

Anyaman Bambu Sebagai Tulangan Panel Beton Pracetak

Gustav Anandhita

Program Studi Magister Arsitektur, Alur Riset, KK Teknologi Bangunan, SAPPK, Institut Teknologi Bandung

Abstrak

Bambu merupakan material bangunan yang murah, mudah diperoleh, mudah dikerjakan sendiri oleh masyarakat, terutama di daerah pedesaan, serta ramah lingkungan karena merupakan material alami yang dapat diperbaharui. Selain itu dari hasil penelitian menunjukkan bahwa bambu memiliki kuat-tarik cukup tinggi yang setara dengan kuat-tarik baja lunak, sehingga memungkinkan dimanfaatkan sebagai pengganti tulangan baja pada beton. Di Indonesia, salah satu pemanfaatan bambu paling kuno oleh masyarakat adalah dengan cara menganyam bilah-bilah bambu menjadi sebuah bidang atau bentuk tertentu. Proses membuat anyaman oleh masyarakat yang telah berlangsung selama berabad-abad silam tersebut saat ini telah menghasilkan berbagai macam jenis, pola dan motif yang beragam. Selain dari faktor estetika, motif anyaman yang berbeda satu sama lain memunculkan dugaan bahwa anyaman memiliki fungsi lain yang menarik untuk dikaji lebih lanjut, terutama dari sisi teknik atau engineering. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan pola anyaman terhadap kekuatan yang dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan cara mengaplikasikan anyaman bambu sebagai tulangan panel beton pracetak, dari hasil yang diperoleh nantinya, dapat diketahui pengaruh pola anyaman terhadap pengurangan defleksi atau lendutan yang terjadi pada panel beton pracetak tersebut. Eksperimen akan dilakukan secara simulasi dengan menggunakan software SAP2000.

Kata-kunci : bambu, motif, anyaman, panel beton pracetak

Abstract

Bamboo as a building material is cheap, easy to get, and easy to work with, especially for the people in rural area in Indonesia. Bamboo is also considered as sustainable material that has good structural properties. It can restrain tension as good as steel, hence possible to use it as reinforcement bar for concrete. Utilization of bamboo in Indonesia usually based on bamboo strip, and then from them other building components are made. Another technique is woven bamboo with various patterns and motives. Besides for the aesthetic purpose, the motives and patterns of woven bamboo is assumed to have other meanings. This paper investigates the hidden meanings of woven bamboo patterns and motives in terms of technical and engineering aspects. By technical and engineering aspects means the strength that is resulted from different types of woven pattern. Data is obtained by simulation using SAP2000 of the woven bamboo implemented to a precast concrete panel.

Keywords : bamboo, motive, woven bamboo, precast concrete panel

Kontak Penulis

Gustav Anandhita

Kelompok Keahlian Teknologi Bangunan, Sekolah Arsitektur Perencanaan & Pengembangan Kebijakan, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132. Tel : 082214999110

E-mail : anandhita.gustav@gmail.com

Informasi Artikel

Diterima editor 3 April 2017. Disetujui untuk diterbitkan 7 Juni 2017

ISSN 2301-9247 | E-ISSN 2622-0954 | <https://jlbi.iplbi.or.id/> | © Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI)

Pendahuluan

Saat ini dibutuhkan perhatian khusus untuk mencari material bangunan alternatif yang lebih murah, mudah didapat, dan ramah lingkungan, untuk memenuhi hunian yang lebih terjangkau oleh masyarakat. Salah satu material yang memenuhi kriteria tersebut adalah bambu. Rumah dengan material bambu bukanlah hal yang baru, selama ratusan tahun bambu telah dimanfaatkan sebagai material bangunan, bahkan di beberapa daerah bambu sangat lekat dengan kebudayaan dan tradisi setempat, sehingga masyarakat sangat akrab dan dengan mudah mengolah bambu menjadi berbagai benda untuk memenuhi kebutuhan keseharian mereka. Sisi ekologis serta ekonomis bambu yang harganya jauh lebih murah, menjadikan bambu sebagai material yang *sustainable*. Material bambu yang *renewable*, saat ini sedang diujicoba untuk diaplikasikan sebagai pengganti tulangan baja pada beton yang tergolong material *nonrenewable*. Dari hasil pengujian, penelitian dan eksperimen para praktisi, telah berhasil menunjukkan bahwa bambu memiliki kuat-tarik dan daya dukung yang sangat tinggi. Serat alami pada bambu juga cukup kuat dan elastis yang hampir setara dengan kuat-tarik pada tulangan baja (Setyawati, 2011). Dengan demikian, kuat-tarik beton yang sangat rendah dan bersifat getas dapat dikurangi pengaruhnya dengan pemakaian tulangan bambu yang ditempatkan secara benar pada daerah yang memikul tegangan tarik (Rochman, 2005).

Kajian Teori

Menganyam merupakan cara paling dasar dan serbaguna untuk menyusun bilah bambu menjadi bentuk yang diinginkan. Menganyam adalah teknik menghubungkan dua atau lebih bilah bambu dengan cara saling menyilangkan sehingga tidak saling lepas. Tegangan yang terjadi pada bilah bambu yang saling tumpang tindih menimbulkan gaya gesekan tinggi yang menjamin bentuk anyaman tidak berubah bentuknya walau ditekan (Frick, 2004). Kekakuan antar bilah yang timbul dari anyaman tersebut memunculkan dugaan peneliti bahwa anyaman dapat menjadi tulangan yang ideal untuk menahan beban serta mengurangi lendutan sehingga dapat meminimalkan potensi keretakan atau keruntuhan pada panel beton.

Menganyam merupakan keahlian asli dari orang melayu termasuk di Indonesia, dan sudah menjadi sebuah kearifan lokal, atau pengetahuan lokal masyarakat. Pengetahuan lokal (indigenous knowledge), oleh Ellen, Parker & Bicker dalam Triyadi (2009) didefinisikan sebagai: 1) suatu pengetahuan yang terkait dengan suatu tempat (place), dan sekumpulan pengalaman (experience), dan dikembangkan oleh masyarakat setempat, 2) suatu pengetahuan yang diperoleh melalui meniru, mencontoh, dan bereksperimen (mencoba-coba), 3) pengetahuan praktis sehari-hari yang didapat dari pengalaman trial &

error, 4) suatu pengetahuan empiris bukan teoritis, 5) suatu pengetahuan yang bersifat holistik dan integratif di dalam ranah tradisi dan budaya.

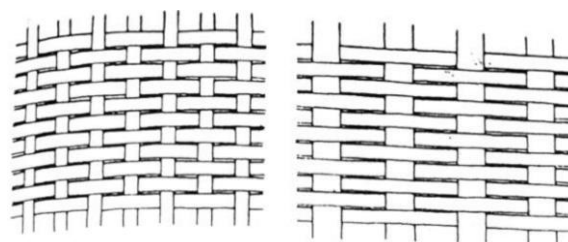
Hasil eksperimen dan praktek menganyam oleh masyarakat yang telah berlangsung selama berabad-abad tersebut menghasilkan anyaman yang memiliki aneka ragam, pola dan motif. Anyaman yang ada saat ini memiliki aneka arah, persilangan miring, disusun secara bolak-balik sehingga menghasilkan anyaman yang memiliki tingkat kerapatan yang berbeda, tergantung sudut atau jarak yang telah dipilih (Ranjan dalam Frick, 2004).

Anyaman bambu dari jumlah bilah dan bentuk polanya dapat dibagi menjadi empat jenis, yaitu :

1. Anyaman silang tunggal

merupakan anyaman yang memiliki dua arah sumbu yang saling tegak lurus atau miring satu sama lainnya. Anyaman dapat dibuat rapat (plaiting) dan renggang (weaving), dengan cara

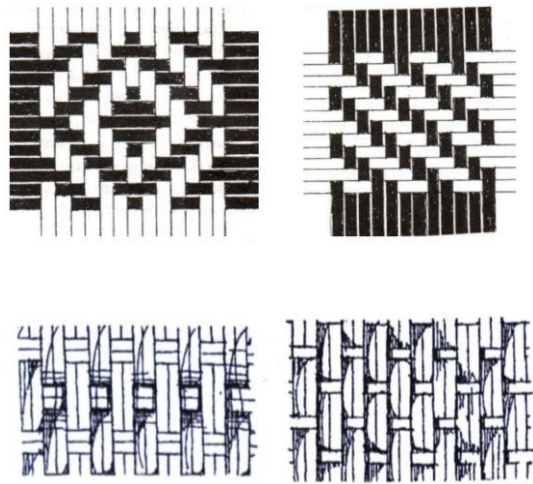
mengatur jarak atau mengatur ketebalan lusi (bilah yang berdiri/ garis sumbu y) dan pakan (bilah yang berbaring/ garis sumbu x), tergantung bagian mana yang dibuat lebih lentur (aktif) dan lebih kaku (pasif). (Dunkelberg, 1985)



Gambar 1. Anyaman tunggal rapat dan renggang (sumber : Dunkelberg, 1985)

2. Anyaman silang ganda

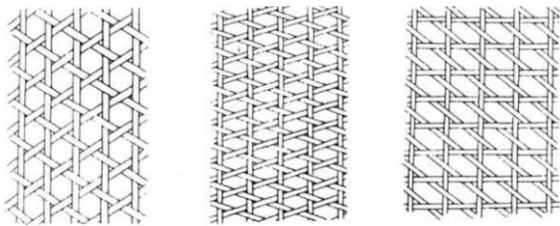
Menganyam dengan teknik ini sama dengan silang tunggal ialah menyisipkan dan menumpang dua bilah bambu, yang terdiri dari lusi dan pakan. Berbeda dengan anyaman silang tunggal, pada anyaman silang ganda, pakan dan lusi yang diselusup dan ditumpang tidak hanya satu bilah tetapi dapat dua, tiga, empat, lima, dan seterusnya sehingga dikenal silangan ganda dua, ganda tiga, ganda empat, ganda lima, dan seterusnya sesuai dengan jumlah benda pipih dilompati dan disusupi.



Gambar 2. Anyaman silang ganda rapat dan renggang (sumber: Frick, 2004 & Marlina, 2014)

3. Anyaman tiga sumbu

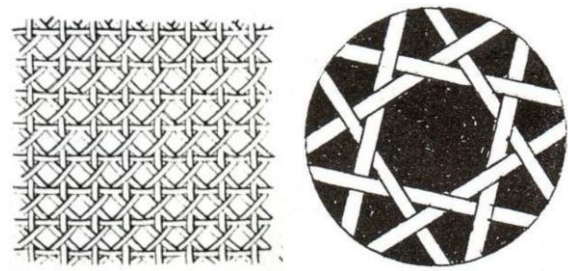
teknik ini sama seperti teknik anyaman silang, hanya saja bilah bambu, yaitu pakan dan lusi yang akan dianyam tersusun menurut tiga arah. Teknik anyaman ini memberi peluang untuk memperoleh hasil anyaman tiga sumbu jarang dan anyaman tiga sumbu rapat, sedangkan anyaman tiga sumbu rapat dengan pola bentuk heksagonal (segi enam beraturan) atau belah ketupat.



Gambar 3. Anyaman tiga sumbu (sumber: Dunkel-berg, 1985)

4. Anyaman empat sumbu

Prinsipnya sama dengan teknik anyaman tiga sumbu, anyaman ini berprinsip menyisip dan menumpangkan pakan dan lusi secara satu sama lainnya berbeda arah. Hanya saja bilah bambu yang berbeda arah disini makin banyak jumlahnya (empat buah sumbu). Jenis anyaman empat sumbu termasuk jenis anyaman yang berlubang-lubang dengan bentuk pola oktogonal (segi delapan beraturan). (Marlina,2014)(Frick, 2004)



Gambar 4. Anyaman empat sumbu (sumber: Dunkelberg, 1985 & Marlina. 2014)

Berdasarkan hal tersebut, motif atau pola pada anyaman sangat menarik untuk dikaji lebih lanjut tentang fungsi lainnya selain sekedar untuk fungsi estetika, terutama dari sisi teknik (engineering), seperti sifat mekanis yang bekerja pada pola anyaman tersebut.

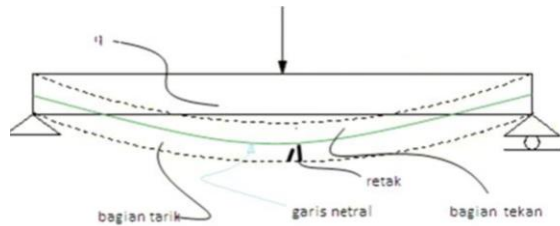
Pada penelitian ini, anyaman bambu akan diujikan sebagai tulangan pada panel beton bertulang bambu pracetak yang sebelumnya sudah diteliti dan dikembangkan oleh Widyowijatnoko (2008) sebagai komponen rumah prefabrikasi. Dalam prinsipnya, semakin sedikit komponen pada rumah prefabrikasi maka akan semakin ideal karena dapat mereduksi kompleksitas perakitan dan mempercepat waktu konstruksi di lapangan (Smith, 2008). Sebagai upaya mengurangi jumlah komponen yang sudah ada, desain panel dinding (30x120cm) dibuat dua kali lebih lebar (60x120cm) dengan ketebalan beton yang masih sama, 5 cm. Perlakuan tersebut tentu akan berakibat semakin tingginya lendutan yang terjadi dan potensi terjadinya keretakan pada panel beton semakin besar, baik saat proses handling, konstruksi atau saat sudah terpasang. (lihat gambar 5).



Gambar 5. Proses perakitan panel beton bertulang bambu prefabrikasi (sumber: Widyowijatnoko, 2008)

Menurut Setyawati pada penelitiannya tahun 2009 tentang kekuatan bambu sebagai tulangan beton, menunjukan hasil bahwa bambu memiliki kemampuan menahan beban mirip dengan tulangan baja (lihat tabel 1). Pengujian dilakukan dengan melakukan percobaan laboratorium tentang kekuatan bambu terhadap kemampuan menahan tekanan dalam arah tegak lurus sumbu batang. Gaya tegak

lurus akan mengakibatkan terjadinya lendutan momen pada beton bertulang tersebut (lihat gambar 6).



Gambar 6. Ilustrasi lendutan dan keretakan yang dapat terjadi pada beton (sumber: <http://tekniksipil-uniqubu.blogspot.com/>)

Dari data tabel berikut diketahui bahwa bambu belah memiliki kekuatan menahan tarik yang hampir sama dengan baja pada beton bertulang. Dengan mengembangkan teknik penulangan bambu memungkinkan pemanfaatan bilah bambu pada beton berbentuk bidang. Beton berbentuk bidang sering digunakan sebagai elemen arsitektural seperti dinding pengisi dan kanopi. (Setyawati, 2011)

Tabel 1. Perbandingan/komparasi lendutan momen hasil perhitungan teoritis dengan lendutan hasil percobaan (sumber: Setyawati, 2011)

Macam beton / tulangan	Lendutan (f) hasil perhitungan rumus	Lendutan (f) hasil dengan rumus $= 3,17 \frac{\sigma_{maks} c1c2}{h}$ (cm)
Bambu utuh diameter 6cm	0,73 cm	1,20
Bambu belah 3 x2,5 cm	0,55 cm	0,62
Baja 10mm x4	0,55 cm	0,70

Dari hasil penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa bambu dipilih sebagai tulangan beton alternatif, karena bambu memiliki kuat-tarik cukup tinggi yang mana setara dengan kuat-tarik baja lunak. Kuat-tarik bambu dapat mencapai 1280 kg/cm² (Morisco, 1996), dengan modulus elastisitas mencapai 20000000 kN/m² atau 2000 kg/cm², serta poisson's ratio sebesar 0,3 (INBAR dalam Kakkad, 2011), hal tersebut sangat bergantung pada jenis bambu dan usia bambu tersebut. Sedangkan menurut Jansen dalam Rochman, (2005), kekuatan tarik bambu sejajar serat antara 200–300 MPa, kekuatan lentur rata-rata 84 MPa, modulus elastis 200.000 MPa. Pengujian tersebut dilakukan terhadap bambu dari spesies *Bambusa Blumcana* berumur 3 tahun.

Berat jenis bambu juga berbeda-beda menurut jenis bambu ($\rho = 670 - 720$ kg/m³) dan pada bagian batang mana yang diperhatikan ($\rho = 570 - 760$ kg/m³). Pada bagian dinding batang dalam adalah ($\rho = 370 - 830$ kg/m³), sedangkan bagian luar ($\rho = 700 - 850$ kg/m³). Kemudian juga dapat diamati bahwa berat jenis cepat turun setelah proses pengeringan. Namun, untuk konstruksi bangunan bambu (bahan bangunan yang kering

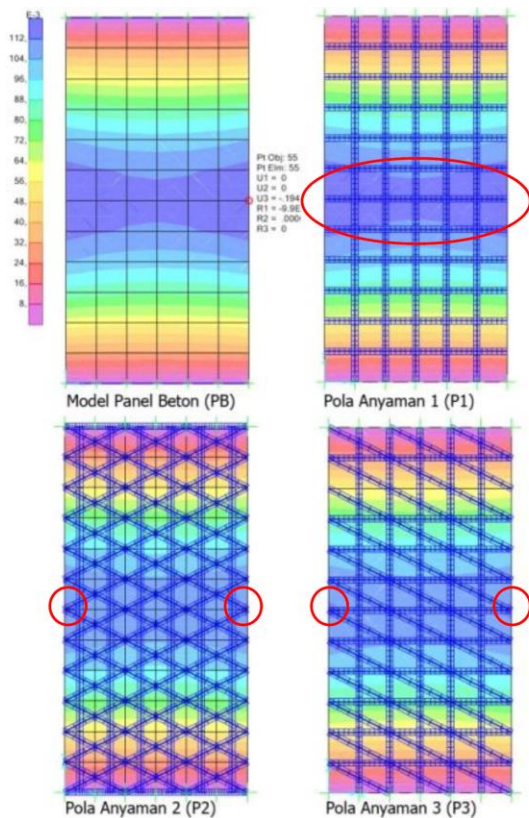
dengan kadar air 12%) berat jenis bambu di Indonesia dianggap rata-rata sebagai 700 kg/m³.

Metode

Penelitian ini diawali dengan sebuah hipotesis bahwa pola anyaman bambu yang sudah berkembang di masyarakat selama ini memiliki fungsi lain secara mekanis, yang ideal sebagai rangka atau tulangan beton. Pola yang berbeda akan memberikan pengaruh yang berbeda pula pada kekuatan panel beton yang didukung. Desain penelitian yang akan digunakan adalah metode penelitian eksperimen. Eksperimen adalah desain riset untuk menginvestigasi suatu fenomena dengan cara merencanakan keadaan atau kondisi lewat prosedur tertentu dan kemudian mengamati hasil perekayasaannya. Campbell dan Stanley dalam Nahartyo (2012) mendefinisikan eksperimen sebagai bagian riset yang didalamnya terdapat manipulasi atas variabel independen dan pengamatan atas efek variabel tersebut terhadap variabel dependen. Pada penelitian ini, variabel independen yang akan dimanipulasi adalah jenis pola anyaman bambu sebagai tulangan, dan variabel dependen adalah tingkat lendutan yang terjadi pada beton akibat pengaruh perubahan variabel independen. Sehingga dapat diketahui seberapa besar pengaruh pola anyaman bambu terhadap pengurangan tingkat lendutan pada panel beton bertulang bambu. Dari hasil yang ada, nantinya akan dikembangkan pola anyaman yang memiliki performa paling bagus sebagai tulangan panel beton. Proses eksperimen dilakukan secara simulasi dengan membuat model panel dan pola anyaman bambu menggunakan software SAP 2000.

Analisis dan Interpretasi

Pola anyaman yang akan diaplikasikan sebagai tulangan, dipilih anyaman yang memiliki tingkat kerapatan yang renggang yaitu anyaman silang tunggal renggang dan tiga sumbu, sehingga material beton yang menyelimutinya dapat menyatu dengan baik. Kuat lekat beton terhadap bambu serta tebal bilah bambu di penelitian ini dianggap sama antar pola anyaman satu dengan yang lainnya agar memudahkan peneliti mengamati pengaruh yang hanya terjadi antara pola anyaman terhadap tingkat lendutan yang disebabkan oleh beban mati panel beton tersebut. Model terdiri dari panel beton sebelum diberi tulangan dan 3 buah panel beton yang telah diberi tulangan dengan pola anyaman yang berbeda.



Gambar 7. Model panel beton sebelum dan sesudah diberikan tulangan anyaman bambu.

Tabel 2. Perbandingan tingkat defleksi dan presentase penurunan setelah diberi tulangan dengan pola anyaman yang berbeda.

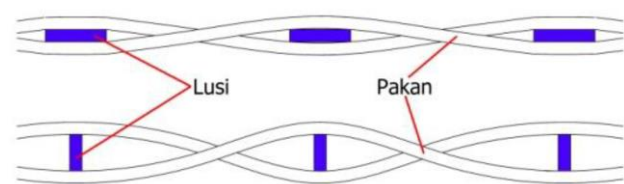
No	Model	Defleksi Maksimal (mm)	Presentase pengurangan	Area Defleksi Maksimal
1	PB	0,1245	-	Lebar
2	P1	0,1161	-6,75%	Lebar
3	P2	0,1201	-3,53%	Sempit
4	P3	0,1203	-3,37%	Sempit

Eksperimen 1: Dari hasil analisis momen dan deformasi yang dilakukan oleh software, diketahui bahwa pengaplikasian anyaman bambu sebagai tulangan memberikan pengaruh terhadap pengurangan defleksi atau lendutan pada panel beton.

Pada **Tabel 2** terlihat bahwa pola anyaman silang tunggal renggang (**P1**) memiliki presentase paling tinggi dalam mengurangi lendutan maksimal yang terjadi pada panel beton. Akan tetapi area lendutan maksimal (warna biru tua) masih sangat luas pada bidang tengah panel (ditandai dengan lingkaran merah). Sedangkan pola anyaman tiga sumbu (**P2**) dan (**P3**), memiliki nilai defleksi maksimal yang lebih tinggi dibandingkan (**P1**), hal ini mungkin dipengaruhi oleh terlalu banyaknya jumlah bilah bambu yang dianyam sebagai tulangan. Meskipun memiliki nilai lendutan yang lebih tinggi, tulangan dengan pola tiga sumbu memiliki area lendutan maksimal yang sangat sempit, hanya di bagian pinggir panel (lingkaran merah),

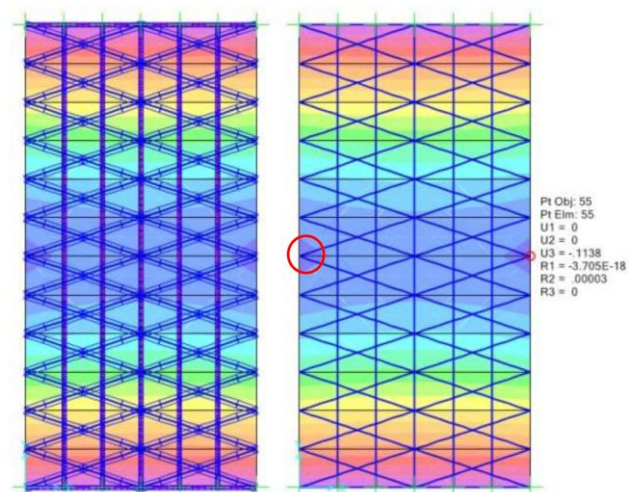
hal ini mengindikasikan pola ini lebih baik dalam menumpu momen pada bidang tersebut.

Berdasarkan temuan di atas, selanjutnya peneliti melakukan eksperimen kedua yaitu dengan memodifikasi pola tiga sumbu yang memiliki pengaruh area lendutan maksimal lebih kecil. Modifikasi dilakukan dengan mengurangi jumlah bilah bambu yang terlalu banyak, yang diduga memiliki pengaruh terhadap kurang optimalnya pola tiga sumbu P2 & P3 jika dibandingkan dengan P1. Selain itu, modifikasi juga dilakukan dengan merubah posisi lusi (bilah y) yang awalnya rebah menjadi posisi tegak lurus terhadap pakan (bilah x). Hal ini dimaksudkan agar lusi lebih kaku dan lebih optimal menahan lendutan (lihat gambar 8).



Gambar 8. Perubahan posisi lusi yang awalnya rebah menjadi tegak.

Eksperimen 2: Hasil analisis pada pola yang sudah dimodifikasi (**P4**) menunjukkan nilai lendutan berubah menjadi 0,1138 mm atau berkurang 8,6 % dari sebelum panel beton diberi tulangan, area lendutan maksimal juga sangat kecil, hanya berada di tepi bidang. Hal ini sekaligus membuktikan bahwa terlalu banyak jumlah bilah bambu justru akan mengurangi performa tulangan yang ada, serta lusi dengan bilah bambu yang tegak dan kaku lebih kuat menahan lendutan dibandingkan lusi dengan posisi rebah.



Gambar 9. Hasil analisis pada pola anyaman tiga sumbu yang sudah dimodifikasi (**P4**)

Selanjutnya, pada Eksperimen 3: panel beton dibuat lebih tipis menjadi 4 cm agar lendutan yang terjadi pada beton lebih tinggi. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa pola (P4) mampu mengurangi lendutan panel beton sebesar 18 %, dari yang awalnya 0,1945 mm menjadi 0,1593mm.

Kesimpulan

Hasil eksperimen pada penelitian ini menunjukkan bahwa pengaplikasian anyaman bambu sebagai tulangan panel beton berpengaruh dalam mengurangi lendutan yang terjadi. Perubahan pola anyaman, jumlah bilah bambu dan posisi lusi sebagai tulangan juga berpengaruh terhadap presentase pengurangan lendutan pada panel beton. Kelemahan simulasi pada penelitian ini adalah, software mendefinisikan anyaman bambu sebagai sebuah susunan pola bilah yang tumpang tindih, belum bisa mendefinisikan anyaman sebagai bilah pipih yang saling menyelusup satu sama lain. Oleh sebab itu, penelitian ini masih harus dibuktikan lebih lanjut dengan uji coba fisik di laboratorium serta dilakukan perhitungan yang lebih teoritis agar hasil yang didapatkan lebih presisi.

Daftar Pustaka

- Dunkelberg, K. (1985). *IL 31 Bambus-Bamboo*. Institute fur Leichte Flachentragwerke.
- Frick, Heinz. (2004). *Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Kakkad, Maulik D. (2011). *Comparative Study of Bamboo (Ikra) Housing System with Modern Construction Practices*. National Conference on Recent Trends in Engineering & Technology
- Marlina, Helda. Pengertian Anyaman academia.edu/ Pengertian_Anyaman (diakses september, 2014)
- Nahartyo, Ertambang. (2014). *Desain dan Implementasi Riset Eksperimen*. Yogyakarta: UPP STIM YKPN
- Pramono, Handi. (2007). *Desain Konstruksi Plat & Rangka Beton Bertulang dengan SAP 2000 V9*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Rochman, Abdul. (2005). *Peningkatan Kinerja Tulangan Bambu Pada Balok Beton Bertulang*. Surakarta: Jurnal Teknik Gelagar Vol. 16.
- Setyawati, E. (2011). *Beton Bertulang Bambu, Tantangan Kedepan Bagi Arsitek*. Yogyakarta: Jurnal TESA Arsitektur Vo.9.
- Smith, Ryan. E. (2010). *Prefab Architecture: A Guide To Modular Design And Construction*. John Wiley & Sons, Inc.
- Triyadi, Sugeng. (2009). *Kearifan Lokal pada Bangunan Rumah Vernakular di Bengkulu dalam merespon Gempa. Studi Kasus: Rumah Vernakular di Desa Duku Ulu*. Bandung: SAPPK ITB
- Widyowijatnoko, A. (2008). *Preafabricated Low Cost Housing Using Bamboo Reinforcement and Appropriate Technology*. Bandung: SAPPK ITB