

**PENENTUAN LENDUTAN PELAT BETON BERTULANG
BAMBU DAN BAJA DENGAN METODE ENERGI DAN
PENGUJIAN DI LABORATORIUM**
*(DETERMINING THE DEFLECTION OF CONCRETE SLAB WITH
BAMBOO REINFORCEMENT AND STEEL REINFORCEMENT BY
ENERGY METHODS AND LABORATORY TEST)*

Jhohan Ardiyansyah, Hernu Suyoso, Ketut Aswatama
Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121
Email: : hernu.suyoso@gmail.com

Abstrak

Bambu merupakan bahan alternatif pengganti baja sebagai tulangan. Namun kuat tarik bambu tidak dapat disejajarkan dengan kuat tarik baja. Dalam penelitian ini tulangan bambu dikombinasikan dengan tulangan baja sebagai perkuatan pelat beton. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis lendutan pelat beton bertulang bambu dan baja baik secara teoritis maupun uji laboratorium. Tulangan yang digunakan adalah bambu Ori dengan ukuran penampang 10 x 10 mm dan tulangan baja berukuran 6 mm. Benda uji pelat berukuran (750 x 750 x 50) mm dengan tumpuan sederhana di keempat sisinya. Mutu beton f'_c yang digunakan sebesar 24,369 Mpa. Benda uji dibuat menjadi dua perlakuan. Benda uji yang pertama adalah pelat beton bertulang bambu dan baja dengan variasi jarak antar tulangan sebesar 12 cm, 9 cm, 6 cm, dan 3 cm. Benda uji kedua adalah pelat beton bertulang baja dengan variasi jarak antar tulangan 24 cm, 18 cm, 12 cm, dan 6 cm. Semakin kecil jarak antar tulangan, maka semakin kecil lendutan yang terjadi karena pelat mengalami peningkatan kekakuan akibat adanya penambahan jumlah tulangan. Pengaruh penambahan tulangan bambu pada pelat beton bertulang baja dapat mengakibatkan lendutan yang besar.

Kata Kunci : plat beton bertulang, bambu, lendutan, tulangan, kombinasi

Abstract

Bamboo is a alternative material to replace steel as reinforcement. However, tensile strength of bamboo can not be equated with steel tensile strength. In this research, bamboo reinforcement combined with steel reinforcement as concrete slab reinforcement. The purpose of this research is to analyze the deflection of concrete slab with bamboo reinforcement and steel reinforcement both theoretical and laboratory test. Reinforcement used is Ori bamboo with the cross-sectional size of 10 x 10 mm and 6 mm sized steel rebars. The slab's dimensions is (750 x 750 x 50) mm, $f'_c = 24,369$ Mpa, placed on four side simple support. Specimens have two treatments. The first is concrete slab with bamboo reinforcement and steel reinforcement with variation of the distance between the reinforcement by 12 cm, 9 cm, 6 cm, and 3 cm. The second is concrete slab with steel reinforcement with variation of the distance between the reinforcement by 24 cm, 18 cm, 12 cm, and 6 cm. The smaller the distance between the reinforcement the smaller the deflection, because the slab getting rigid conditon. Effect of the addition of bamboo reinforcement in concrete slab with steel reinforcement can cause large deflection.

Keywords : reinforced concrete slab, bamboo, deflection, reinforcement, combination

PENDAHULUAN

Pelat adalah salah satu bagian sistem struktur terpenting dalam bangunan bertingkat, jembatan dan bangunan-bangunan lain. Fungsi pelat dalam sistem struktur suatu bangunan adalah memikul langsung beban hidup bangunan dan kemudian diteruskan pada balok dan kolom. Pada bangunan gedung, pelat terbuat dari beton dengan tulangan baja. Tulangan baja dipilih karena sifat beton yang tidak mampu menahan gaya tarik, sedangkan baja memiliki kuat tarik yang tinggi sehingga tulangan baja tersebut berfungsi untuk menahan gaya tarik yang dialami oleh beton. Akan tetapi harga baja relatif mahal dan bahannya pun merupakan bahan tambang yang tidak dapat diperbarui, sehingga perlu adanya bahan alternatif untuk mengurangi penggunaan baja.

Bambu merupakan salah satu bahan alternatif pengganti baja sebagai tulangan. Bambu dapat tumbuh dengan cepat, mudah diperoleh, dapat diperbarui dan mempunyai kuat tarik yang bagus. Bambu merupakan bahan bangunan yang biasa digunakan sebagai tiang, tangga, dinding, atap, kursi dan masih banyak lagi manfaatnya yang lain. Menurut Sharma (1987) dalam Dharma Putra dkk. (2007) di dunia terdapat lebih dari 1250 spesies bambu dan yang ada di Asia Tenggara dan Asia Selatan sekitar 80% dari keseluruhan spesies bambu yang ada di dunia. Sedangkan jenis bambu yang ada di Indonesia diantaranya bambu kuning, bambu tutul, bambu petung dan beberapa jenis bambu lainnya.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Morisco (1966) kuat tarik bambu mencapai 1280 kg/cm. Dalam penelitian Dharma Putra dkk. (2007) menyebutkan bahwa tulangan bambu mampu menjadi alternatif pengganti tulangan baja, karena bambu memiliki kuat tarik dan kuat lentur yang cukup baik yang mampu mengimbangi sifat getas beton. Tetapi kuat tarik bambu tidak dapat disejajarkan dengan kuat tarik baja, ditambah lagi pada bambu terdapat nodia atau buku-buku yang akan mengurangi kekuatan tarik bambu disebabkan terdapat diskontinuitas serat bambu pada daerah tersebut. Untuk mendapatkan

kekuatan maksimal pada pelat, dalam penelitian ini tulangan bambu dikombinasikan dengan tulangan baja.

Pada penelitian ini, perhitungan secara teoritis menggunakan metode pendekatan yang berdasarkan prinsip energi yaitu metode Ritz dan metode Galerkin. Menurut Szilard (1974) keuntungan menggunakan metode Ritz terletak pada relatif mudahnya penanganan kondisi tepi yang rumit dan mampu mendapatkan ketepatan yang tinggi dalam analisis lendutan. Sedangkan metode Galerkin dapat diterapkan pada berbagai masalah seperti teori lendutan kecil dan besar, terutama untuk penyelesaian persamaan diferensial dengan koefisien yang variabel.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa besar lendutan pelat beton bertulang bambu dan baja dan membandingkan besar lendutan pelat beton bertulang bambu dan baja dengan pelat beton bertulang baja.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan-Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Semen: semen merk Holcim
- Aggregat halus: pasir dari Lumajang
- Aggregat kasar: kerikil dengan diameter maksimum 10 mm
- Tulangan: bambu ori berukuran (10x10x74) mm dan baja tulangan dengan diameter 6 mm

Metode Pengambilan Sampel dan Data

Pengambilan sampel dan data dilakukan dengan membuat sejumlah benda uji dalam bentuk pelat dengan ukuran (75x75x5) cm dan silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Pelat yang diuji ditumpu dengan tumpuan sederhana pada keempat sisinya dengan jarak dari tumpuan ke tumpuan adalah 65 cm.

Proporsi campuran yang digunakan adalah perbandingan berat yang setara dengan perbandingan volume 1 semen : 1,5 pasir : 2,5 kerikil dengan fas 0,6. Perlakuan yang dilakukan terhadap benda uji berbentuk pelat adalah yang pertama pelat beton bertulang bambu dan baja dibuat 4 variasi jarak antar

tulangan yaitu 3 cm, 6 cm, 9 cm, dan 12 cm. Yang kedua adalah pelat beton bertulang baja dibuat 4 variasi jarak antar tulangan yaitu 6 cm, 12 cm, 18 cm, dan 24 cm.

Selain pengujian di laboratorium juga dilakukan perhitungan lendutan pelat beton secara teori berdasarkan metode Ritz dan metode Galerkin. Karena kondisi batas berupa tumpuan sederhana maka persamaan lendutan yang sesuai adalah :

$$w(x,y) = k \cdot \sin \frac{m \cdot \pi \cdot x}{a} \cdot \sin \frac{n \cdot \pi \cdot y}{a}$$

Dimana m dan n adalah fungsi kontinu yang masing-masing memenuhi paling tidak kondisi tepi geometris dan mampu menyatakan lendutan bidang pusat ($m = 1,3,5,\dots$ $n = 1,3,5,\dots$), x dan y adalah koordinat perletakan dial gauge, a adalah panjang dimensi pelat yang ditinjau dan k adalah konstanta yang harus ditentukan.

Nilai konstanta k dalam metode Ritz dapat ditentukan dari prinsip energi potensial minimum :

$$\frac{\partial \Pi}{\partial k} = \frac{\partial U}{\partial k} + \frac{\partial V}{\partial k} = 0$$

Dimana energi potensial total (Π) memiliki persamaan : (Szilard, 1974:194)

$$\Pi = \frac{1}{2} \int_0^a \int_0^b D \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 - \int_{1/2(a-u)}^{1/2(a+u)} \int_{1/2(a-u)}^{1/2(a+u)} P(x,y) \cdot w(x,y) dx dy \right.$$

Sedangkan konstanta k dalam metode Galerkin dapat ditentukan dari persamaan variasional dasar: (Szilard, 1974:202)

$$\iint (D \cdot \nabla^2 \nabla^2 \cdot w - p_z) \delta w dx dy = 0$$

Dalam kasus pelat dalam penelitian ini menjadi, bagian pertama dari persamaan variasional adalah

$$\int_0^a \int_0^a [D \cdot k \cdot \nabla^2 \nabla^2 w(x,y)] f(x,y) dx dy$$

Dan bagian kedua dari persamaan variasional adalah

$$-P(x,y) \int_{1/2(a-u)}^{1/2(a+u)} \int_{1/2(a-u)}^{1/2(a+u)} f(x,y) dx dy = 0$$

Hasil perhitungan secara teori dibandingkan dengan hasil pengujian di laboratorium.

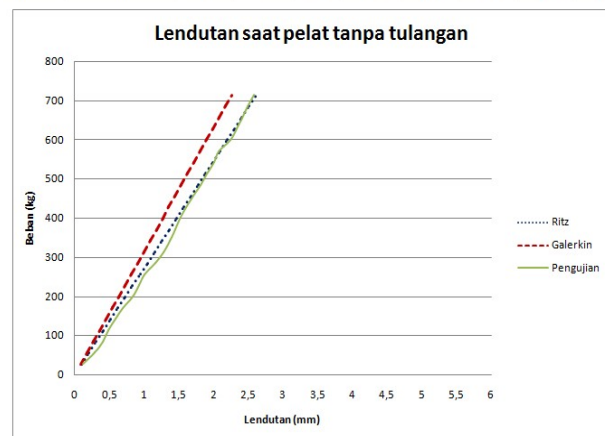
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kuat Tekan Beton

Benda uji dibuat sebanyak 5 silinder. Proporsi campuran yang digunakan adalah perbandingan berat yang setara dengan perbandingan volume 1pc : 1,5ps : 2,5kr dengan fas 0,6. Kuat tekan silinder yang didapat akan dipakai pada analisa pelat, kuat tekan beton rata-rata didapat sebesar $f'c$ 24,369 Mpa.

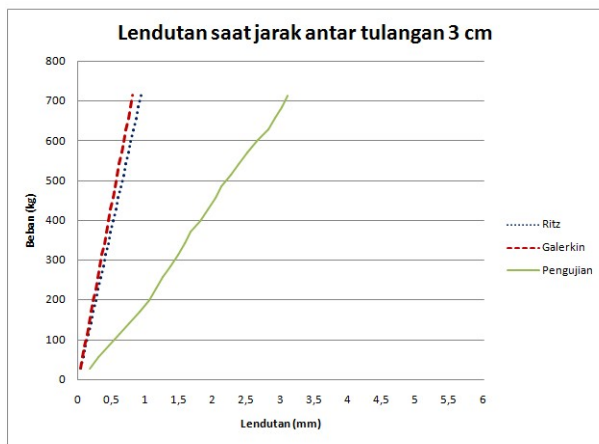
Pengujian Lendutan Pelat

Data yang diamati pada pengujian ini adalah lendutan pelat di setiap interval beban merata sebagian yang dipikul oleh pelat. Dari hasil pengamatan diperoleh hubungan antara beban dan lendutan yang terjadi pada pelat seperti pada Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.



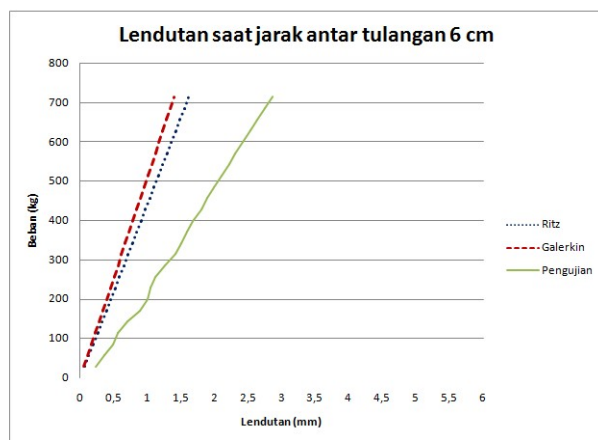
Gambar 1. Grafik lendutan pelat saat tanpa tulangan

Pada grafik di atas lendutan minimum hasil analisa teori adalah 0,113 mm dan hasil pengujian adalah 0,12 mm. Sedangkan lendutan maksimum hasil analisa teori 2,828 mm dan hasil pengujian adalah 2,585 mm.



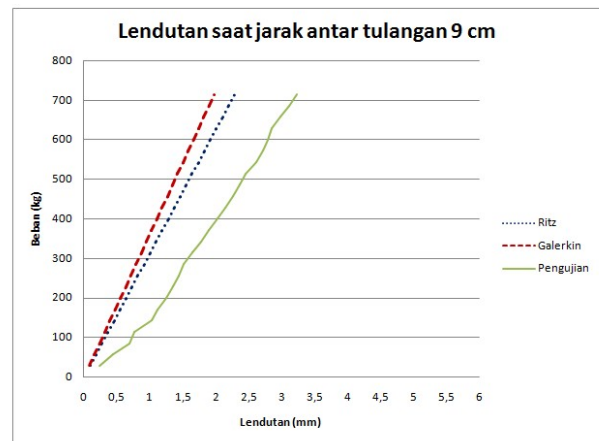
Gambar 2. Grafik lendutan pelat dengan jarak antar tulangan 3 cm

Pada grafik di atas lendutan minimum hasil analisa teori adalah 0,040 mm dan hasil pengujian adalah 0,175 mm. Sedangkan lendutan maksimum hasil analisa teori 1,004 mm dan hasil pengujian adalah 3,1 mm.



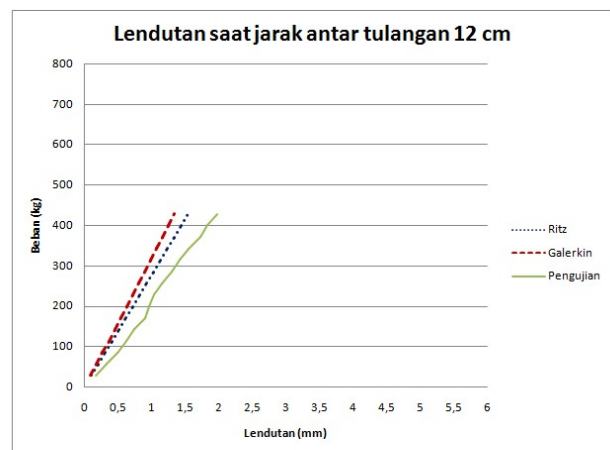
Gambar 3. Grafik lendutan pelat dengan jarak antar tulangan 6 cm

Pada grafik di atas lendutan minimum hasil analisa teori adalah 0,069 mm dan hasil pengujian adalah 0,23 mm. Sedangkan lendutan maksimum hasil analisa teori 1,745 mm dan hasil pengujian adalah 2,86 mm.



Gambar 4. Grafik lendutan pelat dengan jarak antar tulangan 9 cm

Pada grafik di atas lendutan minimum hasil analisa teori adalah 0,098 mm dan hasil pengujian adalah 0,235 mm. Sedangkan lendutan maksimum hasil analisa teori 2,472 mm dan hasil pengujian adalah 3,235 mm.



Gambar 6. Grafik lendutan pelat dengan jarak antar tulangan 12 cm

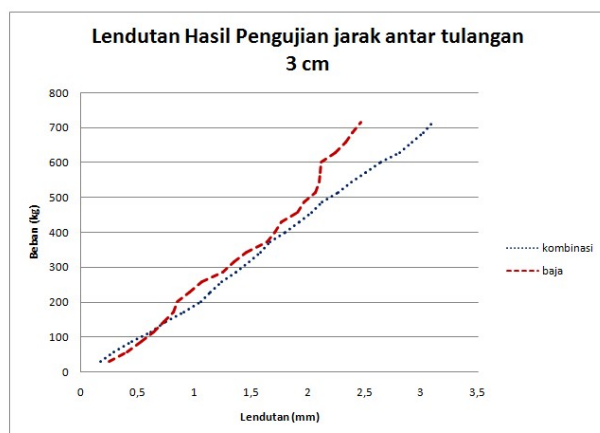
Pada grafik di atas lendutan minimum hasil analisa teori adalah 0,110 mm dan hasil pengujian adalah 0,165 mm. Sedangkan lendutan maksimum hasil analisa teori 1,660 mm dan hasil pengujian adalah 1,97 mm.

Berdasarkan grafik-grafik pelat beton bertulang bambu dan baja di atas menunjukkan bahwa semakin besar jarak antar tulangan pada pelat (hingga pelat tanpa tulangan), maka lendutan hasil pengujian yang terjadi semakin mendekati lendutan hasil analisa teori. Hal ini

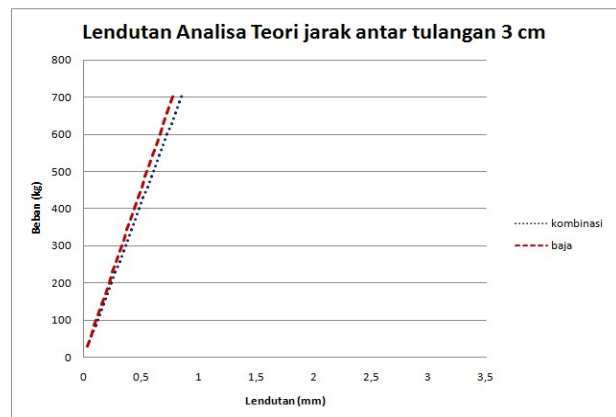
dikarenakan semakin besar jarak antar tulangan pada pelat maka pelat beton semakin mendekati homogen. Grafik-grafik di atas juga menunjukkan bahwa semakin kecil jarak antar tulangan maka semakin kecil lendutan yang terjadi.

Perbandingan Pelat Beton Bertulang Bambu dan Baja dengan Pelat Beton Bertulang Baja

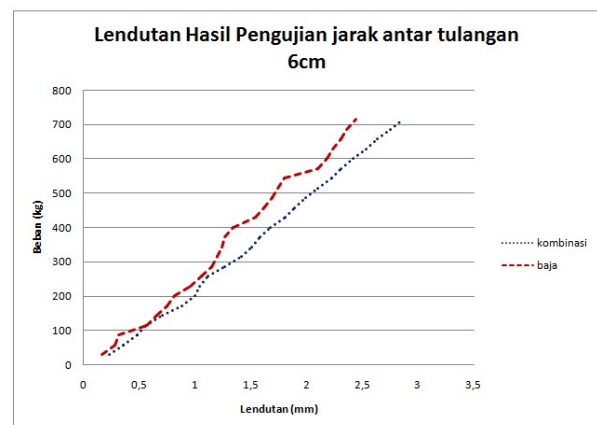
Dalam penelitian ini pelat beton bertulang bambu dan baja dibandingkan dengan pelat beton bertulang baja untuk mengetahui pengaruh dari tulangan bambu jika dikombinasikan dengan tulangan baja dalam suatu pelat beton. Perbandingan dua kondisi pelat beton tersebut dilakukan baik pada hasil analisa teori maupun hasil pengujian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13.



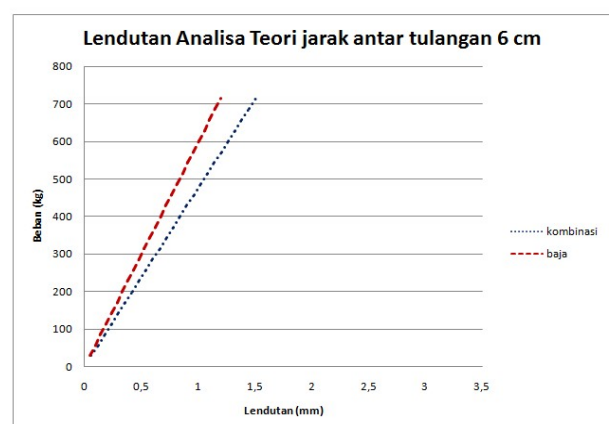
Gambar 6. Perbandingan lendutan saat jarak antar tulangan 3 cm pada hasil pengujian



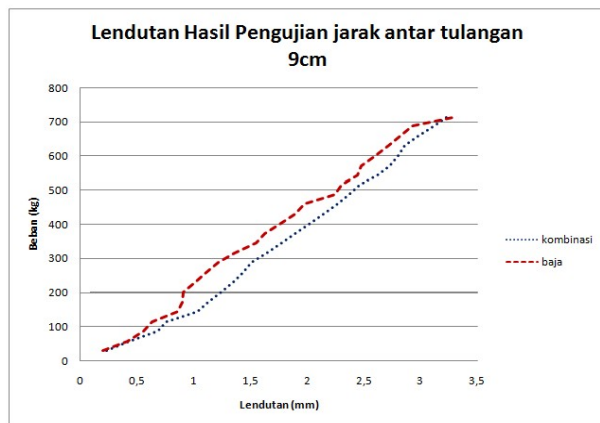
Gambar 7. Perbandingan lendutan saat jarak antar tulangan 3 cm pada hasil analisa teori



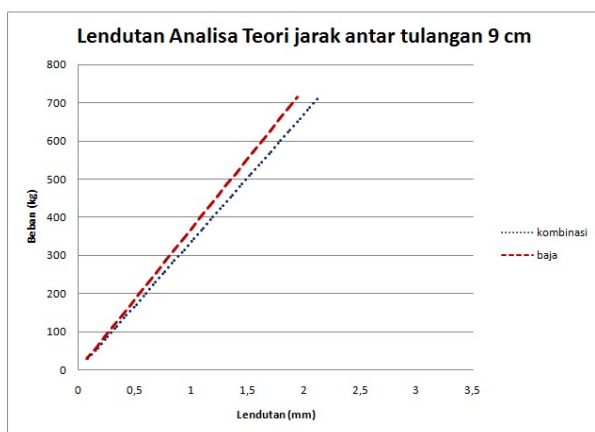
Gambar 8. Perbandingan lendutan saat jarak antar tulangan 6 cm pada hasil pengujian



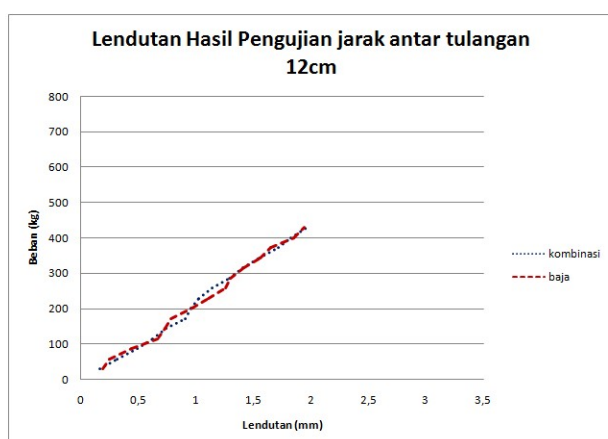
Gambar 9. Perbandingan lendutan saat jarak antar tulangan 6 cm pada hasil analisa teori



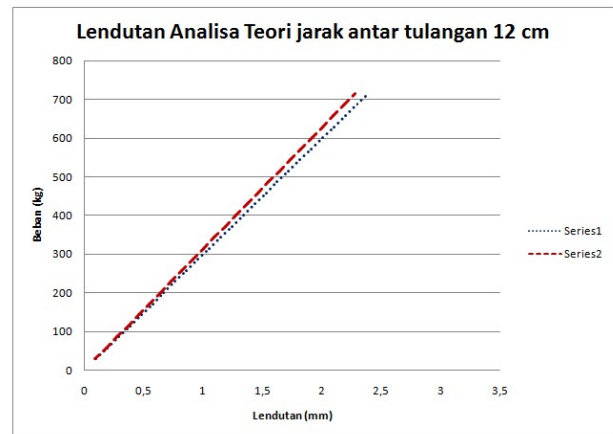
Gambar 10. Perbandingan lendutan saat jarak antar tulangan 9 cm pada hasil pengujian



Gambar 11. Perbandingan lendutan saat jarak antar tulangan 9 cm pada hasil analisa teori



Gambar 12. Perbandingan lendutan saat jarak antar tulangan 12 cm pada hasil pengujian



Gambar 13. Perbandingan lendutan saat jarak antar tulangan 12 cm pada hasil analisa teori

Berdasarkan grafik-grafik di atas, menunjukkan bahwa lendutan pelat beton bertulang bambu dan baja lebih besar daripada lendutan pelat beton bertulang baja. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan tulangan bambu jika dikombinasikan dengan tulangan baja akan mengakibatkan pelat beton memiliki lendutan yang lebih besar. Hal ini disebabkan oleh modulus elastisitas bambu lebih kecil dibandingkan modulus elastisitas baja dan modulus elastisitas beton itu sendiri.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian pada pembahasan sebelumnya, dapat disimpulkan :

- Semakin kecil jarak antar tulangan, maka semakin kecil lendutan yang terjadi karena pelat mengalami peningkatan kekakuan akibat adanya penambahan jumlah tulangan.
- Lendutan pelat beton bertulang bambu dan baja lebih besar daripada lendutan pelat beton bertulang baja. Hal ini membuktikan bahwa pengaruh penambahan tulangan bambu jika dikombinasikan dengan tulangan baja dapat mengakibatkan besarnya lendutan suatu pelat beton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Budi , Gatot Setya. 2011. Pengujian Kuat Tarik Dan Modulus Elastisitas Tulangan Baja (Kajian Terhadap Tulangan Baja Dengan Sudut Bengkok 45, 90, 135)
- [2]. Morisco, 1999, *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta : Nafiri Offset.
- [3]. Nawy, E.G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : PT Eresco.
- [4]. Ngudiyono. 2011. Pengaruh Korosi Tulangan Baja Terhadap Kuat Lekat Balok Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Rekayasa*, Vol. 12 No 1 Juni 2011.
- [5]. Putra, D. Sedana, I.W. dan Santika, K.B. 2007. *Kapasitas Lentur Pelat Beton Bertulangan Bambu*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* Vol.11, No. 1, Januari 2007.
- [6]. Szilard, R. 1989. *Teori dan Analisis Pelat Metode Klasik dan Numerik*. Terj. Wira. Jakarta : Erlangga.
- [7]. Timoshenko, S. dan S.Woinowsky-Krieger. 1988. *Teori Pelat dan Cangkang*. Edisi Kedua. Terj. S. Hindarko. Jakarta : Erlangga.
- [8]. Wonlele, T. Dewi S.M. dan Nurlina S. *Penerapan Bambu Sebagai Tulangan Dalam Struktur Rangka Batang Beton Bertulang*. *Jurnal Rekayasa Sipil* Vol. 7, No. 1, 2013.