

## TINJAUAN KUAT LENTUR PELAT BETON DENGAN PENAMBAHAN KAWAT DI ANTARA TULANGAN PELAT

Rizki Maulana, Yudhi Arnandha, Anis Rakhmawati

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar,  
Jl. Kapten Suparman No. 39, Potrobangsari, Magelang Utara, Jawa Tengah 56116  
E-mail: [rizkymaulana29473@gmail.com](mailto:rizkymaulana29473@gmail.com)

### Intisari

Seiring berkembangnya zaman, inovasi pada bidang konstruksi bangunan turut mengalami kemajuan tak terkecuali pada struktur beton bertulang, pada penelitian ini dilakukan modifikasi pada struktur tulangan pelat beton. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kekuatan lentur yang diakibatkan oleh penambahan kawat pada tulangan dan perbedaan perhitungan secara teoritis dengan pengujian di Laboratorium.

Penelitian dimulai dengan pemeriksaan berat satuan dan pengujian gradasi, kemudian dilakukan perencanaan campuran dengan menggunakan *mix design*, melakukan pengujian kuat tarik kawat, kuat tarik besi dan kuat tekan beton untuk memperoleh data sekunder dan melakukan pengujian kuat lentur pelat beton yang mengacu pada SNI 4154-2014 di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Hasil pengujian pelat beton biasa menghasilkan momen lentur sebesar 4,358 kNm, pelat dengan 3 lilitan kawat sebesar 4,712 kNm pelat dengan 5 lilitan kawat 4,885 kNm, dan pelat dengan 7 lilitan kawat sebesar 5,033 kNm. Perbedaan perhitungan momen teoritis dengan perhitungan momen pengujian pada pelat beton biasa sebesar 26 % atau 1,569 kNm, pelat 3 lilitan kawat sebesar 22 % atau 1,376 kNm, pelat dengan 5 lilitan kawat sebesar 21 % atau 1,300 kNm, pelat dengan 7 lilitan kawat sebesar 21 % atau 1,387 kNm.

**Kata kunci:** *momen lentur, pelat beton, penambahan kawat*

### Abstract

*Along with the development of the times, innovations in the field of building construction also experienced progress, not to mention the reinforced concrete structure, in this study modifications were made to the reinforced concrete slab structure. The purpose of this study was to determine the strength caused by the addition of wire to the reinforcement and the difference in the theoretical calculations with testing in the laboratory.*

*The study began with unit weight checking and gradation testing, then mixed design was carried out with mixed design, testing the tensile strength of wire, tensile strength of iron and compressive strength of concrete to obtain secondary data and testing the strength of concrete slabs according to SNI 4154-2014 at the Civil Engineering Laboratory, University of Muhammadiyah Surakarta.*

*The test results for ordinary concrete slabs produce a bending moment of 4.358 kNm, a plate with 3 wire turns of 4.712 kNm, a plate with 5 wire turns of 4.885 kNm, and a plate with 7 wire turns of 5.033 kNm. The difference between the calculation of the theoretical moment and the calculation of the test moment on an ordinary concrete slab is 26% or 1,569 kNm, a plate with 3 wire turns is 22% or 1.376 kNm, a plate with 5 wire turns is 21% or 1,300 kNm, a plate with 7 wire turns is 21 % or 1.387 kNm.*

**Key words:** *concrete slab, flexural strength, addition of wire*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada bidang konstruksi membawa dampak yang baik salah satunya dengan munculnya kombinasi dari struktur tulangan dengan material beton yang

dikombinasikan sehingga tercipta konstruksi yang kita kenal saat ini sebagai beton bertulang (Riyanti, 2014).

Normalnya struktur pelat diberikan tulangan pokok dan tulangan bagi, dimana tulangan pokok berfungsi untuk menumpu

beban yang berada di atasnya, sedangkan tugas dari tulangan bagi adalah memperkuat kedudukan tulangan pokok (Soesyono, 2014).

Pelat sendiri bertugas sebagai unsur pengaku horizontal yang berguna sebagai pendukung kekuatan dari balok portal, pelat juga harus mampu untuk menahan beban yang bekerja di atasnya seperti beban mati maupun beban hidup yang mengakibatkan momen lentur juga ditumpu oleh struktur pelat. Dengan adanya penambahan tulangan maka diharapkan kuat lentur pelat juga bertambah.

### 1.2 Tujuan Penelitian

- Guna mengetahui presentase kenaikan momen lentur pelat beton yang terjadi akibat penambahan luas penampang tulangan oleh kawat.
- Guna mengetahui perbandingan momen dari perhitungan secara teoritis dengan momen pengujian.

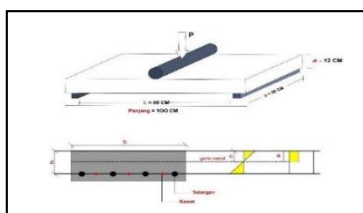
### 1.3 Batasan Masalah

- Bahan-bahan yang diperlukan pada penelitian ini adalah semen, agregat halus, agregat kasar dengan ukuran maksimal 2 cm, air, beton, *wiremesh*, bekisting, kawat bendrat dengan 3 lilitan berukuran  $\phi$  1,9 mm, kawat bendrat dengan 5 lilitan berukuran  $\phi$  2,2 mm, kawat bendrat dengan 7 lilitan berukuran  $\phi$  2,6 mm, dan pelat beton dengan dimensi (12 x 50 x 100) cm.
- Pengujian dilakukan di 4 laboratorium.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Kuat Lentur

Kuat lentur adalah seberapa besar gaya lentur yang mampu ditahan oleh suatu objek. Momen lentur akan menghasilkan nilai tegangan tarik dibagi penampang uji yang menahan momen. Acuan pengujian kuat lentur berdasarkan SNI 03-4154-1996.



Gambar 1 Ilustrasi pengujian dan spesifikasi pelat beton

Nilai momen lentur ketika pengujian dapat diketahui menggunakan rumus:

$$M_{uji} = \frac{1}{4} \times P \times L + \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

..... (1)

Keterangan:

- $M_{uji}$  : Momen pengujian kuat lentur (kNm)  
 $P$  : Beban maksimum (kN)  
 $L$  : Jarak antara tumpuan (mm)  
 $q$  : Berat sendiri beton (kN/mm)

Nilai momen maksimal yang diakibatkan beban di luar benda uji dapat diketahui dengan perhitungan:

$$M_{mak} = \frac{1}{4} \times P_{mak} \times L + \frac{1}{8} \times q \times L^2$$

..... (2)

Perhitungan untuk gaya-gaya yang diakibatkan oleh struktur tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$M_{kap} = A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

..... (3)

Keterangan:

- $A_s$  : Luas longitudinal tekan tulangan ( $mm^2$ )  
 $f_y$  : Kekuatan tarik baja (*tensile strength*) (N)  
 $f'_c$  : Kekuatan beton pada umur 28 hari (MPa)  
 $a$  : Tinggi pelat beton (mm)  
 $b$  : Lebar pelat beton (mm)  
 $d$  : Tinggi efektif penampang pelat beton (mm)

Perhitungan gaya-gaya yang diakibatkan oleh struktur tulangan dengan penambahan kawat dapat dihitung dengan persamaan:

$$M_{kap} = ((A_s \times f_y) + (A_{skwt} \times f_{ykw})) \times (d - a/2)$$

..... (4)

Keterangan:

- $A_s$  : Luas longitudinal tekan tulangan ( $mm^2$ )  
 $A_{skwt}$  : Luas longitudinal tekan kawat ( $mm^2$ )  
 $f_y$  : Kekuatan tarik baja (*tensile strength*) (N)  
 $f_{ykw}$  : Kekuatan tarik baja (*tensile strength*) (N)  
 $f'_c$  : Kekuatan tekan beton pada umur 28 hari (Mpa)  
 $a$  : Tinggi pelat beton (mm)  
 $b$  : Lebar pelat beton (mm)  
 $d$  : Tinggi efektif penampang pelat (mm)

Perhitungan *Modulus of Rupture* (MOR) dihitung menggunakan persamaan:

$$R = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times d^2}$$

..... (5)

Keterangan:

- R : *Modulus of Rupture* (MPa)
- P : Beban maksimal ketika pengujian (N)
- b : Lebar pelat beton (mm)
- d : Tinggi efektif penampang pelat (mm)
- L : Panjang bentang (mm)

Untuk mengetahui nilai *Modulus of Elasticity* (MOE) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$E_{a\ pp} = \frac{\delta p \times L^{-3}}{48 \times I \times \delta y} \quad (6)$$

Keterangan:

- $E_{a\ pp}$ : *Modulus of Elasticity* (MOE) lentur semu, Termasuk lendutan geser ( $N/mm^2$ )
- $\delta p$  : Kenaikan tambahan beban (N)
- L : Bentang bersih (mm)
- $\delta y$  : Defleksi (mm)
- I : Momen inersia ( $mm^4$ )

## 2.2 Slump Test

Semakin tinggi nilai *slump* menunjukkan bahwa campuran beton semakin cair dan mudah dikerjakan. (Tjokrodinuljo, 1996).

## 2.3 Analysis of Variance (ANOVA)

Penelitian ini mempergunakan langkah analisis *anova* satu arah (*anova single factor*). Penelitian ini dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut:

- a.  $F_{hitung} < F_{tabel}$ , maka  $H_0$  (diterima) dan  $H_a$  (ditolak), tidak ada pengaruh terhadap pelat beton.
- b.  $F_{hitung} > F_{tabel}$ , maka  $H_0$  (ditolak) dan  $H_a$  (diterima), terdapat pengaruh terhadap pelat beton.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Sumber dan Jenis Data

- a. Data primer berasal dari hasil pengujian kuat lentur pelat beton.
- b. Data sekunder berupa hasil pengujian kuat tarik besi, kuat tarik kawat dan kuat tekan sampel berupa silinder beton.

### 3.2 Alat dan Bahan

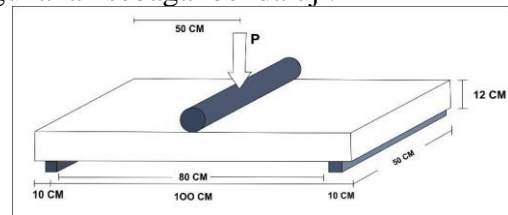
Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *compression testing machine*, *universal testing machine*, *universal tensile testing machine*, *digital load cell*, alat uji

slump, tongkat penusuk, cetakan silinder beton, cetakan pelat beton, meteran, dan bor listrik

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu semen *portland*, agregat halus, agregat kasar, air, *wiremesh*, dan kawat bendrat.

## 3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menambahkan kawat pada tulangan pelat beton yang nantinya akan digunakan sebagai benda uji.



Gambar 2 Skema pengujian kuat lentur pelat beton

Jumlah sampel penelitian kuat lentur pelat beton bertulang terdiri dari 12 sampel dengan 4 macam variasi.

## 3.4 Macam-macam Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas, jenis dan ukuran kawat yang akan digunakan serta jumlah variasi lilitan.
- b. Variabel terikat, kuat lentur, kuat tarik, dan kuat tekan.
- c. Variabel kontrol, pengujian *slump*, pengujian kuat tarik *wiremesh* dan kawat bendrat, pengujian kuat tekan, pengujian kuat lentur.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengujian Agregat Halus

- a. Berat satuan = 1,739  $gr/cm^3$
- b. Modulus halus butir (Mhb) = 2,760
- c. Daerah gradasi agregat halus = zona 2
- d. Berat jenis agregat halus = 2,681

### 4.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

- a. Berat satuan = 1,431  $gr/cm^3$
- b. Modulus halus butir (Mhb) = 7,668
- c. Berat jenis agregat kasar = 2,514

### 4.3 Hasil Pengujian *Slump*

Beberapa hasil uji *slump* beton sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil pengujian *slump*

No.	Varian benda uji	<i>Slump</i> (cm)		Rata-rata	Ket.
		1	2		
1.	Pela tanpa penambahan kawat	10,300	10,100	10,200	OK
2.	3 lilitan kawat	10,500	10,300	10,200	OK
3.	5 lilitan kawat	10,100	10,300	10,200	OK
4.	7 lilitan kawat	10,200	10,100	10,100	OK
5	BU silinder	10,600	10,200	10,400	OK

### 4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan ketika umur beton 56 hari dengan benda uji berbentuk silinder yang berdasarkan acuan SNI 1974:2011. Hasil pengujian kuat tekan beton memperoleh rata-rata sebesar 22,026 MPa.

### 4.5 Hasil Pengujian Kuat Tarik

Metode pengujian kuat tarik menggunakan standar SNI 07-2529-1991. Hasil pengujian kuat tarik rata-rata dari masing-masing variasi memperoleh hasil sebagai berikut:

1. Kuat tarik *wiremesh* M8 = 452,814 MPa.
2. Kuat tarik 3 lilitan kawat = 314,814 MPa.
3. Kuat tarik 5 lilitan kawat = 352,108 MPa.
4. Kuat tarik 7 lilitan kawat = 517,384 MPa.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tarik, kekuatan dari kawat yang dililit mengalami kenaikan kekuatan dikarenakan semakin banyak jumlah kawat yang dililit maka luas penampang jawat juga semakin bertambah.

### 4.6 Hasil Pengujian Kuat Lentur Pelat Beton

a. Momen pengujian pada pelat beton

Tabel 2 Hasil pengujian pelat beton tanpa penambahan kawat

Kode BU		P (kN)	Q (kN/m)	L (m)	M <sub>uji</sub> (kN m)
0	A	21,800	1,470	0,800	4,478

Lilitan kawat	B	20,300	1,460	0,800	4,177
	C	21,500	1,470	0,800	4,418
Rata-rata					4,358

Tabel 3 Hasil pengujian pelat beton dengan penambahan kawat 3 lilitan di antara tulangan

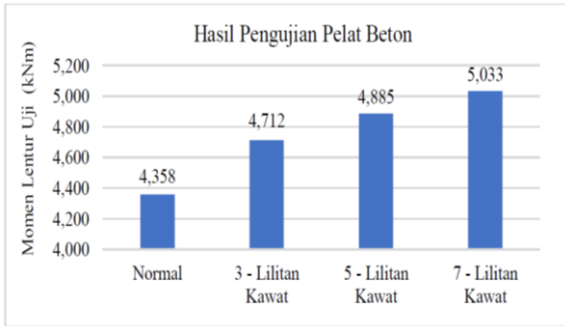
Kode BU		P (kN)	Q (kN/m)	L (m)	M <sub>uji</sub> (kN m)
3 Lilitan kawat	A	23,100	1,499	0,800	4,738
	B	22,500	1,489	0,800	4,619
	C	23,500	1,479	0,800	4,779
Rata-rata					4,712

Tabel 4 Hasil pengujian pelat beton dengan penambahan kawat 5 lilitan di antara tulangan

Kode BU		P (kN)	Q (kN/m)	L (m)	M <sub>uji</sub> (kN m)
5 Lilitan kawat	A	23,800	1,499	0,800	4,879
	B	22,900	1,489	0,800	4,899
	C	23,600	1,479	0,800	4,838
Rata-rata					4,885

Tabel 5 Hasil pengujian pelat beton dengan penambahan kawat 7 lilitan di antara tulangan

Kode BU		P (kN)	Q (kN/m)	L (m)	M <sub>uji</sub> (kN m)
7 Lilitan kawat	A	24,500	1,499	0,800	5,020
	B	25,400	1,489	0,800	5,120
	C	24,200	1,479	0,800	4,960
Rata-rata					5,033



Gambar 3 Grafik hasil pengujian pelat beton

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak lilitan kawat yang digunakan maka akan menghasilkan momen lentur yang semakin besar, hal ini dapat terjadi karena dengan ditambahkannya kawat pada struktur tulangan maka luasan total penampang struktur tulangan pada pelat juga semakin meningkat.

b. Momen kapasitas pada pelat beton

Momen kapasitas dihitung secara teoritis dan pengujian dilakukan setelah pelat beton berumur 56 hari.

Tabel 6 Momen kapasitas pelat beton tanpa penambahan kawat

b (mm)	H (mm)	d (mm)	Ø (mm)	f <sub>c</sub> (MPa)	F <sub>y</sub> (Pa)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	a (mm)	M <sub>kap</sub> (kNm)
500	120	70	8	22,026	452,814	200,96	8,564	5,927

Tabel 7 Momen kapasitas pelat beton dengan penambahan kawat 3 lilitan di antara tulangan

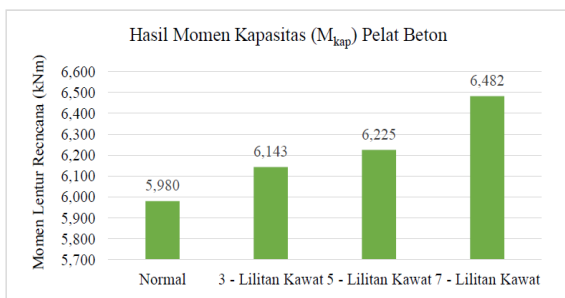
b (mm)	h (mm)	d (mm)	Ø (mm)	f <sub>c</sub> (MPa)	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>ykw</sub> (MPa)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>skwt</sub> (mm <sup>2</sup> )	a (mm)	M <sub>kap</sub> (kNm)
500	120	70	8	22,026	452,814	314,246	200,960	8,502	10,186	6,088

Tabel 8 Momen kapasitas pelat beton dengan penambahan kawat 5 lilitan di antara tulangan

b (mm)	h (mm)	d (mm)	Ø (mm)	f <sub>c</sub> (MPa)	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>ykw</sub> (MPa)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>skwt</sub> (mm <sup>2</sup> )	a (mm)	M <sub>kap</sub> (kNm)
500	120	70	8	22,026	452,814	382,384	200,960	11,390	10,186	6,189

Tabel 9 Momen kapasitas pelat beton dengan penambahan kawat 7 lilitan di antara tulangan

b (mm)	h (mm)	d (mm)	Ø (mm)	f <sub>c</sub> (MPa)	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>ykw</sub> (MPa)	A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>skwt</sub> (mm <sup>2</sup> )	a (mm)	M <sub>kap</sub> (kNm)
500	120	70	8	22,026	452,814	517,384	200,960	15,920	10,600	6,420



Gambar 4 Grafik hasil momen kapasitas pelat beton

Hasil perhitungan momen kapasitas menunjukkan bahwa terjadi kenaikan kekuatan akibat penambahan jumlah pada penampang struktur tulangan pelat.

c. Modulus of Rupture (MOR)

Tabel 10 Hasil MOR pada pengujian pelat beton tanpa penambahan kawat

Kode Benda Uji	P (N)	MOR (MPa)	Rata-rata (MPa)
Tanpa kawat	A	21.800	4,541
	B	20.300	4,229
	C	21.500	4,479
			4,416

Tabel 11 Hasil MOR pada pengujian pelat beton dengan penambahan kawat 3 lilitan di antara tulangan

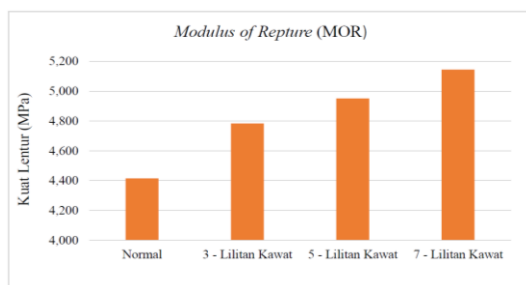
Kode Benda Uji	P (N)	MOR (MPa)	Rata-rata (MPa)
3 Lilitan kawat	A	23.100	4,812
	B	22.500	4,687
	C	23.300	4,854
			4,784

Tabel 12 Hasil MOR pada pengujian pelat beton dengan penambahan kawat 5 lilitan di antara tulangan

Kode Benda Uji	P (N)	MOR (MPa)	Rata-rata (MPa)
5 Lilitan kawat	A	23.800	4,958
	B	23.900	4,979
	C	23.600	4,916
			4,951

Tabel 13 Hasil MOR pada pengujian pelat beton dengan penambahan kawat 7 lilitan di antara tulangan

Kode Benda Uji	P (N)	MOR (MPa)	Rata-rata (MPa)
7 Lilitan kawat	A	24.500	5,104
	B	25.400	5,291
	C	24.200	5,041
			5,145



Gambar 7 Grafik hasil *Modulus of Rupture* (MOR) pelat beton

Hasil perhitungan menunjukkan dengan bertambahnya luasan struktur tulangan pada pelat yang diakibatkan oleh penambahan kawat maka akan menghasilkan kuat lentur semakin besar.

#### d. ANOVA

Tabel 14 ANOVA *single factor* MOR pelat beton

SUMMARY.						
Groups.	Count.	Sum.	Average.	Variance.		
Column 1	3	13.073	4.357667	0.02538		
Column 2	3	14.136	4.712	0.006907		
Column 3	3	14.616	4.872	0.000967		
Column 4	3	15.1	5.033333	0.006533		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0.751125	3	0.250375	25.17111	0.000199	7.590992
Within Groups	0.079575	8	0.009947			
Total	0.8307	11				

Berdasarkan pengujian pelat beton dapat disimpulkan bahwa penambahan kawat berpengaruh terhadap nilai *Modulus of Rupture* (MOR).

#### e. *Modulus of Elasticity* (MOE)

Tabel 14 Hasil perhitungan MOE pelat beton tanpa penambahan kawat

Kode Benda Uji	P (N)	y (mm)	MOE (MPa)
Tanpa kawat	A	21.800	343,577
	B	20.300	358,812
	C	21.500	346,215
Rata-rata			349,534

Tabel 15 Hasil perhitungan MOE pelat beton dengan penambahan kawat 3 lilitan di antara tulangan

Kode Benda Uji	P (N)	y (mm)	MOE (MPa)
3 Lilitan kawat	A	23.100	374,013
	B	22.500	356,481

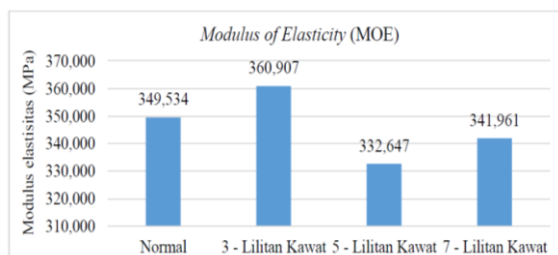
	C	23.300	9,8	352,22 9
Rata-rata				360,90 7

Tabel 16 Hasil perhitungan MOE pelat beton dengan penambahan kawat 5 lilitan di antara tulangan

Kode Benda Uji	P (N)	y (mm)	MOE (MPa)
5 Lilitan kawat	A	23.800	10,4 339,03 1
	B	23.900	11,2 316,13 7
	C	23.600	10,2 342,77 4
Rata-rata			332,64 7

Tabel 17 Hasil perhitungan MOE pelat beton dengan penambahan kawat 7 lilitan di antara tulangan

Kode Benda Uji	P (N)	y (mm)	MOE (MPa)
7 Lilitan kawat	A	24.500	10,7 339,21 7
	B	25.400	10,9 345,22 5
	C	24.200	10,5 341,44 6
Rata-rata			341,96 2



Gambar 8 Grafik *Modulus of Elasticity* (MOE) pelat beton

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

- Penambahan luas penampang tulangan dengan menggunakan kawat terbukti mampu meningkatkan kekuatan lentur pelat beton, dengan presentase sebesar

7,512 % atau 0,354 kNm untuk pelat beton dengan 3 kawat lilitan, 10,788 % atau 0,527 kNm, untuk pelat beton dengan 5 lilitan kawat, dan 13,411 % atau 0,625 kNm untuk pelat beton dengan 7 lilitan kawat yang telah dibuktikan dengan hasil dari pengujian ke empat varian.

- Perbedaan perhitungan momen secara teoritis dengan perhitungan momen secara pengujian pada pelat beton biasa sebesar 26 % atau senilai 1,569 kNm, pelat beton dengan penambahan kawat 3 lilitan sebesar 22 % atau senilai 1,376 kNm, pelat beton dengan penambahan kawat 5 lilitan sebesar 21 % atau senilai 1,300 kNm, pelat beton dengan penambahan kawat 7 lilitan sebesar 21 % atau senilai 1,387 kNm.

### 5.2 Saran

- Penelitian selanjutnya dapat dilakukan menggunakan alat uji kuat lentur otomatis agar memperoleh data yang lebih lengkap dan memudahkan dalam penelitian sebelumnya.
- Penelitian selanjutnya lebih baik memperbanyak variasi penelitian dengan perbandingan ukuran tulangan agar dapat memperoleh perbandingan kekuatan pelat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cara Uji Kuat Lentur Beton*, 1996, SNI 03-4154-1996, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*, 2011, SNI 1974:2011, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Metode Pengujian Kuat Tarik Baja Beton*, 1991, SNI 07-2529-1991, Pusjatan Balitbang, Bandung.
- Riyanti, L., 2014, *Tinjauan Kuat Lentur Pelat Beton Bertulangan Bambu Laminasi Diperkuat dengan Kawat Galvanis yang Dipasang secara Menyilang*, Naskah Publikasi, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Solo.
- Tjokrodimulyo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta.