

PENGARUH LAPIS *STYROFOAM* PADA PLAT BETON BERTULANGAN BAMBU TERHADAP KEKAKUAN PLAT SATU ARAH

Muhammad Fauzan Noerman^{*1}, Indradi Wijatmiko², Christin Remayanti²

¹Mahasiswa / Program Sarjana / Jurusan Teknik Sipil / Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

²Dosen / Jurusan Teknik Sipil / Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono No. 167 Malang, 65145, Jawa Timur

Korespondensi : fauzan.noerman@gmail.com

Beton merupakan suatu bahan konvensional pada suatu konstruksi yang memiliki keunggulan pada kuat tekannya yang tinggi namun sangat lemah pada kuat tariknya, sehingga dibutuhkan adanya tulangan untuk mendukung kuat tariknya. Harga yang mahal dan tidak dapat diperbaharui sehingga dibutuhkan bahan yang dapat menggantikan baja sebagai tulangan, yang kemudian digunakan bambu sebagai salah satu alternatif. Penggunaan bambu sebagai tulangan mendukung terciptanya beton ringan. Inovasi beton ringan diharapkan untuk mengurangi berat sendiri dan meningkatkan efisien. Beton ringan memiliki alternatif lain yaitu menggunakan *styrofoam* sebagai bahan pengisi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar lendutan dan kekakuan dari plat beton bertulangan bambu dengan lapis *styrofoam*. Objek pada penelitian ini adalah plat beton bertulangan bambu dengan lapis *styrofoam* sebanyak 4 buah dengan 2 variasi yakni *styrofoam* menggunakan *shear connector* beton dan *styrofoam* menggunakan *shear connector* bambu masing-masing sebanyak 2 buah. Benda uji beton tanpa *styrofoam* sebanyak 2 buah digunakan sebagai benda uji pembandingan. Benda uji diberikan beban vertikal statik dibagian tengah bentang saat berumur 28 hari. Pembebanan dilakukan hingga mencapai runtuh, kemudian data diambil yang antara lain beban, lendutan, dan dimensi plat. Penelitian ini menghasilkan data yang kemudian dapat diambil kesimpulan bahwa plat beton tanpa lapis *styrofoam* dapat menahan lendutan yang lebih besar daripada plat beton dengan lapis *styrofoam*, dan plat beton tanpa lapis *styrofoam* memiliki kekakuan yang lebih besar daripada plat beton dengan lapis *styrofoam* dengan selisih yang kecil yaitu 3,19%.

Kata kunci : plat beton, tulangan bambu, *styrofoam*, lendutan, kekakuan

Concrete is a conventional construction material in a construction. Concrete has an advantage in its compression strength while being weak in its tensile strength. Because of that weakness concrete need to be steel reinforced to help in its tensile strength. Being expensive and non reuseable material making steel reinforcement need another alternative as a concrete reinforcement. That is why bamboo is considered an optional material as concrete reinforcement. Normal concrete has high selfweight. Renewal is needed to reduce concrete selfweight and to increase efficiency, light concrete is considered as favorable option. Styrofoam is used as concrete filler because it can reduce concrete selfweight. This research's purpose is to see how big the deflection that happen when the slab receive load and rigidity of bamboo reinforced concrete slab with styrofoam as filler. This research use bamboo reinforced concrete slab with styrofoam as filler with 4 sample and compared to 2 normal sample that is bamboo reinforced concrete slab without using styrofoam as filler. Bamboo that is used is petung. Slab measuring is 80x160x5 cm. Bamboo reinforcement measuring is 2x1 cm with 1500 mm lengthwise and 2x1 cm with 700 mm crosswise. Styrofoam measuring itself is 70x150x4 cm. Vertically static loading is used as a method to measure the deflection and rigidity of the slab if the concrete has reached 28 days. Load applied until the sample collapse and the data is analyzed. The result of this research is that the slab without styrofoam as filler can withstand bigger load than styrofoam filled concrete and the slab without styrofoam as filler has higher rigidity than the slab with styrofoam as filler with 3,19% difference.

Keywords : concrete slab, bamboo reinforced, styrofoam, deflection, rigidity

1. PENDAHULUAN

Konstruksi pada suatu proyek pembangunan dewasa ini diharapkan tidak hanya dapat menahan beban yang diterima tetapi juga efisien. Kebutuhan akan bahan baru mengakibatkan perkembangan teknologi material dan bahan konstruksi bangunan berkembang. Perkembangan teknologi bahan bangunan menghasilkan berbagai macam variasi guna meningkatkan efisiensi dalam pembangunan. Penggunaan beton ringan dan penggantian baja dengan bambu sebagai tulangan merupakan salah satu hasil dari perkembangan teknologi bahan yang menghasilkan struktur ringan. Struktur ringan tersebut diharapkan dapat menahan beban besar sama seperti konstruksi beton pada umumnya dan dapat meningkatkan efisiensi dari penggunaan bahan.

Pembuatan beton ringan memiliki prinsip untuk membuat rongga udara di dalam beton atau menggunakan material yang ringan. Pada penelitian ini digunakan styrofoam sebagai material pengisi pada plat dan juga sebagai pembuat rongga udara di dalam beton. Rongga udara dapat dibuat di dalam beton karena *styrofoam* memiliki berat yang sangat ringan. Penempatan *styrofoam* pada pelat ini yaitu pada bagian tengah penampang. Diharapkan dapat mengurangi berat volume pelat dan hanya memiliki perbedaan kekakuan yang sedikit dibandingkan dengan tanpa *styrofoam*.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (1) Untuk mengetahui besar lendutan yang terjadi pada plat beton bertulangan bambu dengan lapis *Styrofoam* ketika menerima beban.
- (2) Untuk mengetahui kekakuan dari plat beton bertulangan bambu dengan lapis *styrofoam*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plat

Plat adalah elemen bidang tipis yang menahan beban – beban transversal melalui aksial tur ketumpuan. Ketebalan plat relatif kecil dibandingkan panjang dan lebar bidangnya. Sifatnya yang kaku pada arah horizontal mengakibatkan plat dapat berfungsi sebagai unsur pengaku horizontal pada bangunan. Beban yang terjadi umumnya di plat adalah beban kombinasi antara beban mati dan beban hidup. Kombinasi antara beban mati dan beban hidup, mengakibatkan terjadi momen lentur sehingga plat tersebut juga direncanakan menahan beban lentur.

2.2 Beton

Beton adalah salah satu bahan yang sering digunakan dalam struktur, yang bahan utamanya adalah semen, air, agregat halus, dan agregat kasar. Beton juga diartikan sebagai campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan.

Kekuatan beton akan mengalami akselerasi pada umur satu hari sampai 28 hari, namun peningkatan kekuatan yang terjadi pada beton akan semakin melambat setelah umur 28 hari. Maka kekuatan beton pada umur 28 hari digunakan sebagai standar kekuatan beton.

2.3 Bambu

Bambu merupakan produk hasil hutan non kayu yang sangat dekat dengan kehidupan masyarakat umum karena perumbuhannya ada disekeliling kehidupan masyarakat. Penggunaan bambu di Indonesia telah dimanfaatkan sejak lama. Bambu banyak dimanfaatkan untuk pembuatan perabotan seperti meja, kursi, hiasan, dan lain-lain. Pemanfaatan bambu selain sebagai perabo

tanadalahsebagai komponenkonstruksimisalnyatiang, dinding, atap, tangga, dan lainnya.

Batangbambumemiliki diameter 1 - 25cmdanpadaumumnyaberbentuktabungata usilindersehinggamomeninersiabatangnyab esartapiringan.Batangbambuterpisah-pisaholehnodiaatauruasyaitudiafragma yang arahnya transversal.Denganadanyanodia-nodiatersebut, makabahayatekuklokalmenjadiberkurang.

2.4 Styrofoam

Bahan plastic sepertipolistirenafoam memilikisifatkhususdenganstruktur yang tersusundaributirandengankerapatanrendah, mempunyaiberatringandanterdapatruang yang berisi udaraantabutiranyang bersifat insulatorsehinggamembuatbahaninimenjadi insulatorpanas yang sangatbaik.Penggunaanpolistirenafoam banyakdimanfaatkandalamkehidupansehari-hari, tetapiterdapatkekurangkarenatidakdapat di recyclesehinggapengolahanlimbahnyaharus dilakukansecarabener agar tidakmerusaklingkungan.Pembuatanaspalpo limerdenganmenggunakanpolistirenabekass ebagaibahanaditifmerupakanlalhsatucaraun tukmeminimalisirlimbahtersebut. Padapenelitianinidigunakanstyrofoamsebag aipengisipada plat betonbertulanganbambu agar berat plat betontersebutmenjadilebihringan.

2.5 Kekakuan

Definisikekakuanadalahperbandingana ntarabebandanlendutanpada saat plat betondalamkeadaanelastispenuhataudapatdi identifikasikansebagai kemiringangarisgrafi khubunganbebandanlendutanpada tahapprar etak.

Sehinggakekakuan dapat di hitung dengan menggunakan:

$$k = \frac{P}{\Delta} \quad (1a)$$

Di mana k = kekakuan
 P = beban
 Δ = lendutan

2.6 Lendutan

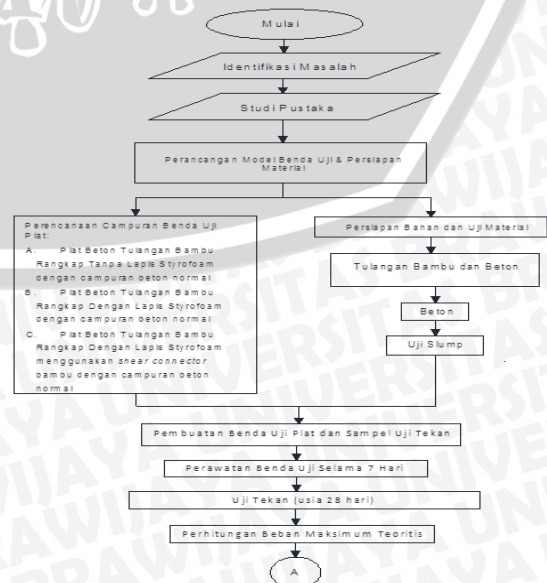
Harga defleksi elastis maksimum pada setiap bentuk sistem struktur berbeda tergantung kondisi tumpuan dan jenis pembebanannya. Berikut ini adalah persamaan defleksi maksimum untuk tumpuan sendi-roll dengan beban terpusat di tengahnya.

Di mana Δ = defleksi
 P = besar beban terpusat
 l = panjang bentang bersih
 E = modulus elastisitas
 I = momen inersia penampang

$$\Delta_{maks} = \frac{P.l^3}{48.EI} \quad (1b)$$

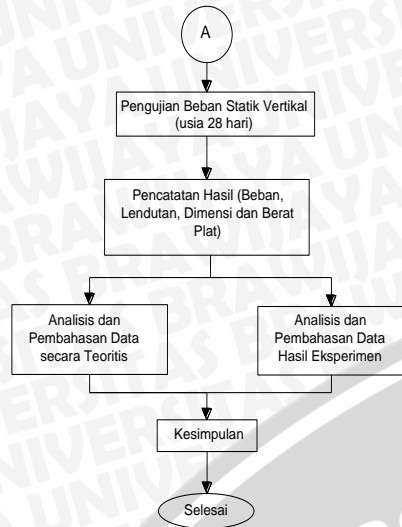
3. METODOLOGI

Penelitian yang dilakukan pada skripsi ini menggunakan objek plat beton bertulangan bambu dengan lapisan styrofoam lalu dibandingkan dengan benda uji plat beton bertulangan bambu tanpa lapisan styrofoam. Diagram alir penelitian



dapat dijelaskan pada **Gambar 1.**





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

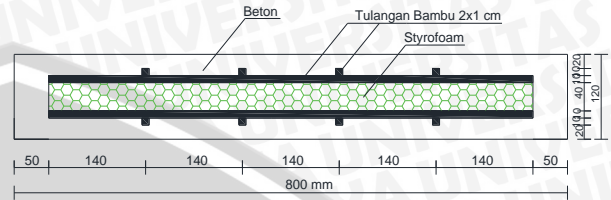
Variabel penelitian yang diukur dalam penelitian ini adalah:

- a. Variabel bebas (*antecedent*)
 - Jenis benda uji terdiri dari 3 jenis, yaitu plat beton bertulangan bambu dengan lapis styrofoam, plat beton bertulangan bambu tanpa lapis styrofoam dan plat beton bertulangan bambu menggunakan *shear connector* bambu
- b. Variabel terikat (*dependent*)
 - Besar beban
 - Nilai lendutan

Benda uji berupa plat beton dimensi 80x160x12cm Jenis bambu yang digunakan adalah bambu petung Dimensi tulangan bambu 2x1 cm dengan panjang 150 cm untuk tulangan arah memanjang dan 70 cm untuk tulangan arah melintang. Terdapat *shear connector* pada setiap pertemuan antara tulangan memanjang dan melintang yang berupa lubang pada styrofoam yang nantinya akan terisi oleh beton untuk 2 benda uji, dan *shear connector* pada setiap pertemuan antara tulangan memanjang dan melintang yang berupa bambu untuk 2 benda uji. Jumlah benda uji plat beton bertulangan bambu dengan lapisan styrofoam sebanyak 4 buah dan plat beton bertulangan bambu tanpa lapisan

styrofoam sebanyak 2 buah. Jadi total benda uji berjumlah 6 buah.

Detail melintang penampang dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Detail Potongan Melintang Benda Uji

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Beton Segar

Pengujian beton segar dilakukan dengan cara slump test. Pengujian slump ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kemudahan dalam pengerjaan (*workability*) beton. Dari hasil pengujian slump ini dapat diketahui nilai slump. Nilai slump diperoleh dari besarnya penurunan beton yang dimasukkan ke dalam cetakan logam. Cara memasukkan beton segar ke dalam cetakan ini yaitu dengan mengisi tiap 1/3 lapisan, dan tiap lapisannya ditusuk sebanyak 25 tusukan. Berikut ini adalah data pengujian slump:

Tabel 1 Hasil Pengujian Slump

tipe plat	sampel	nilai slump	rata-rata	tipe plat	sampel	nilai slump	rata-rata
TS1	1	13	11,25	SN2	1	12	10,33
	2	11			2	11	
	3	12			3	8	
TS2	4	9	10	SSB1	1	11	10,33
	1	12			2	11	
	2	11		3	9		
	3	8		1	11		
SN1	4	9	11	SSB2	2	10	10,33
	1	12			3	10	
	2	11					
	3	10					

Berdasarkan tabel tersebut didapat rata-rata nilai slump sebesar 10 cm. Hasil dari pengujian slump ini sesuai dengan PBI 1971.

4.2 Pengujian Kuat Tekan Beton

Dari

hasil pengujian kuat tekan beton tersebut didapatkan nilai kuat tekan beton berkisar antara 20-30 Mpa, sedangkan mutu beton yang disyaratkan pada *mix design* sebesar 20 MPa. Hasil pengujian kuat tekan beton seharusnya memiliki nilai yang sama namun karena perbedaan kondisi agregat saat pengecoran mengakibatkan terdapat variasi pada nilai kuat tekan beton. Nilai kuat tekan yang digunakan adalah 24,02 MPa karena dapat mewakili bendanya.

4.3 Analisa Beban Maksimum Teoritis

Perhitungan beban maksimum secara teoritis dilakukan dengan cara analisis penampang beton bertulang sehingga didapatkan kapasitas lenturnya.

Plat diasumsikan sebagai balok bertulang tunggal.

Tulang tekan dianggap berpengaruh sangat kecil dalam menambah kuat tekan dari plat tersebut. Sehingga berlaku keseimbangan gaya, yaitu $T = C$. Di mana T = gaya tarik ($Tension = T$) diberikan oleh baja tulangan tarik, sedangkan C = gaya tekan ($compression = C$) diberikan oleh beton di daerah tekan ($compression concrete = Cc$).

Beban maksimum yang dapat ditahan oleh plat sebesar 3261,24 kg untuk seluruh jenis plat baik tanpa styrofoam maupun dengan lapis styrofoam.

Karena diasumsikan plat dengan lapis styrofoam hanya berpengaruh sangat kecil pada kapasitas lenturnya.

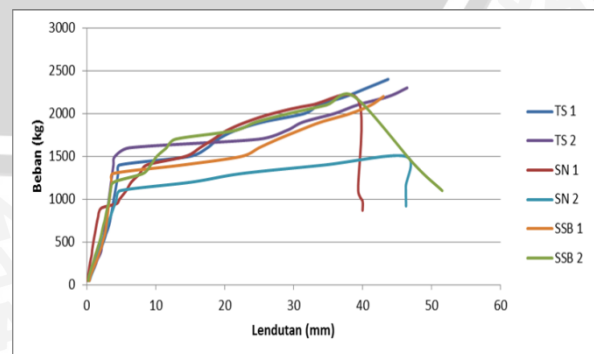
4.4 Analisa Lendutan Plat Beton

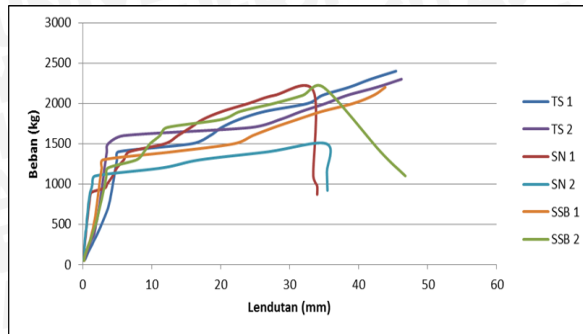
Perbandingan lendutan yang terjadi dari hasil penelitian dengan lendutan berdasarkan perhitungan teoritis. Lendutan dari hasil penelitian atau eksperimen didapatkan dari pembacaan LVDT pada saat beban maksimum terjadi pada plat. Sedangkan lendutan berdasarkan perhitungan teoritis dihitung menggunakan I kritis karena dihitung pada saat plat mengalami retak awal.

Tabel 2 Perbandingan antara Lendutan Hasil Eksperimen dengan Teoritis

Benda uji	Beban Retak (kg)	Beban Retak Teoritis (kg)	Lendutan Aktual Rata-rata (mm)	Lendutan Teoritis (mm)	Perbandingan Selisih (%)
TS-1	1400	1409,65	4,965	0,98	80,26
TS-2	1400	1409,65	3,68	0,98	73,37
SN-1	1300	1357,38	7,725	1,137	85,28
SN-2	1000	1357,38	1,43	0,8751	38,8
SSB-1	1200	1357,38	3,18	1,0501	66,98
SSB-2	1200	1357,38	3,81	0,7074	72,44

Hasil perbandingan lendutan eksperimen dengan teoritis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup besar. Hal ini diakibatkan pada perhitungan lendutan teoritis modulus elastisitas menggunakan rumus empiris sehingga terjadi perbedaan dengan modulus elastisitas aktual dikarenakan rumus empiris hanya untuk beton normal saja.





Gambar 3. Grafik Hubungan Beban dan Lendutan di Titik 1

Gambar 4. Grafik Hubungan Beban dan Lendutan di Titik 2

4.5 Analisa Kekakuan Plat

Pada dasarnya hubungan beban dan lendutan dari balok beton bertulang dapat diidealisasikan menjadi bentuk tiga tahap. Tiga tahap tersebut antara lain tahap praretak di mana elemen struktural masih belum retak, tahap pascaretak di mana elemen struktural sudah mengalami *tolerable crack*, dan tahap pasca-*serviceability* di mana tulangan tarik pada elemen struktural tersebut sudah mencapai tegangan leleh. Kekakuan merupakan perbandingan antara beban dan lendutan pada saat plat beton dalam keadaan elastis penuh atau dapat dilihat sebagai kemiringan garis grafik hubungan beban dan lendutan pada tahap praretak.

Tabel 3 Perbandingan Perhitungan Kekakuan Plat Berdasarkan Hasil Eksperimen dan Perhitungan Teoritis

Nama Benda Uji	P. (Praretak) Aktual (Kg)	Kekakuan (Kg/mm)	Rata-rata Kekakuan Aktual (Kg/mm)	Kekakuan Teoritis (Kg/mm)
TS-1	1300	273,68	322	2697,03
TS-2	1300	370,37		
SN-1	1200	210,34	281,1	2597,03
SN-2	950	351,85		
SSB-1	1100	364,84	342,3	
SSB-2	1100	319,77		

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui rata-rata kekakuan plat beton

tanpa styrofoam adalah sebesar 322 kg/mm, penambahan styrofoam sebagai bahan pengisi menurunkan kekakuan rata-rata benda uji. Hal ini dibuktikan dengan benda uji SN-1 dan SN-2 memiliki kekakuan rata-rata sebesar 281,1 kg/mm dengan selisih sekitar 12,7% lebih kecil dari benda uji TS. Penambahan shear connector bambu pada plat styrofoam berdampak positif dengan hasil kekakuan rata-rata yang meningkat. Kekakuan rata-rata SSB sebesar 342,3 kg/mm lebih besar dari kekakuan rata-rata benda uji TS yang memiliki selisih 5,9%.

Berdasarkan hasil perhitungan teoritis nilai kekakuan plat beton tanpa lapis styrofoam sebesar 2697,03 kg/mm dan nilai kekakuan plat beton dengan lapis styrofoam sebesar 2597,03 kg/mm. Sedangkan berdasarkan hasil uji eksperimen kekakuan plat beton tanpa lapis styrofoam sebesar 322 kg/mm, nilai kekakuan plat beton dengan lapis styrofoam sebesar 281,1 kg/mm, dan nilai kekakuan plat beton dengan lapis styrofoam menggunakan shear connector bambu sebesar 342,3 kg/mm. Hal ini disebabkan pada perhitungan struktur plat ini dianggap plat bersifat monolit, sedangkan pada pelaksanaan eksperimen struktur plat ini tidak dapat dipastikan bersifat monolit. Selain itu styrofoam memiliki kekurangan pada lekatan antara styrofoam dengan beton. Oleh karena itu perlu digunakan perlakuan khusus pada styrofoam sehingga dapat menambah daya dukung dari plat itu sendiri. Penggunaan shear connector bambu bertujuan untuk menambah kemungkinan plat bekerja sebagai satu kesatuan (monolit) yang dapat dibuktikan dengan hasil eksperimental yang menunjukkan bahwa penambahan shear connector bambu menambah kekuatan dan kekakuan dari plat yang menggunakan styrofoam.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan analisis data yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan mengenai lendutan dan kekakuan plat beton bertulangan bambu dengan lapis styrofoam, yaitu sebagai berikut:

1. Lendutan yang terjadi pada plat beton tanpa lapis styrofoam lebih besar daripada plat beton dengan lapis styrofoam. Hal ini dapat diketahui dari rata-rata lendutan aktual untuk plat beton tanpa lapis styrofoam sebesar 45,44 mm lebih besar dari plat beton dengan lapis styrofoam sebesar 38,57 mm. Penambahan shear connector bambu menambah kekuatan struktur yang dapat dibuktikan dengan lendutan aktual rata-rata sebesar 40,125 mm lebih besar dari plat beton dengan lapis styrofoam normal dan mendekati plat tanpastyrofoam.
2. Plat beton tanpa lapis styrofoam memiliki kekakuan yang lebih besar daripada plat beton dengan lapis styrofoam dengan selisih sebesar 12,7%. Hal ini dapat dibuktikan bahwa rata-rata kekakuan plat beton tanpastyrofoam sebesar 322 kg/mm, sedangkan rata-rata kekakuan plat beton dengan lapis styrofoam sebesar 281,1 kg/mm. Penambahan shear connector bambu menambah kekuatan struktur yang dapat dibuktikan dengan rata-rata kekakuan sebesar 342,3 kg/mm, terdapat perbedaan selisih sebesar 17,9% lebih besar terhadap kekakuan plat beton dengan lapis styrofoam normal dan lebih besar dari kekakuan plat beton tanpa lapis styrofoam dengan selisih 5,9% dapat dibuktikan bahwa rata-rata kekakuan plat beton tanpastyrofoam adalah sebesar 220,7304 kg/mm, sedangkan rata-rata kekakuan plat beton dengan lapis

styrofoam adalah sebesar 201,5026 kg/mm.

5.2 Saran

Berikut ini merupakan beberapa saran-saran yang berkaitan dengan penelitian penggunaan styrofoam pada plat beton bertulangan bambu:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh tebal styrofoam terhadap kekakuan plat beton.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai tebal plat, letak penempatan, dan jenis shear connector sehingga dapat dicapai kondisi dengan adanya lapis styrofoam penurunan berat volume lebih besar namun penurunan kekakuannya lebih kecil.
3. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai plat beton bertulangan bambu dengan lapis styrofoam, misalnya dengan tumpuan yang berbeda.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Ghavami, K. 2004. Bamboo as Reinforcement in Structural Concrete Elements, *Cement & Concrete Composites*. 27 (2005): 637-649.
- Janssen, J. J. A. 2000. *Designing and Building with Bamboo*. Technical Report No. 20. INBAR.
- Jati, D. G. 2013. Analisis Lentur Pelat Satu Arah Beton Bertulang Berongga Bola Menggunakan Metode Elemen Hingga Non Linier (051S). Makalah dalam *Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7)*. Universitas Sebelas Maret (UNS). Surakarta, 24-26 Oktober 2013.
- Morisco. 1999. *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta: Nafiri Offset.

- Nindyawati. 2014. *Panel Dinding Beton Ringan Bertulangan Bambu*. Disertasi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Nurlina, Siti. 2008. *Struktur Beton*. Malang : Bargie Media.
- Pathurahman, J. F. & Kusuma, D. A. 2003. Aplikasi Bambu Pilinan Sebagai Tulangan Balok Beton. *Dimensi Teknik Sipil*. V(1): 39-44.
- Putra, D., Sedana, W. I., & Santika, K. B. 2007. Kapasitas Lentur Plat Beton Bertulangan Bambu. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*. XI(1): 45-54.
- SNI 03-2847-2002. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Wibowo, A., Bidur Kafle, Alireza M. Kermani, Nelson Lam, John Wilson, Emad Gad. (2008). Damage in the 2008 China Earthquake. *Procs. of Australian Earthquake Engineering Society Conference*, Ballarat, Australia, 21-23 November.
- Wibowo, A., Indradi Wijatmiko, Christin Nainggolan. (2016). Bamboo Reinforced Concrete Slab with Styrofoam Lamina Filler as Solution of Lightweight Concrete Application. *Procs. of Sriwijaya International Conference on Engineering, Science and Technology*, Bangka Island, Indonesia, 9-10 November.

