

PEMANFAATAN TULANGAN DARI BAMBU LAMINASI SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI TULANGAN BAJA PADA PLAT BETON PRACETAK SEDERHANA

Basuki¹, Lilik Riyanti², Muhammad Nur Sahid³

^{1,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil UMS

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil UMS

Email: bsudirman74@gmail.com

Abstrak

Konstruksi beton bertulang sudah sangat dikenal dan banyak digunakan pada bangunan-bangunan teknik sipil seperti bangunan gedung, jembatan, perkerasan jalan, bendung, dan lain-lainnya. Konstruksi ini terdiri atas campuran adukan beton yang diperkuat dengan tulangan baja untuk tujuan memperkuat bagian tarik dari beton sehingga mampu menahan beban yang relative besar. Perlu diketahui bahwa material beton lebih dominan kuat terhadap beban tekan dan sangat rendah kuat tariknya. Tulangan baja merupakan bahan yang mempunyai kekuatan tinggi dalam menahan beban tarik dan mempunyai peran yang sangat penting dalam meningkatkan kekuatan konstruksi beton secara keseluruhan, walaupun di sisi lain harga tulangan baja semakin tinggi saat ini. Untuk konstruksi beton yang menahan beban yang sangat besar, peran tulangan baja masih sulit digantikan oleh bahan alternative lainnya, sedangkan untuk konstruksi sederhana dengan beban yang relative lebih kecil peran ini dapat digantikan oleh bahan-bahan lainnya seperti bambu, kayu ataupun kombinasi dari bahan-bahan ini maupun dengan bahan lainnya seperti kawat galvanis. Bambu sebagai salah satu bahan yang mempunyai kekuatan tarik yang relative agak tinggi dibandingkan dengan kayu jati, meranti dan kayu lainnya dapat dimaksimalkan pemakaiannya sebagai pengganti tulangan baja khususnya pada konstruksi beton sederhana, misalnya plat beton pracetak ataupun balok beton pracetak dengan bentang pendek. Agar kekuatan tulangan pengganti dari bambu ini lebih optimal, maka dapat dilakukan cara memodifikasi tulangan bambu ini yaitu dengan membuat tulangan bambu laminasi, menggabungkan dua bilah bambu pada bagian dalamnya dengan perekat lem kayu yang kuat. Sebuah penelitian laboratorium yang memanfaatkan tulangan dari bambu laminasi pada konstruksi plat beton pracetak ternyata dapat memberikan hasil yang positif, yaitu tulangan bambu laminasi dapat didesain dengan kekuatan yang setara dengan tulangan baja pada plat beton. Kekuatan tulangan bambu laminasi dapat ditingkatkan dengan memasang kawat galvanis yang dipasang menyilang di antara tulangan bambu tersebut. Besarnya peningkatan kekuatan tulangan bambu dalam menahan momen lentur pada plat beton sebanding dengan besarnya diameter kawat galvanis menyilang yang terpasang dan juga luas penampang tulangan bambu laminasi. Kawat galvanis yang dipasang menyilang pada tulangan bamboo laminasi dapat meningkatkan kekuatan plat beton mencapai kisaran (6-16)%. Tulangan bambu laminasi dan kawat galvanis menjadi referensi yang baik untuk penelitian lebih lanjut dalam hal fungsinya menggantikan tulangan baja pada konstruksi beton bertulang sederhana.

Kata kunci : beton, tulangan, baja, bambu, laminasi

Pendahuluan

Konstruksi beton bertulang merupakan bentuk konstruksi bidang teknik sipil yang sudah sangat dikenal saat ini. Perkuatan beton dengan tulangan baja dimaksudkan untuk memberikan peningkatan kekuatan pada beton agar dapat menahan beban yang jauh lebih besar jika dibandingkan dengan tanpa perkuatan tulangan baja tersebut.

Saat ini telah banyak diteliti dan diimplementasikan penggunaan bahan atau material lain sebagai alternative pengganti tulangan baja dengan tujuan untuk mendapatkan penghematan biaya karena harga tulangan baja yang semakin mahal. Salah satu bahan alternative pengganti tulangan baja yang dapat dipergunakan adalah bambu. Bambu yang dibelah dan dibuat menyerupai tulangan baja dapat dirangkai sebagai perkuatan beton yang menggantikan tulangan baja tersebut baik pada konstruksi balok, pelat ataupun kolom. Untuk memaksimalkan peran bambu sebagai pengganti tulangan baja, dapat dilakukan dengan cara yaitu membuat tulangan bamboo laminasi yakni menyatukan dua bilah bamboo pada bagian dalamnya dengan lem kayu sehingga bagian luar tulangan bamboo laminasi berupa kulit bamboo pada kedua sisi luarnya. Kekuatan tulangan bamboo laminasi ini secara teoritis dan pengujian laboratorium mempunyai kekuatan yang lebih besar dibandingkan tulangan bamboo biasa tanpa laminasi. Kekuatan yang lebih besar pada bamboo laminasi ini diharapkan juga dapat meningkatkan kekuatan yang dapat disumbangkan pada saat dipasang pada konstruksi beton.

Penelitian yang telah dilaksanakan dengan menggunakan tulangan bamboo laminasi, yaitu pada balok beton bertulang. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa balok beton bertulang dengan tulangan bamboo laminasi dapat dirancang mempunyai kekuatan yang setara (sebanding) dengan kekuatan balok beton dengan tulangan baja. Berdasarkan hasil tersebut, maka sangat membuka peluang untuk meneliti penggunaan tulangan bamboo laminasi pada konstruksi pelat beton pracetak yang juga dikombinasikan dengan pemakaian kawat galvanis menyilang agar kekuatan yang dihasilkan menjadi lebih besar lagi. Tinjauan penelitian ini adalah membandingkan kekuatan lentur pelat beton bertulangan baja dengan pelat beton bertulangan bamboo laminasi serta pengaruh pemasangan kawat galvanis pada penulangan bamboo laminasi terhadap kekuatan lentur pelat.

Penelitian tentang beton bertulangan bambu laminasi pernah dilakukan oleh Danang Gunawan W. (2014) dengan judul tinjauan kuat lentur balok beton bertulangan bambu laminasi dan balok beton bertulangan baja pada *simpel beam*, kuat lentur beton $f'c = 20$ MPa dengan benda uji berbentuk balok berukuran 15 cm x 15 cm x 150 cm dengan pembanding menggunakan tulangan baja. Dari hasil penelitian yang dilakukan, beton dengan menggunakan tulangan jenis bambu laminasi memberikan kuat lentur yang hampir sama dengan beton tulangan baja. Sedangkan, penelitian yang dilakukan oleh Bandy Setyo S. (2014) dengan judul tinjauan kuat lentur pelat beton bertulangan baja dengan penambahan kawat galvanis yang dipasang secara menyilang, memberikan hasil penelitian bahwa kuat lentur yang terjadi pada masing-masing benda uji dengan penambahan kawat galvanis yang dipasang secara menyilang mengalami peningkatan dibandingkan dengan plat beton bertulangan baja tanpa penambahan kawat galvanis yang dipasang secara menyilang. Sedangkan penelitian yang dilakukan adalah menguji kuat lentur pelat beton bertulangan bambu laminasi dengan penambahan kawat galvanis yang dipasang secara menyilang dan membandingkannya dengan kuat lentur pelat beton bertulangan baja.

Rumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi topik utama dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Besarnya kuat lentur pelat beton bertulangan baja dan pelat beton bertulangan bambu laminasi yang diperkuat dengan kawat galvanis menyilang.
2. Seberapa besar perbedaan antara kuat lentur yang terjadi pada pelat beton bertulangan baja dan bambu laminasi.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan analisis kuat lentur pelat beton bertulangan baja dengan pelat beton bertulangan bambu laminasi.
2. Mengetahui perbedaan kuat lentur pelat beton bertulangan baja dan bambu laminasi.

Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain :
 - a. Semen yang digunakan adalah semen *Portland* dengan merk Tiga Roda.
 - b. Agregat halus (pasir) yang digunakan berasal dari kali Gendol Yogyakarta.
 - c. Agregat kasar (kerikil) yang digunakan berasal dari Wonogiri.
 - d. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Teknik Sipil UMS.
 - e. Tulangan baja yang digunakan diameter 6 mm berasal dari toko bahan bangunan di Surakarta.
 - f. *Bekesting* untuk cetakan pelat beton bertulang digunakan kayu sengon.
 - g. Kawat yang digunakan untuk penambahan kuat lentur ada 3 macam ukuran, yaitu 1.02, 1.29, 1.63 berasal dari toko bahan bangunan di Surakarta.
 - h. Kawat pengikat antar tulangan digunakan kawat bendrat berasal dari toko bahan bangunan di Surakarta.
 - i. Lem yang digunakan untuk merekatkan kedua sisi bambu yaitu lem kayu (Fox), berasal dari toko bahan bangunan di Surakarta.
 - j. Bambu yang digunakan yaitu bambu Ori, berasal dari toko bambu di Surakarta.
 - k. Ukuran bambu yang digunakan yaitu tebal 8 mm, lebar 2 cm, panjang 95 cm (tulangan pokok) dan 45 cm (tulangan bagi).
 - l. Pemasang bambu laminasi bambu dipasang dengan posisi telungkup yaitu bagian luarnya berupa kulit bambu.
 - m. Pelat beton dengan dimensi (100 x 50 x 8) cm.
2. Pengujian di Laboratorium Teknik Sipil UMS, dengan macam pengujiannya :
 - a. Pengujian kuat tekan beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 3 buah.
 - b. Pengujian kuat tarik baja tulangan berdiameter 6 mm.
 - c. Pengujian kuat lentur pelat beton bertulang biasa berukuran 100 x 50 cm dengan tebal 8 cm sebanyak 2 buah.
 - d. Pengujian kuat lentur pelat beton bertulang bambu laminasi berukuran 100 x 50 cm dengan tebal 8 cm sebanyak 2 buah.

- e. Pengujian kuat lentur pelat beton bertulangan bambu laminasi dengan penambahan kawat yang dipasang menyilang dengan ukuran kawat 1.02mm berukuran 100 x 50 cm dengan tebal 8 cm sebanyak 2 buah.
 - f. Pengujian kuat lentur pelat beton bertulangan bambu laminasi dengan penambahan kawat yang dipasang menyilang dengan ukuran kawat 1.29mm berukuran 100 x 50 cm dengan tebal 8 cm sebanyak 2 buah.
 - g. Pengujian kuat lentur pelat beton bertulangan bambu laminasi dengan penambahan kawat yang dipasang menyilang dengan ukuran kawat 1.63mm berukuran 100 x 50 cm dengan tebal 8 cm sebanyak 2 buah.
3. Beton direncanakan dengan mutu kuat tekan (f'_c) sebesar 20 MPa.
 4. Baja tulangan direncanakan dengan mutu sebesar $f_y = 240$ MPa.
 5. Perencanaan campuran adukan beton dengan metode SNI 03-2834-2000
 6. Digunakan Faktor Air Semen (FAS) sebesar 0,5.
 7. Bentuk penampang pelat beton bertulang adalah persegi empat.
 8. Beban yang bekerja pada benda uji adalah beban arah vertikal.
 9. Pengujian dilakukan pada umur 28 hari.

Landasan teori

Kuat Lentur Pelat Beton Bertulang

Suatu pelat beton bertulang menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, maka akan terjadi deformasi lentur didalam pelat tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, tegangan tekan terjadi pada bagian atas dan regangan tarik terjadi di bagian bawah dari penampang, besarnya kuat lentur beton dari benda uji dihitung dengan rumus:

$$\text{Momen lentur pengujian (Mp)} = \frac{1}{4} PL + \frac{1}{8} qL^2 \quad (1)$$

dengan :

P = Beban retak pertama, (kN).

L = Jarak antar tumpuan, (mm).

q = Berat sendiri beton, (kN/mm).

Bambu

Menurut Prawirohatmodjo (1990) Bambu adalah rumput berkayu berbentuk pohon. Bambu adalah tanaman yang termasuk ordo Gramineae, familia Bambuseae. 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 tanpa diikuti pertumbuhan sekunder, sehingga tingginya dapat mencapai 40 m. Silinder batang 77amboos tersebut 8 dipisahkan oleh nodia/ruas, yaitu diafragma-diafragma yang arahnya transversal.

Berdasarkan pertumbuhannya, 77amboos dapat dibedakan dalam dua kelompok besar, yaitu 77amboos simpodial dan 77amboos monopodial. Bambu simpodial tumbuh dalam bentuk rumpun. Bambu simpodial tumbuh di daerah tropis dan 77amboos7777cs. Di Indonesia terdapat lebih dari 13 spesies 77amboos yang biasa digunakan masyarakat untuk struktur bangunan. Dari ketiga belas jenis 77amboos, yang mudah ditemui dan aplikasinya di Indonesia sebagai bahan konstruksi paling banyak adalah:

1. *Gigantochloa Apus* (Bambu apus, bamboo tali)
2. *Dendrocalamus Asper* (Bambu petung)
3. *Bambusa Spinosa Bluemeana* (Bambu ori)
4. *Gigantochloa Verticillite* (Bambu wulung/hitam)

Dalam penelitian ini hanya satu jenis bamboo saja yang digunakan yaitu bamboo Ori dengan kuat tarik bamboo Ori sekitar dua kali tegangan luluh baja.



Gambar 1. Bentuk penulangan pelat dengan bamboo laminasi dan kawat galvanis menyilang



Gambar 2. Perawatan pelat beton uji setelah dicor.



Gambar 3. Pengujian kuat lentur pelat beton

Hasil Penelitian

Tabel 1. . Momen lentur uji maksimal ($M_{\text{lentur uji max.}}$) pelat beton bertulangan baja, bambu laminasi dengan kawat galvanis

Benda Uji		P_{maks} (kN)	q (kN/m)	L (m)	$M_{\text{lentur uji max.}}$ (kN.m)	$M_{\text{lentur uji max.}}$ rata-rata (kN.m)
Pelat beton tulangan baja	1	22	0.889	0.9	5.040	5.175
	2	23.2			5.310	
Pelat beton tulangan bambu	1	24			5.490	5.771
	2	26.5			6.053	
Pelat beton tulangan bambu dan kawat 1.02 mm	1	25.9			5.918	6.154
	2	28			6.390	
Pelat beton tulangan bamboo dan kawat 1.29mm	1	25.4			5.805	6.458
	2	31.2			7.110	
Pelat beton tulangan bamboo dan kawat 1.63mm	1	26.7			6.098	6.705
	2	32.1			7.313	

Dari Tabel 1 di atas hasil pengujian momen lentur maksimal rata-rata pelat beton bertulangan baja biasa didapat 5.175 kN.m. Untuk hasil pengujian momen lentur maksimal rata-rata pelat beton bertulangan bambu laminasi didapat 5.771 kN.m. Untuk hasil pengujian momen lentur maksimal rata-rata pelat beton bertulangan bambu

laminasi dan kawat 1.02 didapat 6.154 kN.m. Untuk hasil pengujian momen lentur maksimal rata-rata pelat beton bertulangan bambu laminasi dan kawat 1.29 didapat 6.458 kN.m sedangkan untuk pelat beton bertulangan bambu laminasi dan kawat 1.63 didapat momen lentur maksimal sebesar 6.705 kN.m.

Dengan melihat hasil uji laboratorium momen lentur maksimal pada pelat beton dengan tulangan bambu laminasi dan kawat didapat hasil yang besar dibandingkan dengan pelat beton bertulangan baja biasa.

Tabel 2. Perbandingan momen lentur uji maksimal rata-rata dan momen lentur analisis pelat beton bertulangan baja, bamboo laminasi dengan kawat galvanis menyilang.

Benda Uji		Momen Lentur Uji Max. rata-rata (kN.m)	Momen Lentur analisis (kN.m)	Selisih Momen lentur (kN.m)	Prosentase Selisih Momen Lentur (%)
Pelat beton tulangan baja	1	5.175	5.444	0.269	5.193
	2				
Pelat beton tulangan bambu	1	5.771	4.301	1.470	28.409
	2				
Pelat beton tulangan bambu dan kawat 1.02 mm	1	6.154	4.398	1.756	33.933
	2				
Pelat beton tulangan bamboo dan kawat 1.29mm	1	6.458	4.360	2.098	40.540
	2				
Pelat beton tulangan bamboo dan kawat 1.63mm	1	6.705	4.432	2.273	43.921
	2				

Dari Tabel 2 di atas hasil analisis teoritis momen lentur maksimal pelat beton bertulangan baja biasa didapat 5.444 kN.m. Untuk hasil analisis teoritis momen lentur maksimal pelat beton bertulangan bambu laminasi didapat 4.301 kN.m. Untuk hasil analisis teoritis momen lentur maksimal pelat beton dengan tulangan bambu laminasi dan kawat 1.02 didapat 4.398 kN.m. Untuk hasil analisis teoritis momen lentur maksimal pelat beton bertulangan bambu laminasi dan kawat 1.29 didapat 4.360 kN.m. sedangkan untuk hasil analisis teoritis momen lentur maksimal pelat beton bertulangan bambu laminasi dan kawat 1.63 didapat 4.432 kN.m.

Dengan melihat hasil analisis teoritis momen lentur maksimal pada pelat beton bertulangan bambu laminasi dan kawat berpengaruh rendah terhadap momen lentur pelat.

3. Selisih hasil momen lentur pengujian dan momen lentur analisis

Tabel 3. Prosentase selisih momen lentur uji maksimal pada Pelat beton bertulangan Baja dan pelat beton bertulangan bamboo laminasi dengan kawat galvanis menyilang.

Benda Uji	Momen lentur uji max. rata-rata (kN.m)	Selisih Momen Lentur (kN.m)	Prosentase selisih momen lentur (%)
Pelat beton bertulangan baja	5.175	0	0
Pelat beton bertulangan bamboo laminasi	5.771	0.596	11.522
Pelat beton bertulangan bamboo laminasi dengan kawat 1.02mm	6.154	0.979	18.913
Pelat beton bertulangan bamboo laminasi dengan kawat 1.29mm	6.458	1.283	24.782
Pelat beton bertulangan bamboo laminasi dengan kawat 1.63mm	6.705	1.530	29.565

Dari tabel 3 di atas prosentase selisih antara pelat beton bertulangan baja dan bambu laminasi sebesar 11.522 %. Untuk tulangan baja dan bambu laminasi yang diperkuat dengan kawat galvanis 1.02 sebesar 18.913 %. Untuk tulangan baja dan bambu laminasi dengan kawat galvanis 1.29 sebesar 24.782 %. Untuk tulangan baja dan bambu laminasi dengan kawat galvanis 1.63 sebesar 29.565 %.

Penulangan pelat beton bertulangan bambu laminasi dan bambu laminasi diperkuat dengan kawat galvanis yang dipasang secara menyilang dapat menyamai (setara) dengan penulangan menggunakan baja. Hal ini dikarenakan kawat galvanis yang semakin besar sebanding dengan peningkatan momen lentur maskimal uji. Hasil uji ini

menunjukkan bahwa tulangan bambu laminasi dan bambu laminasi yang diperkuat dengan kawat galvanis dapat menjadi alternatif pengganti tulangan baja pada pelat beton.

Kesimpulan Dan Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besarnya Momen lentur maksimal pada pelat beton berdasarkan hasil pengujian.
 - a. Pelat beton bertulangan baja biasa sebesar 5.175 kN.m.
 - b. Pelat beton bertulangan bambu laminasi sebesar 5.771 kN.m.
 - c. Pelat beton bertulangan bambu laminasi dengan penambahan kawat ϕ 1.02 mm sebesar 6.154 kN.m.
 - d. Pelat beton bertulangan bambu laminasi dengan penambahan kawat ϕ 1.29 mm sebesar 6.458 kN.m.
 - e. Pelat beton bertulangan bambu laminasi dengan penambahan kawat ϕ 1.63 mm sebesar 6.705 kN.m.
2. Prosentase selisih momen lentur pada pelat beton bertulangan baja dengan pelat beton bertulangan bambu laminasi.
 - a. Kuat lentur pelat beton bertulangan baja yang didapat sebesar 5.175 kN.m.
 - b. Kuat lentur pelat beton bertulangan bambu laminasi mengakibatkan kapasitas secara pengujian sebesar 5.771 kN.m, hal ini menunjukkan kenaikan 11.522 %.
 - c. Kuat lentur pelat beton bertulangan bambu laminasi yang diperkuat dengan kawat 1.02 mengakibatkan kapasitas secara pengujian sebesar 6.154 kN.m, hal ini menunjukkan peningkatan sebesar 18.913 %.
 - d. Kuat lentur pelat beton bertulangan bambu laminasi yang diperkuat dengan kawat 1.29 mengakibatkan kapasitas secara pengujian sebesar 6.458 kN.m, hal ini menunjukkan peningkatan sebesar 24.782 %.
 - e. Kuat lentur pelat beton bertulangan bambu laminasi yang diperkuat dengan kawat 1.63 mengakibatkan kapasitas secara pengujian sebesar 6.705 kN.m, hal ini menunjukkan peningkatan sebesar 29.565 %.
3. Kawat galvanis menyilang dapat meningkatkan kekuatan momen lentur pada pelat beton dengan tulangan bamboo laminasi sebesar (6-16)%.
4. Tulangan bambu laminasi dan kawat galvanis dapat menjadi alternatif pengganti tulangan baja pada pelat beton.

Pustaka

- Anonim., 1984. *Penyelidikan Bambu Untuk Tulangan Beton*, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Arianto., 2013. "Kajian Kuat Lentur Pelat Bertulang Biasa Dan Pelat Beton Bertulang Kayu Dan Bambu Pada Tumpuan Sederhana ", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta (Tidak dipublikasikan).
- Asroni, A., 1997. *Struktur Beton I (Balok dan Plat Beton Bertulang)*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Asroni, A., 2001. *Struktur Beton Lanjut*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Danang Gunawan W. (2014). *Tinjauan kuat lentur balok beton bertulangan bambu laminasi dan balok beton bertulangan baja pada simpel beam*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1971. "Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1971. "Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Morisco, 1999. "Rekayasa Bambu", Nafiri, Offset, Yogyakarta.
- Mulyono, T., 2005. *Teknologi Beton*, C.V. Andi Offset, Yogyakarta.
- Prawirohatmojo, 1990. "Sari Hasil Penelitian Bambu", Penerbit Dani, Yogyakarta.
- Surjokusumo, S. dan Nugroho, N., 1993. *Studi Penggunaan bambu Sebagai Bahan Tulangan Beton, Laporan Penelitian*, Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Tjokrodimulyo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta