

REVIEW OF BAMBOO REINFORCEMENT USAGE ON PLATE CONCRETE WITH ADDITION OF HIGH AT MIDSPAN

TINJAUAN EFISIENSI PEMAKAIAN TULANGAN BAMBU PADA PELAT BETON DENGAN PENAMBAHAN TINGGI DI TENGAH BENTANG

Abdul Rochman¹⁾, Agus Suwardani²⁾

¹⁾ Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

²⁾ Alumni Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

ABSTRAK

In the future, the price of materials to make concrete especially more expensive steel reinforcement. Therefore, it is necessary to develop the manufacture of concrete plates using bamboo reinforcement. Reinforced concrete slab is a flat surface, usually with parallel top and bottom surfaces. To saving the use of reinforcement, it is necessary to create plates with the addition of high-middle spans. This study aims to determine the concrete compressive strength, tensile strength of bamboo, and the effect of adding high at midspan of the plate flexural strength of concrete with bamboo reinforcement. Concrete floor plate with normal cross-section sized 50x10x120 cm as much as 3 test specimens and plates with the addition of high 5 cm section at midspan as much as 3 test specimens. Concrete mix design by the method of SK.SNI.T-15-1990-03, with water-cement ratio of 0.5. Tests conducted when test specimens aged at least 30 days. Bamboo tensile strength test results obtained average value of 148 MPa. Compressive strength test results of concrete cylinders obtained an average value of 21.31 MPa. Plate bending strength test results showed that the average percentage of flexural strength on condition of concrete crack initiation load increased to 65.98% and the maximum compressive load conditions increased to 27.65% after the bamboo reinforced concrete slab height is given at midspan. The percentage cost benefit of material per sample with the addition of high plate at midspan by 22.87% compared with plate normal cross section. These results indicate that in terms of economical concrete floor slabs reinforced with the addition of high bamboo at midspan more profitable.

Keywords : reinforced concrete slab, reinforced bamboo, concrete compressive strength

ABSTRAK

Pada masa yang akan datang, harga bahan material untuk membuat beton khususnya besi tulangan semakin mahal. Oleh karena itu, perlu dikembangkan pembuatan pelat beton menggunakan tulangan bambu. Pelat beton bertulang merupakan sebuah bidang datar, biasanya dengan permukaan atas dan bawah sejajar. Untuk lebih menghemat pemakaian tulangan, perlu dibuat pelat dengan penambahan tinggi di tengah bentang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton, kuat tarik bambu, dan pengaruh penambahan tinggi di tengah bentang terhadap kuat lentur pelat beton dengan tulangan bambu. Bambu yang digunakan pada penelitian ini adalah bambu wulung/hitam dari daerah Karanganyar. Pelat lantai beton dengan penampang normal berukuran 50x10x120 cm sebanyak 3 benda uji dan pelat dengan penampang penambahan tinggi 5 cm di tengah bentang sebanyak 3 benda uji. Perencanaan campuran adukan beton dengan metode SK.SNI.T-15-1990-03, dengan faktor air semen 0,5. Pengujian dilakukan ketika benda uji berumur minimal 30 hari. Hasil pengujian kuat tarik bambu didapat nilai rata-rata sebesar 148 MPa. Hasil pengujian kuat tekan silinder beton didapat nilai rata-rata sebesar 21,31 MPa. Persentase keuntungan biaya material per sampel pelat dengan penambahan tinggi di tengah bentang sebesar 22,87 % dibandingkan pelat dengan penampang biasa. Hasil ini menunjukkan bahwa dari segi ekonomis pelat lantai beton tulangan bambu dengan penambahan tinggi di tengah bentang lebih menguntungkan.

Kata-kata kunci: pelat beton bertulang, tulangan bambu, kuat tekan beton

PENDAHULUAN

Dewasa ini perkembangan rekayasa teknologi dalam bidang teknik sipil pada saat ini terasa begitu cepat, yaitu beton sebagai salah satu unsur teknik sipil yang selalu mengalami perkembangan. Beton merupakan salah satu unsur yang sangat penting, mengingat fungsinya sebagai salah satu elemen pembentuk struktur yang paling banyak digunakan oleh masyarakat. Kualitas pelat beton tergantung pada bahan-bahan penyusunnya, bahan susun pelat beton yang umum digunakan sampai saat ini adalah semen, pasir, kerikil atau batu pecah dan air dengan menggunakan tulangan besi. Seiring dengan kenaikan harga material khususnya besi berdampak terhadap biaya menjadi mahal, oleh karena itu perlu dibuat jalan keluar dengan mengembangkan pembuatan pelat beton pra cetak menggunakan tulangan bambu. Namun merujuk terhadap kebutuhan tulangan pada pelat berpenampang datar, sehingga perlu kiranya dibuat pelat dengan penambahan tinggi ditengah bentang, diharapkan kebutuhan tulangan menjadi lebih sedikit bila dibandingkan dengan pelat berpenampang datar dan menghasilkan kuat lentur yang sama.

Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui peningkatan kuat lentur pelat beton dengan penambahan tinggi ditengah bentang dengan tulangan bambu pada umur minimal 28 hari. Bambu dipilih karena memiliki nilai ekonomis lebih dibanding dengan tulangan dari besi, sehingga tepat bila menggunakan bambu sebagai alternatif tulangan pelat beton. Penambahan tinggi ditengah bentang pada penampang pelat beton menghasilkan kebutuhan tulangan yang lebih efisien dan kuat lentur yang dihasilkan sama besar jika dibandingkan dengan pelat berpenampang datar. Hal inilah yang dikaji dalam penelitian yang meninjau seberapa besar pengaruh penambahan tinggi pelat ditengah bentang terhadap kuat lentur pelat beton dengan tulangan bambu dan seberapa besar pengaruh penambahan tinggi pelat ditengah bentang terhadap efisiensi penggunaan tulangan bambu.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan beton dan kuat tarik bambu, untuk mengetahui pengaruh penambahan tinggi ditengah bentang terhadap kuat lentur pelat beton dengan tulangan bambu, dan untuk mengetahui pengaruh penambahan tinggi ditengah bentang terhadap pola lendutan. Manfaat dari penelitian ini diharapkan dengan kuat lentur yang sama akan lebih efisien terhadap tulangan antara pelat dengan penambahan tinggi ditengah bentang dengan pelat beton berpenampang datar. Pelat beton hasil penelitian dapat digunakan untuk pelat beton non struktural, misalnya digunakan sebagai tutup blog saluran drainase.

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah. Beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. (Nawy 1985:8, dalam Mulyono, 2004). Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah: Jenis semen dan jumlah semen, faktor air semen, sifat agregat, umur, dan perawatan (Tjokrodinuljo, 1995).

Tabel 1. Kuat tarik rata-rata bambu kering oven

Jenis Bambu	Kuat tarik tanpa buku (kg/cm ²)	Kuat tarik dengan buku (kg/cm ²)
Ori	2910	1280
Petung	1900	1160
Hitam/wulung	1660	1470
Legi	2880	1260
Tutul	2160	740
Galah	2530	1240
Tali	1515	552

(Sumber: Morisco, 1999)

Bambu adalah rumput berkayu berbentuk pohon atau perdu. Bambu merupakan tumbuhan berumpun, berakar serabut yang batangnya berbentuk silinder dengan diameter bervariasi mengecil mulai dari ujung bawah sampai ujung atas, berongga, keras dan mempunyai pertumbuhan primer yang sangat cepat (Dransfield dan Widjaja, 1995, dalam Teguh, 2012). Sifat mekanika adalah sifat yang berhubungan dengan kekuatan bahan dan merupakan ukuran kemampuan suatu bahan untuk menahan gaya luar yang bekerja padanya. Morisco (1999) dari hasil penelitian kuat tarik rata-rata bambu kering oven disajikan dalam Tabel 1.

Pada prinsipnya sistem penulangan pelat dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu : perencanaan pelat dengan tulangan pokok satu arah dan perencanaan pelat dengan tulangan pokok dua arah (Asroni, 2001).

1. Penulangan pelat satu arah.

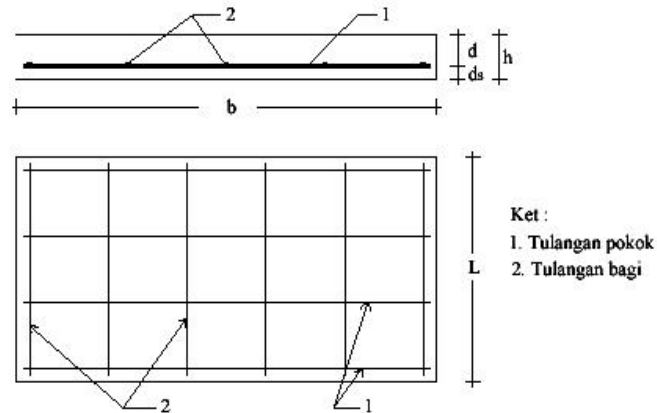
Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja. Contoh pelat satu arah adalah pelat kantilever (disebut juga: pelat luifel) dan pelat yang ditumpu oleh dua tumpuan sejajar.

2. Penulangan pelat dua arah.

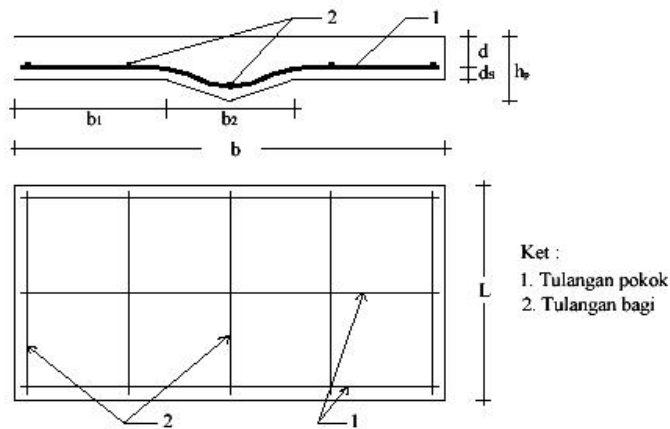
Pelat dengan tulangan pokok dua arah ini akan dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Contoh pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh empat sisi yang saling sejajar.

Gambar pelat tulangan bambu dengan penampang biasa/datar dan pelat tulangan bambu dengan penampang penambahan tinggi di tengah bentang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

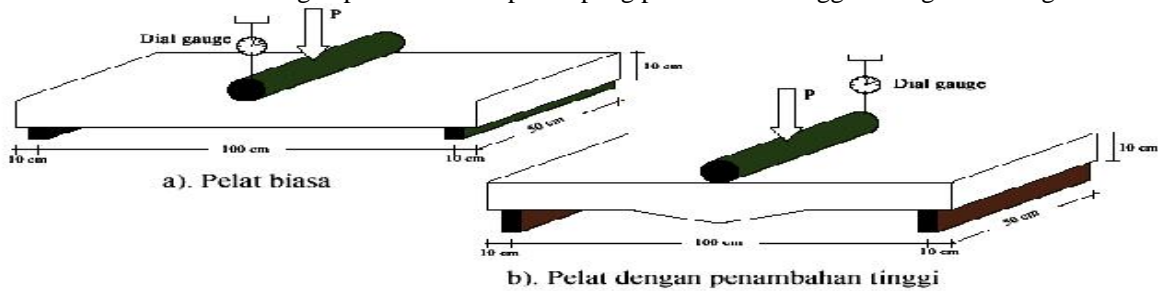
Skema pengujian lentur benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 1. Penulangan pelat beton berpenampang biasa/datar



Gambar 2. Penulangan pelat beton berpenampang penambahan tinggi di tengah bentang



Gambar 3. Skema pengujian kuat lentur pelat lantai beton

Dalam analisis, dibandingkan momen retak awal dan momen maksimum antara hasil pengujian dan perhitungan teoritis. Untuk hasil pengujian, momen retak awal dihitung dengan persamaan,

$$M_{\text{retak awal}} = 1/4 \cdot P_{\text{retak awal}} \cdot L + 1/6 \cdot q_{\text{bs}} \cdot L^2 \quad (1)$$

Sementara momen maksimum hasil pengujian dihitung dengan persamaan,

$$M_{\text{maks}} = 1/4 \cdot P_{\text{maks}} \cdot L + 1/6 \cdot q_{\text{bs}} \cdot L^2 \quad (2)$$

Sedang untuk momen retak awal teoritis, dihitung berdasarkan metode transformasi luasan ekuivalen, Garis netral penampang dihitung dengan persamaan

$$A_t = b \cdot h + (n-1) \cdot A_b \quad (3)$$

$$n = E_b / E_c, \quad (4)$$

dengan:

$$E_b = 29420 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \text{ MPa}$$

Garis netral diperoleh dengan persamaan

$$y_a = \frac{bh \frac{1}{2}h + (n-1)A_b}{A_t} \quad (5)$$

$$y_b = h - y_a$$

$$e = y_b - d_s$$

momen inersia dihitung dengan persamaan

$$I = 1/12.b.h^3 + bh(y_a - 1/2h)^2 + (n-1)A_b.e^2 \quad (6)$$

Momen retak awal teoritis dihitung dengan persamaan

$$M_{retakawal} = \frac{MOR.y_b}{I} \quad (7)$$

dengan:

$$MOR = 0,62. \sqrt{f'_c} \text{ MPa}$$

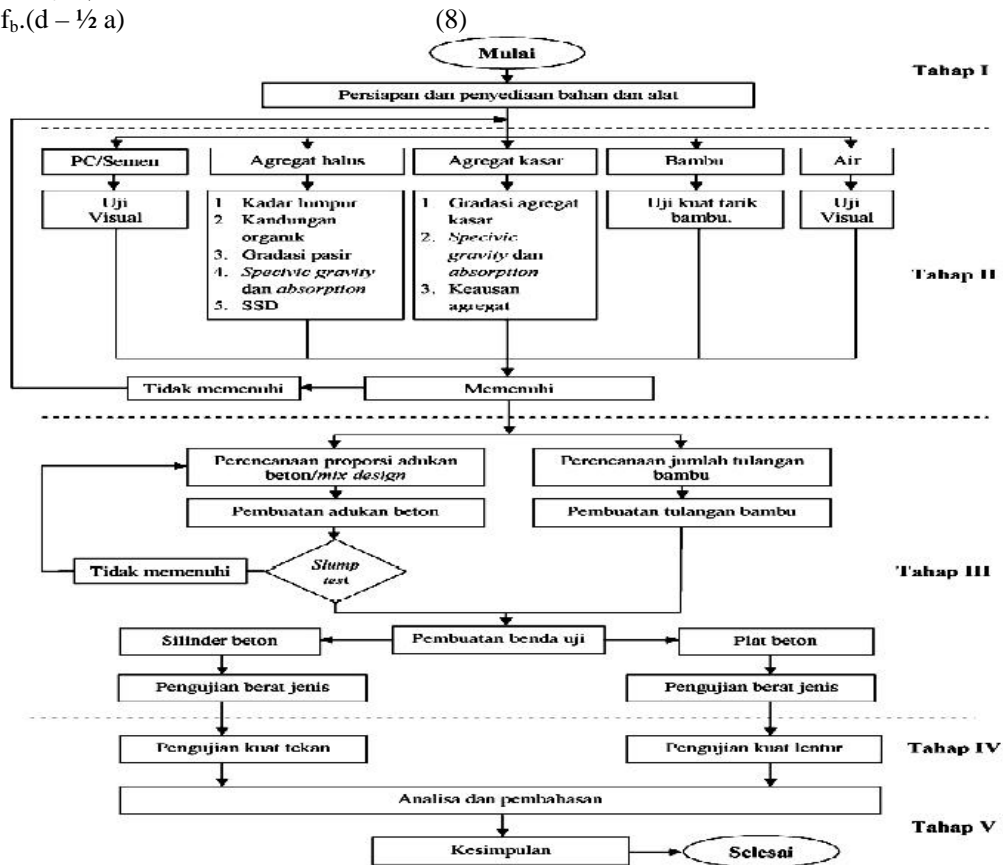
Momen maksimum teoritis dihitung dengan persamaan

$$a = A_b.f_b / (0,85.f'_c.b)$$

$$M_{maks} = A_b.f_b.(d - \frac{1}{2}a) \quad (8)$$

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, semen yang digunakan adalah semen *Portland* jenis 1 dengan merk *Holcim*, agregat kasar (batu pecah) dengan ukuran maksimum 20 mm, berasal dari Wonogiri, agregat halus (pasir), berasal dari Klaten, Jawa Tengah. Tulangan yang digunakan adalah bambu wulung, berasal dari Karanganyar, air yang digunakan dari laboratorium Bahan Bangunan, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, faktor air semen yang digunakan campuran beton adalah 0,5 dengan kuat tekan beton rencana adalah 20 MPa, penelitian pelat dengan tebal 10 cm, pelat dengan penambahan tinggi ditengah bentang sebesar 5 cm dan tiap variasi 3 (tiga) benda uji, benda uji berupa silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, umlah seluruh benda uji adalah 9 benda uji, usia beton minimal 28 hari, beton direncanakan dengan metode SK.SNI.T-15-1990-03. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kuat tarik bambu

Pengujian kuat tarik bambu yang dilakukan dengan menggunakan tiga sampel benda uji, didapatkan kuat tarik rata-rata sebesar 148 MPa.

Pengujian Pendukung

1. Workability adukan beton

Hasil pengujian nilai *slump* rata-rata pada penelitian adalah sebesar 12,48 cm.

2. Pengujian berat jenis beton

Hasil pengujian berat jenis silinder beton rata-rata pada umur 40 hari pada penelitian adalah sebesar 23,05 kN/m³.

3. Kuat tekan beton

Hasil pengujian kuat tekan beton rata-rata pada umur 40 hari pada penelitian adalah sebesar 21,31 MPa.

Pengujian Kuat Lentur Pelat Lantai Beton Tulangan Bambu

Hasil pengujian kuat lentur pelat lantai beton dapat dilihat pada Tabel 2, dan perhitungan momen pada Tabel 3.

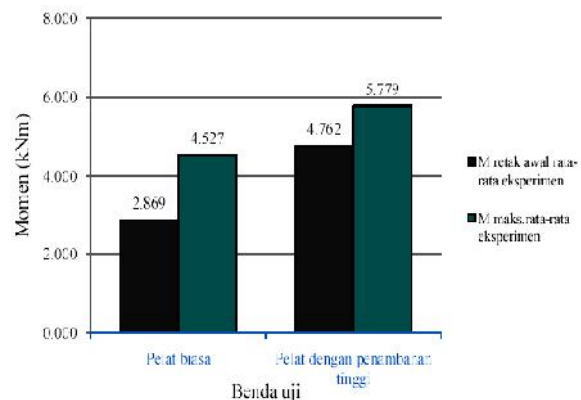
Tabel 2. Hasil pengujian kuat lentur pelat beton tulangan bambu

Benda Uji	No.	$P_{\text{retak awal}}$	Lendutan	P_{maks}	Lendutan	P_{maks}
		(kN)	(mm)	(kN)	(mm)	rata-rata (kN)
Pelat biasa (A)	1.	10	1,7	17	17	17,53
	2.	11,2	2	17,4	19	
	3.	11,5	1,85	18,2	17,5	
Pelat dengan penambahan tinggi (B)	1	18	3,25	24	15	22,47
	2.	19	2,5	22,4	15	
	3.	18,2	3	21	14,5	

Tabel 3. Perhitungan momen pada kondisi $M_{\text{retak awal}}$ dan M_{maks}

No	L	b	h	Berat jenis beton	Berat pelat beton	q	$M_{\text{retak awal}}$	$M_{\text{retak awal}}$	M_{maks}	M_{maks}	
				c	W			W/L		rata-rata	rata-rata
				(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kN/m)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	
A.	1.	1	0,5	0,1	23,05	1,153	1,153	2,644	2,869	4,394	4,527
	2.	1	0,5	0,1	23,05	1,153	1,153	2,944			
	3.	1	0,5	0,1	23,05	1,153	1,153	3,019			
B.	1.	1	0,5	0,15	23,05	1,297	1,297	4,662	4,762	6,162	5,779
	2.	1	0,5	0,15	23,05	1,297	1,297	4,912			
	3.	1	0,5	0,15	23,05	1,297	1,297	4,712			

Dari Tabel 3 dan Gambar 5, hasil pengujian kuat lentur pelat lantai beton tulangan bambu, diperoleh persentase rata-rata kuat lentur pada kondisi beban retak awal beton meningkat sampai 57,79 % setelah pelat lantai beton tulangan bambu diberi penambahan tinggi di tengah bentang. Persentase rata-rata kuat lentur pada kondisi beban tekan maksimum meningkat sampai 27,65 % setelah pelat lantai beton tulangan bambu diberi penambahan tinggi di tengah bentang.



Gambar 5. Grafik hubungan antara momen rata-rata retak awal dan momen rata-rata maksimum kuat lentur pelat lantai beton tulangan bambu dengan benda uji

Perbandingan Momen Teoritis dan Eksperimen

Hasil perbandingan perhitungan momen retak awal dan momen maksimum secara teoritis dengan

momen retak awal dan momen maksimum dari hasil pengujian tersaji pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Perbandingan momen kuat lentur pelat lantai beton tulangan bambu teoritis dan hasil pengujian

No.	Benda Uji	Teoritis		Eksperimen	
		M _{retak awal} (kN)	M _{maks} (kN)	M _{retak awal} (kN)	M _{maks} (kN)
1.	Pelat biasa	2,391	3,951	2,869	4,527
2.	Pelat dengan penambahan tinggi	5,379	5,219	4,762	5,779

Pada pelat lantai beton tulangan bambu dengan penampang biasa/datar, persentase perbandingan momen hasil pengujian selisih 20 % lebih besar dari momen teoritis. Sedangkan momen maksimum eksperimen rata-rata diperoleh sebesar 4,527 kNm, sedangkan persentase perbandingan momen hasil pengujian selisih 14,58 % lebih besar dari momen teoritis. Jadi momen pada penelitian lebih besar dari momen perhitungan teoritis. Hal ini menunjukkan bahwa pelat beton tulangan bambu dengan penampang biasa dalam kondisi yang ideal.

Pada pelat lantai beton tulangan bambu dengan penampang penambahan tinggi di tengah bentang, persentase perbandingan momen hasil pengujian selisih 11,47 % lebih kecil dari momen teoritis. Menunjukkan bahwa hasil penelitian perlu untuk dikoreksi karena seharusnya kondisi yang ideal momen hasil pengujian lebih besar dari perhitungan teoritis. Hal ini bisa terjadi karena retak beton pada pelat saat pengujian retak tidak pada tengah bentang, retak beton terjadi pada bentang 250 mm dari as tumpuan atau pada titik awal pada penambahan tinggi pelat, karena terjadi konsentrasi tegangan sehingga perlemahan terjadi pada titik tersebut. Akan tetapi hasil momen maksimum eksperimen lebih besar dari momen hasil perhitungan teoritis, yaitu persentase perbandingan momen hasil pengujian selisih 10,73 % lebih besar dari momen teoritis.

Dapat disimpulkan bahwa retak beton pada kondisi beban retak awal tidak sesuai harapan, yaitu retak awal terjadi tidak pada tengah bentang, sehingga perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai pelat dengan penambahan tinggi di tengah bentang dengan variasi penambahan yang berbeda, dengan tujuan retak awal beton terjadi pada tengah bentang, sehingga bisa didapatkan hasil yang maksimal.

Perbandingan momen maksimal pada pelat penampang biasa dengan penampang penambahan tinggi di tengah bentang terhadap efisiensi penggunaan tulangan bambu.

Dari hasil penelitian momen maksimal pada pelat dengan penampang penambahan tinggi ditengah bentang lebih besar dari hasil momen maksimal pada pelat dengan penampang biasa. Menunjukkan bahwa dengan kebutuhan tulangan bambu yang lebih sedikit pada pelat berpenampang penambahan tinggi di tengah bentang dibandingkan dengan kebutuhan tulangan pada pelat berpenampang biasa. Sehingga efisiensi penggunaan tulangan bambu tercapai.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah:

1. Kuat tarik bambu wulung rata-rata sebesar 148 MPa.
2. Berat jenis rata-rata silinder beton dengan fas 0,5 adalah sebesar 23,05 kN/m³, dengan kuat tekan rata-rata sebesar 21,31 MPa.
3. Persentase rata-rata kuat lentur pada kondisi beban retak awal beton meningkat sampai 57,79% setelah pelat lantai beton tulangan bambu diberi penambahan tinggi di tengah bentang, yaitu dari 2,869 kNm menjadi 4,527 kNm.
4. Persentase rata-rata kuat lentur pada kondisi beban tekan maksimum meningkat sampai 27,65 % setelah pelat lantai beton tulangan bambu diberi penambahan tinggi di tengah bentang, yaitu dari 4,762 kNm menjadi 5,779 kNm.
5. Retak beton pada kondisi beban retak awal pada pelat dengan penambahan tinggi di tengah bentang terjadi tidak pada tengah bentang, walaupun tidak sesuai harapan, tetapi hasil akhir menunjukkan bahwa tujuan dari penelitian ini tercapai.
6. Persentase perbandingan momen maksimum hasil pengujian selisih 14,58% dan 10,73% lebih besar dari momen teoritis masing-masing pada pelat berpenampang biasa, yaitu 3,951 kNm dan 4,527 kNm, dan pelat dengan penampang penambahan

tinggi di tengah bentang, yaitu 5,219 kNm dan 5,779 kNm.

7. Persentase keuntungan biaya material untuk persampel pelat berpenampang penambahan

tinggi di tengah bentang sebesar 22,87% dengan pelat berpenampang biasa/datar dengan perubahan dimensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, Ali, 1997. *Struktur Beton I*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1971. “*Peraturan Umum bahan Bangunan Indonesia (PBI)*”, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Janssen, J.J.A., 1980, *The Mechanical Properties of Bamboo used in Construction in Lessard, G & Chouinard, A. Bamboo Research in Asia*, PP 1733-198. IDRC, Canada.
- Liese, 1985. “*Bamboo-Biology, Silvics, Properties, Utilization. Schriftenreihe der GTZ*, No 180: 132. dalam Research Pamphlet No. 118. Planting and Utilization of Bamboo in Peninsular Malaysia. By A. R.
- Othman; A. Latif Mohmod; Walter Liese; Norini Haron, FRIM Kepong 52109, Kuala Lumpur.
- Morisco, 1999. “*Rekayasa Bambu*”, Nafiri, Offset, Yogyakarta, Mulyono, Tri., 2004, *Teknologi Beton*, Andi Offset, Yogyakarta.