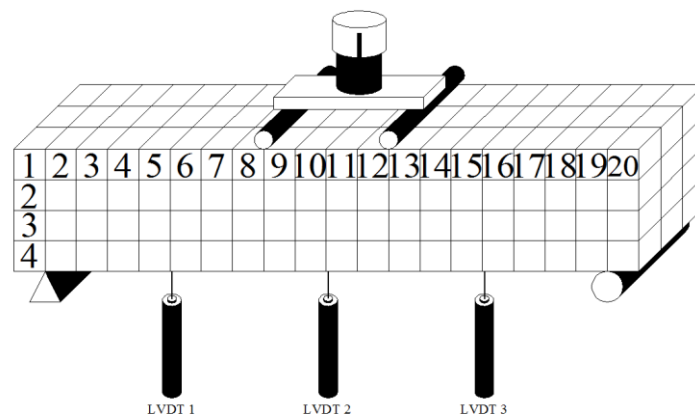
Ada dua tipe balok yang diuji pada penelitian ini yaitu balok kontrol dengan kode BK dan balok uji dengan perkuatan pelat baja stripplat dengan kode

BP-1, BP-2 dan BP-3. Kedua tipe balok memiliki karakter yang berbeda, untuk balok uji direncanakan kekuatan lenturnya dapat melampaui kekuatan lentur dari balok kontrol.

Pada balok kontrol BK kuat lentur yang didapat setelah pengujian lebih besar daripada hasil perhitungan. Kemudian pada balok uji BP-1 BP-2 dan BP-3 terjadi peningkatan kuat lentur, namun untuk balok BP-3 hasil kuat lentur kurang dari rata-rata balok uji lainnya. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor eksternal diantaranya :

1. Terjadi kesalahan pada saat pengecoran sehingga kuat tekan beton kurang dari batas minimum.
2. Kurangnya pemadatan saat proses pengecoran, sehingga masih ada rongga udara di dalam beton.
3. Dimensi balok tidak sempurna, dan terjadi penggembungan di salah satu sisi balok. Hal ini dapat disebabkan oleh bekisting yang kurang kaku.
4. Perawatan balok selama umur 28 hari kurang baik, sehingga kualitas balok beton berbeda dengan sampel lain.
5. Terjadi dislokasi titik beban pada proses pengujian sehingga distribusi beban tidak merata ke seluruh penampang balok.

Adapun sketsa perletakan LVDT pengujian pembebanan terhadap balok-balok kode BK (Balok Kontrol) maupun balok kode BP (Balok Pelat) dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut:



Gambar 5.5 Peletakan LVDT Pengujian Pembebanan

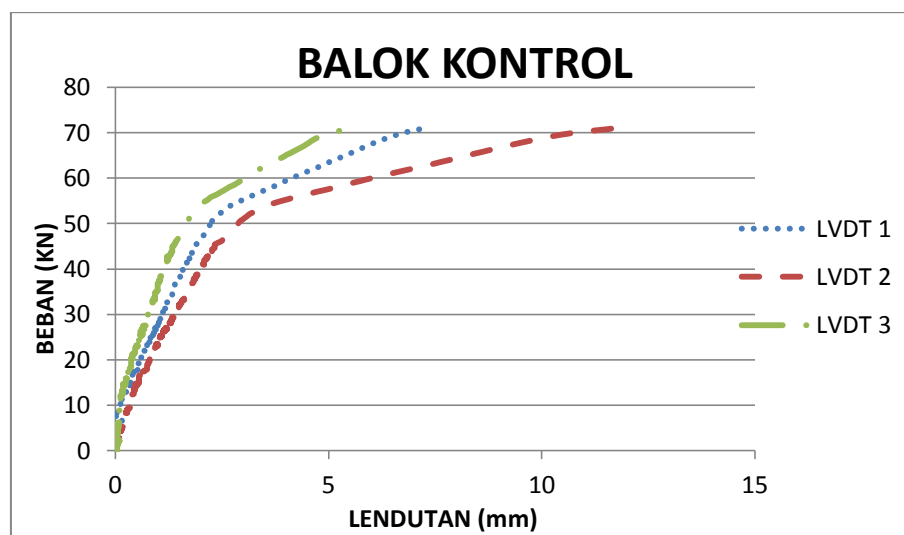
### 5.5.1. Balok Kontrol

Adapun data-data hasil pengujian pembebanan terhadap balok-balok kode BK (Balok Kontrol) dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut:

Tabel 5.2 Balok Kontrol (BK)

Beban P (KN)	Lendutan			Keretakan
	LVDT1	LVDT2	LVDT3	
0	0	0	0	
10	0.1283	0.3371	0.1363	
20	0.6277	0.817	0.3942	
25.3	0.8684	1.0893	0,653	<i>First Crack</i>
30	1.5833	2.0264	1.148	Retak Rambut
40	3.5916	2.0808	2.6932	Retak Rambut
50	3.138	4.2575	2.2596	Retak Rambut Menjalar
60	4.1642	6.8772	3.3635	Retak Rambut Melebar
70	6.8072	10.8495	5.097	Runtuh Balok
70,926	71,415	116,191	54,935	<i>Maximum Load</i>

Dari hasil pengujian yang disajikan pada tabel diatas, dapat dibuat grafik yang mewakili hubungan antara beban dan lendutan balok seperti pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Kurva Beban – Lendutan untuk Balok Kontrol

Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan pada balok kontrol bentuk keruntuhan yang terjadi hampir sama, yaitu di bagian tengah bentang dari balok. Dari kedua tabel diatas dapat dilihat BK pada beban 70,926 kN terjadi lendutan tengah maksimum sebesar 11,6424 mm sedangkan. Hal ini menunjukkan bahwa balok kontrol mempunyai kekuatan yang homogen dan bisa digunakan untuk perbandingan dengan balok uji BP-1, BP-2, BP-3.

Dari grafik juga menunjukkan bahwa nilai lendutan pada LVDT 2 pada semua benda uji balok mempunyai nilai lendutan yang lebih besar dibandingkan dengan nilai LVDT 1 dan LVDT 3 kemudian runtuh balok terjadi pada bagian tengah balok, hal ini dikarenakan balok mengalami kerusakan yang tidak merata disepanjang bentang tersebut. Kerusakan yang tidak merata dapat disebabkan oleh tidak meratanya kuat tekan yang dimiliki oleh balok.

### 5.5.2. Balok Uji

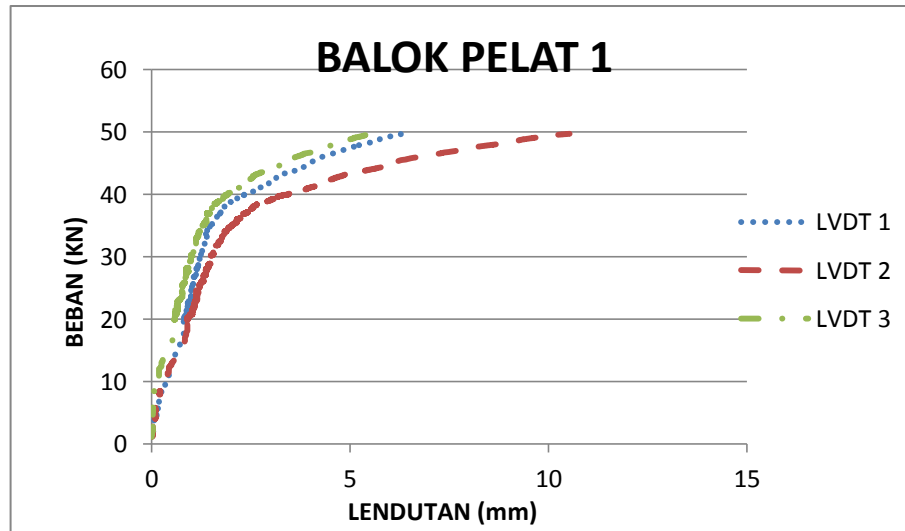
1. Balok Uji-1 (BP -1)
  - a. Tanpa Perkuatan

Adapun data-data hasil pengujian pembebanan terhadap balok-balok kode BP-1 (Balok Pelat) dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut:

Tabel 5.3 Balok Uji 1 (Kode BU-1)

Beban P (KN)	Lendutan (mm)			Keretakan
	LVDT1	LVDT2	LVDT3	
0	0	0	0	
10	0.43283	0.39396	0.18408	
20	0,8059	0,8993	0,5883	
20,3	0,8215	0,9303	0,5883	<i>First Crack</i>
30	1.27238	1.58333	1.05472	Retak Rambut
40	2.70273	3.91542	2.14303	Retak Rambut Menjalar
49	6.2786	10.53078	5.62562	Mencapain 70% Beban Maximal

Dari hasil pengujian yang disajikan pada tabel diatas, dapat dibuat grafik yang mewakili hubungan antara beban dan lendutan balok seperti pada Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5.7 Kurva Beban Lendutan untuk BP-1 dibebani 70% beban max

b. Perkuatan

Adapun data-data hasil pengujian pembebanan terhadap balok-balok kode BP-1 (Balok Pelat) dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut:

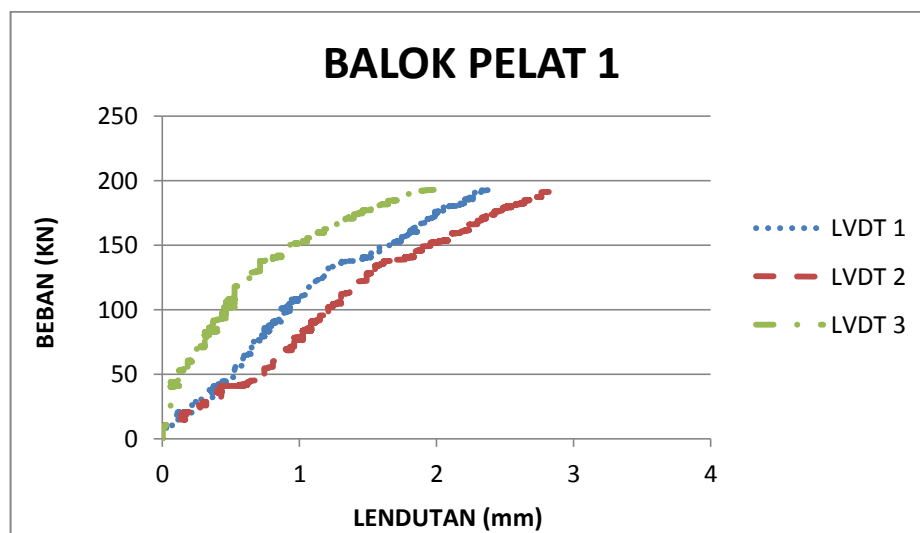
Tabel 5.4 Balok Uji 1 (Kode BP-1)

Beban P (KN)	Lendutan (mm)			Keretakan
	LVDT1	LVDT2	LVDT3	
0	0	0	0	
10	0.33955	0.49502	0.032765	
20	0.37064	0.53389	0.0597	
30	0.37842	0.55721	0.0597	
40	0.40174	0.5883	0.09079	
50	0.52611	0.74378	0.12189	
60	0.5883	0.83706	0.18408	
70	0.65049	0.96144	0.30845	
80	0.74378	1.02363	0.33177	
90	0.83706	1.08582	0.37064	

Lanjutan Tabel 5.4 Balok Uji 1 (Kode BP-1)

Beban P (KN)	Lendutan (mm)			Keretakan
	LVDT1	LVDT2	LVDT3	
100	0.93034	1.2102	0.46393	
110	1.05472	1.30348	0.52611	
120	1.11691	1.42786	0.5883	
130	1.2102	1.55224	0.71268	
135	1.30348	1.61442	0.71268	<i>first crack</i>
140	1.52114	1.80876	0.85261	Retak Rambut
150	1.67661	1.95646	0.99253	Retak Rambut Menjalar
160	1.80099	2.20522	1.1791	Retak Rambut Menjalar
170	1.96424	2.36069	1.39676	Retak Melebar,
180	2.14303	2.57835	1.58333	Menjalar ke Atas
190	2.3296	2.78824	1.83209	Delaminasi Pelat baja
192	2.45398	3.0059	2.26741	<i>Maximum Load</i>

Dari hasil pengujian yang disajikan pada tabel diatas, dapat dibuat grafik yang mewakili hubungan antara beban dan lendutan balok seperti pada Gambar 5.8 berikut:



Gambar 5.8 Kurva Beban – Lendutan untuk Balok Pelat 1

## 2. Balok Uji 2 (BU-2)

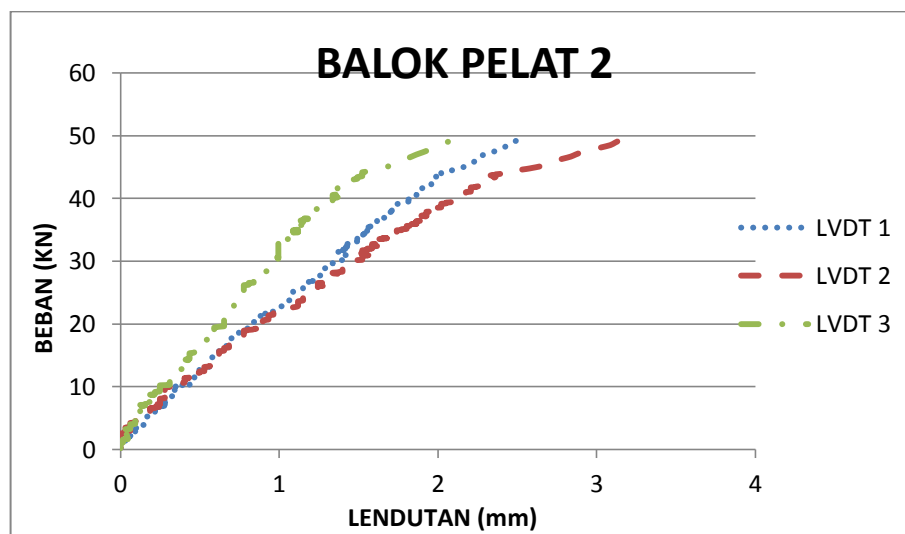
### a. Tanpa Perkuatan

Adapun data-data hasil pengujian pembebanan terhadap balok-balok kode BU-1 (Balok Uji) dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut:

Tabel 5.5 Balok Uji 2 (Kode BU-2)

Beban P (KN)	Lendutan			Keretakan
	LVDT1	LVDT2	LVDT3	
0	0	0	0	
10	0.46641	0.40423	0.31095	
20	0.87064	0.93284	0.65299	
24	1.0883	1.19714	0.77737	First Crack
30	1.39925	1.53918	0.96393	Retak Rambut
40	1.86567	2.17662	1.36816	Retak Rambut Menjalar
49	2.54197	3.22606	2.13775	Mencapai 70% Beban Maximal

Dari hasil pengujian yang disajikan pada tabel diatas, dapat dibuat grafik yang mewakili hubungan antara beban dan lendutan balok seperti pada Gambar 5.9 berikut:



Gambar 5.9 Kurva Beban Lendutan untuk BP-2 dibebani 70% beban max



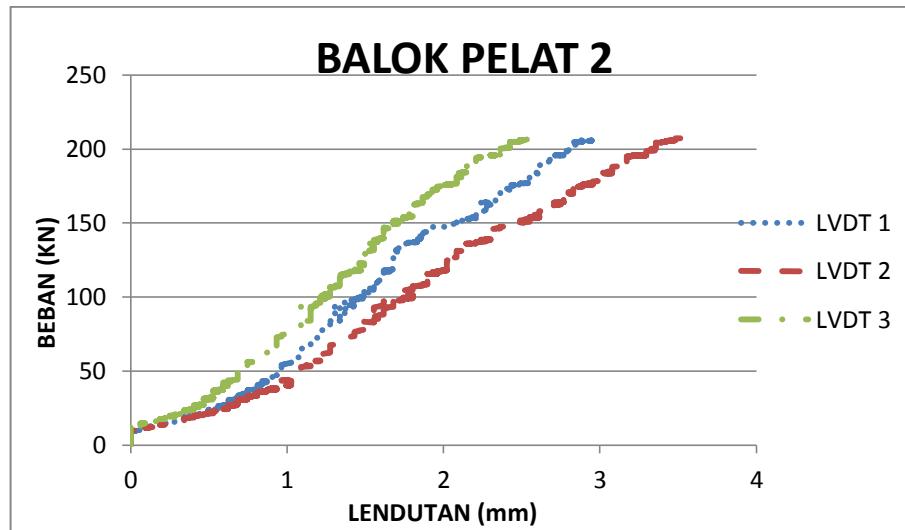
## b. Perkuatan

Adapun data-data hasil pengujian pembebanan terhadap balok-balok kode BU-1 (Balok Uji) dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut:

Tabel 5.6 Balok Uji 2 (Kode BP-2)

Beban P (KN)	Lendutan			Keretakan
	LVDT1	LVDT2	LVDT3	
0	0	0	0	
10	0.06218	0.06219	0	
20	0.43532	0.46642	0.34204	
30	0.43532	0.46642	0.34204	
40	0.68407	0.71517	0.49751	
50	0.80597	0.96144	0.49502	
60	0.93034	1.08582	0.65049	
70	1.02363	1.24129	0.71268	
80	1.11691	1.36567	0.86815	
90	1.2102	1.49005	0.93034	
100	1.33457	1.67661	0.99253	
110	1.42786	1.7699	1.11691	
120	1.52114	1.89427	1.24129	
130	1.52114	1.95646	1.3268	
131	1.52114	1.98756	1.33457	first crack
140	1.67661	2.17413	1.39676	Retak Rambut
150	1.92537	2.42288	1.45895	Retak Rambut
160	2.14303	2.54726	1.58333	Retak Rambut Menjalar
170	2.20522	2.67164	1.7388	Retak Rambut Menjalar
180	2.39179	2.8893	1.89427	Retak Melebar,
190	2.51617	3.04477	1.98756	Menjalar ke Atas
200	2.67164	3.23134	2.17413	Delaminasi Pelat baja
207	3.02145	3.50342	2.35292	Maximum Load

Dari hasil pengujian yang disajikan pada tabel diatas, dapat dibuat grafik yang mewakili hubungan antara beban dan lendutan balok seperti pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.10 Kurva Beban – Lendutan untuk Balok Pelat 2

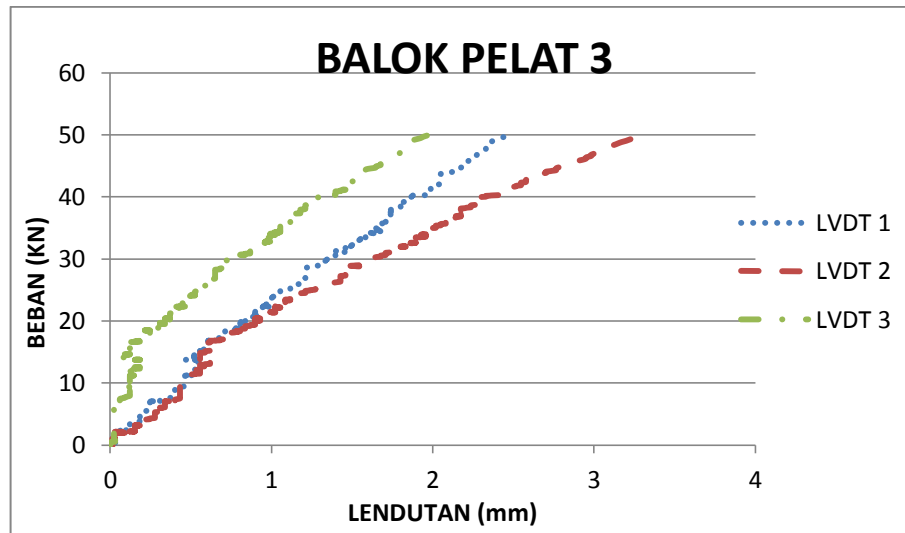
3. Balok Uji-3 (BU-3)
  - a. Tanpa Perkuatan

Adapun data-data hasil pengujian pembebanan terhadap balok-balok kode BU-1 (Balok Uji) dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut:

Tabel 5.7 Balok Uji 3 (Kode BU-3)

Beban P (KN)	Lendutan			Keretakan
	LVDT1	LVDT2	LVDT3	
0	0	0	0	
10	0.46393	0.49502	0.12189	
20	0.89925	0.96144	0.37064	
22	0.99253	1.08582	0.46393	First Crack
30	1.42786	1.70771	0.86815	Retak Rambut
40	1.98756	2.48507	1.42786	Retak Rambut Menjalar
49	2.45398	3.35572	1.96424	Mencapai 70% Beban Maximal

Dari hasil pengujian yang disajikan pada tabel diatas, dapat dibuat grafik yang mewakili hubungan antara beban dan lendutan balok seperti pada Gambar 5.11 berikut:



Gambar 5.11. Kurva Beban Lendutan untuk BP 3 dibebani 70% beban max

b. Perkuatan

Adapun data-data hasil pengujian pembebanan terhadap balok-balok kode BU-1 (Balok Uji) dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut:

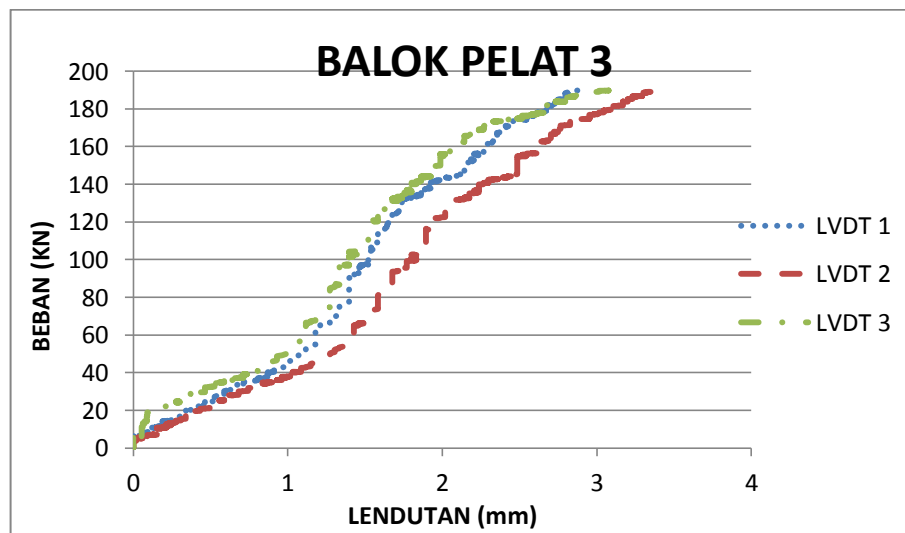
Tabel 5.8. Balok Uji 2 (Kode BP-2)

Beban P (KN)	Lendutan			Keretakan
	LVDT1	LVDT2	LVDT3	
0	0	0	0	
10	0.18408	0.21517	0.00249	
20	0.40174	0.46393	0.18408	
30	0.65049	0.74378	0.46393	
40	0.89925	1.08582	0.80597	
50	1.11691	1.30348	0.99253	
60	1.1791	1.42786	1.11691	
70	1.33457	1.55224	1.1791	
80	1.39676	1.58333	1.27238	
90	1.43563	1.67661	1.30348	

Lanjutan Tabel 5.8. Balok Uji 2 (Kode BP-2)

Beban P (KN)	Lendutan			Keretakan
	LVDT1	LVDT2	LVDT3	
100	1.52114	1.80099	1.39676	
110	1.58333	1.89427	1.52114	
120	1.67661	1.95646	1.58333	
130	1.7388	2.04975	1.67661	
140	1.92537	2.2985	1.86318	
144	2.11194	2.45398	1.92537	first crack
150	2.14303	2.48507	1.98756	Retak Rambut
160	2.26741	2.64054	2.11194	Retak Rambut Menjalar
170	2.40733	2.76492	2.2985	Retak Melebar, Menjalar ke Atas
180	2.67164	3.10696	2.67164	Delaminasi Pelat baja
189	3.02145	3.63557	3.38681	Maximum Load

Dari hasil pengujian yang disajikan pada tabel diatas, dapat dibuat grafik yang mewakili hubungan antara beban dan lendutan balok seperti pada Gambar 5.12 berikut.

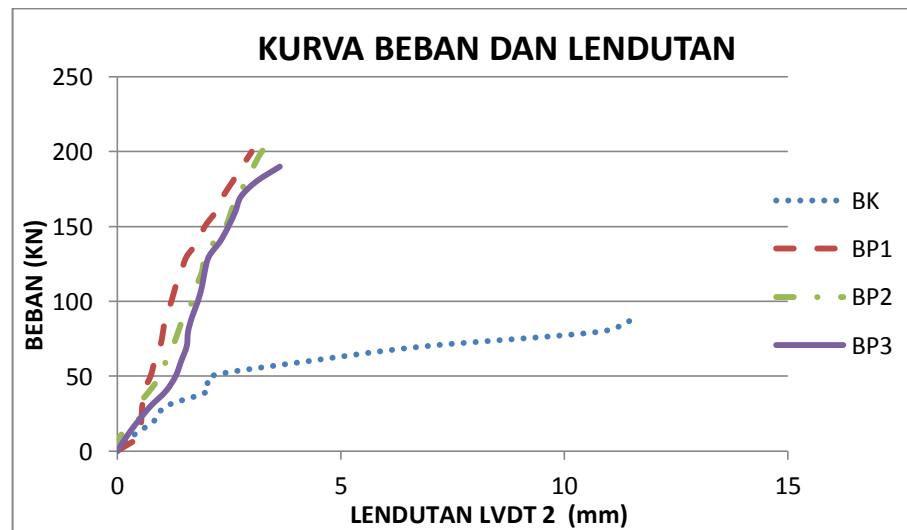


Gambar 5.12 Kurva Beban – Lendutan untuk Balok Pelat 3

Secara mekanik besarnya lendutan tergantung dari besarnya beban yang diberikan pada balok. Semakin besar beban yang diberikan, maka semakin besar

lendutan yang terjadi. Dari ketiga tabel diatas dapat dilihat BP-1 pada beban 192 kN terjadi lendutan sebesar 3.0059 mm sedangkan BP-2 pada beban 207 kN terjadi lendutan sebesar 3.5034 mm. BP-3 pada beban 189 kN terjadi lendutan sebesar 3,6356 mm. Hal ini menunjukkan bahwa balok yang diperkuat dengan pelat baja dapat menerima beban yang lebih besar dengan lendutan yang terjadi lebih kecil meskipun tidak terlalu signifikan.

Dari grafik juga menunjukkan bahwa nilai lendutan pada LVDT 2 pada semua benda uji balok mempunyai nilai lendutan yang lebih besar dibandingkan dengan nilai LVDT 1 dan LVDT 3 hal ini dikarenakan lendutan terbesar terjadi pada tengah balok. Kemudian runtuhnya balok terjadi pada satu sisi saja, hal tersebut dikarenakan balok mengalami kerusakan yang tidak merata disepanjang bentang tersebut. Kerusakan yang tidak merata dapat disebabkan oleh tidak meratanya kuat tekan yang dimiliki oleh balok. Grafik perbandingan lendutan tengah dari empat balok uji dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.13 Kurva Beban – Lendutan Tengah untuk seluruh balok

## 5.6 Rekapitulasi Hasil Pengujian Balok

Setelah dilakukan pengujian pada BK dan Bp terdapat perbedaan antara perhitungan teoritis dengan hasil pengujian di laboratorium yaitu beban lentur

yang dapat ditahan oleh kedua jenis balok tersebut yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut:

Tabel 5.9 Perbandingan Hasil Kuat Lentur Teoritis - Eksperimen

Teoritis		Eksperimen			
BK (KN)	BU (KN)	BK-1 (KN)	BP-1 (KN)	BP-2 (KN)	BP-3 (KN)
69,64	463,839	70,93	192,67	207,321	189,704

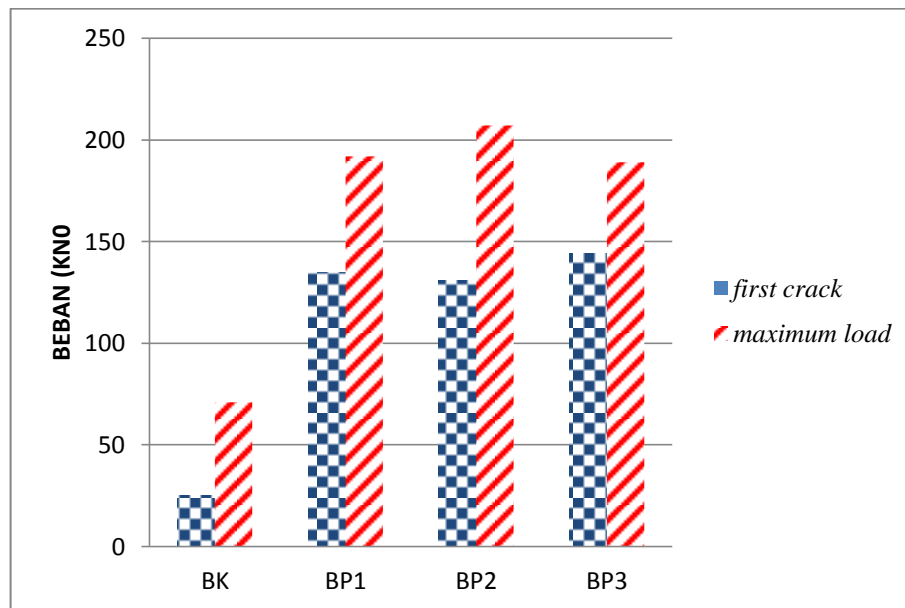
Beban lentur yang dapat ditahan oleh balok kode BP rata-rata mengalami peningkatan kuat lentur dibandingkan dengan balok kode BK. Namun balok dengan kode BK-3 mengalami penurunan kekuatan yang diakibatkan oleh perbedaan mutu beton dan pemasangan perkuatan. Hasil perbandingan kekuatan balok tersebut dapat dilihat pada tabel 5.10 berikut ini:

Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Lentur

Kode Balok	Vmaks (KN)	Peningkatan Lentur (%)	Lendutan Tengah Bentang (mm)	Rata-Rata Vmaks (KN)	Rata-Rata Peningkatan Lentur (%)
BK	70,93	-	11,6191	70,93	-
BP-1	192,67	171.64889	3,0059	196,565	171,1253
BP-2	207,321	192,3056	3.5034		
BP-3	189,704	167,4676	3,63557		

Berdasarkan Tabel 5.10 dapat dilihat terjadi peningkatan kapasitas beban yang dapat ditahan oleh balok namun cukup signifikan. BK-1 sebagai acuan kekuatan setelah dilakukan pengujian didapatkan nilai 71,5 kN. Balok uji dengan perkuatan pelat baja “*striplap*” BP-1 meningkat sebesar 171.64889 %, balok BP-2 mengalami peningkatan kuat lentur sebesar 192,3056 %, balok BP-3 meningkat 167,4676 % sehingga jika dibuat rata-rata beban yang dapat dipikul oleh balok dengan kode BP didapat nilai 196, 565 KN serta mengalami peningkatan lentur sebesar 171,1253%. Dari hasil rekapitulasi yang disajikan pada tabel diatas, dapat

dibuat diagram yang mewakili perbandingan kuat lentur antara balok kontrol dan balok uji seperti pada Gambar 5.14 berikut:



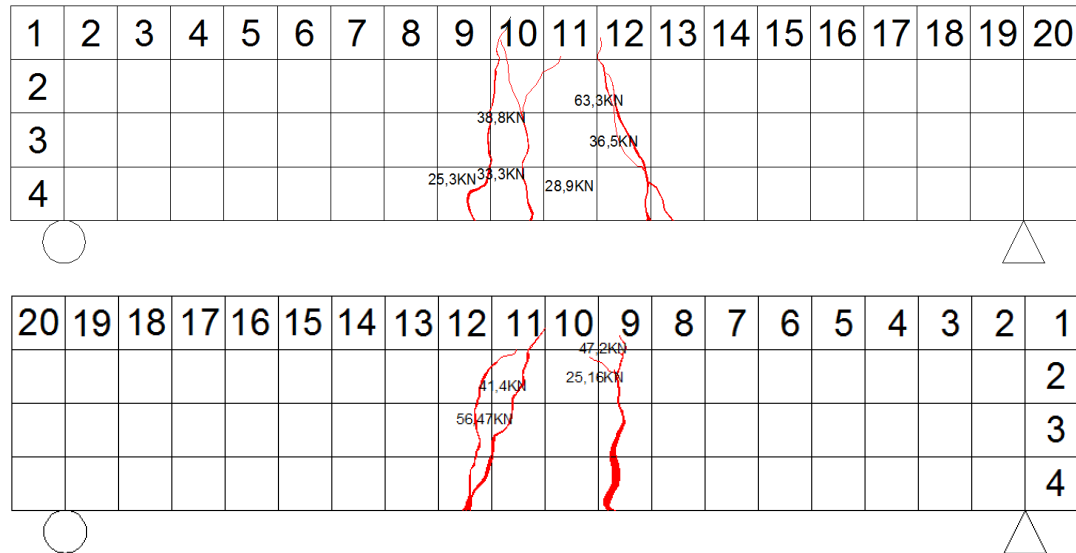
Gambar 5.14 Diagram Batang Perbandingan *First Crack* - *Max Load* Balok

### 5.7 Pola Keretakan Balok

Pola retak yang terjadi pada balok adalah berupa retak lentur. Keretakan tersebut menyebabkan keruntuhan lentur tekan (*shear compression failure*), yaitu keruntuhan yang terjadi setelah retak lentur terjadi, kemudian retak merambat ke belakang sepanjang tulangan lentur. Pada balok kontrol keretakan terjadi sepanjang garis diagonal pada daerah tekan balok. Keretakan ini melepaskan lekatan tulangan memanjang dan pelepasan mortar yang diakhiri dengan hancurnya beton tekan disisi atas balok.

Pada balok dengan perkuatan pelat baja pola keretakan berbeda dengan balok kontrol yaitu berupa retak lentur murni, namun pada awalnya keretakan lentur terjadi pada daerah lapangan balok dan menjalar keatas. Semakin bertambahnya beban, ternyata pelat baja "*stripplai*" mulai kehilangan daya lekat pada balok yang kemudian menyebabkan lepasnya pelat baja sehingga terjadinya retak lentur.

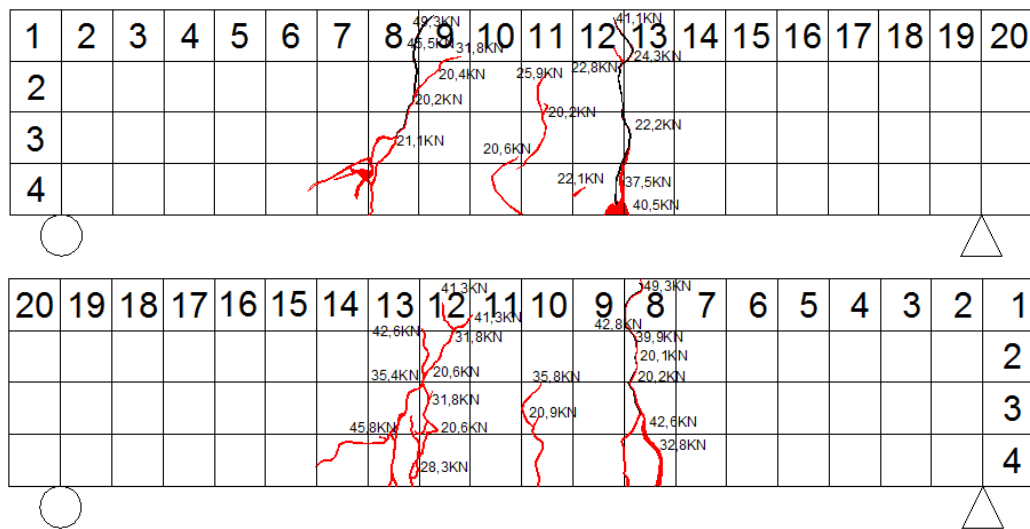
Berdasarkan Gambar 5.15 menunjukkan bahwa keretakan yang terjadi pada BK adalah keretakan lentur dengan panjang retakan  $\pm 20$ cm dan lebar retakan sebesar  $\pm 8$ mm. Pada BK keruntuhan terjadi pada tengah balok dengan adanya pelepasan mortar.



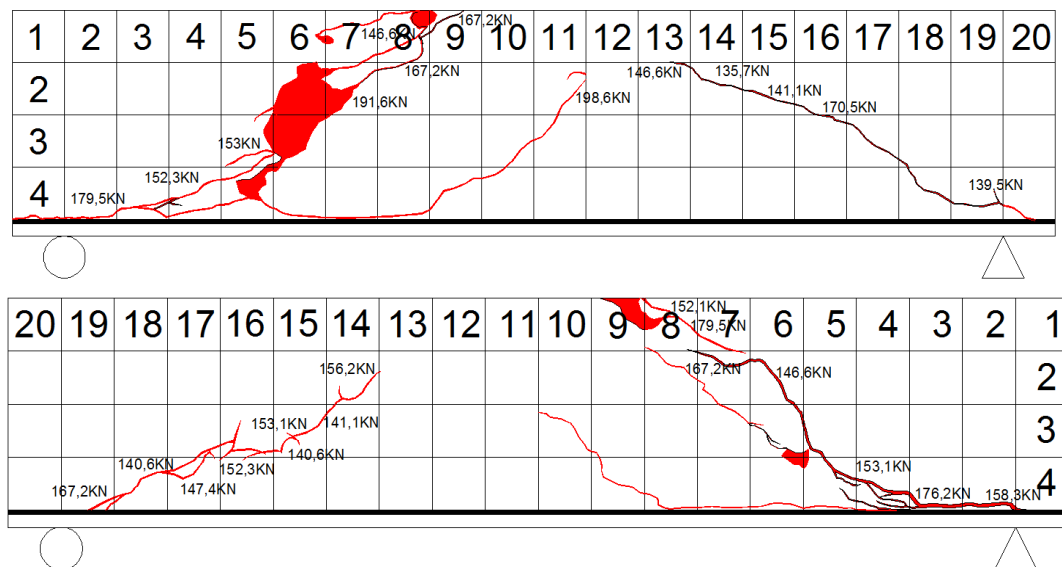
Gambar 5.15 Pola Keretakan Balok BK

Untuk pola retak yang terjadi pada BP-1 tanpa perkuatan dan sesudah di perkuatan dapat dilihat pada Gambar 5.16 dan Gambar 5.17. Pada balok uji BP-1 tanpa perkuatan kerusakan yang banyak terjadi adalah kerusakan lentur dengan panjang retakan  $\pm 20$ cm dengan lebar retakan  $\pm 10$ mm dan terdapat pelapasan mortar pada sisi kanan bawah keruntuhan balok dan balok uji BP-1 dengan perkuatan berdasar Gambar 5.15 menunjukkan bahwa yang terjadi pada BP-1 dengan perkuatan terjadinya keretakan dengan panjang retakan  $\pm 25$ cm dan lebar retakan sebesar  $\pm 18$ mm. Pada BP-1 dengan perkuatan keruntuhan terjadi pada sisi kiri balok dengan adanya pelepasan mortar.





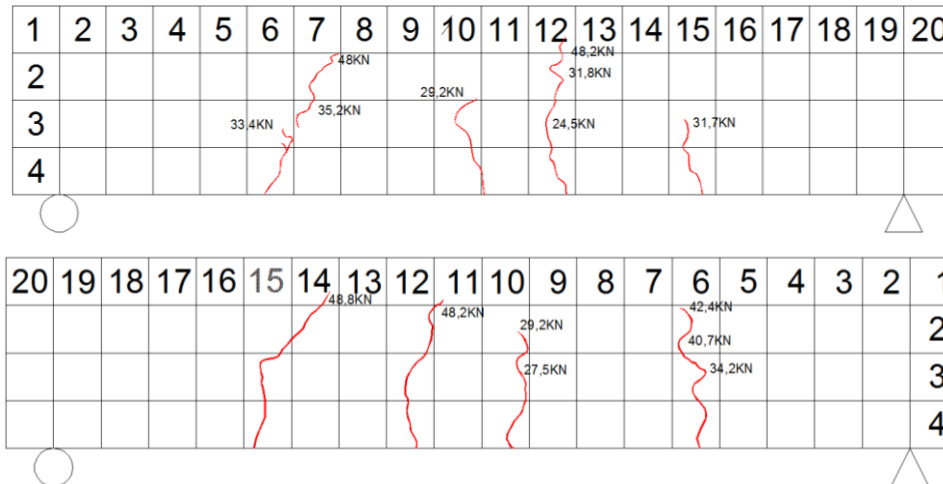
Gambar 5.16 Pola Keretakan Balok BP-1 Tanpa Perkuatan



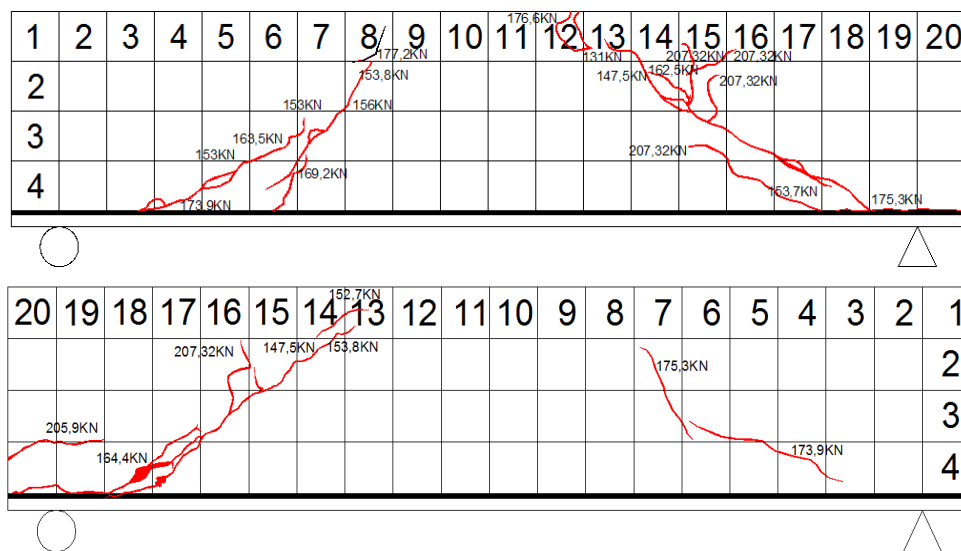
Gambar 5.17 Pola Keretakan Balok BP-1 Dengan Perkuatan

Untuk pola retak yang terjadi pada BP-2 tanpa perkuatan dapat dilihat pada Gambar 5.18 dan untuk BP-2 dengan perkuatan dapat dilihat pada pada Gmabar 5.19. Pada Balok Uji BP-2 tanpa perkuatan awalnya banyak muncul retakan rambut didaerah tumpuan balok namun dengan bertambahnya beban kemudian muncul keretakan lentur dengan panjang retakan ±20cm didaerah lapangan dan pada balok BP-2 dengan perkuatan berdasarkan Gambar 5.14 menunjukkan bahwa keretakan yang terjadi pada BP-2 dengan perkuatan adalah terjadinya keretakan yang berbeda dengan BP-2 tanpa perkuatan dengan panjang retakan ±25cm dan

lebar retakan sebesar ±18mm dengan adanya pelepasan mortar pada sisi sisi kiri balok uji dan diikuti pada bagian tumpuan balok pelat baja mengalami delaminasi.

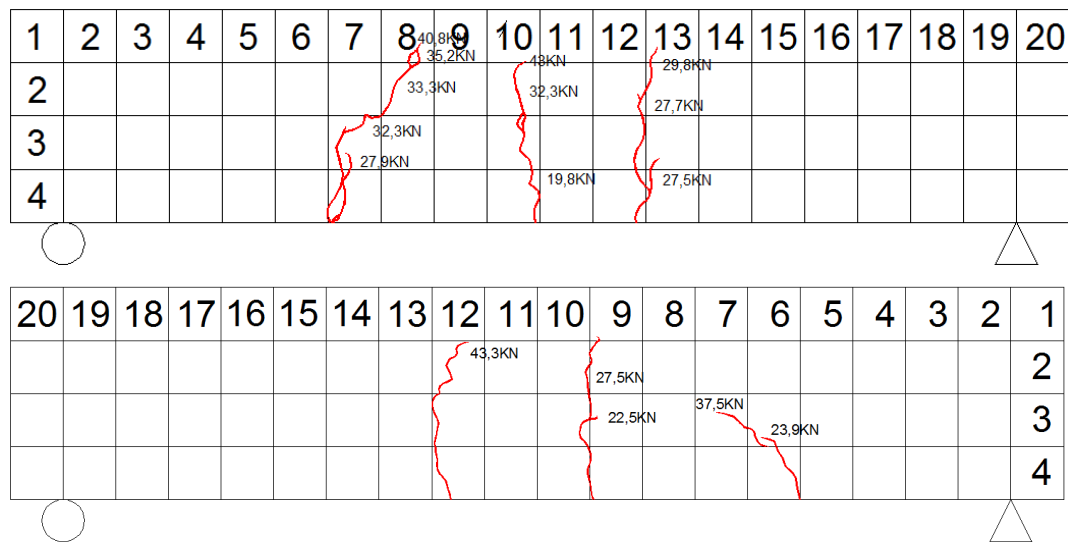


Gambar 5.18 Pola Keretakan Balok BP-2 Tanpa Perkuatan

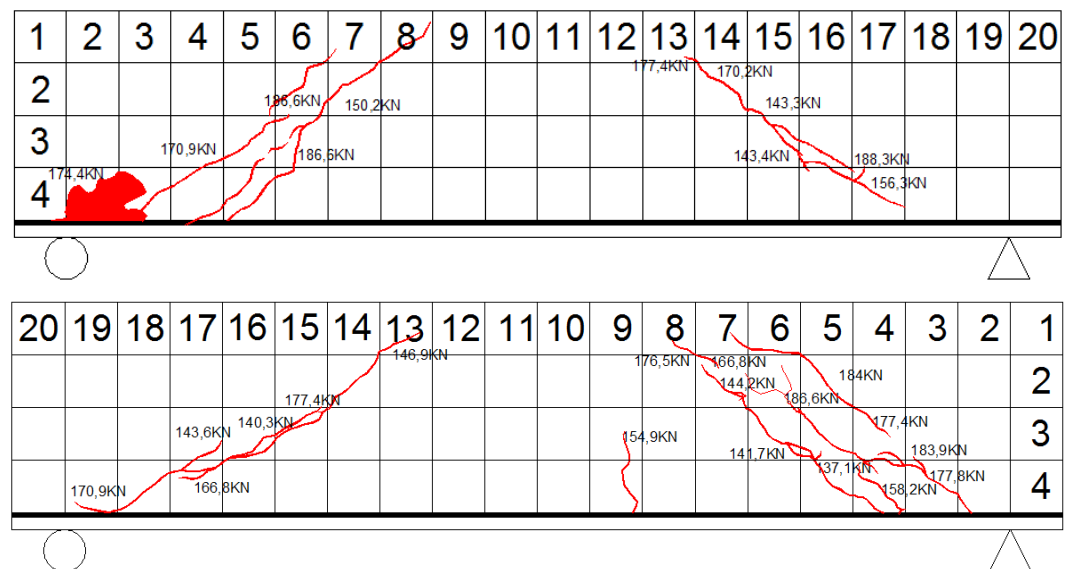


Gambar 5.19 Pola Keretakan Balok BP-2 Dengan Perkuatan

Untuk pola retak yang terjadi pada BP-3 tanpa perkuatan dapat dilihat pada Gambar 5.20 muncul retakan lentur didaerah tumpuan dengan lebar retakan ±8mm. dan panjang retakan ±20mm untuk pola retak pada balok uji BP-3 dengan perkuatan dapat dilihat pada Gambar 5.21 pada gambar tersebut menunjukkan bahwa keretakan yang terjadi pada BP-3 dengan perkuatan mengalami bentuk retak yang berbeda dengan BP-3 tanpa perkuatan dengan panjang retakan ±25cm dan lebar retakan sebesar ±18mm Pelepasan mortar terjadi pada bagian tumpuan disertai dengan lepasnya lapisan pelat baja.



Gambar 5.20 Pola Keretakan Balok BP-3 Tanpa Perkuatan



Gambar 5.21 Pola Keretakan Balok BP-3 Dengan Perkuatan

### 5.8 Pola Keruntuhan Balok

Pola keruntuhan yang terjadi pada balok uji BU-1, BU-2, BU-3 adalah *debonding failure* yaitu lepasnya ikatan (delaminasi) antara permukaan balok beton dengan permukaan pelat baja sebelum pelat baja bekerja optimal. *Debonding* diawali dengan munculnya retak-retak pada bidang kosong antara perkuatan pelat baja kemudian retakan menjalar ke daerah tekan balok. *Debonding* pada pelat baja bersifat getas dibandingkan dengan *debonding* pada

tulangan yang berlangsung sedikit demi sedikit. *Debonding* terjadi karena beberapa faktor sebagai berikut:

1. Kelemahan *epoxy adhesive*

Peranan *bond* (lekatan) sangat penting dalam membentuk aksi komposit antara beton dan pelat baja “*striplap*”. Lekatan antara beton dan pelat baja “*striplap*” dipengaruhi oleh *epoxy adhesive* yang digunakan, sehingga tanpa adanya *epoxy adhesive* yang kuat maka struktur komposit yang diharapkan tidak terjadi. *Epoxoy adhesive* yang kurang kuat dapat diketahui dari modulus elastisitas *epoxy* yang dipakai sebesar  $E = 12000$  Mpa yang lebih kecil dari  $E$  beton yaitu sebesar 20000 Mpa, sehingga terlihat bahwa *epoxy* lebih lemah dari beton.

2. Permukaan pelat baja licin.

Permukaan pelat baja yang licin mengakibatkan lekatan antara beton dan pelat baja yang dibentuk oleh friksi akibat kekasaran permukaan menjadi lemah, sehingga akibatnya terjadi slip pada pelat baja yang memicu terjadinya *debonding*.

## 5.9 Analisis Biaya Perkuatan Menggunakan Pelat Baja

Analisis biaya yang dihitung pada penelitian ini adalah biaya pembuatan balok uji dan biaya perkuatan menggunakan pelat baja. Perhitungan ini akan dijabarkan dalam harga satuan kebutuhan material dan harga satuan komponen.

### 5.9.1. Daftar Harga Pekerja Dan Bahan Bangunan Tahun 2015 Di Wilayah Yogyakarta

Dalam menghitung rencana anggaran biaya (RAB) terutama dalam pekerjaan perkuatan menggunakan pelat baja tentu terdapat perbedaan harga yang dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti jumlah material yang digunakan, jumlah pekerja yang digunakan dan dalam proses pelaksanaannya. Oleh karena itu dalam pembahasan kali ini akan menggunakan daftar harga pada Daerah Istimewa

Yogyakarta. Daftar harga pekerja dapat dilihat pada tabel 5.11, dan harga satuan material dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan 5.13.

Tabel 5.11 Daftar Satuan Harga Pekerja

No	Pekerja	Satuan	Harga Upah (Rp)
1	Mandor	Hari	65.000,00
2	Tukang Kayu	Hari	63.000,00
3	Tukang Batu	Hari	58.000,00
4	Tukang Besi	Hari	61.000,00
5	Pekerja	Hari	52.000,00

Sumber: Peraturan Walikota Yogyakarta Nomor 50 Tahun 2015 Tentang Standarisasi Harga dan Jasa Pada Pemerintahan Kota Yogyakarta

Tabel 5.12 Daftar Satuan Harga Bahan Bangunan

No	Jenis Bahan Bangunan	Satuan	Harga Satuan (Rp)
1	Pasir Beton	Kg	150,00
2	Semen Portland 40 kg	Kg	1.100,00
3	Kerikil Beton	kg	125,00
4	Besi Beton Polos	Kg	15.000,00
7	Kawat Beton	kg	20.000,00
8	<i>Plywood</i> 9mm	lbr	128.800,00
9	Paku 5cm / 12 cm	kg	16.000,00
10	Kayu Kelas II Balok	m <sup>3</sup>	17.000,00
11	Dolken Kayu (8-10) cm, Panjang 4m	m <sup>3</sup>	15.000,00
12	Minyak Begisting	Litter	40.500,00

Sumber : Peraturan Walikota Yogyakarta Nomor 50 Tahun 2015 Tentang Standarisasi Harga dan Jasa Pada Pemerintahan Kota Yogyakarta

Tabel 5.13 Daftar Satuan Harga Material Perkuatan

No	Jenis Bahan Bangunan	Satuan	Harga Satuan (Rp)
1	Pelat Baja "stripplat"	m <sup>2</sup>	43.333,00
2	Expoxy adhesive Sikadur-31 CF Normal	kg	62.500,00

Sumber : PT Sika Indonesia

### 5.9.2. Analisis Perhitungan Harga Satuan Bahan

#### 1. Perhitungan Beton

Adapun perhitungan harga satuan beton dengan mutu 20 MPa dapat dilihat pada tabel 5.14 berikut:

Tabel 5.14 Pekerjaan 1m<sup>3</sup> Beton f<sup>'</sup>c = 20 Mpa (K255)

No	Uraian	Kode	Satuan	Indeks	Harga satuan (Rp)	Jumlah harga (Rp)
A.	TENAGA					
	Pekerjaan	L.01	OH	1,650	52.100,00	85.965,00
	Tukang Batu	L.02	OH	0,275	58.000,00	15.950,00
	Kepala Tukang	L.03	OH	0,028	63.000,00	1.764,00
	Mandor	L.04	OH	0,083	65.000,00	5.395,00
	JUMLAH TENAGA KERJA					109.074,00
B.	BAHAN					
	Semen Portland		Kg	346,000	1.100,00	380.600,00
	Pasir Beton		Kg	692,000	150,00	103.800,00
	Kerikil (Maks 30mm)		kg	1039,000	125,00	129.875,00
	Air		Liter	215	5,00	1.075,00
	JUMLAH HARGA BAHAN					615.350,00
C.	Peralatan		Jam	1,000	25.000,00	25.000,00
	JUMLAH HARGA ALAT					25.000,00
D.	Jumlah (A+B+C)					749.424,00
E.	Overhead & Profil			15% x D		112.734,00
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					861.837,00

Harga satuan pekerjaan beton K250 per- m <sup>3</sup>	= Rp 861.837,00
Volume balok	= 0,03 m <sup>3</sup>
Harga Balok Beton / m <sup>3</sup>	= Rp 25.855,11
	= Rp 26.000,00

## 2. Perhitungan Pembesian

Adapun perhitungan harga satuan pembesian dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut:

Tabel 5.15 Pembesian 10 Kg Besi Poloa Atau Besi Ulir

No	Uraian	Kode	Satuan	Indeks	Harga satuan (Rp)	Jumlah harga (Rp)
A.	TENAGA					
	Pekerjaan	L.01	OH	0,070	52.100,00	3.647,00
	Tukang Besi	L.02	OH	0,070	61.000,00	4.270,00
	Kepala Tukang	L.03	OH	0,007	63.000,00	441,00
	Mandor	L.04	OH	0,004	65.000,00	260,00
	JUMLAH TENAGA KERJA					8.618,00
B.	BAHAN					
	Besi Beton		Kg	10,500	15.000,00	157.500,00
	Kawat Beton		Kg	0,150	20.000,00	3.000,00
	JUMLAH HARGA BAHAN					160.500,00
C.	Peralatan		Jam	0,800	700,00	560,00
	JUMLAH HARGA ALAT					560,00
D.	Jumlah (A+B+C)					169.678,000
E.	Overhead & Profil				15% D	25.451,70
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					195.129,700

Harga satuan pekerjaan pembesian per-m<sup>3</sup> = Rp 195.129,700

Tulangan pokok = 0,6 kg/m

Volume tulangan = 0,0628 m

Berat total tulangan = 9,549 kg

= 0,9549 kg/10kg

Harga tulangan / 10 kg = Rp 186.488,88

= Rp 187.000,00

## 3. Perhitungan Bekisting

Adapun perhitungan harga satuan bekisting dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut:

Tabel 5.16 Pemasangan  $1\text{m}^2$  Bekisting Untuk Balok

No	Uraian	Kode	Satuan	Indeks	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	TENAGA					
	Pekerjaan	L.01	OH	0,520	52.100,00	27.092,00
	Tukang Kayu	L.02	OH	0,260	63.000,00	16.380,00
	Kepala Tukang	L.03	OH	0,026	63.000,00	1.638,00
	Mandor	L.04	OH	0,026	65.000,00	1.690,00
	JUMLAH TENAGA KERJA					
B.	BAHAN					
	Kayu Begesting Papan		m3	0,040	151.100,00	6.044,00
	Paku 5cm s/d 12cm		Kg	0,400	16.000,00	6.400,00
	Minyak Begisting		Liter	0,200	40.500,00	8.100,00
	Balok Kayu Kelas II		m3	0,018	17.000,00	306,00
	Plywood tebal 9 mm		Lbr	0,350	128.800,00	45.080,00
	Dolken kayu Galam		m3	2,000	15.000,00	30.000,00
	JUMLAH HARGA BAHAN					
C.	Peralatan		Jam	1,000	1.000,00	1.000,00
	JUMLAH HARGA ALAT					
D.	Jumlah (A+B+C)					143.730,00
E.	Overhead & Profil				15% D	21.559,50
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					165.289,50

Harga satuan pekerjaan bekisting = Rp 165.289,50  
 Volume bekisting balok =  $0,55\text{ m}^3$   
 Harga bekisting beton /  $\text{m}^2$  = Rp 98.846,77  
 = Rp 100.000,00



#### 4. Perhitungan perkuatan menggunakan Pelat Baja “stripplat”

Adapun perhitungan harga satuan perkuatan balok dapat dilihat pada tabel 5.17 berikut

Tabel 5.17 Daftar Satuan Harga Material dan Upah Perkuatan Balok

No	Uraian	Kode	Satuan	Indeks	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	TENAGA					
	Pekerjaan	L.01	OH	0,660	52.100,00	34.386,00
	Tukang Besi	L.02	OH	0,070	63.000,00	4.410,00
	Kepala Tukang	L.03	OH	0,033	80.000,00	2.079,00
	Mandor	L.04	OH	0,033	85.000,00	2.145,00
	JUMLAH TENAGA KERJA					
B.	BAHAN					
	Besi Strip		m	3,000	43.333,00	129.999,00
	Lem perekat		kg	1,900	62.500,00	118.750,00
	JUMLAH HARGA BAHAN					
C.	Peralatan		Jam	0,800	700,00	560,00
	JUMLAH HARGA ALAT					
D.	Jumlah (A+B+C)					251.454,00
E.	Overhead & Profil				15% D	37.817,10
F.	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)					289.172,10

Harga satuan perkuatan balok beton = Rp 289.931,10  
 = Rp 290.000,00

#### 5.9.3. Rekapitulasi Perhitungan Biaya Balok Dan Balok Perkuatan

##### 1. Perhitungan Kebutuhan Biaya Balok

Harga satuan pekerjaan beton f'c 20 = Rp 26.000,00

Harga satuan pekerjaan pembesian = Rp. 190.000,00

Harga satuan pekerjaan bekisting = Rp 100.000,00

Harga Balok Beton

Rp 26.000,00 + Rp. 190.000,00 + Rp 100.000,00

= Rp 316.000,00 / balok m<sup>3</sup>

2. Perhitungan Kebutuhan Biaya Balok Perkuatan

$$\begin{aligned}
 &\text{Harga satuan pekerjaan beton f'c 20} &&= \text{Rp } 26.000,00 \\
 &\text{Harga satuan pekerjaan pembesian} &&= \text{Rp. } 190.000,00 \\
 &\text{Harga satuan pekerjaan bekisting} &&= \text{Rp } 100.000,00 \\
 &\text{Harga Balok Beton Perkuatan} &&= \text{Rp } 290.000,00 \\
 &\text{Rp } 26.000,00 + \text{Rp. } 190.000,00 + \text{Rp } 100.000,00 + \text{Rp } 290.000,00 \\
 &= \text{Rp } 606.000,00 / \text{balok m}^3
 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan anggaran biaya diatas, maka dapat diketahui keseluruhan biaya yang diperlukan dalam penelitian ini. Baik itu harga satuan, maupun harga komponen. Agar lebih jelas maka rekapitulasi biaya dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut

Tabel 5.17 Rekapitulasi Total Biaya Pembuatan Sampel dan Perkuatan Menggunakan pelat baja

Pekerjaan	Kebutuhan Biaya			
	Harga satuan/ m <sup>3</sup>	Harga satuan/ 1 balok	Jumlah sampel	Total
Balok	Rp1.284.919,00	Rp 316.000,00	4	Rp 1.264.000,00
Perkuatan pelat baja	Rp1.574.091,00	Rp 606.000,00	3	Rp 1.818.000,00
		Subtotal		Rp 3.082.000,00
		Dibulatkan		Rp 3.100.000,00