

PEMANFAATAN BAMBU UNTUK TULANGAN JALAN BETON

Mego Purnomo, Hanggoro Tri Cahyo

Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

Abstrak. Bambu dapat tumbuh dengan cepat dan mempunyai sifat mekanik yang baik dan dapat digunakan sebagai bahan pengganti kayu maupun baja. Bambu sebagai bahan bangunan masih banyak digunakan sebagai bahan bangunan penunjang. Kurangnya penggunaan bambu sebagai bahan bangunan karena terbatasnya pengetahuan tentang bambu. *Rigid pavement* adalah salah satu contoh konstruksi beton bertulangan baja. Dengan berkembangnya pengetahuan tentang bambu bahan baja pada tulangan jalan beton dapat digantikan dengan bambu. Penelitian ini meliputi penelitian sifat mekanik dan fisik bambu, pengujian lentur beton bertulang, Rancangan tulangan balok yang digunakan adalah bambu walesan dengan diameter antara 10 – 20 mm. Tebal benda uji 20 cm lebar 15 cm dan panjang 230 cm. Rata-rata beton uji memiliki kuat tekan 22,15 MPa dan rata-rata berat satuan $2,39 \cdot 10^{-5}$ N/mm³. Dari pengujian tiga bagian bambu walesan (pangkal, ujung, ros) didapat kuat tarik bambu walesan (fu) bagian pangkal 171,675 MPa dengan nilai E 5722,5 MPa, fu bagian ujung 165,375 MPa dengan nilai E 5512,5 MPa, fu bagian ros 147,15 MPa dengan nilai E 4900 Mpa. Beban ultimit balok 1 sebesar 8,085 KN, beban ultimit balok 2 sebesar 12,25 KN dan beban ultimit balok 3 sebesar 12,985 KN. Ketiga benda uji menunjukkan bahwa keruntuhan balok diawali dengan retak lentur. Keruntuhan tidak terjadi pada daerah dengan tulangan geser yaitu pada jarak 625 mm dari masing-masing ujung balok. Runtuh lentur ditandai dengan retak-retak tegak lurus di daerah tulangan tarik. Keruntuhan balok ditandai dengan sebagian bambu telah putus dan balok tidak mampu menahan beban lagi. Penggunaan bambu untuk tulangan jalan beton direkomendasikan untuk beban kendaraan 9 ton dengan ketebalan pelat 20 cm, mutu beton $f_c' 21,08$ Mpa, dan luas tulangan bambu 3080 mm².

Kata kunci : bambu, tulangan, *rigid pavement*

PENDAHULUAN

Bambu adalah tanaman yang termasuk ordo *Gramineae*, familia *Bambuseae*, suatu familia *Bamboidae*. Merupakan tanaman yang banyak tumbuh di daerah pedesaan di Indonesia. Kuat tarik bambu tanpa buku adalah antara 151 – 291 MPa sedang bambu dengan buku mempunyai kuat tarik antara 55 – 128 MPa (Morisco, 1999).

Penggunaan bambu sebagai perkuatan beton pada komponen struktur bangunan dapat digunakan sebagai pengganti baja tulangan yang selama ini sering digunakan. Bambu dikenal sebagai bahan yang ulet, memiliki kekuatan tarik jauh lebih tinggi dari pada kayu, bahkan dari penelitian Pusat Studi Ilmu Teknik (PSIT) UGM diketahui kuat tarik kulit bambu petung setara dengan kuat tarik baja mutu sedang yang biasa digunakan oleh masyarakat sebagai tulangan beton. Sedangkan modulus elastisitas bambu lebih rendah dibandingkan dengan baja.

Jalan beton merupakan salah satu bentuk konstruksi jalan yaitu konstruksi jalan *rigid pavement*. Jalan beton mempunyai berbagai kelebihan jika dibanding dengan konstruksi aspal (*flexible pavement*). Beton dapat mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi, tetapi memiliki kuat tarik yang sangat rendah sehingga memerlukan tulangan pada daerah tarik. Pemakaian baja tulangan sebagai tulangan jalan beton dapat digantikan dengan tulangan bambu karena bambu mempunyai kekuatan tarik mendekati baja normal. Dengan pemakaian tulangan bambu untuk tulangan jalan beton dapat mengurangi biaya konstruksi yang sangat besar.

Analisis dan perencanaan balok menggunakan rumus-rumus dalam analisis beton bertulang dengan ketentuan sebagai berikut (Pathurahman, 2003):

Modulus Elastisitas Beton

Digunakan rumus nilai modulus elastisitas beton sebagai berikut:

$$E_c = 0.043 \times (W_c)^{1.5} \times \sqrt{f_c'} \sqrt{f_c'} \quad (\text{dalam MPa}). \quad (\text{SNI 03 - 2847 - 2002}) \quad (1)$$

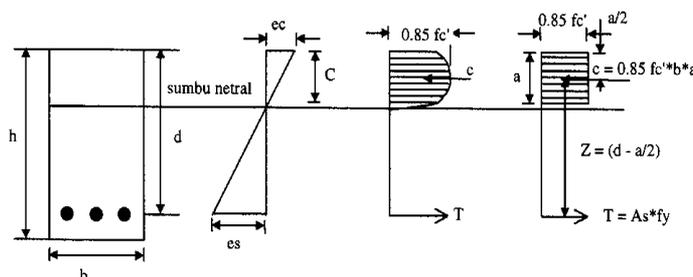
dimana :

W_c = berat volume beton (kg/m³)

f_c' = kuat tekan beton (MPa)

Rumus empiris tersebut hanya berlaku untuk beton dengan berat volume berkisar antara 1500 dan 2500 kg/m³. Untuk beton kepadatan normal dengan berat volumne ± 23 KN/m³ dapat digunakan nilai

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f_c'} \sqrt{f_c'} \quad (\text{SNI 03 - 2847 - 2002}). \quad (2)$$



Gambar 1. Distribusi tegangan dan regangan pada penampang beton

Dalam Gambar 1 dapat dijelaskan sebagai berikut :

$$A = \beta_1 \times c \quad (3)$$

c = jarak serat tekan ke garis terluar ke garis netral

β_1 = konstanta yang merupakan fungsi dari kelas kuat beton

E_s = Modulus elastisitas tulangan

f_y = tegangan leleh tulangan

$$A_s \leq 0.75 \times A_{sb} \quad (4)$$

Dalam penelitian ini tulangan bambu ditetapkan tidak lebih dari 75 persen dari tulangan *balance*, $A_s \leq 0.75 \times A_{sb}$ (5)

Dengan pembatasan ratio penulangan, $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$ $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$ (6)

Analisis balok

$$\epsilon_c' = 0.003 \text{ dan } \epsilon_s = \epsilon_y = \frac{f_y f_y}{E_s E_s} \quad (7)$$

$$\beta_1 = 0,8 - \frac{0,6}{7} (f_c' - 0) \dots\dots\dots(8)$$

gaya pada beton tertekan

$$C = 0,8 f_c' b \dots\dots\dots(9)$$

gaya pada tulangan tarik

$$T = A_s f_y \dots\dots\dots(10)$$

kesetimbangan gaya C = T

$$0,85 f_c' a b = f_y A_s \dots\dots\dots(11)$$

sehingga $a = \frac{f_y A_s}{0,85 f_c' b} \dots\dots\dots(12)$

letak garis netral

$$c = \frac{a}{\beta_1} \dots\dots\dots(13)$$

regangan baja tulangan pada daerah tarik

$$\epsilon_s = \epsilon_c \left\{ \frac{d}{c} - 1 \right\} \dots\dots\dots(14)$$

rasio pembesian ρ

$$\rho = \frac{A_s}{b.d} \dots\dots\dots(15)$$

kapasitas penampang

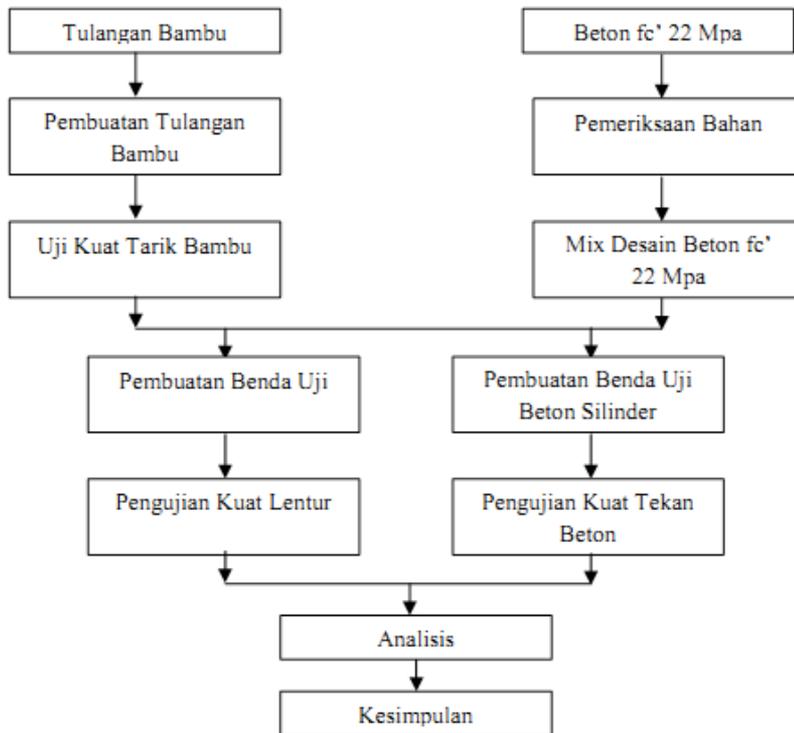
$$M_n = C(d - \frac{1}{2}a) = T(d - \frac{1}{2}a) \dots \dots \dots (16)$$

persyaratan pembebanan

$$M_r = \phi M_n \dots \dots \dots (17)$$

$$M_u \leq M_r \dots \dots \dots (18)$$

METODE



Gambar 2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen yang dilakukan dengan mengadakan penelitian di Laboratorium Bahan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Jenis penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian kuat tarik bambu walesan sebagai tulangan balok beton. Adapun langkah pengujian langkah-langkah metodologi yang dilaksanakan dalam penelitian seperti tersaji dalam gambar di atas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luas Penulangan

Rancangan tulangan balok yang digunakan adalah bambu walesan dengan diameter antara

10 – 20 mm. Hasil perhitungan luas tulangan tampak pada Tabel di bawah. Dalam perhitungan luas tulangan digunakan luas terkecil dari kedua sisi tiap balok.

Tabel 6. Luas penulangan balok

Kode balok	Luas sisi 1 (mm ²)	Luas sisi 2 (mm ²)
B1	441.57	529.57
B2	467.50	462.00
B3	527.21	471.43

Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton (f_c') yang diambil dari masing-masing balok sebanyak dua benda uji diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 7. Kaut tekan beton (f_c') pada tiap balok

Kode Balok	Benda Uji	A (cm ²)	Berat (Kg)	P Tertahan (Kg)	K (Kg/cm ²)	f_c' (Mpa)	Berat Satuan (N/mm ³)
B 1	K 1	225	8,21	63000	288,00	22,77	2,38.10 ⁻⁵
	K 2	225	8,02	58000	253,78		
B 2	K 1	225	8,23	57000	253,33	21,08	2,39.10 ⁻⁵
	K 2	225	8,25	55000	244,44		
B 3	K 1	225	8,32	62000	275,56	22,59	2,42. 10 ⁻⁵
	K 2	225	8,25	58000	257,78		

Rata-rata beton uji memiliki kuat tekan 22,15 MPa dengan rata-rata berat satuan 2,39.10⁻⁵ N/mm³.

Beban Merata Balok Beton

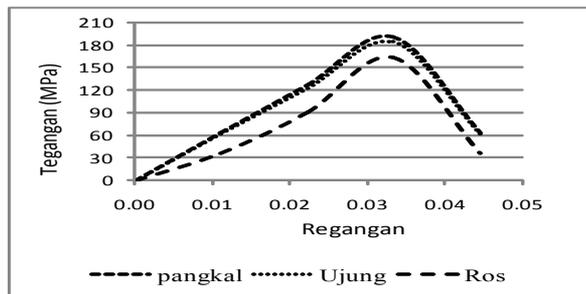
Berat balok beton dihitung berdasarkan berat satuan beton dikalikan volume beton. Beban merata balok dihitung dengan menambah beban tambahan yang menyertai balok tersebut. Hasil dari perhitungan beban merata balok diperoleh hasil berikut :

Tabel 8. Perhitungan beban merata balok beton

Kode Balok	Berat Satuan (N/mm ³)	Beban Tambahan (N)	Beban Merata (N/mm)
B 1	2,38.10 ⁻⁵	592,9	0,973
B 2	2,39.10 ⁻⁵	592,9	0,975
B 3	2,42. 10 ⁻⁵	592,9	0,983

Kuat tarik bambu walesan

Dari pengujian tiga bagian bambu walesan (pangkal, ujung, ros) didapat kuat tarik bambu walesan (f_u) bagian pangkal 171,675 MPa dengan nilai E 5722,5 MPa, f_u bagian ujung 165,375 MPa dengan nilai E 5512,5 MPa, f_u bagian ros 147,15 MPa dengan nilai E 4900 MPa. Grafik tegangan bambu walesan dapat dilihat pada di bawah :



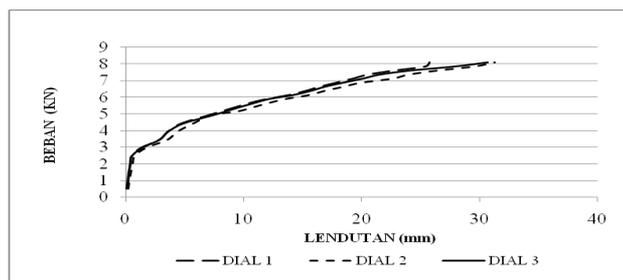
Gambar 6. Kuat tarik bambu walesan bagian pangkal, ujung dan ros

Pengujian Kuat Lentur balok

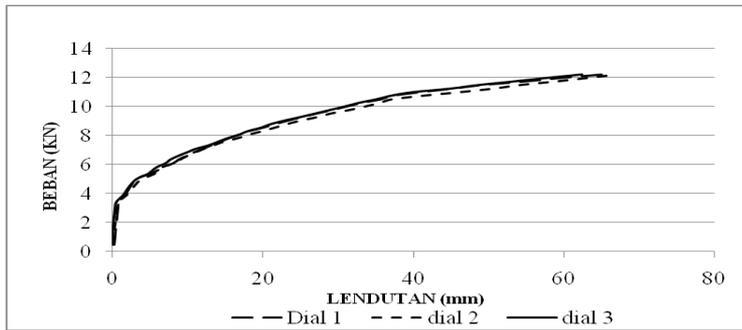
Ketiga benda uji menunjukkan bahwa keruntuhan balok diawali dengan retak lentur. Keruntuhan tidak terjadi pada daerah dengan tulangan geser yaitu pada jarak 625 mm dari masing-masing ujung balok. Runtuh lentur ditandai dengan retak-retak tegak lurus di daerah tulangan tarik. Keruntuhan balok ditandai dengan sebagian bambu telah putus dan balok tidak mampu menahan beban lagi.

Retak lentur terjadi setelah balok dibebani 30% dari beban runtuh atau 35% dari beban teoritis. Pada saat pembebanan masih dibawah pembebanan retak, kenaikan lendutan masih linier, saat mendekati keruntuhan kenaikan lendutan terjadi begitu cepat dan retak lentur semakin melebar.

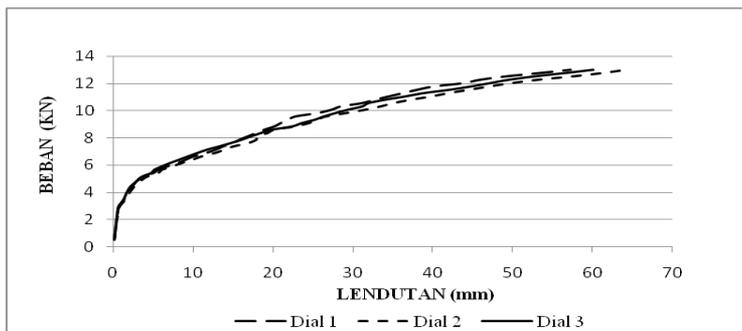
Setelah dilakukan pengujian lentur maka dapat diketahui respon balok-balok uji terhadap pembebanan sebagai berikut:



Gambar 7. Hubungan P- δ pada balok 1



Gambar 8. Hubungan P- δ pada balok 2



Gambar 9. Hubungan P- δ pada balok 3

Dari gambar diatas terlihat bahwa balok 1 mencapai beban ultimit sebesar 8,085 KN. Balok 2 mencapai beban ultimit sebesar 12,25 KN. Balok 3 mencapai beban ultimit sebesar 12,985 KN.

Momen Ultimit

Dari hasil pengujian, diketahui besarnya beban maksimum yang mampu ditahan oleh balok beton. Beban tersebut digunakan untuk menghitung kuat lentur yang terjadi. Nilai kuat lentur ultimit eksperimen dan teoritis selengkapnya dilihat pada Tabel di bawah :

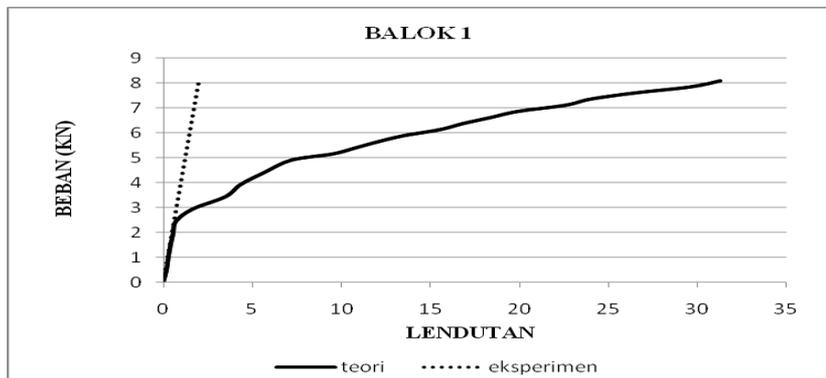
Tabel 9. Kuat Lentur Eksperimen

Kode Balok	M (KNmm)
B 1	6872
B 2	10413
B 3	11037

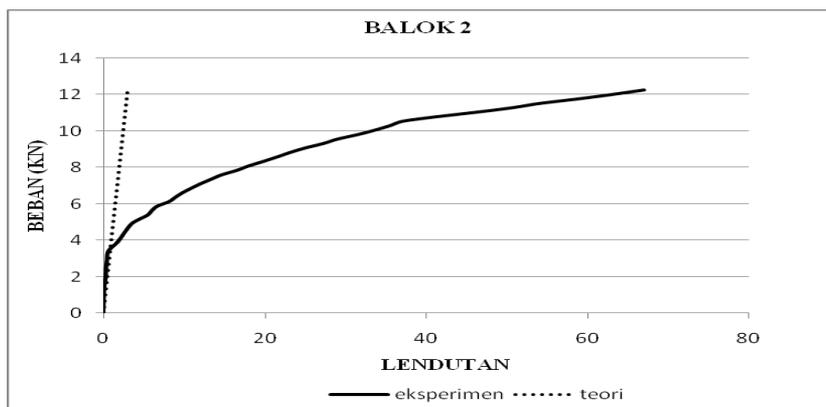
Lendutan

Dari hasil perhitungan lendutan teoritis (lampiran 25-lampiran 28) maka dapat dihubungkan

antara lendutan eksperimen dengan lendutan teori yang terlihat pada Gambar berikut.



Gambar 10. Lendutan eksperimen Benda Uji 1.



Gambar 11. Lendutan eksperimen Benda Uji 2.



Gambar 12. Lendutan eksperimen Benda Uji 3.

Pola keruntuhan.

Pengamatan pola keruntuhan terhadap balok uji dimuat pada Gambar di bawah :



Gambar 13. Retak awal pada Benda Uji 1



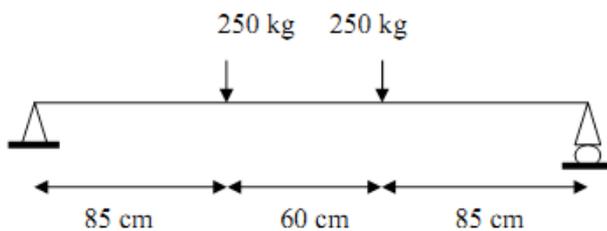
Gambar 14. Keruntuhan pada Benda Uji 1

Analisis terhadap Jalan Beton

Perkerasan beton semen didefinisikan sebagai perkerasan yang mempunyai lapisan dasar beton dari *Portland Cement* (PC). Menurut NAASRA ada lima jenis perkerasan kaku, yaitu :

- Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan.
- Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
- Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
- Perkerasan beton semen dengan tulangan serat baja (*fiber*)
- Perkerasan beton semen pratekan.

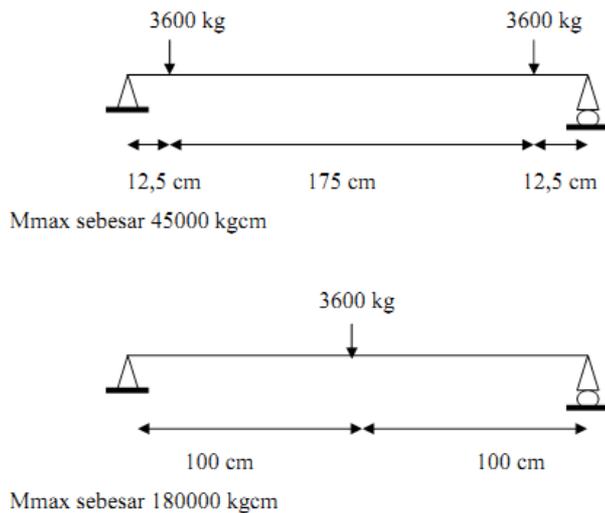
Analisa untuk penelitian ini digunakan perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan. Berdasarkan hasil penelitian beton bertulangan bambu masih dalam keadaan linear pada beban 500 kg s.d 600 kg. Dengan spesifikasi f_c' 21,08 Mpa, lebar balok 15 cm, tinggi balok 20 cm dan luas tulangan bambu 462 mm².



Gambar 15. Batas Beban pada Kondisi Linear

Momen lentur yang terjadi dalam kondisi linear adalah 21250 kgcm sehingga dengan persamaan $M=0,85fc' a b (d - \frac{1}{2} a)$ akan diperoleh tinggi *stress block* sebesar $a = 4,72$ mm. Berdasarkan kesetimbangan gaya $0,85 fc' a b = A_{bmb} f_{bmb}$ diperoleh tegangan yang terjadi pada bambu sebesar 27,46 Mpa. Tegangan putus bambu terendah adalah 147,15 Mpa jadi tegangan bambu yang terjadi 18,66% tegangan putus.

Untuk beban kendaraan 12 ton maka akan terdistribusi ke jalan beton per titik sebesar 3,6 ton sehingga momen yang terjadi adalah :



Gambar 17. Kondisi Pembebanan di Lapangan

Beban pada jalan beton ditanggung oleh perlebar 1 m maka dengan tebal 20 cm, $fc' 21,08$ Mpa, luas tulangan bambu 3080 mm² akan mampu menahan momen pada kondisi linear sebesar 141666 kgcm. Sehingga jalan beton direkomendasikan untuk beban kendaraan 9 ton sehingga M_{max} yang ditanggung sebesar 135000 kg cm

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Beton bertulangan bambu masih dalam kondisi linear dengan beban 500 kg s.d 600 kg dengan spesifikasi $fc' 21,08$ Mpa, $b = 15$ cm, $h = 20$ cm dan luas tulangan bambu 462 mm². Penggunaan bambu untuk tulangan jalan beton dengan tebal 20 cm hanya diperbolehkan untuk kendaraan termasuk muatan dengan berat 9 ton. Tegangan bambu tidak linear setelah beban 500 kg s.d 600 kg dan tegangan masih bisa naik namun regangan yang terjadi sangat besar sehingga membuat balok lebih mudah retak.

Saran

Untuk pengembangan penelitian dapat digunakan bambu dengan jenis yang berbeda karena akan mempunyai karakteristik yang berbeda. Dan dapat digunakan bambu yang dipilin. Untuk penggunaan bambu sebagai tulangan beton diharapkan bambu tersebut diawetkan terlebih dahulu sehingga konstruksi beton bertulangan bambu mempunyai umur konstruksi yang lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Morisco, 1999, *Rekaya Bambu*, Yogyakarta, Nafiri.
- Mulyono, T., 2005, *Teknologi Beton*, Yogyakarta, Andi.
- Pathurahman, Fajrin, J. dan Kusuma, D.A., 2003, *Aplikasi Bambu Pilinan Sebagai Tulangan Balok Beton*, *Civil Engineering Dimension*, Vol. 5, No. 1, 39–44, March.
- Priosulistyo, HRC, 2000, "Pemamfaatan Limbah Abu Sekam Padi Untuk Peningkatan Mutu Beton", *Kursus Singkat Teknologi Bahan Lokal dan Aplikasinya di Bidang Teknik Sipil. Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gajah Mada*, 22 – 23 Maret 2000. Yogyakarta.
- Purnomo, M., 2002, "Perilaku Mekanika Struktur Portal Bambu untuk Rumah Susun Sederhana", *Tesis*, Universitas Gajah Mada.
- Purnomo, M., 2006, *Buku Ajar Struktur Beton II*, Universitas Negeri Semarang, Semarang.