

ANALISIS DAN EKSPERIMEN PELAT BETON BERTULANG BAMBU LAPIS *STYROFOAM*

Desinta Nur Lailasari^{*1}, Sri Murni Dewi², Devi Nuralinah²

¹Mahasiswa / Program Studi Magister / 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 : desinta.nl@gmail.com

ABSTRAK

Pelat beton bertulang bambu lapis *styrofoam* merupakan kombinasi yang efektif sebagai alternatif pengganti pelat, komponen non-struktural dan sebagainya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan lentur satu arah dan kekuatan lentur dua arah pada pelat dan menganalisis kekuatan pelat dengan penambahan agregat kasar pada campuran spesinya. Penelitian ini dilakukan dengan dua analisis, yaitu analisis teoritis dan eksperimen. Pada pengujian eksperimen dibuat masing-masing 10 benda uji untuk uji kuat lentur satu arah dan uji kuat lentur dua arah. Ukuran benda uji (40x80x5)cm. Variabel penelitian adalah campuran spesi 1 (1semen:4pasir) dan spesi 2 (1semen:3pasir:1kerikil). Dari hasil penelitian dapat disimpulkan penambahan agregat kasar (spesi 2) menambah kekuatan lentur satu arah (47,78%) dan kekuatan lentur dua arah (66,92%) dari kekuatan pelat campuran spesi 1.

Kata kunci : kuat lentur, lapis *styrofoam*, pelat lapis, tulangan bambu.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan tempat tinggal di Indonesia semakin meningkat, namun tidak diikuti dengan pertumbuhan ekonomi yang seimbang. Oleh sebab itu dicari suatu cara untuk membuat struktur ringan dan kuat, serta biaya yang murah. Pelat beton bertulang bambu lapis *styrofoam* merupakan kombinasi yang efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut sebagai alternatif pengganti pelat atau komponen non-struktural dan sebagainya. Bambu merupakan bahan yang mudah ditemukan di Indonesia dan memiliki kuat tarik yang tinggi. Telah banyak dilakukan penelitian mengenai potensi bambu sebagai tulangan pada beton. Jansen (1991), Ghavani (2004), serta Moricso (1999) menyimpulkan bahwa bambu dapat digunakan sebagai tulangan beton pengganti baja. *Styrofoam* merupakan bahan plastik yang tersusun dari butiran dengan kerapatan rendah dan mempunyai berat yang ringan. Penambahan *styrofoam*

sebagai lapisan pada pelat beton bertulang bambu bertujuan agar beratnya menjadi lebih ringan.

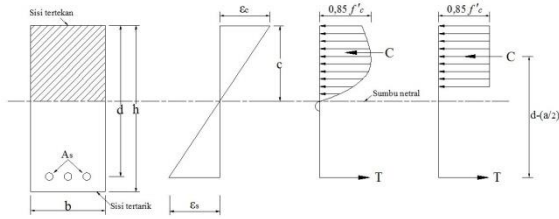
Penelitian ini bertujuan untuk:

- (1) Mengetahui besar kekuatan lentur satu arah dan kekuatan lentur dua arah pada pelat beton bertulang bambu lapis *styrofoam*
- (2) Mengetahui pengaruh penambahan agregat kasar terhadap kekuatan lentur satu arah dan lentur dua arah pada pelat beton bertulang bambu lapis *styrofoam*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kuat Lentur

Tegangan lentur pada beton diakibatkan oleh regangan yang timbul karena adanya beban luar (MacGregor, 1997). Distribusi tegangan dan regangan pada penampang beton dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Distribusi tegangan dan regangan pada beton
Sumber : Nawy (2008)

Persamaan keseimbangan **Gambar 2.4** dapat ditulis sebagai berikut :

$$C = T \quad \dots \dots \dots (2-1)$$

$$0,85 f'_c b a = A_s f_y \quad \dots \dots \dots (2-2)$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} \quad \dots \dots \dots (2-3)$$

Momen tahanan penampang yaitu kekuatan nominal M_n , dapat ditulis sebagai berikut :

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \dots \dots \dots (2-4)$$

Karena $C = T$, maka persamaan momen dapat ditulis sebagai berikut :

$$M_n = 0,85 f'_c b a \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad \dots \dots \dots (2-5)$$

2.2. Teori Garis Leleh Metode Kerja Maya

Pada metode ini perlu memperkirakan letak sendi plastisnya dengan mencoba beberapa mekanisme yang mungkin terjadi, beban runtuh yang dihasilkan akan sama ataupun lebih besar dari nilai yang sebenarnya. Inti dalam metode ini adalah menentukan harga faktor beban yang paling kecil atau kapasitas momen plastis yang terbesar, agar tidak ada satupun momen luar yang melampaui kapasitas momen plastisnya (Wahyudi L, 1992).

Prinsip dari metode kerja maya adalah hukum kekekalan energi akibat suatu perpindahan maya. Berdasarkan hukum ini, jumlah kerja beban akan sama dengan jumlah kerja rotasi momen plastis akibat perpindahan maya. Kondisi keseimbangan menghendaki kerja luar harus sama dengan kerja dalam, sehingga menghasilkan persamaan (Wahyudi L, 1992) :

$$\Sigma \omega \delta = \Sigma M_p \theta \quad \dots \dots \dots (2-6)$$

di mana :

ω = beban luar

δ = deformasi

M_p = momen plastis

θ = sudut rotasi

Untuk pelat ortotropis memiliki kapasitas momen yang tidak sama dalam dua arah tegak lurus. Kapasitas momen pada arah sudut θ terhadap sumbu-x adalah (Dewi S.M, 2009) :

$$M_\theta = M_x \cos^2 \theta + M_y \sin^2 \theta \quad \dots \dots (2-7)$$

di mana :

M_θ = momen pada arah sudut θ terhadap sumbu-x

M_x = momen pada arah sumbu-x

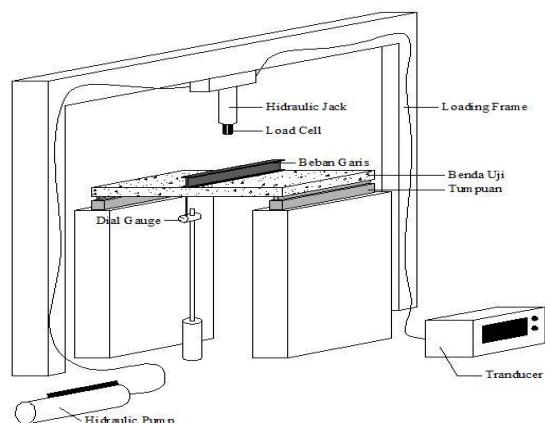
M_y = momen pada arah sumbu-y

θ = sudut terhadap sumbu-x

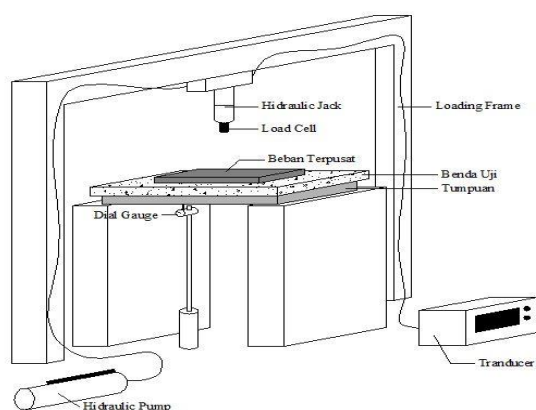
3. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan dua analisis yaitu analisis secara teoritis dan analisis data eksperimen. Pada pengujian eksperimen dibuat 10 buah benda uji untuk uji kuat lentur satu arah dan 10 buah benda uji untuk uji kuat lentur dua arah. Ukuran benda uji pelat (40x80x5) cm. ukuran tulangan bambu yang digunakan (75x0,6x0,6) cm untuk tulangan memanjang dan (75x0,6x0,6) cm untuk tulangan melintang. Perlakuan khusus diberikan pada tulangan bambu yaitu pemberian lapisan cat dan pasir. Kemudian tulangan bambu dirakit dan diikat dengan bendrat. Ukuran styrofoam untuk lapisan (75x36x1) cm. Variabel penelitian pada uji eksperimen adalah campuran spesi. Dua variabel campuran spesi adalah spesi 1 (1 semen : 4 pasir) dan spesi 2 (1 semen : 3 pasir : 1 kerikil).

Setelah menyiapkan semua material, maka dapat dilakukan pengecoran benda uji. Kemudian dilakukan proses perawatan benda uji selama 14 hari. Pada saat beton mencapai umur 28 hari, dapat dilakukan pengujian terhadap benda uji tersebut. Pengujian pembebanan pada pelat dilakukan seperti pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 2. *Setting Up* Pengujian Kuat Lentur Satu Arah



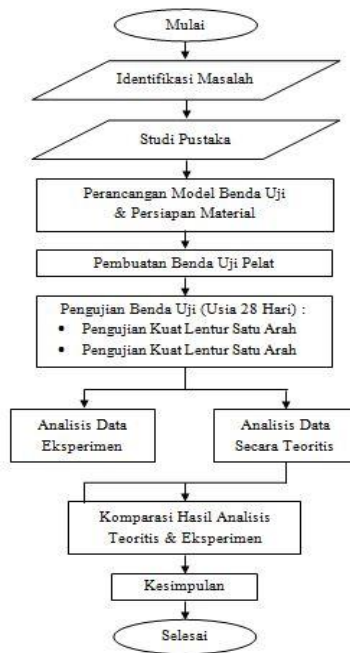
Gambar 3. *Setting Up* Pengujian Kuat Lentur Dua Arah

Bagan alur penelitian diperlihatkan pada **Gambar 4**.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kekuatan Lentur Satu Arah

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian kuat lentur satu arah dengan tumpuan sederhana dan dibebani dengan beban garis pada titik 2 bentang. Perhitungan kuat lentur satu arah pada penelitian ini dilakukan dengan 2 metode, yaitu perhitungan secara teoritis dan eksperimen. Benda uji yang digunakan berupa pelat dengan ukuran 80 x 40 x 5 cm. Jumlah benda uji adalah 5 pelat untuk setiap variasi spesi yaitu spesi 1 (1:4) dan spesi 2 (1:3:1), dengan rincian 3 pelat beton bertulang bambu lapis *styrofoam*, 2 pelat beton bertulang bambu tanpa lapis *styrofoam* untuk pelat kontrol.



Gambar 4. Bagan alur penelitian

4.1.1. Kekuatan Lentur Satu Arah Teoritis

Dalam menentukan perkiraan beban maksimum yang akan diberikan dalam eksperimen pengujian lentur satu arah, maka dilakukan perhitungan secara teoritis. Perencanaan kuat tekan beton spesi 1 dan spesi 2 adalah 18,15 MPa dan 23,41 MPa. Besar beban maksimum yang dihasilkan dari perhitungan teoritis berturut-turut pada variasi campuran spesi 1 dan spesi 2 adalah 393,4 kg dan 394,1 kg. Pada pelat dengan campuran spesi 2 memiliki beban maksimum lebih besar 0,7 kg atau 0,18% dari beban maksimum spesi 1. Sehingga tidak terdapat perbedaan yang besar antara campuran spesi 1 dan spesi 2.

4.1.2. Kekuatan Lentur Satu Arah Eksperimen

Pada pengujian kekuatan lentur satu arah dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Brawijaya. Benda uji pelat diletakkan pada tumpuan sederhana, kemudian diberi beban garis pada tengah bentang. Panjang bentang adalah 75 cm. Lentutan pelat diperoleh dari pembacaan LVDT titik 1 terletak pada jarak 2 cm dari bentang kanan dan LVDT titik 2

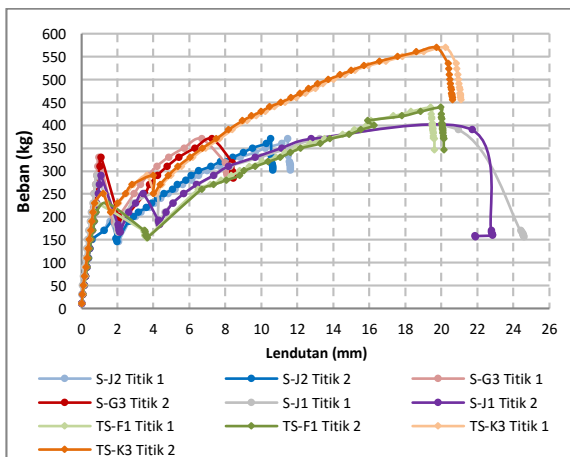
terletak pada jarak 20 cm dari bentang kanan atau tepat titik 2 pelat. Dari pengujian tersebut didapatkan hasil seperti pada **Gambar 5**.

Dari grafik pada **Gambar 5** dapat diketahui rata-rata pelat kontrol dapat menahan beban maksimum dan memiliki lendutan lebih besar daripada pelat lapis *styrofoam*. Tetapi pada salah satu benda uji lapis *styrofoam* (S-J1) memiliki beban dan lendutan lebih besar dari pelat kontrol.

Sedangkan dari grafik pada **Gambar 6** dapat diketahui rata-rata pelat kontrol dapat menahan beban maksimum dan memiliki lendutan lebih besar daripada pelat lapis *styrofoam*. Tetapi pada salah satu benda uji lapis *styrofoam* (S-H1) memiliki lendutan lebih besar dari pelat kontrol.

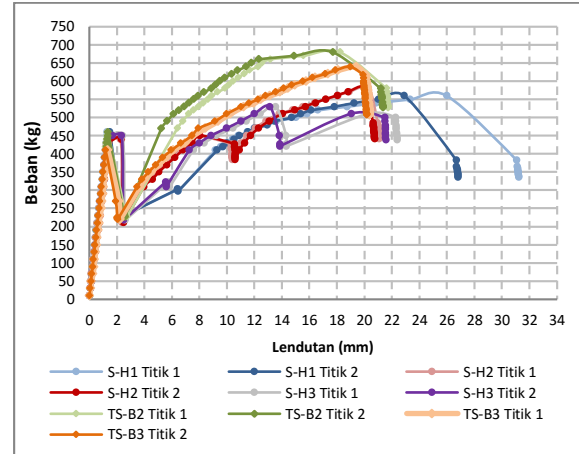
Dari grafik-grafik tersebut dapat diketahui beban maksimum dan lendutan pada retak pertama dan retak ultimit.

Beban rata-rata dan lendutan maksimum rata-rata pada hasil eksperimen pelat beton bertulang bambu lapis *styrofoam* dan tanpa *styrofoam* sebagai pelat kontrol dapat dilihat pada **Tabel 1**.



Keterangan : S = pelat lapis *styrofoam*, TS = pelat tanpa lapis *styrofoam*

Gambar 5. Grafik hubungan lendutan dan beban pelat campuran spesi 1 pengujian lentur satu arah



Keterangan : S = pelat lapis *styrofoam*, TS = pelat tanpa lapis *styrofoam*

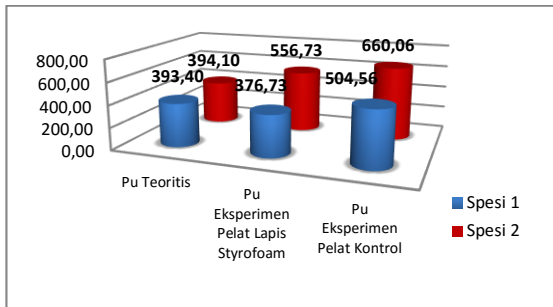
Gambar 6. Grafik hubungan lendutan dan beban pelat campuran spesi 2 pengujian lentur satu arah

Tabel 1. Tabel Hasil Uji Kuat Lentur Satu Arah Eksperimen Beban Maksimum Rata-Rata dan Lendutan Maksimum Rata-Rata

Spesi	Benda Uji	Retak Pertama		Retak Ultimite	
		P_{cr} (kg)	δ_{cr} (mm)	P_u (kg)	δ_u (mm)
Spesi 1 (1:4)	Pelat Lapis <i>styrofoam</i>	270.06	1.31	376.7	13.15
	Pelat Kontrol	230.06	1.09	504.5	19.85
Spesi 2 (1:3:1)	Pelat Lapis <i>styrofoam</i>	446.73	1.73	556.7	18.69
	Pelat Kontrol	430.06	1.24	660.0	18.32

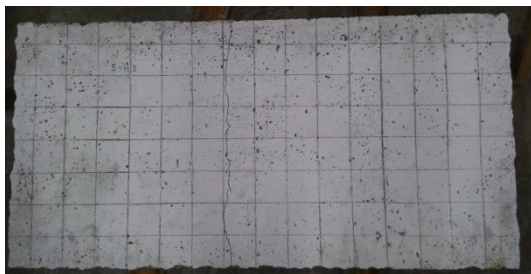
4.1.3. Pembahasan Perbandingan Kekuatan Lentur Satu Arah Teoritis dan Eksperimen

Dari hasil perhitungan teoritis dihasilkan besar beban maksimum pada campuran spesi 1 dan spesi 2 berturut-turut adalah 393,4 kg dan 394,1 kg. Sedangkan pada eksperimen dihasilkan beban maksimum yang ditahan pelat lapis *styrofoam* pada campuran spesi 1 dan spesi 2 berturut-turut adalah 376,73 kg dan 556,73 kg. Pada pelat kontrol besar beban maksimum yang dapat ditahan pada campuran spesi 1 dan spesi 2 adalah 504,56 kg dan 660,06 kg.



Gambar 7. Diagram beban maksimum rata-rata hasil perhitungan teoritis dan eksperimen pengujian lentur satu arah

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan kuat lentur satu arah pada hasil eksperimen lebih besar daripada hasil teoritis. Kuat lentur pada pelat tanpa lapis *styrofoam* lebih besar daripada pelat lapis *styrofoam*. Agar kekuatan pelat lapis *styrofoam* meningkat, maka ditambahkan agregat kasar pada spesi 2, sehingga dihasilkan kuat lentur lebih besar 47,78% dari spesi 1. Begitu juga pada kekuatan lentur pada pelat kontrol spesi 2, lebih besar 30,82% dari spesi 1.



Gambar 8. Garis leleh pada pelat akibat pengujian lentur satu arah

4.2. Kekuatan Lentur Dua Arah

Dalam penelitian ini juga dilakukan pengujian kuat lentur dua arah dengan tumpuan pada keempat sisinya dan dibebani dengan beban merata berupa pelat baja ukuran (45x20x3,3) cm pada tengah bentang. Perhitungan kuat lentur dua arah pada penelitian ini dilakukan dengan 2 metode, yaitu perhitungan secara teoritis dan eksperimen. Benda uji yang digunakan berupa pelat dengan ukuran 80 x 40 x 5 cm. Jumlah benda uji adalah 5 pelat untuk setiap variasi spesi yaitu spesi 1 (1:4) dan spesi 2 (1:3:1), dengan rincian 3 pelat beton

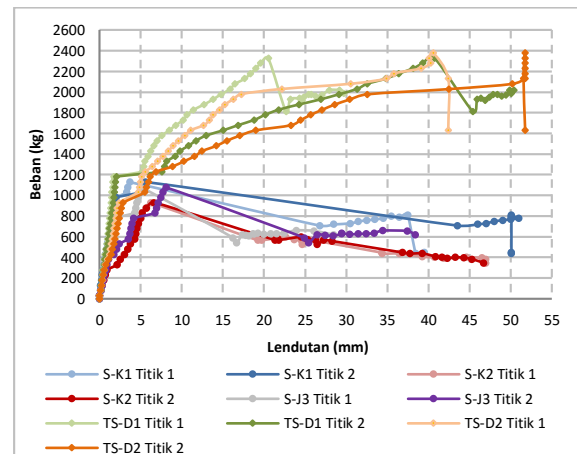
bertulang bambu lapis *styrofoam*, 2 pelat beton bertulang bambu tanpa lapis *styrofoam* untuk pelat kontrol.

4.2.1. Kekuatan Lentur Dua Arah Teoritis

Besar beban maksimum yang dihasilkan dari perhitungan teoritis dengan menggunakan metode kerja maya berturut-turut pada variasi campuran spesi 1 dan spesi 2 adalah 1571,3 kg dan 1573,9 kg. Pada pelat dengan campuran spesi 2 memiliki beban maksimum lebih besar 2,6 kg atau 0,17% dari beban maksimum spesi 1. Sehingga tidak terdapat perbedaan yang besar antara campuran spesi 1 dan spesi 2.

4.2.2. Kekuatan Lentur Dua Arah Eksperimen

Pada pengujian kekuatan lentur dua arah pelat diletakkan pada tumpuan sederhana di keempat sisinya, kemudian diberi beban merata berupa pelat baja ukuran (45x20x3,3) cm pada tengah bentang. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Gambar 9**.

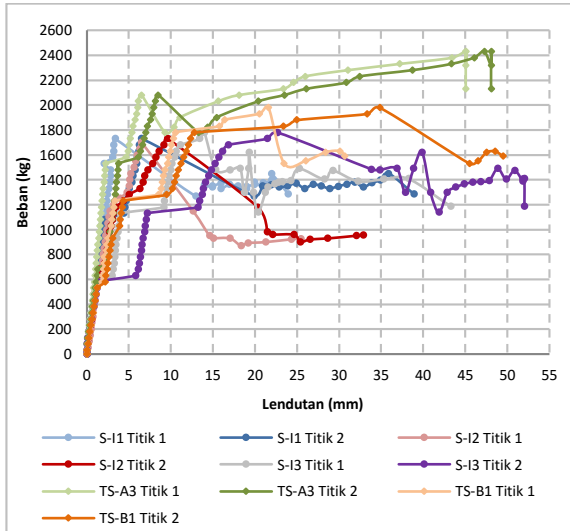


Keterangan : S = pelat lapis *styrofoam*, TS = pelat tanpa lapis *styrofoam*

Gambar 9. Grafik hubungan lendutan dan beban campuran spesi 1 pengujian lentur dua arah

Dari grafik pada **Gambar 9** dapat diketahui rata-rata pelat kontrol dapat menahan beban maksimum dan memiliki lendutan lebih besar daripada pelat lapis *styrofoam*. Pada pelat lapis *styrofoam*

mengalami kegagalan tumpuan pada sisi panjang. Sehingga mengakibatkan beban yang mampu ditahan lebih kecil dari pelat tanpa *styrofoam* yang tidak mengalami kegagalan tumpuan.



Keterangan : S = pelat lapis *styrofoam*, TS = pelat tanpa lapis *styrofoam*

Gambar 10. Grafik hubungan lendutan dan beban pelat \campuran spesi 2 pengujian lentur dua arah

Sedangkan dari grafik pada **Gambar 10** dapat diketahui rata-rata pelat kontrol dapat menahan beban maksimum dan memiliki lendutan lebih besar daripada pelat lapis *styrofoam*.

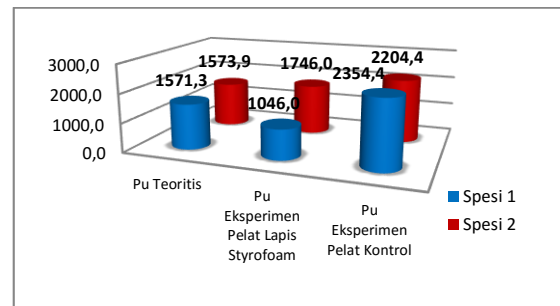
Berikut beban maksimum rata-rata dan lendutan maksimum rata-rata pada hasil eksperimen pelat beton bertulang bambu lapis *styrofoam* dan tanpa *styrofoam* sebagai pelat kontrol :

Tabel 2. Tabel Hasil Uji Kuat Lentur Dua Arah Eksperimen Beban Maksimum Rata-Rata dan Lendutan Maksimum Rata-Rata

Spesi	Benda Uji	Retak Pertama		Retak Ultimit	
		P_{cr} (kg)	δ_{cr} (mm)	P_u (kg)	δ_u (mm)
Spesi 1 (1:4)	Pelat Lapis <i>styrofoam</i>	729.3	3.17	1046.0	6.74
	Pelat Kontrol	979.4	2.24	2354.4	46.24
Spesi 2 (1:3:1)	Pelat Lapis <i>styrofoam</i>	779.3	1.63	1746.0	12.90
	Pelat Kontrol	829.4	2.63	2204.4	41.05

4.2.3. Pembahasan Perbandingan Kekuatan Lentur Dua Arah Teoritis dan Eksperimen

Dari hasil perhitungan teoritis dihasilkan besar beban maksimum pada campuran spesi 1 dan spesi 2 berturut-turut adalah 1571,3 kg dan 1573,9 kg. Sedangkan pada eksperimen dihasilkan besar beban maksimum yang dapat ditahan pelat lapis *styrofoam* pada campuran spesi 1 dan spesi 2 pada pengujian lentur dua arah berturut-turut adalah 1046 kg dan 1746 kg. Pada pelat kontrol besar beban maksimum yang dapat ditahan pada campuran spesi 1 dan spesi 2 adalah 2354,4 kg dan 2204,4 kg.



Gambar 11 Diagram beban maksimum rata-rata hasil perhitungan teoritis dan eksperimen pengujian lentur dua arah

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan kuat lentur dua arah campuran spesi 2 pada hasil eksperimen lebih besar daripada hasil teoritis. Sedangkan pada campuran spesi 1 hasil eksperimen pelat lapis *styrofoam* lebih kecil 50,22% daripada hasil teoritis. Hal ini disebabkan oleh keruntuhan tumpuan pada pelat lapis *styrofoam* akibat slip antara beton dengan *styrofoam*. Sehingga kuat lentur eksperimen jauh lebih kecil dari perhitungan teoritis. Berbeda dengan kuat lentur dua arah campuran spesi 2 yang lebih besar 10,93% dari hasil teoritis. Hal ini terjadi karena kekuatan pelat lapis *styrofoam* bertambah akibat penambahan agregat kasar pada campuran betonnya. Sehingga keruntuhan tumpuan masih bisa ditahan oleh pelat.



Gambar 12 Garis Leleh pada pelat akibat pengujian lentur dua arah

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian analisis dan eksperimen pelat beton bertulang bambu lapis *styrofoam* ini adalah :

1. Pada penelitian ini dihasilkan dua kekuatan lentur, yaitu kekuatan lentur satu arah dan kekuatan lentur dua arah. Berikut hasil yang di peroleh dari perhitungan teoritis dan eksperimen :
 - a. Kekuatan lentur satu arah hasil analisis teoritis pada pelat beton bertulang bambu lapis *styrofoam* pada campuran spesi 1 dan spesi 2 adalah 393,4 kg dan 394,1 kg. Sedangkan hasil eksperimen pada pelat lapis *styrofoam* spesi 1 dan spesi 2 adalah 376,73 kg dan 556,73 kg. Pada pelat tanpa lapis *styrofoam* spesi 1 dan spesi 2 adalah 504,56 kg dan 660,06 kg.
 - b. Kekuatan lentur dua arah hasil analisis teoritis pada pelat beton bertulang bambu lapis *styrofoam* pada campuran spesi 1 dan spesi 2 adalah 1571,3 kg dan 1573,9 kg. Sedangkan eksperimen pada pelat lapis *styrofoam* spesi 1 dan spesi 2 adalah 1046 kg dan 1746 kg. Pada pelat tanpa lapis *styrofoam* spesi 1 dan spesi 2 adalah 2354,4 kg dan 2204,4 kg.
2. Pengaruh penambahan agregat kasar 20% dari volume campuran terhadap kekuatan lentur satu arah pada pelat beton bertulang bambu lapis *styrofoam* lebih besar 47,78% dari

campuran tanpa agregat kasar. Sedangkan pengaruh terhadap kekuatan lentur dua arah lebih besar 66,92% dari campuran tanpa agregat kasar. Sehingga dapat disimpulkan penambahan agregat kasar 20% dari volume campuran dapat menambah kekuatan lentur setengah kekuatan dari kekuatan lentur campuran awal tanpa agregat.

5.2. Saran

Hasil penelitian dari analisis dan eksperimen pelat beton bertulang bambu lapis *styrofoam* ini bagi perencana dapat dijadikan sebagai alternatif bahan bangunan yang murah dengan kualitas yang baik dan cukup tersedia di pasaran. Namun pelat beton bertulang bambu lapis *styrofoam* ini hanya bisa digunakan pada komponen non-struktural seperti pelat penutup saluran air, dan sebagainya. Karena kekuatannya tidak seperti beton bertulang baja pada umumnya.

Semoga analisis dan eksperimen pelat beton bertulang bambu lapis *styrofoam* ini dapat memberikan pengetahuan tentang penggunaan bambu sebagai tulangan pada beton bertulang bagi masyarakat pada umumnya dan bagi mahasiswa dapat dijadikan acuan dalam pengembangan penelitian selanjutnya yaitu pada pelat beton bertulang bambu lapis *styrofoam* dengan jarak dan ukuran *shear connector* yang berbeda, luas penampang dan jumlah tulangan yang berbeda, variasi tebal pelat yang berbeda, dan mutu bahan yang berbeda.

Pada pengujian kuat lentur dua arah agar menghasilkan besar kuat lentur teoritis yang sama dengan hasil eksperimen, tumpuan yang digunakan pada eksperimen harus menyerupai dengan tumpuan pada teoritis, serta beban yang diberikan sebaiknya menggunakan beban yang dapat mengikuti bentuk lenturnya, sehingga hasil eksperimen yang diperoleh bisa mendekati hasil teoritis.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, S. M., 2009. *Pelat Dan Rangka Beton*. Malang : Media Bargie Media.
- Dipohusodo, I., 1996. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Ghavami, K., 2004. *Bamboo As Reinforcement In Structural Concrete Elements*. Journal Scince and Direct Elsevier 2005.
- Janssen, J. J. A., 1991. *Mechanical Properties Bamboo*. Kluwer Academic Publisher.
- Khare, L., 2005. *Performance Evaluation Of Bamboo Reinforced Concrete Beams*. Arlington : The University Of Texas.
- MacGregor, J. G., 1997. *Reinforced Concrete : Mechanics and Design 3rd Ed*. Prentice- Hall International, Inc.
- McCormac, J. C., 2003. *Desain Beton Bertulang* Jilid 1. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Morisco, 1999. *Rekayasa Bambu*. Yogyakarta : Penerbit Nafiri Offset.
- Morisco, 2006. *Pemberdayaan Bambu Untuk Kesejahteraan Rakyat dan Kelestarian Lingkungan*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Nawy, E.G., 2008. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : Penerbit PT. Refika Aditama.
- Park, R., Gamble, W.L., 2000. *Reinforced Concrete Slabs*, Canada : John Willey & Sons, Inc.
- Wahyudi, L., Rahim, S.A., 1992. *Metode Plastik, Analisis Dan Desain*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.