

**UJI TARIK DAN PENGARUH VARIASI POLA PILINAN BAMBU
TERHADAP KUAT LEKAT BALOK BETON**

NASKAH PUBLIKASI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MARIA VERONIKA JAHURANTO

NIM. 135060101111053

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2017

Uji Tarik dan Pengaruh Variasi Pola Pilinan Bambu terhadap Kuat Lekat Balok Beton

Tensile Test and Effects of Variation of Knitted Bamboo on The Bonding Stress of Concrete Beam

Maria Veronika Jahuranto, Devi Nuralinah, Alwafi Pujiraharjo

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan Mayjen Haryono 167 Malang 65145 - Telp (0341)567886
Email : inkaveronika071195@gmail.com

ABSTRAK

Morisco (1999) menyelidiki bahwa bambu dapat digunakan sebagai pengganti tulangan baja karena mempunyai kekuatan tarik yang tinggi mendekati baja struktur. Bambu memiliki kelemahan yaitu pada sifat kembang susutnya karena sifatnya yang higroskopis yang menyebabkan berkurangnya kuat lekat dengan beton sehingga sangat rentan terjadi slip. Untuk itu bambu perlu diberikan perlakuan khusus untuk meningkatkan daya lekat antara tulangan dengan beton dengan cara dipilin. Pada penelitian ini akan diteliti lebih lanjut tentang kuat tarik bambu dan pengaruh variasi pola pilinan terhadap kuat lekat beton bertulangan bambu. Dicoba 3 pola pilinan untuk mengetahui pola pilinan mana yang dapat memberikan kuat lekat terbaik. Sebagai kontrol digunakan tulangan bambu polos berukuran 0,7cm x 0,7 cm.

Hasil pengujian hasil kuat tarik bambu sebesar 48,90 Mpa dan berdasarkan hasil pengujian pull out bambu didapatkan hasil kuat lekat bambu sebesar 1,18 MPa yang berasal dari tulangan bambu polos. Pada tulangan bambu pilin didapatkan tegangan tarik maksimum sebesar 85,85 Mpa yang berasal dari pola 1. Tulangan bambu pilin belum memperlihatkan perilaku cabut saat pengujian pull out sehingga belum dapat diketahui besarnya lekatan antara bambu pilin dengan beton. Namun, lekatan antara tulangan bambu pilin dengan beton yang terjadi cukup bagus jika dilihat dari mutu beton yang melebihi rencana. Dimana pada beton dengan mutu diatas rencana tulangan tidak mengalami pergeseran atau tercabut saat dilakukan uji *pull out* karena adanya ikatan yang kuat antara beton dengan tulangan bambu pilin.

Kata Kunci: Bambu Pilin, Uji Tarik, Uji Pull Out, Kuat Tarik, Kuat Lekat.

ABSTRACT

Morisco (1999) investigated that bamboo can be used as a substitute for steel reinforcement because it has a high tensile strength approaching the steel structure. Bamboo has a weakness in the development of shrinkage because its hygroscopic nature causes a strong decrease that attached to the concrete so it is very susceptible to slip. Hence, special treatment on bamboo to increase the adhesiveness between reinforcement with concrete by way of twisted. Is needed the tensile strength of bamboo and the effect of variation of knitted bambu on the bonding strength of concrete beam. There are 3 patterns of knitted bamboo to knows which pattern have the best bonding stress. As a control, plain bamboo reinforcement which size 0.7cm x 0.7 cm was used.

The result of tensile strength test bamboo shows that is 48,90 Mpa and pull out test result, the obtained bonding stress bamboo is 1.18 MPa from plain bamboo reinforcement. In knitted bamboo reinforcement, the maximum tensile strength 85.85 Mpa is obtained from the pattern 1. The bamboo reinforcement curve has not shown the pull behavior on the pull out test, so the influence of variation of knitted pattern to bonding stress of bamboo can not be seen. However, the bonding between bamboo reinforcement and concrete is quite good when viewed from the quality of concrete that exceeds the design. Where on the concrete with the quality exceeds the design of reinforcement, doesn't have a shift or pulled out when carried out pull out test because of the strong bond between the concrete with knitted bamboo reinforcement.

Keywords: Knitted Bamboo, Pull Test, Pull Out Test, Bonding Stress, Tensile Stress.

1. PENDAHULUAN

Secara umum, beton merupakan material utama dalam sebuah konstruksi bangunan yang terdiri dari campuran semen, pasir dan agregat. Beton dipilih sebagai material utama karena memiliki kuat tekan yang besar, namun memiliki kelemahan yaitu beton memiliki kuat tarik yang lemah. Sehingga, dibutuhkan tulangan tarik yang berasal dari baja untuk menahan kuat tarik yang terjadi. Baja digunakan sebagai tulangan karena memiliki kuat leleh yang tinggi. Namun, akibat semakin meningkatnya permintaan tulangan baja berdampak pada harga dari tulangan baja yang semakin mahal. Selain memiliki harga yang relatif tinggi baja merupakan material yang tidak dapat diperbaharui karena menggunakan bahan tambang untuk pembuatannya dan juga tidak ramah lingkungan. Sehingga dibutuhkan inovasi material pengganti baja yang memiliki kuat tarik yang menyerupai baja dengan harga yang murah dan ramah lingkungan. Morisco (1999) menyelidiki bahwa bambu dapat digunakan sebagai pengganti baja tulangan yang mempunyai kekuatan tarik yang tinggi mendekati kekuatan baja struktur.

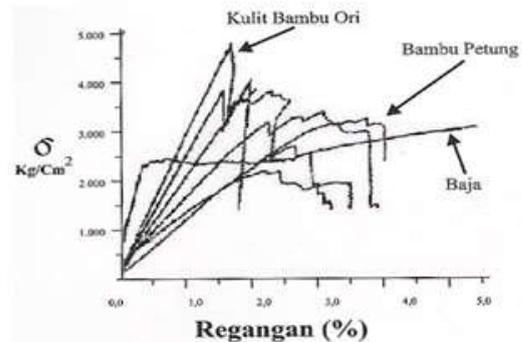
Bambu merupakan material yang murah dan ramah lingkungan. Selain itu bambu ketersediaannya masih sangat melimpah di alam khususnya di Indonesia. bambu memiliki kuat tarik tinggi dimana untuk beberapa jenis bambu memiliki kuat tarik yang hampir sama dengan baja. Sebelum diaplikasikan untuk beton bertulang perlu dikaji lebih lanjut terutama kuat lekat antara beton dengan tulangan bambu. Bambu memiliki kelemahan yaitu pada sifat kembang susutnya karena sifatnya yang higroskopis yang menyebabkan berkurangnya kuat lekat dengan beton sehingga sangat rentan terjadi slip. Untuk itu bambu perlu diberikan perlakuan khusus untuk meningkatkan daya lekat antara tulangan dengan beton.

Pada penelitian ini akan diteliti lebih lanjut tentang pengaruh variasi pola pilinan terhadap kuat lekat beton bertulangan bambu. Bambu yang sudah dipilin diharapkan dapat meningkatkan kuat lekat dimana berdasarkan penelitian sebelumnya dijelaskan, setelah bambu dipilin untaiannya akan terisi oleh beton yang dapat menambah kuat lekat dari beton tersebut. Penelitian ini akan menggunakan 3 variasi pola rajutan yang akan digunakan untuk *pull out test* di laboratorium. Sehingga dari 3 variasi pilinan didapatkan pola pilinan mana yang menghasilkan kuat lekat terbaik untuk selanjutnya diteruskan pada uji lentur.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Berbagai penelitian telah dilakukan mengenai bambu terutama penggunaannya sebagai tulangan untuk pengganti tulangan baja. Dalam penelitian tersebut dapat dibuktikan bahwa tulangan bambu memiliki kekuatan yang hampir sama dengan baja dan cocok digunakan sebagai pengganti tulangan

baja untuk beton bertulang. Surjokusumo dan Nugroho tahun 1993 membuktikan bahwa bambu dapat digunakan sebagai tulangan beton bertulang. Bambu dapat digunakan sebagai pengganti tulangan baja karena memiliki kekuatan tarik tinggi yang mendekati baja struktur (Morisco, 1999). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 1. Diagram tegangan-regangan bambu dan baja

Sumber : Morisco (1999)

Kuat tarik rata-rata bambu petung bagian pangkal yang tertinggi pada bambu dewasa dan terendah pada bambu muda. Kuat tarik bambu petung bagian pangkal akan meningkat dari umur muda ke umur dewasa dan menurun pada umur tua (Sidik Mustafa, 2005). Kekuatan tarik rata-rata dalam keadaan kering oven bambu petung adalah 1900 kg/cm² (tanpa nodia) dan 1160 kg/cm² (dengan nodia). Ditinjau dari posisi potongan bambu, kekuatan tarik rata-rata bambu petung pada bagian pangkal 2278 kg/cm², bagian tengah 1770 kg/cm² dan bagian ujung 2080 kg/cm² (Morisco, 1999). Patturrahman dan Kusuma (2003) melakukan penelitian tentang “Aplikasi Bambu Pilinan Sebagai Tulangan Balok Beton” menyatakan bahwa bambu memiliki peluang untuk digunakan sebagai tulangan balok beton, khususnya untuk struktur sederhana. Khosrow Gavami (2004) juga menyatakan bahwa tulangan bambu dapat menggantikan tulangan baja dan telah diterapkan di dalam beberapa konstruksi bangunan sederhana.

Namun perlu ditinjau kembali mengenai sifat bambu yaitu higroskopis dimana dapat mempengaruhi kembang susut bambu yang akan mengakibatkan berkurangnya lekatan antara beton dan tulangan bambu. Untuk itu diperlukan zat pelapis yang dapat menutupi rongga pada batang bambu agar kembang susut dapat dicegah. Percobaan kuat lekat yang dilakukan pada bambu menghasilkan ikatan antara tulangan bambu dengan beton terbaik setelah diberikan zat pelapis sikadur 32 dibandingkan tanpa diberikan zat pelapis (Agarwal Atul, 2014). Abdul Rochman (2005) melakukan penelitian yang berjudul “Peningkatan Kinerja Tulangan Bambu Pada Balok Beton Bertulang Dengan Cara Perbaikan Kuat Lekat”.

Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perbaikan kuat lekat setelah bambu divernis dan dipilin. Hasil penelitian membuktikan bahwa kinerja tulangan bambu pada balok beton meningkat cukup signifikan setelah diberikan perbaikan kuat lekat. Agostinho Francisco Pinto (2016) melakukan penelitian yang berjudul “Aplikasi Rajutan Bambu Sebagai Tulangan Balok Beton”. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi tulangan bambu untuk meningkatkan kapasitas dari balok dengan cara merajut tulangan bambu menjadi satu kesatuan tulangan. Dan menyatakan adanya peningkatan kapasitas lentur maksimum dan berkurangnya lendutan untuk beton dengan tulangan bambu yang dirajut.

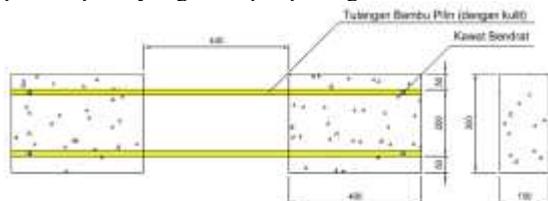
3. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Brawijaya Malang. Benda uji tarik yang digunakan merupakan bilah bambu petung dengan kulit dengan 2 buah variasi yaitu dengan buku dan tanpa buku. Pengujian tarik dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine (UTM)* dengan model pembebanan seperti yang tertera pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengujian Tarik

Balok bertulangan bambu yang digunakan dalam pengujian *pull out* berukuran 40 cm x 15 cm x 30 cm yang dibenamkan dua buah tulangan bambu pilin seperti yang terdapat pada gambar 3.



Gambar 3. Skema Benda Uji *Pull Out*

Tabel 1 menunjukkan variasi dari benda uji pull out. Dengan variasi sampel 3 buah pola pilinan ukuran 0,4 cm x 0,4 cm masing-masing batang untuk pola 1 dan 3 sedangkan untuk pola 2 ukuran 0,4 cm x 0,4 cm sebanyak 2 buah dan 1 buah yang di tengah berukuran 0,5 cm x 0,5 cm. Pola 1 dipilin menyerupai kepong rambut, pola 2 dipilin dengan

cara 2 buah tulangan 0,4 x 0,4 cm mengikat tulangan berukuran 0,5, dan pola 3 tulangan dipilin dengan cara dipuntir. Digunakan tulangan bambu polos berukuran 0,7 cm x 0,7 cm sebagai tulangan kontrol. Setiap pola pilinan terdiri dari 3 batang bambu sepanjang 124 cm. Gambar 4 sampai 6 menunjukkan variasi pola pilinan yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Faktor Benda Uji *Pull Out*

Faktor	Taraf/Level	Keterangan
A (Pola Pilinan)	A ₀	Tanpa pilinan
	A ₁	Pola 1
	A ₂	Pola 2
	A ₃	Pola 3
B (Pelapis)	B ₁	Sikadur



Gambar 4. Pola Pilinan 1

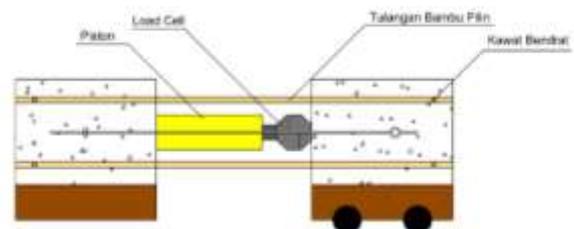


Gambar 5. Pola Pilinan 2



Gambar 6. Pola Pilinan 3

Pemberian beban dilakukan menggunakan loadcell yang ditempatkan diantara 2 buah balok beton. Beban akan diberikan sampai mencapai beban maksimum yang menyebabkan benda uji runtuh runtuh. Gambar 7 menunjukkan skema pengujian pull out.



Gambar 7. Skema Pengujian *Pull Out*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan setelah persiapan benda uji yaitu berupa perendaman NaOH dan perampingan daerah luasan tarik bambu. Hasil dari pengujian tarik merupakan Pmaks yang menyebabkan bambu terputus. Hasil tegangan tarik ditunjukkan dalam Tabel 2. Dan hasil regangan bambu ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Tegangan Tarik Bambu

Benda Uji	Dimensi			Pmaks (kN)	Tegangan (MPa)
	b (cm)	t (cm)	L ₀ (cm)		
BK-1	1,83	1,341	5,05	12	48,90
BK-2	1,55	1,25	5	11	56,77
BK-3	1,9	1,4	4,87	10	37,59
BK-4	1,80	1,27	5,5	11	48,21
BK-5	1,80	1,27	5,3	12,5	54,78
TBK-1	1,64	1,067	5,1	7,5	42,96
TBK-2	1,57	1,01	4,8	8,5	53,72
TBK-3	1,57	1,03	5,3	10,5	65,07
TBK-6	1,5	1,2	5	8,5	47,22
TBK-7	1,22	1	5	8	65,57

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 3. Regangan Bambu

Benda Uji	Dimensi			ΔL (cm)	Regangan maks
	b (cm)	t (cm)	L ₀ (cm)		
BK-1	1,83	1,34	5,05	2	0,40
BK-2	1,55	1,25	5	12	2,40
BK-3	1,9	1,4	4,87	1	0,21
BK-4	1,80	1,27	5,5	1,6	0,29
BK-5	1,80	1,27	5,3	1,7	0,32
TBK-1	1,64	1,07	5,1	1	0,20
TBK-2	1,57	1,01	4,8	1,1	0,23
TBK-3	1,57	1,03	5,3	1,35	0,26
TBK-6	1,5	1,2	5	0,8	0,16
TBK-7	1,22	1	5	1,1	0,22

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

BK = Dengan buku dan dengan kulit

TBK = Tanpa Buku dan dengan kulit

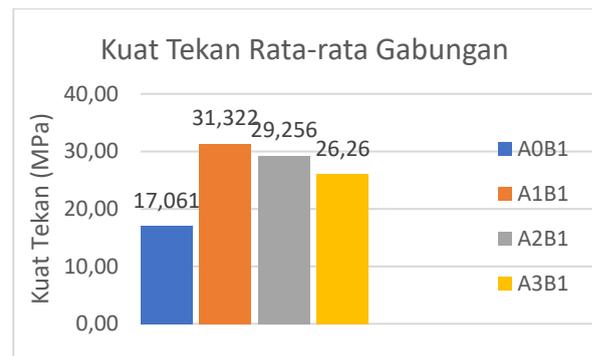
Berdasarkan 10 sampel yang digunakan dalam pengujian tarik, 9 dari 10 benda uji mengalami slip pada daerah yang dijepit sehingga tidak mencapai kondisi putus. Benda uji yang berhasil mengalami putus saat pengujian tarik yaitu BK-1 dengan Pmaks = 12 kN. Sehingga tegangan leleh bambu nilainya akan sama dengan tegangan putus bambu dengan $f_y = 48,90$ MPa.

4.2 Pengujian Tekan

Benda uji silinder diuji setelah umur beton 10 hari setara dengan umur beton 28 hari karena adanya penambahan *admixture*. Hasil pengujian kuat tekan beton ditampilkan pada Tabel 4 dan Gambar 8. Pengujian kuat tekan beton silinder mutu beton rencana 20 MPa menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 25,93 MPa.

Tabel 4. Pengujian Tekan

No	Nama	P (N)	A (mm ²)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata
1	A3B1 1	418000	17671,46	23,65	26,06
2	A3B1 2	510000	17671,46	28,86	
3	A2B1 2	531000	17671,46	30,05	29,26
4	A2B1 1	503000	17671,46	28,46	
5	A1B1 1	531000	17671,46	30,05	31,32
6	A1B1 2	576000	17671,46	32,60	
7	A0B1 1	418000	17671,46	23,65	17,06
8	A0B1 2	185000	17671,46	10,47	
				Rata-Rata	25,97



Gambar 8. Kuat Tekan Rata-rata

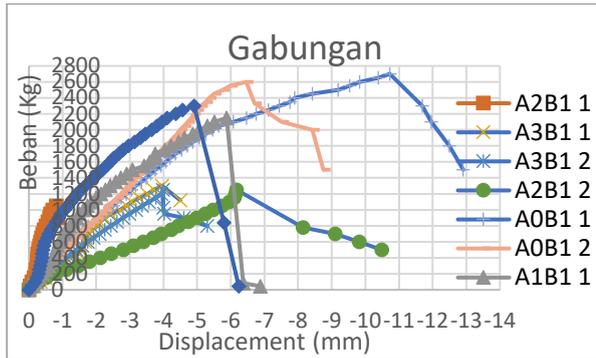
4.3 Pengujian Pull Out

Pengujian *pull out* digunakan untuk mencari nilai beban maksimum yang dapat ditahan akibat lekatan antara tulangan bambu pilin terhadap beton. Nilai beban maksimum yang didapat digunakan untuk menghitung tegangan lekat yang dimiliki oleh tulangan bambu pilin seperti yang terdapat pada Tabel 5 dan Gambar 9.

Tabel 4. Beban Maksimum Pengujian Pull Out

Benda Uji	ke-	Pmaks Pull Out (kg)
A ₀ B ₁	1	2700
	2	2600
A ₁ B ₁	1	2300
	2	2150
A ₂ B ₁	1	1050
	2	1250
A ₃ B ₂	1	1300
	2	1250

Sumber: Hasil Percobaan



Gambar 9. Grafik Kenaikan Beban dan Perpindahan

4.4 Analisis Pola Keruntuhan Tulangan Bambu Pilin

Pada penelitian kali ini berdasarkan pengujian pull out yang dilakukan, 6 dari 8 benda uji mengalami keruntuhan tarik. 6 diantaranya merupakan tulangan bambu pilin dan 2 yang mengalami keruntuhan cabut merupakan tulangan tanpa pilinan yang dijadikan sebagai kontrol. Yang terdapat pada Gambar 9 dan Gambar 10. Sehingga pada tulangan bambu pilin tidak dapat diketahui tegangan lekat yang terjadi, namun dapat dicari tegangan tarik yang menyebabkan tulangan runtuh.



Gambar 10. Pola Keruntuhan Tarik



Gambar 11. Pola Keruntuhan Cabut

4.5 Perhitungan Pmaks dan Tegangan pada Bambu

Berdasarkan pola keruntuhan tulangan, tulangan bambu tanpa pilinan yang dapat dihitung

tegangan lekat yang terjadi, sedangkan pada 6 tulangan bambu pilin yang keruntuhan tarik dapat dihitung tegangan tarik yang terjadi. Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan Tegangan Lekat dan Tegangan Tarik yang terjadi.

Tabel 6. Tegangan Lekat

Benda Uji	ke-	Pmaks (kg)	Pmaks Rata-Rata (kg)	Tegangan Lekat (kg/cm ²)	Tegangan Lekat (MPa)
A ₀ B ₁	1	1350	1325	11,83	1,18
	2	1300			

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 7. Tegangan Tarik

Benda Uji	ke-	Pmaks (kg)	Pmaks Rata-Rata (kg)	Kuat Tarik (kg/cm ²)	Kuat Tarik (MPa)
A ₁ B ₁	1	1150	1112,5	858,41	85,84
	2	1075			
a ₂ b ₁	1	525	575	443,67	44,37
	2	625			
A ₃ B ₁	1	650	637,5	491,90	49,19
	2	625			

Sumber: Hasil Perhitungan

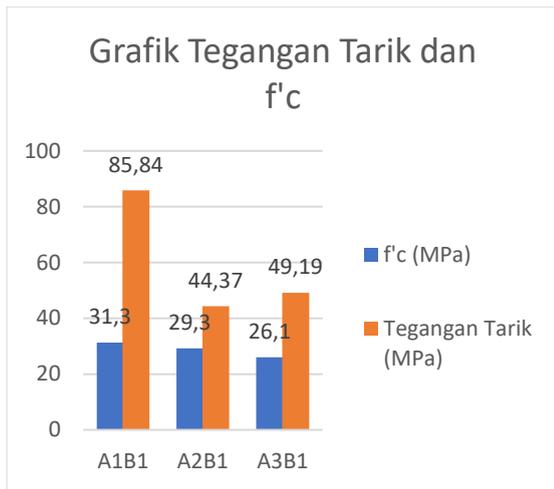
4.6 Pengaruh Variasi Pola Pilinan terhadap Hasil Pengujian Pull Out

Pada hasil pengujian pull out didapatkan hasil gaya cabut rata-rata maksimum sebesar 1325 kg. Gaya cabut rata-rata maksimum berasal dari tulangan bambu tanpa dipilin yang merupakan tulangan balok kontrol. Tulangan yang digunakan dalam balok kontrol merupakan tulangan bambu polos berukuran 0,7 cm x 0,7 cm. Untuk variasi pilinan Pmaks terbesar berasal dari pola 1 yang berbentuk seperti kepangan rambut yaitu sebesar 1112,5 kg.

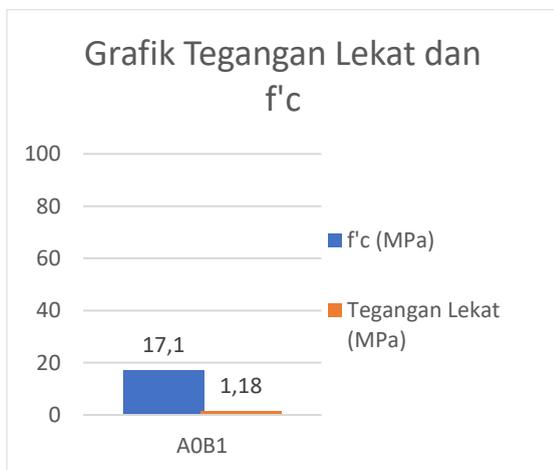
Berdasarkan hasil pengujian pull out, tulangan bambu pilin mengalami keruntuhan tarik sedangkan tulangan bambu tanpa dipilin mengalami keruntuhan cabut. Hal itu menunjukkan tulangan bambu tanpa dipilin yang dapat diketahui lekatannya dan untuk tulangan bambu pilin tegangan lekat belum dapat diketahui, namun dapat dicari tegangan tarik yang terjadi. Sehingga pengaruh variasi pola pilinan terhadap kuat lekat beton bertulangan bambu belum dapat terlihat karena tulangan bambu pilin mengalami keruntuhan tarik.

4.7 Pengaruh Kuat Tekan Beton terhadap Hasil Pengujian Pull Out

Kuat tekan beton yang dihasilkan berpengaruh terhadap kualitas benda uji yang dihasilkan. Besarnya nilai kuat tekan beton mewakili besar kuat tekan benda uji pull out. Semakin tinggi mutu beton yang dihasilkan semakin baik pula kualitas benda uji pull out. Gambar 12 dan Gambar 13 menunjukkan hubungan antara kuat tekan dan besarnya tegangan yang dihasilkan yang dihasilkan.



Gambar 12. Grafik Tegangan Tarik dan f'c



Gambar 13. Grafik Tegangan Lekat dan f'c

Tulangan bambu tanpa dipilin memiliki kuat lekat sebesar 1,18 MPa dan pada tulangan bambu pilin kuat tarik maksimum sebesar 84,85 MPa. Berdasarkan nilai kuat tekan, benda uji yang memiliki nilai kuat tekan yang tinggi akan mengalami keruntuhan tarik yaitu pada tulangan bambu pilin, sedangkan untuk tulangan bambu pilin yang memiliki f'c dibawah 20 Mpa mengalami keruntuhan cabut. Terlihat bahwa semakin bagus kualitas beton semakin baik pula ikatan yang terjadi antara tulangan dengan beton, khususnya tulangan bambu. Selain itu dengan diberikan variasi pola pilinan untaian dari bambu pilin akan menambah kekasaran dari bambu sehingga semakin berlambah lekatannya. Namun, besar dari nilai lekatan pada bambu pilin tidak dapat diketahui karena jika tulangan mengalami keruntuhan tarik, maka lekatannya tidak dapat diketahui. Sehingga, pada tulangan bambu pilin lekatan yang terjadi antara bambu dengan beton dapat dikatakan cukup bagus karena beton memiliki kualitas yang bagus yang menyebabkan tulangan bambu tidak mengalami pergeseran atau tercabut saat dilakukan uji *pull out*.

4.8 Regangan Bambu Pilin

Regangan merupakan perbandingan dari pertambahan panjang yang terjadi pada tulangan akibat pemberian beban dan panjang total dari tulangan bambu yang diuji. Tulangan bambu dalam penelitian ini memiliki panjang 1240 mm. Nilai dari regangan bambu pilin ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Regangan Bambu Pilin

Benda Uji	ke-	Pmaks Rata-Rata (kg)	Regangan (ε)	Regangan Rata-Rata
A ₀ B ₁	1	1325	0,009	0,007
	2		0,005	
A ₁ B ₁	1	1112,5	0,002	0,003
	2		0,005	
A ₂ B ₁	1	575	0,001	0,003
	2		0,005	
A ₃ B ₁	1	637,5	0,003	0,003
	2		0,003	

Sumber: Hasil Pehitungan

4.9 Perhitungan ΔL Teoritis

Perhitungan ΔL teoritis bertujuan untuk mengetahui pertambahan panjang yang terjadi pada bambu berdasarkan perhitungan teoritis. P yang digunakan berasal dari Pmaks bambu yang dihasilkan dari pengujian *pull out*. Modulus elastisitas yang digunakan merupakan modulus elastisitas bambu petung berdasarkan penelitian Sidik Mustafa (Universitas Gajah Mada) yaitu sebesar 4719,13 MPa. Dengan panjang awal (L₀) = 1240 mm dan luasan bambu pilin (A) sebesar 129,6 mm². Tabel 9 menunjukkan perhitungan ΔL teoritis serta perbandingannya dengan ΔL hasil pengujian *pull out*.

Tabel 9. Perhitungan ΔL Teoritis

No	Benda Uji	Pmaks (N)	ΔL Teoritis (mm)	ΔL Aktual (mm)	Selisih (%)
1	A0B1 1	13500	27,37	10,73	60,80
2	A0B1 2	13000	26,36	6,46	75,49
3	A1B1 1	11500	23,32	4,91	78,94
4	A1B1 2	10750	21,80	5,87	73,07
5	A2B1 1	5250	10,64	0,81	92,39
6	A2B1 2	6250	12,67	6,17	51,31
7	A3B1 1	6500	13,18	3,95	70,03
8	A3B1 2	6250	12,67	3,98	68,59

Sumber: Hasil Perhitungan

Pada perhitungan ΔL teoritis menunjukkan semakin besar Pmaks maka semakin besar pula perpindahan yang terjadi. Namun, pada kenyataannya perhitungan teoritis dan aktual berbeda. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya rongga udara dalam beton yang dapat mempengaruhi besarnya nilai modulus elastis aktual

balok tersebut. Selain itu adanya efek pilinan yang menambah gesekan antara tulangan dengan bambu yang bisa menambah gesekan antara beton dengan tulangan sehingga perpindahan yang terjadi juga kecil. Oleh karena itu, perhitungan teoritis hanya digunakan sebagai perhitungan pendekatan dari perencanaan yang ada di lapangan.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian tarik didapatkan kuat tarik sebesar 48,90 MPa. Tegangan tarik dapat diperoleh ketika tulangan bambu mengalami putus pada saat diberikan beban Sembilan dari sepuluh sampel benda uji tarik yang dalam pengujian tarik mengalami slip pada daerah yang dijepit *Universal Testing Machine* (UTM). Sehingga hasil kuat tarik optimum didapat berdasarkan satu sampel yang terputus. Hasil tersebut diperoleh pada sampel bambu dengan kulit dengan ruas.
2. Berdasarkan hasil pengujian *pull out* bambu pilin untuk 3 variasi pola pilinan dan tulangan bambu tanpa dipilin sebagai kontrol didapatkan Pmaks rata-rata terbesar untuk tulangan bambu pilin pada pola 1 (kebang rambut) sebesar 1112,5 kg untuk satu buah tulangan. Untuk tulangan balok kontrol didapatkan Pmaks rata-rata sebesar 1325 kg per satu buah tulangan.
3. Kuat lekat dari tulangan bambu akan berbanding lurus dengan gaya cabut yang diperoleh dari pengujian. Kuat lekat bambu dapat dicari ketika tulangan terputus saat dilakukan pengujian *pull out*. Enam dari delapan sampel yang dilakukan pengujian tidak terjadi pergeseran atau tercabut melainkan langsung putus ketika mencapai beban maksimum. Keruntuhan tarik berasal dari enam sampel bambu pilin sedangkan dua sampel tulangan tanpa dipilin yang digunakan sebagai kontrol tercabut saat dilakukan pengujian. Sehingga untuk tulangan bambu pilin kuat lekatnya belum dapat diketahui, namun dapat dicari tegangan tarik yang terjadi. Untuk tulangan balok kontrol tanpa pilinan didapatkan hasil tegangan lekat sebesar 1,18 MPa. Untuk tulangan bambu pilin didapatkan kuat tarik maksimum sebesar 84,85 MPa untuk pola 1 (kebang rambut).
4. Pengaruh variasi pola pilinan terhadap kuat lekat beton bertulangan bambu belum dapat ditentukan karena terjadi keruntuhan tarik pada benda uji bambu pilin. Tegangan lekat dapat dicari jika tulangan mengalami kegagalan cabut atau mengalami pergeseran akibat berkurangnya ikatan antara beton dengan

tulangan karena adanya pemberian beban. Sehingga, lekatan antara tulangan bambu pilin dengan beton cukup bagus karena adanya pengaruh mutu beton yang melebihi rencana yang menyebabkan tulangan tidak mengalami pergeseran atau tercabut saat dilakukan uji *pull out* karena adanya ikatan yang kuat antara beton dengan tulangan bambu pilin.

5.2 Saran

Selama melaksanakan penelitian, banyak dijumpai kendala baik selama pembuatan maupun pengujian untuk itu diperlukan saran bagi peneliti selanjutnya untuk menunjang penelitian dimasa yang akan datang, antara lain sebagai berikut:

1. Pemberian perlakuan khusus pada benda uji tarik yang akan diuji pada mesin *Universal Test Machine* (UTM), yaitu lebih diperhatikan lagi daerah bambu yang akan dijepit dengan alat sehingga tidak terjadi selip pada saat pengujian.
2. Teknik pemilinan bambu lebih diperhatikan lagi karena dalam satu buah bilah bambu pasti terdapat buku (nodia), bisa diupayakan agar dalam satu buah tulangan buku (nodia) tidak bertemu pada satu tempat sehingga tidak mengurangi kekuatan bambu yang dihasilkan.
3. Mengubah mutu beton yang direncanakan (diturunkan) agar pada saat *pengujian pull out* tulangan bambu dapat tercabut tidak putus.
4. Pematatan benda uji pada saat pengecoran lebih diperhatikan agar beton dapat tercampur secara merata sehingga tidak terdapat rongga-rongga pada sisi beton yang dapat mengurangi mutu beton.
5. Perawatan beton yang dilaksanakan secara periodik harus dilakukan semaksimal mungkin agar tidak terjadi penguapan pada beton.
6. Metode pelaksanaan lebih diperhatikan untuk mengurangi kesalahan (*human error*) dalam penelitian sehingga tidak berpengaruh pada hasil penelitian.
7. Memperhatikan dan mempelajari prosedur kerja dan kinerja alat yang digunakan dalam penelitian. Sehingga kesalahan dalam penelitian dapat diminimalisir.
8. Perlunya penambahan sampel per variasi benda uji untuk memperoleh hasil yang lebih maksimal.
9. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai kuat lekat beton bertulangan bambu pilin agar tulangan bambu pada saat pengujian mengalami keruntuhan cabut.
10. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan tulangan bambu pilin pada beton bertulangan bambu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal Atul, Nanda Bharadwaj & Maity Damodar. (2014). Experimental investigation on chemically treated bamboo reinforced concrete beams and columns. *Journal Construction and Building Materials*. India: Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology ,Kharagpur & Department of Civil Engineering, Veer Surendra Sai University of Technology, Burla.
- Dipohusodo, Istimawan. (1996). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Ghavami, K. (2005). Bamboo as Reinforcement in Structural Concrete Elements. *Journal Cement & Concrete Composites*. XXVII: 637- 649.
- Lestari, A. D. (2015). Pengaruh Penambahan Kait pada Tulangan Bambu Terhadap Respon Lentur Balok Beton Bertulang Bambu. *Jurnal Rekayasa Sipil*. IX (2): 81-87.
- Morisco. (1990). *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta: Nafiri Offset.
- Mulyono,T. (2004). *Teknologi Beton*. Yog yakarta: ANDI.
- Mustafa S. (2011). Karakteristik Sifat Fisika dan Mekanika Bambu Petung pada Bambu Muda, Dewasa dan Tua (Studi Kasus : Bagian Pangkal). *Jurnal*. Yogyakarta: Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
- Nurlina, Siti. (2008). *Struktur Beton*. Malang: Bargie Media.
- Peraturan Beton Indonesia. (1971). Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Pinto Agostinho F. (2016) Aplikasi Rajutan Bambu Sebagai Tulangan Balok Beton. *Tesis*. Malang: Universitas Brawijaya
- Pramono, D. & S. Suryadi H. (1998) *Bahan Konstruksi Teknik*. Jakarta. Universitas Gunadarma
- Rocbman, A. (2005). Peningkatan Kinerja Tulangan Bambu Pada Balok Beton Bertulang Dengan Cara Perbaikan Kuat Lekat. *Jurnal Teknik GELAGAR*. Surakarta: Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sulistyowati C. Any. (1996). Pengawetan Bambu. *Teknologi WACANA*. Jakarta: Pusat Informasi Teknologi Terapan ELSPAT.
- Standar Nasional Indonesia 03-2834. (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Suryoatmono, B. (1998). *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Terjemahan Nawy, E., G. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Wang, Chu-Kia & Charles G. Salmon 1994. *Disain Beton Bertulang*. Jilid I. Edisi Keempat. Terjemahan Binsar Hariandja. Jakarta: Erlangga.