

BERAT VOLUME DAN KEKAKUAN PLAT SATU ARAH PADA PLAT BETON BERTULANGAN BAMBU DENGAN LAPIS *STYROFOAM*

M.Rifki Darrisman^{*1}, Ari Wibowo², Christin Remayanti N²

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 : rifkidarrisman@gmail.com

Beton merupakan campuran material yang umum digunakan dalam dunia konstruksi. Struktur Beton bertulang adalah salah satu sistem komposit yang diterapkan pada beton yaitu dengan menggunakan baja tulangan untuk menahan tarik. Kebutuhan akan baja yang terus meningkat dalam dunia konstruksi ini membuat para peneliti melakukan inovasi terhadap material penahan gaya tarik karena sebagaimana kita tahu bahwa sumber daya alam baja terbatas adanya. Sehingga bambu digunakan sebagai material alternatif pengganti baja tulangan karena dapat diperbaharui. Inovasi dalam struktur beton tetap berlanjut pada sisi berat volume. Beton normal memiliki berat volume yang besar. Biaya pembangunan pun menekan peneliti agar dapat membuat sesuatu yang lebih efisien dan ekonomis. Sehingga ditemukanlah konsep beton ringan, yaitu inovasi dalam pengurangan berat volume beton namun tetap dapat menahan beban yang cukup besar sebagai komponen struktur. Penggunaan *styrofoam* sebagai bahan pengisi rongga udara dalam beton dapat mengurangi berat volume beton. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan besar beban vertikal maksimum yang dapat ditahan dan selisih berat volume dari plat beton bertulang bambu dengan lapis *styrofoam* maupun tidak. Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah plat beton bertulang bambu dengan ukuran 160 cm x 80 cm x 12 cm dengan lapisan *styrofoam* sebanyak 4 buah dengan jenis *shear connector* yang berbeda lalu dibandingkan dengan benda uji pembandingan plat beton bertulang bambu tanpa lapis *styrofoam* sebanyak 2 buah. Material tulangan yang digunakan adalah bambu jenis petung. Dimensi tulangan memanjang adalah 1x2 cm dengan panjang 150 cm dan 1x2 cm dengan panjang 70 cm untuk tulangan bagi. *Styrofoam* yang digunakan berdimensi 150x70x4 cm yang diletakkan di tengah ketebalan. Pembebanan beban vertikal statik pada benda uji ini akan dilakukan saat beton telah berumur 28 hari. Benda uji diberikan beban garis pada tengah bentang hingga mencapai keruntuhan, kemudian dilakukan pengambilan data antara lain beban maksimum, berat volume, dan lendutan plat. Hasil yang dapat diketahui dari penelitian ini adalah bahwa pelat tulangan bambu yang diberi rongga pengisi berupa *styrofoam* mengalami penurunan tahanan maksimal pelat sebesar 22,5 % dan berat volume berkurang sebesar 27,8 % dari berat volume pada plat beton bertulang bambu tanpa lapis *styrofoam*. Rata-rata hasil kuat lentur eksperimental pun berada di bawah kuat lentur teoritis yang direncanakan.

Kata kunci : beton ringan, plat beton, tulangan bambu, *styrofoam*, kuat lentur, berat volume

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia akan bangunan saat ini sangat tinggi, baik di sektor industri maupun pribadi atau tempat tinggal. Perencanaan struktur bangunan saat ini sangat menitik beratkan pada sisi ekonomis dan efisien. Hal ini menekan ketersediaan sumber daya alam yang ada dan juga membuat para peneliti terus berupaya mencari bahan pengganti bahan konvensional pada dunia konstruksi.

Inovasi terus dilakukan agar mendapat keunggulan tertentu dalam sebuah struktur.

Beton merupakan campuran material yang umum digunakan dalam dunia konstruksi. Struktur Beton bertulang adalah salah satu sistem komposit yang diterapkan pada beton yaitu dengan menggunakan baja tulangan untuk menahan tarik karena beton hanya mempunyai kuat tarik yang kecil dibanding kuat tekannya. Kebutuhan akan baja yang terus meningkat dalam dunia konstruksi ini membuat para peneliti

melakukan inovasi terhadap material penahan gaya tarik karena sebagaimana kita tahu bahwa sumber daya alam baja terbatas. Oleh karena itu, bambu digunakan sebagai bahan alternatif pengganti kuat tarik karena material dapat diperbaharui.

Kebutuhan bangunan ekonomis menekan adanya inovasi beton ringan. Konsep pada beton ringan adalah adanya rongga udara atau material yang lebih ringan di dalam beton. Pada penelitian ini, *styrofoam* digunakan sebagai material pengisi yang berfungsi sebagai pembuat rongga udara di dalam beton karena berat *styrofoam* yang sangat ringan. Material ini ditempatkan pada tengah penampang karena tegangan pada bagian ini sangat kecil dan membesar menuju bagian terluar penampang. Hal ini diharapkan dapat membuat berat volume beton berkurang namun tetap mempunyai kuat lentur yang tidak terlalu jauh dari beton normal.

Berikut adalah tujuan yang ingin diketahui dalam penelitian ini:

- (1) Perbandingan besar beban vertikal maksimum yang dapat ditahan antara plat beton bertulangan bambu dengan dan tanpa lapis *styrofoam*.
- (2) Penurunan berat volume dari plat beton bertulangan bambu lapis *styrofoam* terhadap plat beton normal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plat

Plat merupakan komponen struktur dengan bidang arah horizontal yang sangat tipis. Ketebalan dimensi plat umumnya lebih kecil disbanding dengan balok. Beban yang bekerja pada plat adalah beban mati dan hidup yang dikombinasikan dan bekerja tegak lurus bidang. Beban-beban yang bekerja tersebut akan menghasilkan momen lentur yang akan ditahan oleh plat yang

Plat terbagi menjadi dua jenis, yaitu plat satu arah dan plat dua arah. Perbedaan kedua jenis ini terletak pada arah kerja

momen lenturnya. Plat satu arah hanya mempunyai satu arah momen lentur, yang disebabkan hanya mempunyai dua sisi tumpuan saja. Sedangkan plat dua arah mempunyai empat sisi tumpuan dan mempunyai perbandingan bentang terpanjang dan terpendeknya kecil, sehingga mempunyai dua arah momen lentur.

2.2 Beton Ringan

Beton ringan merupakan inovasi dalam dunia teknologi bahan konstruksi yang menitik beratkan pada penurunan berat volume dari beton normal. Beton ringan (*lightweight concrete*) yang umum disebut dengan Hebel ini diharapkan mampu mengurangi biaya perencanaan proyek karena berat volume yang lebih kecil tersebut.

Konsep dari beton ringan adalah adanya rongga udara di dalam beton atau dengan mengganti material campuran beton dengan material yang lebih ringan. Penempatan rongga udara harus pada letak yang tepat sehingga beton ringan dapat menjadi inovasi yang ekonomis dan efisien.

2.3 Styrofoam

Styrofoam atau *expanded polystyrene* umumnya dikenal dengan julukan gabus putih yang umum digunakan sebagai pembungkus makanan dan barang elektronik. *Styrofoam* tidak dapat didaur ulang, namun pemakaian *styrofoam* sangat sering dijumpai.

Polystyrene foam memiliki berat jenis yang sangat kecil dan terdapat ruang udara diantara butirannya. Hal ini yang menyebabkan *styrofoam* digunakan dalam inovasi beton ringan sebagai rongga udara.

2.4 Bambu

Bambu merupakan produk hasil alam berupa tanaman jenis rerumputan yang dapat didaur ulang karena penanamannya yang mudah dan murah. Tingkat pertumbuhan dari tanaman sangat cepat

karena memiliki sistem perkembangbiakan rizhoma. Terdapat beberapa jenis bambu di dunia, namun yang umum ditemukan di Indonesia adalah bambu jenis petung.

Bambu petung dapat dijadikan sebagai material alternatif pengganti baja tulangan karena bambu memiliki tegangan tarik yang besar, terutama pada sisi luar atau kulitnya. Menurut Nindyawati (2014) bambu petung memiliki nilai modulus elastisitas sebesar 180000 kg/cm². Namun sifat kembang susut bambu yang disebabkan oleh zat cair (higroskopis), harus sangat diperhatikan dalam perencanaan karena akan berpengaruh pada lekatan terhadap beton. Kekurangan ini dapat diatasi dengan pemberian lapisan kedap air terhadap bambu.

2.5 Berat Volume

Rasio perbandingan antara berat dan volume disebut berat volume. Perbandingan hasil timbang berat plat (kg) dengan hasil pengukuran dimensi (m³) plat akan menghasilkan berat volume plat yang dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$\gamma = \frac{w}{V} \quad (1a)$$

Di mana γ = berat volume plat (kg/m³)

w = berat plat (kg)

V = volume plat (m³)

2.6 Kapasitas Lentur Plat

Perhitungan beban maksimum yang dapat ditahan secara teoritis dilakukan dengan cara analisis penampang segiempat beton bertulang sehingga akan didapatkan kapasitas lenturnya. Plat diasumsikan sebagai balok bertulangan tunggal yakni tarik saja. Karena dianggap tulangan tekan hanya berpengaruh sangat kecil dalam menambah kuat tekan dari plat tersebut. Sehingga berlaku keseimbangan gaya, yaitu gaya tarik = gaya tekan. Di mana gaya tarik (*tension* = T) diberikan oleh bambu tulangan tarik, sedangkan gaya tekan (*compression* = C) diberikan oleh beton

didaerah tekan (*compression concrete* = Cc). Keseimbangan gaya ini kemudian menghasilkan letak terpusat gaya Cc yang digunakan untuk mendapatkan momen lentur dengan rumus sebagai berikut:

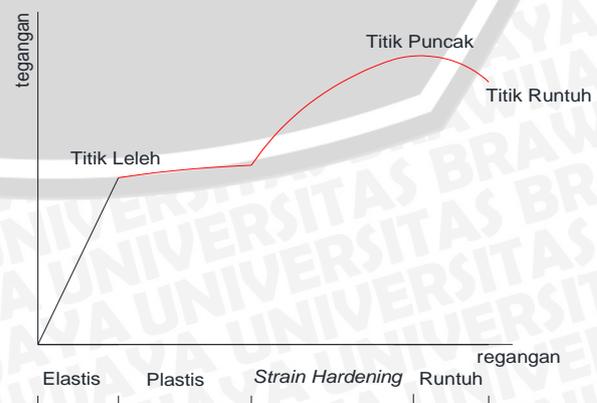
$$Mn = T \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (1b)$$

Kapasitas lentur plat dengan beban terpusat di tengah bentang akan didapatkan dari hasil momen lentur di atas dengan rumus sebagai berikut:

$$Pu = \frac{4 Mn}{l} \quad (1c)$$

2.7 Kekakuan

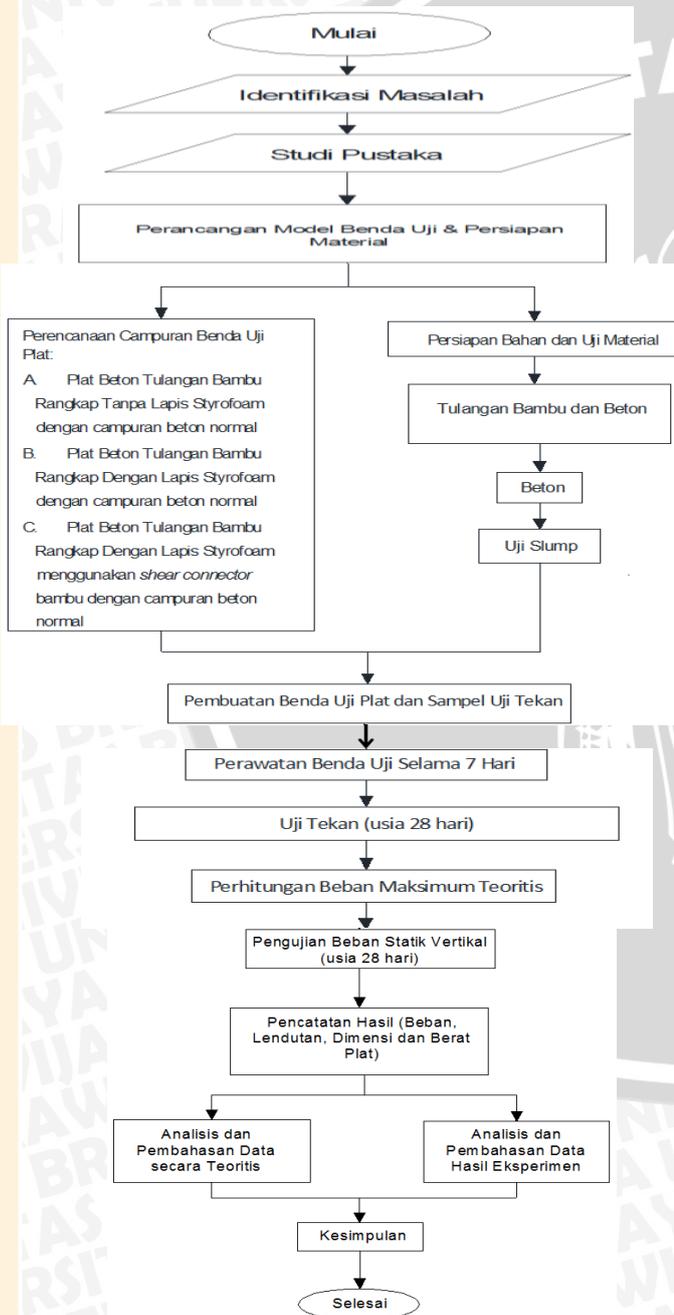
Kekakuan adalah hubungan dari beban dan lendutan yang akan membentuk tiga jenis garis lurus dan menggambarkan daktilitas suatu struktur. Garis-garis ini merupakan tahapan pada plat yang diberikan beban sampai sebelum titik puncak dan akhirnya runtuh. Tahap pertama adalah kondisi elastis dimana struktur belum mengalami retak, dan dilanjutkan dengan kondisi plastis dimana struktur sudah mulai retak dan mulai mengembangkan regangannya. Tahap sebelum titik puncak adalah *strain hardening* atau pengembangan regangan yang diiringi oleh naiknya tegangan. Tahap ini akan meningkatkan tegangan struktur sampai pada akhirnya menemukan titik puncak dan runtuh. Tahap-tahap ini dapat dijelaskan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Grafik Kekakuan

3. METODOLOGI

Penelitian dalam tugas akhir ini dilakukan dengan metode eksperimental, yaitu dengan dilakukannya percobaan dalam perolehan data. Percobaan yang dilakukan adalah membandingkan variabel penelitian antara plat beton bertulangan bambu dengan lapisan *styrofoam* dan plat beton bertulangan bambu tanpa lapisan *stryrofoam*. Berikut adalah diagram alir penelitian yang dijelaskan pada **Gambar 2**.



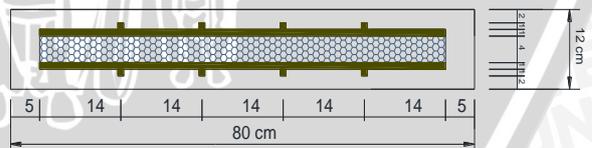
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Variabel penelitian yang diukur dalam penelitian ini adalah:

- Variabel bebas (*antecedent*)
 - Terdapat 2 jenis benda dalam penelitian ini, yaitu plat beton bertulangan bambu dengan lapis *styrofoam* dan plat beton bertulangan bambu tanpa lapis *styrofoam*
- Variabel terikat (*dependent*)
 - Besar beban
 - Berat volume

Objek yang digunakan pada penelitian ini adalah plat beton bertulangan bambu dengan ukuran 160 cm x 80 cm x 12 cm dengan lapisan *styrofoam* sebanyak 4 buah dengan jenis *shear connector* yang berbeda serta benda uji pembanding adalah plat beton bertulangan bambu tanpa lapisan *styrofoam* sebanyak 2 buah. Sehingga total benda uji adalah sebanyak 6 buah plat. Material tulangan yang digunakan adalah bambu jenis petung. Dimensi tulangan memanjang adalah 1 x 2 cm dengan panjang 150 cm dan 1 x 2 cm dengan panjang 70 cm untuk tulangan bagi. Styrofoam yang digunakan berdimensi 150 x 70 x 4 cm yang diletakkan di tengah ketebalan.

Detail melintang penampang dijelaskan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Detail Potongan Melintang Benda Uji

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

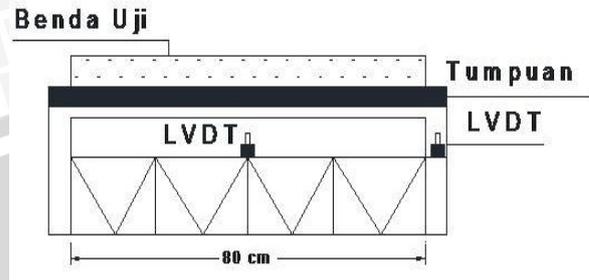
4.1 Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan uji tekan silinder dan juga hammer test. Namun kuat tekan yang akan digunakan dalam perhitungan teoritis diperoleh dari hasil uji tekan, karena ada persyaratan pengujian hammer test yang tidak terpenuhi, yaitu tebal minimum

benda uji.

Silinder yang digunakan dalam pengujian tekan memiliki tinggi 30 cm dan diameter 15 cm. Dengan campuran semen : pasir : kerikil adalah 1 : 1,5 : 2,5 didapatkan nilai rata-rata kuat tekan sebesar 27,84 Mpa. Kuat tekan inilah yang akan digunakan dalam perhitungan beban maksimum teoritis (P_u) yang dapat ditahan

buah diletakkan tepat dibawah beban garis diberikan. Detail model melintang pengujian dijelaskan pada **Gambar 4**.



4.2 Kuat Tarik Bambu

Dalam penelitian ini, kuat tarik bambu petung digunakan dalam perhitungan kuat lentur. Kuat tarik yang akan dipakai adalah angka yang diambil dari kutipan penelitian terdahulu tentang bambu oleh Nindyawati (2014). Kuat tarik bambu berdasarkan penelitian disertai oleh Nindyawati (2014) disajikan pada **Tabel 1** berikut:

Tabel 1 Hasil Uji Tarik Bambu

P	DIMENSI BAMBU	A	P/A
(N)	(cm x cm)	mm ²	(N/mm ²)
19800	1 x 1,1	110	180
17400	0,9 x 1,1	99	175
19000	1,2 x 0,9	108	175
15300	0,9 x 0,9	81	188
17100	1,0 x 0,9	90	190
18800	1,2 x 0,8	96	174
rata - rata			180

Sehingga kuat tarik bambu yang digunakan dalam perhitungan teoritis adalah 180 Mpa.

4.3 Berat Jenis Styrofoam

Berat jenis *styrofoam* didapatkan dari pengujian pada benda uji dengan dimensi 57,5 x 30 x 2 cm. Berat diperoleh sebesar 20,76 g dan kemudian dibagi dengan volume lapis *styrofoam*. Berat jenis *styrofoam* didapatkan sebesar 6,02 kg/m³. Nilai ini kemudian digunakan dalam perhitungan berat volume.

4.4 Pengujian Plat Beton Terhadap Beban Vertikal

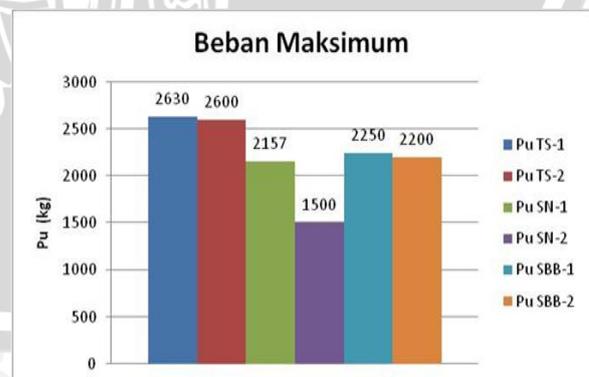
Pengujian dilakukan dengan cara memberikan beban garis pada tengah bentang memanjang. LVDT sebanyak 2

Gambar 4. Detail model melintang pengujian

Setelah pengujian dilakukan, maka diperoleh hasil lendutan dan beban dari plat beton bertulangan bambu. Rata-rata beban maksimum yang dapat ditahan oleh semua plat akan disajikan pada **Tabel 2** berikut:

Tabel 2 Rata-rata beban kondisi runtuh

No	Benda Uji	Beban Maks. Aktual (kg)	Rata-Rata (kg)
1	TS-1	2630	2615
2	TS-2	2600	
3	SN-1	2157	2026.75
4	SN-2	1500	
5	SBB-1	2250	
6	SBB-2	2200	



Gambar 5. Diagram perbandingan beban maksimum plat

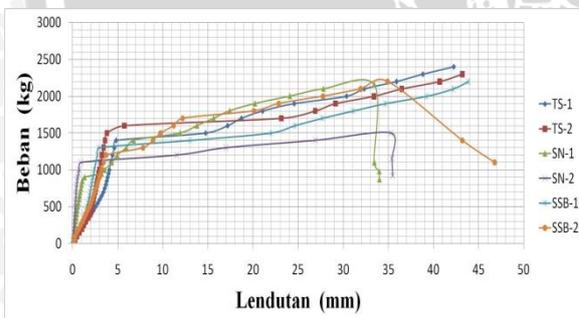
Keterangan :

TS-1 = Benda uji tanpa *styrofoam* ke-1
 TS-2 = Benda uji tanpa *styrofoam* ke-2

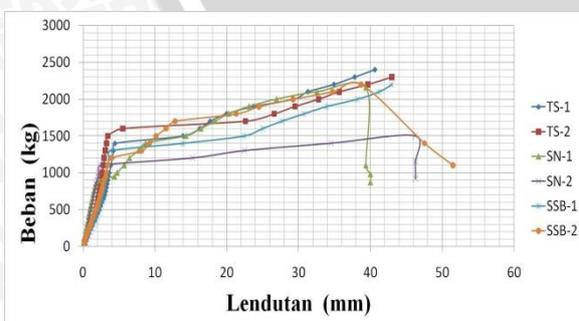
- SN-1 = Benda uji dengan lapis *styrofoam* dan *shear connector* beton ke-1
- SN-2 = Benda uji dengan lapis *styrofoam* dan *shearconnector* beton ke-2
- SBB-1= Benda uji dengan lapis *styrofoam* dan *shearconnector* bambu ke-1
- SBB-1= Benda uji dengan lapis *styrofoam* dan *shearconnector* bambu ke-2

Dari tabel diatas dapat diperoleh bahwa beban maksimum yang dapat ditahan oleh plat beton bertulangan bambu yang menggunakan *styrofoam* lebih kecil dibandingkan dengan plat kontrol yang tidak menggunakan *styrofoam*. Pada kondisi ultimit, penurunan rata-rata kekuatan plat dengan menambahkan *styrofoam* sebagai rongga pengisi pelat sebesar 588,25 kg atau plat tersebut mengalami rata-rata penurunan kekuatan sebesar 22,495 %.

Pengujian plat menghasilkan grafik kekakuan beban dan lendutan yang disajikan pada **Gambar 6** dan **Gambar 7**.



Gambar 6 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan di Titik 1



Gambar 7 Grafik Hubungan Beban dan Lendutan di Titik 2

Grafik dari beberapa benda uji tidak menunjukkan proses *unloading* dan keruntuhan. Hal ini disebabkan karena keterbatasan alat LVDT yang telah mempunyai nilai maksimum 50 mm.

4.5 Berat Volume

Nilai berat volume dapat diperoleh dengan perbandingan berat dan volume plat. Sehingga data dimensi dan berat plat perlu didapatkan. Kedua data tersebut diambil pada saat plat telah berumur 28 hari dan siap untuk diuji beban vertikal.

Hasil pengukuran dimensi dan berat plat dijabarkan pada **Tabel 3** berikut:

Tabel 3 Hasil Pengukuran Plat Beton

No	Nama Benda Uji	Berat (kg)	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)
1	TS 1	337.92	1.6	0.8	0.11	0.1408
2	TS 2	370.944	1.6	0.805	0.12	0.15456
3	SN 2	254.94084	1.61	0.8	0.115	0.14812
4	SN 2	264.40644	1.6	0.792	0.12	0.152064
5	SSB 1	258.96108	1.603	0.8	0.117	0.1500408
6	SSB 2	268.09284	1.6	0.8	0.12	0.1536

Berat plat diperoleh dari data teoritis karena keterbatasan alat timbang yang mempunyai batas timbang 300 kg. Setelah mendapatkan semua data maka dihitung nilai berat volume setiap benda uji. Hasil perhitungan berat volume setiap benda uji disajikan pada **Tabel 4** dan **Tabel 5** berikut:

Tabel 4 Analisa Berat Volume Plat Beton Tanpa Lapis *Styrofoam*

No	Benda Uji	Berat	Volume	Berat Volume
1	TS 1	337.920 kg	0.141 m ³	2400 kg/m ³
2	TS 2	370.944 kg	0.155 m ³	2400 kg/m ³
Berat Volume Rata-Rata				2400 kg/m ³

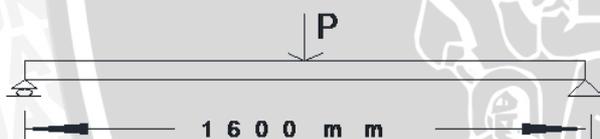
Tabel 5 Analisa Berat Volume Plat Beton Dengan Lapis *Styrofoam*

No	Benda Uji	Berat	Volume	Berat Volume
1	SN 1	254.941 kg	0.148 m ³	1721.178 kg/m ³
2	SN 2	264.406 kg	0.152 m ³	1738.784 kg/m ³
3	SSB 1	258.961 kg	0.150 m ³	1725.938 kg/m ³
4	SSB 2	268.093 kg	0.154 m ³	1745.396 kg/m ³
Berat Volume Rata-Rata				1732.824 kg/m ³

Hasil perhitungan berat volume dari kedua variabel menunjukkan suatu penurunan. Rata-rata berat volume plat beton tanpa lapis *styrofoam* adalah 2400 kg/m^3 , sedangkan rata-rata nilai berat volume pada plat beton dengan lapis *styrofoam* sebesar $1732,824 \text{ kg/m}^3$. Maka penurunan berat volume plat dengan lapis *styrofoam* yang diperoleh adalah sebesar $667,176 \text{ kg/m}^3$ atau sebesar $27,799 \%$ dari plat normal.

4.6 Perbandingan Kuat Lentur Teoritis dan Aktual

Sebelum dilakukan analisa perhitungan beban maksimum (P_u) secara teoritis harus dilakukan pemodelan struktur terlebih dahulu. Analisa dihitung dengan asumsi plat adalah gelagar balok sederhana dengan tumpuan sendi-roll dan beban bekerja pada tengah bentang. Detail pemodelan struktur akan dijelaskan pada **Gambar 8**.



Gambar 8 Pemodelan Struktur

Benda uji plat merupakan plat satu arah karena perbandingan bentang panjang dan pendeknya melebihi batas plat dua arah. Sehingga analisa kapasitas lentur plat dilakukan seperti perhitungan balok.

Dari perhitungan di atas didapatkan kapasitas lentur teoritis plat tersebut adalah $3283,02 \text{ kg}$. Hasil kuat lentur ini dapat mewakili beban maksimum untuk kedua jenis plat, baik tanpa *styrofoam* maupun dengan lapis *styrofoam*. Karena diasumsikan plat dengan lapis *styrofoam* hanya berpengaruh sangat kecil pada kapasitas lenturnya dengan penempatan lapis pada tengah tebal plat. Bagian tengah tebal penampang memiliki tegangan yang sangat kecil dan semakin besar menuju tepi atau bagian terluar peampang.

Tabel 5 Perbandingan rata-rata beban maksimum aktual dan teoritis.

No	Benda Uji	Beban Maks. Aktual (kg)	Rata-Rata	Beban Maks. Teoritis (kg)	Perbandingan Selisih (%)
1	TS-1	2630	2615	3281.390374	19.85
2	TS-2	2600		3281.390374	20.77
3	SN-1	2157	2026.75	3281.390374	34.27
4	SN-2	1500		3281.390374	54.29
5	SBB-1	2250		3281.390374	31.43
6	SBB-2	2200		3281.390374	32.96

Pada perhitungan teoritis, beban maksimum yang direncanakan sebesar $3281,39 \text{ kg}$. Sedangkan pada eksperimen, rata-rata beban maksimum yang dihasilkan oleh plat dengan lapis *styrofoam* adalah sebesar $2026,75 \text{ kg}$. Pada pelat kontrol yang tidak menggunakan lapis *Styrofoam*, rata-rata beban maksimum yang didapatkan adalah sebesar 2615 kg .

Penurunan kapasitas lentur dari semua benda uji disebabkan karena benda uji eksperimen tidak monolit seperti yang direncanakan pada perhitungan teoritis. Selip antara beton dan bambu serta kembang susut bambu pun memungkinkan adanya penurunan kapasitas lentur dari perhitungan teoritis plat.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian mengenai penambahan *styrofoam* pada plat beton bertulangan bambu, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Rata-rata kapasitas lentur plat beton tanpa *styrofoam* adalah 2615 kg , sedangkan rata-rata kuat lentur plat dengan *styrofoam* adalah sebesar $2026,75 \text{ kg}$. Pelat tulangan bambu yang diberi rongga pengisi berupa *styrofoam* mengalami penurunan kapasitas lentur pelat sebesar $22,5 \%$ dibandingkan dengan pelat tulangan bambu tanpa *styrofoam*.
2. Hasil analisa rata-rata berat volume plat beton tanpa lapis *styrofoam* adalah

sebesar 2400 kg/m^3 , sedangkan rata-rata berat volume plat beton dengan lapis *styrofoam* adalah sebesar $1732,824 \text{ kg/m}^3$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan lapis *styrofoam* dapat mengurangi berat volume sebesar 27,8 % dari berat volume pada plat beton bertulangan bambu tanpa lapis *styrofoam*.

- Perhitungan Pteoritis plat bertulangan bambu didapatkan sebesar 3281,39 kg, Sedangkan pada eksperimental, rata-rata beban maksimum yang dihasilkan oleh plat dengan lapis *styrofoam* adalah sebesar 2026,75 kg. Pada pelat kontrol yang tidak menggunakan lapis *styrofoam*, rata-rata beban maksimum yang didapatkan adalah sebesar 2615 kg.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian terkait penambahan lapis *styrofoam* pada plat beton bertulangan bambu, terdapat beberapa saran yang dimaksudkan untuk penelitian yang lebih baik ke depannya seperti sebagai berikut:

- Diharapkan ada penelitian lebih lanjut mengenai kuat tarik dari bambu petung.
- Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai *shear connector* untuk menunjang sifat monolit dari pelat dengan lapis *styrofoam*, agar dapat bekerja secara bersama-sama.
- Perlu diperkirakan lendutan yang terjadi akibat pengujian terhadap batas pengukuran lendutan dari LVDT yang dapat tercatat, sehingga dapat memperoleh grafik hubungan beban dan lendutan yang sempurna.
- Penggunaan *vibrator* dalam pembuatan benda uji sangat direkomendasikan untuk pemerataan campuran beton pada benda uji dan menghindari *void*.
- Tidak ada pembebanan terhadap benda uji pada saat benda uji masih dalam masa pemeliharaan (sebelum 28 hari).
- Penelitian ini menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya mengenai

konsep beton ringan pada plat bertulangan bambu misalnya dengan *shear connector* dan bambu yang berbeda

6. DAFTAR PUSTAKA

- Dharma Giri, I.B., I Ketut Sudarsana dan N.L.P. Eka Agustiningsih. 2008. *Kuat Tarik Belah dan Lentur Beton Dengan Penambahan Styrofoam (Styrocon)*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 12, No. 2*
- Ghavami, K. 2004. Bamboo as Reinforcement in Structural Concrete Elements, *Cement & Concrete Composites*. 27 (2005): 637-649
- Janssen, J. J.A. 1980. *Bamboo in Building Structure. The Mechanical Properties of Bamboo Used in Construction*. IDRC. Canada.
- 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
- McCormac, C. Jack., 2003. *Beton Bertulang*, Edisi Kelima. Jakarta: Erlangga
- Nawy, E.G. 1998. *Beton Bertulang – Suatu Pendekatan Dasar*. Cetakan II. Terjemahan Bambang Suryoatmono. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Nindyawati. 2014. *Panel Dinding Beton Ringan Bertulangan Bambu*. Disertasi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Nurlina, Siti. 2008. *Struktur Beton*. Malang : Bargie Media Press
- 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.

Wibowo, Ari, 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.

